



Universität Augsburg

Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technische  
Fakultät

# **Konstruktivistisch orientiertes Konzept für die Unterrichtseinheiten des Physikunterrichts in InGym**

Zulassungsarbeit zum ersten Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien

Vorgelegt von: Selina Heidi Dosch

Matrikelnummer: 1437131

Institut für Physik – Didaktik der Physik

Erstkorrektor: Dr. Franz-Josef Heiszler

Augsburg, den 30.03.2022

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Kommunikationsquadrat nach Schulz von Thun. ....	17
Abbildung 2: Darstellungsformen, -ebenen und Sprachen der Bildungssprache.....	24
Abbildung 3: Das didaktische Dreieck der Sprachförderung. ....	28
Abbildung 4: Handlungsebenen und didaktische Rollen. ....	40
Abbildung 5: Reflexionstafel zum didaktischen Handeln.....	41
Abbildung 6: Die Handlungsstufen in Bezug auf die Handlungsebenen.....	44
Abbildung 7: Aufbau der ganzheitlichen Planung. ....	45
Abbildung 8: Öltropfenbewegung in einer selbstgebauten Lavalampe.....	51
Abbildung 9: Gestaltung einer Wortkarte am Beispiel des Wortes "Beobachtung".....	57
Abbildung 10: Idealisierte Darstellung des Erdmagnetfeldes als Dipolfeld.....	62
Abbildung 11: Zweidimensionales Elementarmagnetenmodell mit Pfeilen.....	63
Abbildung 12: Schematische Darstellung der Reflexion und Brechung eines Lichtstrahls an einer Grenzfläche zwischen zwei Medien. ....	72
Abbildung 13: Modellhafte Darstellung des Reflexionsgesetzes im Rahmen eines Schülerexperiments.....	73
Abbildung 15: Schematische Darstellung der Brechung beim Übergang in ein optisch dichteres Medium. ....	74
Abbildung 16: Schematische Darstellung der Brechung beim Übergang in ein optisch dünneres Medium.....	74
Abbildung 17: Schematische Darstellung des Phänomens der optischen Hebung am Beispiel eines Fisches im Teich.....	75
Abbildung 18: Arbeitsblatt zur optischen Hebung am Beispiel des Experiments "Münze in der Tasse". ....	79
Abbildung 19: Energieflussdiagramm einer Solarzelle als Energiewandler.....	86
Abbildung 20: Beispiele für Zeichnungen der Achterbahnfahrt aus der Fantasiereise. ....	89
Abbildung 21: Energieflussdiagramm zur Achterbahnfahrt. ....	90

Abbildung 22: Schematischer Aufbau zum Versuch des vor dem Gesicht eines SuS losgelassenen Pendels. ....	92
Abbildung 23: Phasenübergänge. ....	99
Abbildung 24: Wärmeleitung (links) und Phasenübergang von flüssig zu gasförmig (rechts) als Beispiele für ungeeignete Darstellungen durch farbige Hintergründe. ....	100
Abbildung 25: Hände im eingeschalteten Backofen (links) und in kochendem Wasser (rechts). ....	106
Abbildung 26: Aufladen zweier ungeladener Kugeln durch Influenz. ....	112
Abbildung 27: Hilfskarte zum Widerstand. ....	121

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stundentafel des Junior-Kurses des InGym. ....	5
Tabelle 2: Stundentafel des Senior-Kurses des InGym. ....	6
Tabelle 3: Merkmale und Beispiele konzeptioneller Mündlichkeit und Schriftlichkeit. ....	26
Tabelle 4: Dichte der Stoffe im Lavalampen-Experiment. ....	52
Tabelle 5: Laufzettel zur Untersuchung von Permanentmagneten.....	66
Tabelle 6: Erklärung der Eigenschaften von Phasen auf Basis des Teilchenmodells...	97

## Abkürzungsverzeichnis

BayEUG	Bayerisches Gesetz über das Erziehungs- und Bildungswesen
BICS	Basic Interpersonal Communication Skills
BRD	Bundesrepublik Deutschland
CALP	Cognitive Academic Language Proficiency
DaZ	Deutsch als Zweitsprache
DDR	Deutsche Demokratische Republik
EU	Europäische Union
H. i. O.	Hervorhebungen im Original
IGLU	Internationale Grundschul-Lese-Untersuchung
InGym	Integration am Gymnasium
ISB	Staatsinstituts für Schulqualität und Bildungsforschung
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik
N	Nordpol
NuT	Natur und Technik
PISA	Programme for International Student Assessment
RATTE	Regensburger Analysetool für Texte
ReG_In_flex	Regionale flexible Integration am Gymnasium
S	Südpol
SuS	Schülerinnen und Schüler
TIMSS	Trends in International Mathematics and Science Study

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis .....	V
1. Einleitung .....	1
2. Das Pilotprojekt InGym.....	3
3. Interkulturelle Pädagogik.....	8
3.1 Migrationsgeschehen in Deutschland.....	8
3.2 Entstehungsgeschichte der Interkulturellen Pädagogik in Deutschland.....	9
3.3 Faktoren für die Benachteiligung von Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund.....	13
3.4 Interkulturelle Kompetenzen und Kommunikation.....	15
4. Sprachsensibler Unterricht .....	21
4.1 Spracherwerb.....	21
4.2 Sprachenvielfalt im Unterricht.....	23
4.3 Sprachförderung im Unterricht .....	26
4.4 Fehlerkultur im Unterricht.....	33
5. Konstruktivistischer Unterricht.....	36
5.1 Grundlagen .....	36
5.2 Planung.....	42
5.3 Methoden .....	47
6. Konstruktivistisch orientiertes Konzept für das InGym .....	49
6.1 Allgemeines .....	49
6.2 Unterrichtsstunde 1: Bau einer Lavalampe.....	50
6.2.1 Sachanalyse, Schülervorstellungen und Themenbegründung.....	50
6.2.2 Elementare Planung.....	54
6.2.3 Diskussion.....	57
6.3 Unterrichtsstunde 2 und 3: Eigenschaften von Permanentmagneten .....	59

6.3.1	Sachanalyse, Schülervorstellungen und Themenbegründung.....	59
6.3.2	Elementare Planung.....	64
6.3.3	Diskussion.....	69
6.4	Unterrichtsstunde 4 und 5: Reflexion und Brechung.....	72
6.4.1	Sachanalyse, Schülervorstellungen und Themenbegründung.....	72
6.4.2	Elementare Planung.....	76
6.4.3	Diskussion.....	81
6.5	Unterrichtsstunde 6 und 7: Energie, Arbeit und Leistung.....	82
6.5.1	Sachanalyse, Schülervorstellungen und Themenbegründung.....	82
6.5.2	Elementare Planung.....	87
6.5.3	Diskussion.....	93
6.6	Unterrichtsstunde 8, 9 und 10: Teilchenmodell, Aggregatzustände, Temperatur und Wärme.....	95
6.6.1	Sachanalyse, Schülervorstellungen und Themenbegründung.....	95
6.6.2	Elementare Planung.....	100
6.6.3	Diskussion.....	108
6.7	Unterrichtsstunde 11 und 12: Grundlagen der Elektrizität.....	110
6.7.1	Sachanalyse, Schülervorstellungen und Themenbegründung.....	110
6.7.2	Elementare Planung.....	117
6.7.3	Diskussion.....	122
7.	Fazit.....	125
	Literatur.....	V
	Anhang.....	XIII
	Eidesstattliche Erklärung.....	LXXIII

## 1. Einleitung

Deutschland erfreut sich als eines der Migrationsziele in der Europäischen Union einer großen Beliebtheit. Es wird mit Stabilität, Zukunftssicherheit und Perspektivenreichtum bspw. in Bezug auf den beruflichen Werdegang assoziiert. Gerade in Flüchtlingskrisen, ausgelöst z. B. durch den Bürgerkrieg, der seit 2011 in Syrien herrscht oder ganz aktuell infolge des militärischen Angriffs Russlands auf die Ukraine, werden die Stimmen in der Gesellschaft und Politik nach einer erfolgreichen Integration von Migranten und Migrantinnen lauter. Damit dies gelingen kann, müssen nicht nur Angebote für Erwachsene geschaffen werden, sondern insbesondere auch für Kinder und Jugendliche. Diese Arbeit beschäftigt sich mit einem dieser Angebote, dem Projekt InGym, welches an bayerischen Gymnasien stattfindet. Das Projekt richtet sich an leistungsstarke Schülerinnen und Schüler unter den Migranten und Migrantinnen mit einer Vorbildung, vergleichbar mit der des Gymnasiums in Bayern. Im Rahmen dieser Arbeit wird ein konstruktivistisch orientiertes Konzept für die Unterrichtsstunden im Fach Physik für dieses Projekt entworfen.

Bisher wird im Physikunterricht des Projektes InGym hauptsächlich mit einem bestimmten Arbeitsbuch gearbeitet, das nur bedingt mit den Forderungen der modernen Physikdidaktik einer zunehmend konstruktivistischen Ausrichtung des Physikunterrichts vereinbar ist. Nach der konstruktivistischen Didaktik findet Lernen durch Konstruktionen von Wirklichkeit und Sinn statt, die die SuS selbstständig bilden und nicht bspw. durch Lehrkräfte vorgegeben werden. Diesen Forderungen versucht das vorliegende Konzept gerecht zu werden. Dabei beachtet es gleichzeitig auch Wünsche an einen sprachsensiblen Unterricht, welcher ein tiefgreifendes Lernen von Sprache durch das Fach und umgekehrt von Fachwissen durch die Sprache ermöglicht. Ziele dieses Konzeptes sind die Vermittlung der Fähigkeit an die Schülerinnen und Schüler, ihren Lernprozess und Wissenserwerb selbst zu optimieren, und insgesamt ein dauerhafter Sprach- und Fachwissenserwerb im Fach Physik.

Es handelt sich hierbei um eine fachdidaktische Arbeit, deren Fokus die Vorstellung des entworfenen Konzeptes darstellt. Eine Durchführung der Unterrichtsstunden in dem Projekt InGym erfolgte nicht. Dafür werden die einzelnen Unterrichtsstunden sehr ausführlich beschrieben, sodass eine Umsetzung aus Sicht der Verfasserin gut umsetzbar ist.

Die vorliegende Arbeit ist dabei wie folgt aufgebaut: In Kapitel 2 erfolgt eine Vorstellung des Projektes InGym anhand von Daten und Fakten sowie seines Ablaufes. In Kapitel 3 folgt eine Einführung in die Interkulturelle Pädagogik als Teilgebiet der vergleichenden



Erziehungswissenschaften und ihre Begründung auf Basis des heutigen Migrationsgeschehens in Deutschland sowie der geschichtlichen Gegebenheiten im vergangenen Jahrhundert. Es wird auch auf die Gründe für die Benachteiligungen von Migranten und Migrantinnen im Schulsystem eingegangen und auch welche Schlüsselqualifikationen für erfolgreiche interkulturelle Begegnungen nötig sind. In Kapitel 4 werden die Grundlagen eines sprachsensiblen Fachunterrichts aufgezeigt. Dafür werden Theorien zum Spracherwerb erläutert und es wird näher auf die Sprachvarietäten im Unterricht eingegangen. Anschließend werden Möglichkeiten vorgestellt, wie Sprachförderung im Unterricht stattfinden und wie dort ein positives Fehlerklima hergestellt werden kann. Kapitel 5 befasst sich mit der konstruktivistischen Didaktik. Dabei werden zunächst die Grundlagen beschrieben. Im Anschluss daran werden die verschiedenen Planungsarten von konstruktivistischem Unterricht vorgestellt sowie Perspektiven, anhand derer aus konstruktivistischer Sicht Unterrichtsmethoden betrachtet und ausgewählt werden sollten. Kapitel 5 schließt die theoretischen Grundlagen für die Unterrichtskonzeption im Rahmen dieser Arbeit ab. Das eigentliche Konzept folgt in Kapitel 6. Der Unterricht ist in sechs Unterrichtseinheiten aufgeteilt, die insgesamt aus zwölf Einzelstunden bestehen. Die Vorstellung des Konzeptes erfolgt dabei einheitenweise. Zunächst wird eine kurze Übersicht der theoretischen Inhalte, die für die jeweilige Einheit von Relevanz sind, gegeben. Im Anschluss daran werden die einzelnen Unterrichtsstunden unter Angabe der einzelnen Handlungsschritte vorgestellt. Zuletzt wird die Unterrichtseinheit mit den darin verwendeten Unterrichtsmethoden hinsichtlich einer Eignung aus sprachsensibler und konstruktivistischer Sicht diskutiert. Im Anhang befinden sich Checklisten zur Methodenauswahl und die URLs zu den im Bayern geltenden LehrplanPLUS für die Jahrgangsstufen 5 bis 9 in den Fächern Natur und Technik sowie Physik an bayerischen Gymnasien. Außerdem können dort alle für die Unterrichtsstunden entworfenen Arbeitsblätter inkl. der dazugehörigen Musterlösungen eingesehen werden, ebenso wie die Textanalysen der im Unterricht vorkommenden Texte hinsichtlich einer sprachlichen Eignung durch ein Analysetool.

## 2. Das Pilotprojekt InGym

Zum Schuljahr 2015/2016 startete das Pilotprojekt InGym am Wilhelm-Hausenstein-Gymnasium in München sowie am Martin-Behaim-Gymnasium in Nürnberg. Bereits im darauffolgenden Schuljahr kamen 3 Standorte hinzu: das Peutingergymnasium in Augsburg, das Werner-von-Siemens-Gymnasium in Regensburg und das Friedrich-König-Gymnasium in Würzburg [1]. Es handelt sich hierbei hauptsächlich um Schulen, die sich in sogenannten „Ballungsräumen“ befinden [2, S. 18]. Ende 2018 hatten allein in Augsburg 46% der dort lebenden Menschen einen Migrationshintergrund. In dieser Stadt liegt der Anteil „[b]ei Kindern unter sechs Jahren [...] bereits bei 66%“, ebenso hoch fällt der Prozentanteil bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 6 bis 18 Jahren aus [3, S. 24]. Ein Teil dieser Kinder und Jugendlichen gehört der Gruppe der Neuzugewanderten an, welche durch spezielle Maßnahmen als Seiteneinsteiger in das bayerische Schulsystem eingegliedert werden sollen. Insgesamt wurden zum 16.05.2017 knapp 11 000 Schüler und Schülerinnen (künftig mit SuS abgekürzt) in 700 Übergangsklassen an Grund-, Mittel-, Realschulen und Gymnasien sowie an beruflichen Schulen in Bayern unterrichtet. Dabei handelt es sich um Klassen mit wenigstens 10 und maximal 20 SuS, welche geringe bis gar keine Deutschkenntnisse besitzen. Basis für deren Unterrichtung bildet der Lehrplan Deutsch als Zweitsprache. Der Großteil dieser SuS besucht Grund-, Mittel- und berufliche Schulen. Für jene Jugendlichen, welche aus einem Schulsystem vergleichbarer Qualität zur Realschule oder zum Gymnasium stammen und eine besondere Leistungsbereitschaft und -stärke aufweisen, wurden die Projekte SPRINT und InGym an ausgewählten Realschulen und Gymnasien eingeführt [4, S. 3f.]. Hauptaugenmerk liegt hierbei nicht in der klassischen Vermittlung von Fachwissen, sondern auf dem Auf- und Ausbau von Deutschkenntnissen für den Alltags- und fachspezifischen Bereich. Im Rahmen dieser Arbeit wird nur das Projekt InGym, die Abkürzung von „Integration am Gymnasium“, behandelt, weswegen im Folgenden ausschließlich auf dieses Projekt eingegangen wird [5].

Im Bayerischen Gesetz über das Erziehungs- und Unterrichtswesen, kurz BayEUG, sind die Regelungen für die Schulpflicht verankert. Erfüllen Kinder und Jugendliche die Altersanforderungen nach Artikel 37 §1 BayEUG, so unterliegen sie der Schulpflicht, welche nach Artikel 35 §1 BayEUG drei Monate nach Ankunft aus dem Ausland in Kraft tritt. [6] Zunächst findet eine Aufnahme als Gastschüler bzw. -schülerin an einem wohnortnahen Gymnasium statt, Stammschule genannt. Voraussetzung hierfür sind die zuvor genannten Bedingungen: eine gymnasiale oder damit vergleichbare Vorbildung und

eine ausgeprägte Leistungsfähigkeit und -bereitschaft. Von der Stammschule werden diese SuS an eines der fünf Pilotgymnasien überwiesen, an denen Sammelkurse gebildet werden, in denen die SuS ganztags unterrichtet werden. Man unterscheidet den sogenannten „Junior-Kurs“, welcher sich an SuS der Jahrgangsstufen 6 und 7 richtet, vom „Senior-Kurs“ für Projektteilnehmer der Jahrgangsstufen 8 und 9. Der Kursbeginn ist zu Beginn jedes Schulhalbjahres angesetzt. [5] Wie in Tabelle 1 und Tabelle 2 zu erkennen ist, liegt der Fokus auf dem Erwerb der deutschen Sprache. So macht das Fach Deutsch als Fremdsprache (DaZ) bis zu 50% des gesamten Unterrichts aus. Auffallend ist, dass neben den klassischen Fächern auch Exkursionen fester Bestandteil des Stundenplans sind. Sie „ermöglichen den [SuS] vor Ort einen Zugang zu unserer Kultur und Geschichte und leisten [...] einen wichtigen Beitrag zur Demokratie- und Werteerziehung“ [5].

Nach Ende der Phase I kehren die SuS an ihre wohnortnahe Stammschule zurück und beginnen mit Phase II. Hier findet eine Eingliederung als Gastschüler\*innen in den Regelunterricht statt, wobei ein zusätzliches Förderangebot den weiteren Ausbau der Deutschkenntnisse gewährleistet. Bevor ein\*e Jugendliche\*r als reguläre\*r Schüler\*in gilt, muss dieser eine Aufnahmeprüfung mit einer anschließenden Probezeit bestehen.

Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Konzept richtet sich an SuS im Senior-Kurs in Phase Ib und Ic im Fach Physik. Hierfür steht wöchentlich eine Schulstunde zur Verfügung. Da die genaue Anzahl der Stunden von Halbjahr zu Halbjahr verschieden ist, wird hier beispielhaft mit der Stundenbilanz des ersten Schulhalbjahres 2021/2022 gerechnet. Der Zeitraum vom Ende der Herbstferien bis zu den Weihnachtsferien 2021, also vom 08.11.-23.12.2021, umfasst sieben Wochen [7]. Vom ersten Tag nach den Weihnachtsferien am 10.01.2022 bis zur Überreichung der Halbjahreszeugnisse am 11.02.2022 sind es fünf Wochen. Damit ergeben sich insgesamt zwölf Schulstunden, die konzipiert werden [8].

Tabelle 1: Stundentafel des Junior-Kurses des InGym [2, 5].

	<b>Phase Ia</b>	<b>Phase Ib</b>	<b>Phase Ic</b>
<b>Kursdauer bei Beginn zum Schuljahresanfang</b>	Von Schuljahresbeginn bis zu den Herbstferien	Nach Ende der Herbstferien bis zu den Weihnachtsferien	Nach Ende der Weihnachtsferien bis Halbjahresende
<b>Kursdauer bei Beginn zum Schuljahreshalbjahr</b>	Von Februar bis zu den Osterferien	Nach Ende der Osterferien bis zu den Pfingstferien	Nach Ende der Pfingstferien bis Schuljahresende
<b>Deutsch als Zweitsprache (DaZ)</b>	20 WS DaZ	20 WS DaZ	20 WS DaZ
<b>Moderne Fremdsprache</b>	4 WS Englisch oder Französisch	2 WS Englisch oder Französisch	2 WS Englisch oder Französisch
<b>MINT-Fächer</b>	4 WS Mathematik	2 WS Mathematik	2 WS Mathematik
		4 WS Natur und Technik (NuT)	2 WS NuT
<b>Gesellschaftswissenschaftliche Fächer</b>			2 WS Geographie und Geschichte
<b>Sportlich-kreativer Bereich</b>	10 WS Sport, Kunst und Musik	5 WS Sport, Kunst und Musik	5 WS Sport, Kunst und Musik
<b>Wahlbereich</b>	2 WS aus kreativem Bereich oder Exkursionen	7 WS aus kreativem Bereich oder Exkursionen	7 WS aus kreativem Bereich oder Exkursionen
<b>Hospitationen</b>			Maximal 4 WS Einzelhospitationen im Regelunterricht an der Pilotschule

Tabelle 2: Stundentafel des Senior-Kurses des InGym [2, 5].

	<b>Phase Ia</b>	<b>Phase Ib</b>	<b>Phase Ic</b>
<b>Kursdauer bei Beginn zum Schuljahresanfang</b>	Von Schuljahresbeginn bis zu den Herbstferien	Nach Ende der Herbstferien bis zu den Weihnachtsferien	Nach Ende der Weihnachtsferien bis Halbjahresende
<b>Kursdauer bei Beginn zum Schuljahreshalbjahr</b>	Von Februar bis zu den Osterferien	Nach Ende der Osterferien bis zu den Pfingstferien	Nach Ende der Pfingstferien bis Schuljahresende
<b>Deutsch als Zweitsprache (DaZ)</b>	20 WS DaZ	18 WS DaZ	18 WS DaZ
<b>Moderne Fremdsprache</b>	4 WS Englisch oder Französisch	2 WS Englisch oder Französisch	2 WS Englisch oder Französisch
<b>MINT-Fächer</b>	4 WS Mathematik	3 WS Mathematik	3 WS Mathematik
		3 WS Biologie, Chemie und Physik	3 WS Biologie, Chemie und Physik
<b>Gesellschaftswissenschaftliche Fächer</b>		2 WS Geographie	2 WS Geographie und Geschichte
<b>Sportlich-kreativer Bereich</b>	10 WS Sport, Kunst und Musik	5 WS Sport, Kunst und Musik	5 WS Sport, Kunst und Musik
<b>Wahlbereich</b>	2 WS aus kreativem Bereich oder Exkursionen	7 WS aus kreativem Bereich oder Exkursionen	7 WS aus kreativem Bereich oder Exkursionen
<b>Hospitationen</b>			Maximal 4 WS Einzelhospitationen im Regelunterricht an der Pilotschule

Neben dem InGym gibt es zum einen noch die regionale flexible Integration am Gymnasium, das ReG\_In\_flex. Bei diesem Programm handelt es sich um die „direkte Aufnahme von Seiteneinsteigern mit Deutschkenntnissen als Gastschüler\*innen mit anschließender Probezeit“ wobei eine „individuelle Förderung am wohnortnahen Gymnasium“ eine optimale Eingliederung in das bayerische Gymnasium gewährleisten soll [9]. Zum anderen hat jede Schule, die mindestens fünf Seiteneinsteiger\*innen sprachlich besonders fördern will, die Möglichkeit beim Freistaat Bayern sogenannte Mittel für Drittkräfte zu beantragen. Die Mindestzahl der SuS reduziert sich im ländlichen Bereich auf drei [10]. Da sich diese Arbeit auf das InGym konzentriert, werden diese beiden Fördermöglichkeiten nicht weiter ausgeführt.

## 3. Interkulturelle Pädagogik

### 3.1 Migrationsgeschehen in Deutschland

„Deutschland ist ein Migrationsland“ [11, S. 8]. So beschreibt Paul Mecheril, Professor für Erziehungswissenschaften mit Schwerpunkt Migration an der Universität Bielefeld, die Situation in Deutschland [12]. Betrachtet man die Daten, so untermauern sie Mecherils Aussage: Nach dem Migrationsbericht ist Deutschland im EU-Vergleich Spitzenreiter in Bezug auf längerfristige Migration [13, S. 12]. Dabei versteht man unter Migration das Phänomen, „wenn eine Person ihren Lebensmittelpunkt räumlich verlegt“. Sie wird untergliedert in die internationale Migration bei staatenübergreifender Verlegung und die Binnenmigration, falls dabei keine Ländergrenze überschritten wird [14, S. 12]. Im alltäglichen oder fachlichen Sprachgebrauch ist mit Migration aber in der Regel die internationale Migration gemeint, weswegen in dieser Arbeit der Begriff in diesem Sinn verwendet wird.

In den jährlich vom Statistischen Bundesamt publizierten Ergebnissen des Mikrozensus wird ein\*e Migrant\*in oder ein Mensch mit Migrationshintergrund nach seinem Migrationsstatus klassifiziert. Dieser gliedert sich zum einen in Menschen, welche selbst nach Deutschland zugewandert sind, wie bspw. im Ausland Geborene, deutsche Aussiedler\*innen oder Eingebürgerte und zum anderen in Menschen ohne eigene Migrationserfahrung. Dazu zählen im Inland Geborene ohne deutsche Staatsbürgerschaft oder auch Deutsche, welche eingebürgert wurden oder mindestens einen Elternteil besitzen, der entweder zugewandert ist oder ein\*e in Deutschland geborener Ausländer\*in ist [15, S. 6].

Laut Migrationsbericht des Jahres 2019 lag die Anzahl der Zuzüge bei 1.588.612. Dagegen verließen 1.231.552 das Land, woraus sich eine „Nettozuwanderung“ von 327.060 ergibt. Insgesamt stammen 66,4 % aller zugezogenen Personen aus europäischen Ländern inkl. der Türkei und Russischen Föderation. Bei 13,7 % handelt es sich um zugewanderte Personen aus Asien, 5,5 % stammen aus Amerika, Australien oder Ozeanien und bei den restlichen 10 % ist die Herkunft unbekannt. Die 10 Länder, aus denen die meisten Personen emigrieren lauten in absteigender Reihenfolge: Rumänien, Polen, Bulgarien, „Italien, die Türkei, Kroatien, Indien, Ungarn, die Vereinigten Staaten und Serbien“ [13, S. 3]. Es sei darauf hingewiesen, dass hierunter allein aus dem EU-Raum sechs Länder fallen. [13, S. 2f.] Dies kann der Tatsache geschuldet sein, dass laut Artikel 2 zur Freizügigkeit des Protokolls Nr. 4 zur Menschenrechtskonvention

europäische Bürger\*innen das Recht besitzen, ihren Wohnsitz innerhalb der EU frei zu wählen [16].

Im Jahr 2019 lebten in Deutschland 81.848.000 Menschen, davon wiesen 21.246.000 einen Migrationshintergrund auf. Das macht einen prozentualen Anteil von knapp 26 % aus. Bei Kindern und Jugendlichen liegt der Anteil unter den 5–15-Jährigen bei fast 40 % und bei den 15–20-Jährigen beträgt er knappe 35 % [17, S. 36]. Diese Zahlen machen deutlich, dass eine Ausrichtung der Pädagogik notwendig ist, die der Heterogenität in der Bevölkerung Rechnung trägt. Hierfür etablierte sich in dem Bereich der Vergleichenden Erziehungswissenschaften im Laufe der letzten Jahrzehnte die „Interkulturelle Pädagogik“. Sie „versteht sich [...] zum einen als eigenständige Fachrichtung, spezialisiert auf Fragen des Umgangs mit sprachlicher, ethnischer, nationaler sowie sozialer Heterogenität. Zum anderen versteht sie sich als ein interdisziplinäres Arbeits- und Forschungsfeld mit engem Bezug zu entsprechenden Spezialisierungen in anderen Disziplinen“ [18, S. 150]. Mecheril distanziert sich von dieser Bezeichnung und verwendet den Begriff „Migrationspädagogik“. Dazu schreibt er: „Das Grundproblem der Bezeichnung ‚Interkulturelle Pädagogik‘ besteht darin, dass der Versuch, einer ‚Verschiedenheit Rechnung zu tragen‘ [...], eine spezifische Verschiedenheit immer schon voraussetzt“. Der Begriff „Interkulturell“ erwecke zudem den Anschein, die Kultur sei das einzige Differenzkriterium und Mecheril folgert daraus, Interkulturelle Pädagogik sei „als Bezeichnung einer erziehungswissenschaftlichen Fachrichtung unklar“ [11, S. 16f.]. Da aber die obige Definition der Interkulturellen Pädagogik mehrere Dimensionen der Unterscheidung benennt, findet dieser Begriff im Rahmen dieser Arbeit Verwendung und nicht der von Mecheril bevorzugte.

## 3.2 Entstehungsgeschichte der Interkulturellen Pädagogik in Deutschland

Obwohl Deutschland schon seit vielen Jahrzehnten als eines der beliebtesten Zielländer für Zuwanderungen gilt [19, S. 9], bestand aus politischer Sicht lange Zeit eine abweisende Haltung gegenüber der Berücksichtigung der sozialen, gesellschaftlichen, sprachlichen und bildungsrelevanten Bedürfnisse von Menschen mit Migrationshintergrund [11, S. 7f.]. Im Folgenden wird erläutert, wie sich die Interkulturelle Pädagogik als Fachrichtung der vergleichenden Erziehungswissenschaften etablierte.



Während Deutschland vor 1890 das Land mit den meisten Emigranten bzw. Emigrantinnen war, wendete sich das Blatt im Zuge der Industrialisierung aufgrund des steigenden Bedarfs an Arbeitskräften im Niedriglohnsektor. Diese Tendenz änderte sich trotz der Weltkriege nicht. [11, S. 27]. Nach den Weltkriegen kam es aufgrund der Vertreibung deutscher Reichs- bzw. Staatsbürger\*innen aus den ehemaligen deutschen Provinzen im Osten Europas zu einer hohen Zahl von Migrantinnen und Migranten im Land. Diese sowie deutschsprachige Minoritäten aus dem Ausland wurden im Bildungssystem berücksichtigt, während ausländische Bürger\*innen im Inland ausgeklammert wurden. [18, S. 102f.]

Aufgrund der Teilung Deutschlands in die BRD und DDR und der daraus resultierenden Etablierung unterschiedlicher politischer Systeme in beiden Staaten, wurden auch die Forschungsschwerpunkte in der interkulturellen Pädagogik unterschiedlich gesetzt. In der BRD waren drei grundsätzliche Ausrichtungen vorzufinden. Das Hauptaugenmerk lag auf der Untersuchung von Erziehung und Bildung als Gegenüberstellung einer kapitalistischen Staatsform einerseits und einer sozialistischen andererseits. Mit Gründung der Europäischen Union wurden außerdem Ansätze zur „Konzeptualisierung einer Europaerziehung“ entwickelt, die jedoch bis in die 1990er-Jahre nicht weiterverfolgt wurden. Zuletzt forschte man aufgrund der größer werdenden Kritik an der Kolonialpolitik in Dritte-Welt-Ländern und der Bildungssituation vor Ort. [18, S. 104ff.]

Mecheril unterscheidet in der Nachkriegszeit drei Arten von Migration in der BRD. Zum Ersten die Aussiedlung: Hiermit sind Personen gemeint, die als Angehörige von deutschen Minderheiten in Osteuropa nach 1945 zuwanderten. Da diese als deutsche Staatsbürger\*innen angesehen wurden, flossen hohe Geldsummen in eine erfolgreiche Integration [11, S. 35].

Bei der zweiten großen Gruppe handelt es sich um Arbeitsmigranten bzw. -migrantinnen. Aufgrund des deutschen Wirtschaftswunders wurden in den 1960er-Jahren Anwerbeverträge in chronologischer Reihenfolge mit Italien, Spanien, Griechenland, der Türkei, Portugal, Tunesien und Marokko sowie Jugoslawien abgeschlossen. Diese Arbeitskräfte sollten die freien Arbeitsplätze auf dem florierenden Markt füllen. Dabei besetzten sie in der Regel Stellen mit geringem Arbeitsentgelt und ohne großes gesellschaftliches Ansehen. Ihre Bezeichnung als Gastarbeiter suggeriert, welche politische Einstellung gegenüber diesen Personen herrschte, nämlich dass ihr Aufenthalt nur zeitlich begrenzt war und sie nach ein bis zwei Jahren heimkehren sollten. Demzufolge wurden wenig bis gar keine Anstrengungen unternommen, diese Gruppe in die deutsche Gesellschaft zu

integrieren. Nachdem sich die zeitliche Begrenzung des Aufenthalts als nachteilig für die deutsche Wirtschaft herausstellte, waren Aufenthaltsverlängerungen leichter zu erhalten, was für viele Migranten und Migrantinnen Anlass war, dauerhaft in der BRD sesshaft zu werden. Nach der Rezession 1973 wurden keine neuen Arbeiter\*innen angeworben. Von den 14 Millionen Gastarbeitern und Gastarbeiterinnen verblieben drei Millionen in der Bundesrepublik, wobei „aufgrund von Familienzuzug und -gründung die Zahl der ausländischen Bevölkerung“ weiter anwuchs [11, S. 35].

Die dritte Gruppe bildeten Flüchtlinge. [11, S. 29-38] Nach Artikel 1A der Genfer Flüchtlingskonvention von 1951 ist ein Flüchtling eine Person, die

*aus der begründeten Furcht vor Verfolgung wegen ihrer Rasse, Religion, Nationalität, Zugehörigkeit zu einer bestimmten sozialen Gruppe oder wegen ihrer politischen Überzeugung sich außerhalb des Landes befindet, dessen Staatsangehörigkeit sie besitzt, und den Schutz dieses Landes nicht in Anspruch nehmen kann oder wegen dieser Befürchtungen nicht in Anspruch nehmen will; oder die sich als staatenlose infolge solcher Ereignisse außerhalb des Landes befindet, in welchem sie ihren gewöhnlichen Aufenthalt hatte, und nicht dorthin zurückkehren kann oder wegen der erwähnten Befürchtungen nicht dorthin zurückkehren will* [20].

Hervorzuheben ist, dass beispielsweise Kriege nicht explizit als Gründe aufgeführt sind.

Im Jahr 1990 hatten 8,4 % der Bevölkerung der Bundesrepublik einen ausländischen Pass, der gesamte Anteil von Menschen mit Migrationshintergrund war entsprechend höher. Zu diesem Zeitpunkt waren über 900.000 Kinder und Jugendliche mit ausländischem Pass in das Regelschulsystem integriert [18, S. 91].

Die Forschung der vergleichenden Erziehungswissenschaften in der DDR hatte andere Ausprägungen wie in der BRD. Sämtliche Untersuchungen waren darauf ausgelegt, die Vormachtstellung des Sozialismus über den Kapitalismus herauszukristallisieren [18, S. 106f.]. Durch die Abschottung vom Osten zum Westen waren sowohl Immigration als auch Emigration streng reglementiert. Viele Menschen flüchteten vor dem Mauerbau und so etablierte sich in der DDR ein Arbeitskräftemangel, der durch Fremdarbeiter\*innen aus anderen sozialistischen Staaten, wie z. B. Ungarn und Polen, aber auch „Angola, Mosambik, Algerien, Kuba, Libyen, der Mongolei, Nordkorea oder Vietnam“, kompensiert wurde [18, S. 85]. Eine dauerhafte Immigration war unerwünscht und wurde vertraglich mit den Bündnisstaaten durch genaue Angabe der An- wie auch der Abreisedaten ausgeschlossen. Demzufolge war auch die Anzahl der zu unterrichtenden Kinder sehr gering. Prinzipiell wurden einheimische Kinder von ausländischen strikt getrennt, weshalb separate Institutionen für die Beschulung zuständig waren [18, S. 84ff.].

Nach der Wiedervereinigung Deutschlands im Jahre 1990 und dem Ende des Kalten Krieges fand eine Umorientierung bezüglich der Forschungsthemen der vergleichenden Erziehungswissenschaft statt. Schwerpunkte waren unter anderem die europäische Bildung und Schulleistungsstudien auf internationaler Ebene. Aber auch eine Ausrichtung der Forschung auf das Geschehen im Inland erfolgte. So gehörten SuS mit einem Migrationshintergrund mittlerweile zum Alltag in deutschen Schulen, jedoch waren die Umstände, die zu einem Gefälle hinsichtlich des schulischen Erfolgs zwischen Kindern mit und ohne Migrationshintergrund führen, noch kein Untersuchungsgegenstand [18, S. 108ff.]. Trotz der langen Migrationsgeschichte Deutschlands etablierte sich jetzt erst die Interkulturelle Pädagogik als eigene Fachrichtung der vergleichenden Erziehungswissenschaft. Sie beschäftigt sich grundsätzlich damit, „wie eine demokratische Bildung und Erziehung angesichts von sprachlich-kultureller, nationaler und ethnischer Heterogenität innerhalb der Bundesrepublik Deutschland als Teil eines größeren Staatenbundes – der Europäischen Union – und angesichts [...] der Globalisierung [...] zu gestalten sei“. Eines der zentralen Themen war der Vergleich zwischen der Defizit-Hypothese und der Differenz-Hypothese. Bei ersterer handelt es sich um die Position, dass kulturelle Andersartigkeit von Ausländern ein Makel sei und eine Anpassung an die einheimische Kultur, der in diesem Zusammenhang genannten „Leitkultur“, für eine erfolgreiche Integration eine Notwendigkeit darstelle. Diese Sichtweise wurde immer mehr kritisiert und es setzte sich vorübergehend die Differenz-Hypothese durch. Bei dieser wird die kulturelle Heterogenität als ein Zugewinn betrachtet, welche in Gesellschaft und im Bildungswesen anerkannt und Rechnung getragen werden sollte. Auch diese Betrachtungsweise wurde letztlich negativ aufgenommen, da auch hier die Kulturdifferenz im Fokus stehe und die Interkulturelle Pädagogik dadurch immer auf einen bestimmten Adressatenkreis begrenzt sei. Jedoch war diese Teildisziplin der Pädagogik als eine „Pädagogik für alle bzw. Querschnittaufgabe“ gedacht [18, S. 146-150].

Die Auseinandersetzung von Migration und Bildung führte aber nicht nur im Bereich Pädagogik zu einem Umdenken: Auch in anderen Wissenschaftsbereichen etablierten sich Spezialisierungen. So bildete sich beispielsweise in der Germanistik das Gebiet des Deutschen als Zweitsprache aus. Diese Disziplinen, die sich mit den Auswirkungen von Heterogenität auf Erziehung und Bildung beschäftigen, sind zwar eigenständig, aber doch eng mit anderen verwoben [18, S. 150].

### 3.3 Faktoren für die Benachteiligung von Schülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund

Wirft man einen Blick auf internationale Studien, so wird deutlich, dass zwischen SuS mit und ohne Migrationshintergrund erhebliche Diskrepanzen herrschen. So z. B. bei der TIMSS („Trends in International Mathematics and Science Study“) aus dem Jahr 2019, bei welcher „[m]athematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland“ getestet und die Ergebnisse auf internationaler Ebene verglichen werden [21, S. 1-11]. Sowohl in Mathematik als auch in den Naturwissenschaften besteht ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Schülergruppen [21, S. 298]. Auch die Ergebnisse der IGLU 2016, der „Internationalen Grundschul-Lese-Untersuchung“ weisen auf das Vorhandensein von Diskrepanzen zwischen Kindern und Jugendlichen mit und ohne Migrationshintergrund hin [22, S. 11, S. 224]. Studien, welche zusätzlich noch differenzieren, ob SuS eigene Migrationserfahrung haben, wie die PISA-Studie aus dem Jahr 2018, bei welcher verschiedene Kompetenzbereiche von 15-Jährigen getestet wurden, stellen fest, dass bspw. die Lesekompetenzen zugewanderter Jugendlicher im Vergleich zu anderen am schwächsten ausfallen [23, S. 11].

Die Gründe, die für diese Schlechterstellung von SuS mit Migrationshintergrund verantwortlich sind, sind vielfältig und mehrdimensional. Zunächst soll auf die drei Ebenen eingegangen werden, die häufig bei der Klassifizierung der Bedingungen Verwendung finden: die Makro-, Meso- und Mikrobedingungen. Bei den Makrobedingungen handelt es sich um solche, die auf die Gesellschaft und die Institution Schule im Allgemeinen zurückzuführen sind. Zu den Mesobedingungen zählen „Charakteristiken von Schulen und Schulklassen ebenso wie Eigenschaften der Nachbarschaft“, also das schulische und weitere soziale Umfeld der SuS. Zuletzt findet noch eine Unterteilung in Mikrobedingungen statt, diese befinden sich auf der individuellen Ebene der SuS ebenso sind Bedingungen ihrer Eltern und ihres direkten schulischen Umfeldes durch Lehrkräfte gemeint [19, S. 104].

Kristen und Dollmann schlagen zur Erklärung von Differenzen bei Leistungen von SuS mit und ohne Migrationshintergrund den allgemeinen Kapitalansatz unter Einbezug der Differentiation zwischen primären und sekundären Effekten nach Boudon vor. Nach dem allgemeinen Kapitalansatz haben die SuS verschiedenartige Ressourcen, wie soziale oder auch kulturelle, zur Verfügung, welche ein gewisses Handlungsspektrum liefern. Sie können einerseits ausbremsend wirken, z. B. durch mangelnde finanzielle

Ressourcen, aber auch förderlich für den Schulerfolg durch bspw. ein unterstützendes familiales Umfeld, also positive familiäre Ressourcen, sein. Die SuS haben dabei einen gewissen Entscheidungsspielraum, inwieweit sie verschiedene Ressourcen nutzen. „Vor diesem Hintergrund lässt sich der Bildungserwerb als Investition bzw. als Folge einer Vielzahl aufeinanderfolgender Investitionen auffassen“ [19, S. 105].

Nach Boudon sind die Effekte nach primärer und sekundärer Art zu unterscheiden. Primäre Effekte sind dabei jene, die aufgrund der sozio-kulturellen Zugehörigkeit auf den Kompetenzerwerb wirken, während man unter den sekundären Effekten solche meint, die sich auf Bildungsentscheidungen auswirken. Verbindet man beide Ansätze miteinander und wendet sie auf SuS mit Migrationshintergrund an, so tätigen SuS Investitionen in den Kompetenzerwerb, welche Effekten, bedingt durch die andere ethnisch-nationale Zugehörigkeit und der rahmenbildenden Ressourcen, unterliegen. Besonders bedeutsam ist dabei die Rolle der Eltern: Hatten sie selbst Erfolg im deutschen Bildungssystem können sie selber als eine förderliche familiäre Ressource wirken und ein Bildungserfolg ihrer Nachkommen ist wahrscheinlicher. Da aber Menschen mit Migrationshintergrund häufiger einen niedrigeren sozio-ökonomischen Status haben, kann sich dies restriktiv auf mögliche Investitionen auswirken. Zudem haben Eltern mit eigener Zuwanderungserfahrung unter Umständen ihre ganze Bildungslaufbahn oder zumindest einen Teil davon in ihrem Herkunftsland erlebt. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass sie andere Ressourcen besitzen, die für das deutsche Bildungssystem irrelevant sind. Darüber hinaus sind sprachliche Ressourcen von entscheidender Bedeutung für den Kompetenzerwerb. Wird die Verkehrssprache Deutsch vonseiten der SuS oder ihrer Eltern nicht ausreichend beherrscht, können sowohl Wissensvermittlung im Unterricht als auch Hausaufgaben- und Lernhilfen durch die Eltern negativ beeinträchtigt sein [19, S. 105-110]. Vor allem selbst zugewanderte SuS bedürfen aufgrund des sprachlichen Nachteils einer besonderen Förderung, da in der Regel sowohl sie selbst, als auch zumeist ihre Eltern nur mangelhafte Kenntnisse der deutschen Sprache besitzen. Mecheril führt zudem noch eine Benachteiligung aufgrund der in den Schulen stattfindenden Homogenisierung an. Aus der Gleichbehandlung der SuS resultiert eine Ungleichheit, da individuelle Voraussetzungen unberücksichtigt bleiben und Bessergestellte ihr Ressourcenrepertoire vorteilhafter nutzen würden [11, S. 145]. An Übertritten, wie z. B. dem von Grundschule in eine weiterführende Schule, sind die sekundären Effekte von Relevanz. Unabhängig vom Migrationshintergrund sind hierbei statutypische Ressourcen zu nennen. Lange Bildungswege werden demnach häufiger von sozio-ökonomisch Bessergestellten eingeschlagen, zum einen aufgrund der vorhandenen förderlichen Ressourcen und zum

anderen um das gesellschaftliche Ansehen generationenübergreifend zu erhalten. Ein ausgeprägter Kenntnisstand über die Funktionsweise und Anforderungen der verschiedenen Schulformen, -zweige und -abschlüsse innerhalb der Familie ist ebenfalls von Bedeutung. Die Bewertung eines Bildungsgrades als unerreichbar, nicht aufgrund mangelnder kognitiver Fähigkeiten der SuS, sondern wegen der Unbekanntheit des Erwartungshorizontes, der damit verbunden ist, können eine Ursache für eine Schlechterstellung sein. Hiervon sind Familien mit Migrationshintergrund und selbst zugewanderte Menschen besonders betroffen. Die Studienlage weist jedoch auch auf Vorteile hin, die sich aus dem niederen Status ergeben. So scheint eine stärker ausgeprägte Bildungsmotivation in Migrantenfamilien vorhanden zu sein, was auf die Aussicht einer höheren Lebensqualität und damit den eigentlichen Migrationsgrund zurückzuführen sein könnte [19, S. 110ff.].

Daraus schlussfolgernd ergeben sich die Benachteiligungen der SuS mit Migrationshintergrund gegenüber jenen ohne hauptsächlich aufgrund der sozialen Zugehörigkeit. Primäre soziale Effekte scheinen jedoch hierbei eine besondere Rolle einzunehmen, denn „[b]ei gleicher Leistungsausgangslage sind nur noch geringfügige Unterschiede im Übergangsverhalten festzustellen“ [19, S. 112ff.].

### 3.4 Interkulturelle Kompetenzen und Kommunikation

Die Institution Schule und insbesondere Klassen des InGym sind Orte interkultureller Begegnungen. Sowohl Lehrkräfte als auch die SuS benötigen dafür interkulturelle Kompetenzen, weshalb deren Vermittlung häufig schon Bestandteil der schulischen und universitären Curricula ist. Sie gelten als Schlüsselkompetenzen, da sie universell für unterschiedlichste Bereiche, nicht nur den schulischen, von Bedeutung sind [24, S. 7].

Interkulturelle Kompetenzen unterscheiden sich in 3 Kompetenzbereiche, welche im Folgenden näher erläutert werden. Zur ersten Teilkompetenz, der kognitiven Kompetenz, gehört das „Wissen über andere Kulturen“, „[k]ulturtheoretisches Wissen“ sowie die Fähigkeit zur Selbstreflexion [24, S. 11f.]. Obwohl der Begriff „Kultur“ im alltäglichen und fachlichen Bereich häufig verwendet wird, scheint die Angabe einer genauen Definition mitunter schwierig, da sie häufig unscharf oder zu eindimensional sei [24, S. 19]. Nach Hansen umfasst Kultur „Standardisierungen, die in Kollektiven gelten“, wobei Standardisierung die Ausbildung von Konventionen in sozialen Gruppen auf kommunikativer, kognitiver, affektiver und der Verhaltens- und Handlungsebene meint [25, S. 39].

Hervorzuheben ist, dass Kulturen keine isolierten Gebilde darstellen, sondern es sich vielmehr um mehrdimensionale, dynamische und nicht scharf abgrenzbare Konstrukte handelt. Sie bilden sich über Staatengrenzen hinweg und können auch innerhalb von bestehenden Kulturen, als sogenannte Subkulturen, koexistieren. Zudem müssen einzelne Individuen einer Kultur nicht alle Charakteristika dieser vertreten und zeigen, vielmehr herrscht intern eine ausgeprägte Vielfalt [24, S. 20-26]. Dies hängt damit zusammen, dass die Kultur, in der man lebt, erheblich zur Entwicklung der eigenen Identität, einem das ganze Leben andauernden Prozess, beiträgt. Jedes Individuum nimmt diese jedoch anders wahr und daraus resultierend bilden sich unterschiedliche kognitive Strukturen aus. Interkulturelle Begegnungen haben demnach das Potential, bisher unbekannte Züge der Identität aufzuzeigen und das Selbstkonzept zu verändern. Dies kann für das Individuum sowohl Stress als auch eine Gelegenheit zur positiven Identitätsentwicklung bedeuten. Die aufgrund der eigenen Kultur und der Interaktion mit Angehörigen fremder Kulturen gebildeten kognitiven Strukturen haben somit unmittelbaren Einfluss auf die Reflexion der eigenen Kultur und der daraus resultierenden Denk- und Verhaltensmuster [24, S. 53-62].

Die affektive Kompetenz bildet die zweite interkulturelle Kompetenz und betrifft Ansichten über Menschen anderer Kulturzugehörigkeit. Prinzipiell ist eine positive Grundhaltung wie auch Einfühlungsvermögen und Sensitivität essentiell für eine erfolgreiche Bewältigung einer interkulturellen Situation [24, S. 12f.]. Besonders hervorzuheben ist die Ambiguitätstoleranz, womit die „Fähigkeit, widersprüchliche Auffassungen und Wirklichkeitsbilder zu akzeptieren und produktiv zu wenden“ gemeint ist [24, S. 168]. Es besteht also ein enger Zusammenhang zwischen dem Maß an Ambiguitätstoleranz eines Individuums und dem Empfinden darüber, ob eine interkulturelle Begegnung und daraus folgender Differenzen als Bedrohung für die eigene Identität wahrgenommen werden. Je stärker die Ambiguitätstoleranz ausgeprägt ist, desto besser kann eine Person Konflikte auf positive Weise für ihre Identitätsentwicklung umdeuten und verwenden [24, S. 65].

Die pragmatisch-kommunikative Kompetenz umfasst kommunikative Fähigkeiten, die für interkulturelle Begegnungen notwendig sind und das Vorhandensein von Mitteln zum erfolgreichen Umgang mit Spannungen aufgrund kultureller Differenzen [24, S. 11-14]. Insbesondere gehört die interkulturelle Kommunikation zu dieser Teilkompetenz, anhand der sich der Grad an interkultureller Kompetenz besonders zeigt. Obwohl in solchen Situationen häufig Fremdsprachen zum Einsatz kommen, ist eine Begrenzung interkultureller Kommunikation auf deren Gebrauch nicht sinnvoll, da Sprachen auch kulturübergreifend gesprochen werden. Um die Problematiken, die sich aufgrund interkultureller



Kommunikation ergeben können, besser nachzuvollziehen, macht es Sinn zunächst auf die Grundlagen von Kommunikation näher einzugehen [24, S. 76-82]. Kommunikation meint einen wechselseitigen Prozess, bei dem sich mindestens zwei Teilnehmer Botschaften mittels unterschiedlicher Modalitäten zusenden und diese empfangen [26, S. 7]. Dies ist die grundlegende Struktur von Kommunikationsmodellen: Es gibt einen Sender, der eine Botschaft zu einem Empfänger sendet. Kommunikationsstörungen ergeben sich häufig aufgrund des stark interpretativen Charakters sowohl auf der Sender- als auch auf der Empfängerseite [24, S. 83]. Im Folgenden soll das Kommunikationsmodell nach Schulz von Thun vorgestellt werden, da es einen hohen Grad an Praxisbezug und Umsetzbarkeit aufweist und sich darum gut zur Erklärung von Kommunikationsstörungen aufgrund von Interkulturalität eignet [26, S. 31] [24, S. 90]. Nach diesem Modell teilt ein Kommunikationsteilnehmer in einer Botschaft Informationen auf vier verschiedenen Ebenen bzw. Seiten mit. Man spricht hierbei von den „4 Schnäbeln“. Der Empfänger wiederum empfängt die Botschaft und interpretiert diese von vier Seiten aus, er hört sie auf „4 Ohren“ [26, S. 31]. Diese Seiten sind in der folgenden Abbildung 1 in Form des Kommunikationsquadrates abgebildet.

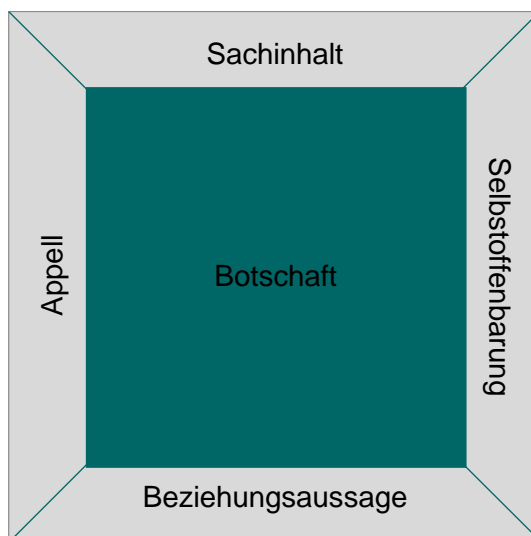


Abbildung 1: Das Kommunikationsquadrat nach Schulz von Thun [26, S. 91].

Auf Senderseite beinhaltet der Sachinhalt den reinen Informationsgehalt einer Äußerung. In der Selbstoffenbarung kommen willkürliche und unwillkürliche Auskünfte über die eigene Person zu tragen. Jede Botschaft enthält zudem Informationen darüber, wie der Sender die Beziehung zwischen ihm und dem Empfänger sieht. Dies wird über die Beziehungsaussage mitgeteilt, häufig unter Verwendung nonverbaler Signale wie Mimik



und Gestik, Blickverhalten, Distanz zum Gesprächspartner und Ausgestaltung der Sprache. Zuletzt hat jede Botschaft intentionalen Charakter in Bezug darauf, was der Empfänger denken, empfinden und wie er sich aus Sendersicht verhalten soll. Auf Empfängerseite wird die Botschaft ebenfalls anhand der 4 Seiten gedeutet. Man spricht dabei vom Sach-, Selbstoffenbarungs-, Beziehungs- und Appellohr. Im Allgemeinen entwickeln sich Kommunikationsstörungen aus der Tatsache heraus, dass sowohl Sender als auch Empfänger eine Blackbox darstellen. Die genauen Botschaftsmerkmale des Senders sind von außen nicht klar erkennbar, der Empfänger schreibt diese auf Basis seiner Identität, Erfahrungen etc. selber zu. Daraufhin reagiert der Empfänger, wobei die Reaktion wiederum Mitteilungscharakter aufweist. Zusätzlich gewichten Kommunikations Teilnehmer die „Schnäbel“ bzw. „Ohren“ unterschiedlich stark. [26, S. 31ff.] Besonders in interkulturellen Situationen kommt es aufgrund dessen immer wieder zu Konflikten. Westliche Kulturen neigen beispielsweise zu einem direkten Kommunikationsstil, bei dem der Sachinhalt eine herausgestellte Position einnimmt. Während in diesen Kulturen auf Basis eines gemeinsamen Interesses eine positive Beziehung entsteht, sieht das z. B. in asiatischen Kulturen anders aus. Dort gilt die Auffassung, dass man nur auf Basis eines Vertrauensverhältnisses gemeinsame Interessen auch in Geschäftsbeziehungen verfolgen kann. Ein zu direkter Kommunikationsstil wird als unhöflich empfunden [24, S. 87-93]. Ähnliches zeigt sich auch bei westlichen Gastgebern bzw. Gastgeberinnen die ihren asiatischen Gästen z. B. ein Getränk anbieten. Während der bzw. die Gastgeber\*in eine klare Antwort wie „Ja“ oder „Nein“ erwartet und diese anschließend akzeptiert, möchte der asiatische Gast gegebenenfalls das Getränk, aber gleichzeitig will er keine Umstände bereiten. Seine Antwort ist demzufolge „Nein“. In diesen Kulturkreisen ist es jedoch üblich seinem Gast mehrmals Dinge anzubieten und das Angebotene erst nach häufigen Nachfragen zu akzeptieren. Es ist offensichtlich, dass die sofortige Anerkennung des Gastwunsches von diesem als unhöflich betrachtet werden kann, während der bzw. die westliche Gastgeber\*in diese Absicht gar nicht verfolgt [24, S. 140f.]. Schulz von Thun schlägt zur Vermeidung von Kommunikationsstörungen aufgrund unterschiedlicher kultureller Zugehörigkeiten das Modell des „Inneren Teams“ vor. So besitzt eine jede Person ein Aufgebot an verschiedenen Persönlichkeitsmerkmalen, die mehr oder weniger stark vertreten sind. Sie bilden das Team und sind mitgeprägt durch die kulturelle Herkunft bzw. Zugehörigkeit. Grundvoraussetzung einer erfolgreichen interkulturellen Kommunikation ist das Wissen um die eigenen weniger maßgebenden Merkmale, die durchaus beim kulturell Anderen eine vorherrschende Rolle einnehmen können. Dieser Umstand ist Basis für ein Verstehen, welches über die reine Sachebene hinausgeht

und ein Sich-Hineinversetzen in die andere Person umfasst. Infolgedessen wird der interkulturelle Konflikt weniger als Stress oder Identitätsbedrohung wahrgenommen und kann sogar im Sinne der Ambiguitätstoleranz gewinnbringend für die eigene Identitätsentwicklung genutzt werden [24, S. 94f.].

Eine Lehrkraft, welche eine InGym-Klasse unterrichtet, muss um Missverständnisse auf interkultureller Basis zu vermeiden, bestimmte Anforderungen erfüllen und Problemlösestrategien besitzen. Diese sind jedoch nicht universell anwendbar und es bedarf für ihren Einsatz ein hohes Maß an Einfühlungsvermögen [24, S. 142]. Die grundlegenden Strategien sollen im Folgenden vorgestellt werden [24, S. 143ff.]:

- „Selbstreflexive Strategien“: Prinzipiell ist die Reflexion der eigenen Kommunikation und auch die des kulturell Anderen unerlässlich für eine erfolgreiche interkulturelle Kommunikation. Das zuvor beschriebene Kommunikationsmodell unter Einbezug des Inneren Teams kann dabei eine Hilfestellung bieten, seine Kommunikation zu prüfen und für eine erneute Interaktion abzuändern. Es eignet sich somit vor allem für die nachträgliche Analyse und kann die interkulturelle Kommunikationsfähigkeit dauerhaft bessern.
- „Rhetorische Strategien“: Für eine kurzfristige Verbesserung bieten sich rhetorische Strategien wie das Paraphrasieren oder Zusammenfassen des Gesagten sowie das Vergewissern, ob das verbal oder nonverbal Mitgeteilte auch verstanden wurde, an. Es sei darauf hingewiesen, dass es in manchen Kulturen als unhöflich gilt, zu häufig die Inhalte zu wiederholen oder das Verstehen der anderen Person abzufragen.
- „Reduktion von Unsicherheit“: Häufig sind beispielsweise sprachliche Barrieren Bestandteil interkultureller Begegnungen. Je nachdem, ob beide Teilnehmer\*innen in einer aus ihrer Sicht Fremdsprache, oft Englisch, kommunizieren, oder zumindest eine\*r die verwendete Sprache auf Muttersprachenniveau beherrscht, herrscht beiderseitige oder einseitige Unsicherheit [24, S. 104ff.]. Diese gilt es für eine gelungene Kommunikation zu mindern oder im besten Fall, ganz abzubauen. Auch hier bietet es sich an, dem Kommunikationspartner Fragen zu stellen, mit dem Ziel „das Verhalten des Gegenübers vorhersehbar [zu] machen“ und „einen Raum für die Verhandlung der kommunikativen Beziehung [zu] bieten“.
- „Explizite Metakommunikation“: Hierbei handelt es sich um die Kommunikation über die Kommunikation, wobei dies eher in Kontakt mit Kulturen geschehen sollte, in denen ein direkter Kommunikationsstil präferiert wird. Indirekt

kommunizierende Kulturen könnten dieses Verhalten als Affront verstehen und die Intention, die Kommunikation nachhaltig zu verbessern, hat den gegenteiligen Effekt.

- „Implizite Metasensibilität“: Diese Strategie ist eine Alternative zur expliziten Metakommunikation, setzt aber einen hohen Grad an Einfühlungsvermögen und der Fähigkeit, die Situation unmittelbar wahrzunehmen und einzuschätzen, voraus. Grundsätzlich dabei ist die Wahrnehmung einer Kommunikationsstörung und der Variation des Verhaltens, das zu eben dieser geführt hat, ohne dieses explizit zu erwähnen.

In einer InGym-Klasse sind Lehrkräfte damit konfrontiert, dass die SuS beiden Kommunikationskulturen, also der direkten und indirekten, angehören. Hier muss bei Bedarf bei jedem oder jeder Schüler\*in zwischen den Strategien der expliziten Metakommunikation und impliziten Metasensibilität gewechselt werden. Eine Sensibilisierung und Ausrichtung des Denkens, Fühlens, Verhaltens und der Kommunikation auf Basis der erwähnten Kompetenzen und Strategien kann dazu beitragen, eine positive emotionale Beziehung zwischen Lehrkräften und SuS, unter Berücksichtigung der kulturellen Diversität und deren Wertschätzung, zu schaffen. Dies wirkt sich unterstützend auf die Etablierung einer positiven und förderlichen Lernumgebung für die SuS aus.

## 4. Sprachsensibler Unterricht

### 4.1 Spracherwerb

Sprachschwache SuS und insbesondere solche, die am Projekt InGym teilnehmen, stehen vor dem Problem, dass sie sowohl fachspezifische als auch sprachliche Kompetenzen gleichzeitig erwerben müssen um die vorgegebenen Bildungsstandards erfüllen zu können. Dabei hängt der Erfolg im Fachunterricht und damit auch der generelle Schulerfolg wesentlich davon ab, ob eine Sprachförderung stattfindet, denn die Sprache fungiert als Vermittler zwischen Fachwissen und Schüler\*in. Zudem sind fachbezogene Kommunikationsfähigkeiten mittlerweile fester Bestandteil des kompetenzorientierten Lehrplans. Der sprachensible Fachunterricht versucht diesen Anforderungen an den Unterricht gerecht zu werden und meint den „bewusste[n] Umgang mit Sprache beim Lehren und Lernen im Fach“. Eine Förderung sprachlicher Kompetenzen ist demnach nicht nur Aufgabe speziell des Faches Deutsch oder des Förderunterrichts, sondern vielmehr jedes einzelnen Unterrichtsfaches [27, S. 2f.]. Dabei profitiert der Fachunterricht von Sprachsensibilität, da durch sie beispielsweise auch die Lesekompetenz geschult wird. So können Fachtexte, die eine hohe Informationsdichte und z. B. durch häufige Nominalisierungen oder komplexe Satzstrukturen hohe Ansprüche an die sprachlichen Fähigkeiten stellen, besser oder überhaupt erst verstanden werden [27, S. 128].

Da SuS des InGym-Projektes das Deutsche als Zweitsprache erwerben, womit der Erwerb der deutschen Sprache in Deutschland gemeint ist, werden zunächst die in der Forschung gängigen Theorien zum Zweitspracherwerb vorgestellt [28, S. 15] [27, S. 59]. Zunächst existiert die Konstrativhypothese, basierend auf behavioristischen Ansätzen für die Aneignung sprachlichen Wissens. Diese beruhen hauptsächlich auf dem Lernen durch Versuch und Irrtum und der operanten Konditionierung nach Burrhus Skinner. Mündliche oder schriftliche Äußerungen werden demnach bewertet. Eine richtige Äußerung ruft eine positive Verstärkung wie ein Lob hervor, während eine falsche „bestraft“ wird durch bspw. eine Verbesserung oder Rüge. Die Erstsprache bzw. Muttersprache hat einen entscheidenden Einfluss auf den Erwerb der Zweitsprache, sodass diese grundsätzlich nicht ähnlich verlaufen [28, S. 34]. Analogien zwischen Erst- und Zweitsprache erleichtern den Erwerbsprozess während Differenzen zu Komplikationen dabei führen [27, S. 59].

Demgegenüber steht die Identitätshypothese, welche auf kognitive/mentalistiche und nativistische Ansätze Bezug nimmt. Der Kognitivismus bzw. Mentalismus schließt die

kognitive Entwicklung des Kindes mit ein und besagt, dass Sprache erst erworben werden kann, wenn die nötigen neuronalen Strukturen ausgebildet sind. Ein Kind kann demzufolge z. B. die für die Naturwissenschaften charakteristische Symbolsprache (s. Kapitel 4.2) erst ab einer geistigen Reife, die das dafür benötigte Abstraktionsvermögen umfasst, verstehen und selber anwenden. Der Nativismus bezieht die Anlagen eines Menschen mit ein. Ein häufig in diesem Zusammenhang verwendeter Begriff ist der des „Sprachinstinkt[s]“ nach Pinker. Die Identitätshypothese besagt, dass der Verlauf des Zweitspracherwerbs dem der Erstsprache entspricht und von diesem unabhängig ist [28, S. 32ff.].

Der Interaktionismus, vertreten durch Jerome Bruner, legt den Fokus neben Kognition und Anlage zusätzlich auf die Umwelt eines Menschen. Dabei ist die Interaktion mit anderen Menschen essenziell für den Erwerb einer Sprache. Damit dieser erfolgreich ist, müssen die Kommunikationspartner fähig sein, ihre Botschaften an die geistige Reife des oder der Lernenden anzupassen und zwar der Art, dass sie „ihm den nächsten Entwicklungsschritt ermöglichen“ [28, S. 32f.]. Dies ist auch fester Bestandteil des sprachsensiblen Fachunterrichts: Im Unterricht verwendete Sprache muss so gestaltet sein, dass sie einen Entwicklungsfortschritt garantiert ohne dabei eine Überforderung, die im ungünstigsten Fall in einer Resignation der SuS mündet, darzustellen [27, S. 6].

Wissenschaftliche Befunde zeigen, dass Erst- und Zweitspracherwerb Übereinstimmungen aufweisen, jedoch auch Differenzen, welche nicht auf das Vorwissen eines Menschen zurückzuführen sind. Dies resultierte in der Aufstellung der Interlanguage-Hypothese. Der Zweitspracherwerb erfolgt dabei in Etappen, wobei „[d]iese Zwischenstadien“, auch „Lernersprachen“, „Zwischensprachen“, „Interlanguages“ oder „Interimssprachen“ genannt, Charakteristika von Erst- und Zweitsprache aufweisen, aber auch solche, die weder der einen noch der anderen zuordenbar sind [28, S. 35]. Dazu zählen unter anderem die fehlerhafte Konjugation eines unregelmäßigen Verbs nach den Regeln für regelmäßige Verben wie bspw. die Äußerung „er sehte dich“ statt „er sah dich“. Zusätzlich üben andere bereits oder zeitgleich erworbene Fremdsprachen einen Einfluss auf die Zwischensprachen aus. Durch den etappenweisen Spracherwerb unterliegt dieser einem ständigen Wandel [28, S. 45]. Der Lerner bzw. die Lernende konstruiert dabei „eigene[n] individuelle[n] Gesetzmäßigkeiten, baut eigene Strategien und Regeln auf und zeigt sich als sehr flexibel.“ Die Entwicklung der Zwischensprachen zeigt mit jeder Etappe mehr Ähnlichkeit mit der zu erlernenden Sprache. Lehrer\*innen, welche InGym-Klassen unterrichten, sollten jedoch beachten, dass Entwicklungsstillstände auch zu einer „Fossilierung“ führen können [27, S. 65]. Dabei werden Fehler dauerhaft in die

Zwischensprachen übernommen. Deren Richtigstellung kann einen lang andauernden und auf sowohl der Lehrer\*innenseite als auch der Seite der Lernenden strapazierenden Prozess darstellen [27, S. 187].

## 4.2 Sprachenvielfalt im Unterricht

Betrachtet man die im Fachunterricht verwendete Sprache, so fällt auf, dass es sich nicht um eine einzige handelt, sondern vielmehr um ein Zusammenkommen mehrerer, welche sich in ihren „Abstraktions- und Darstellungsebenen“ und ihren „Darstellungs- und Sprachformen“ unterscheiden [27, S. 46]. Diese Sprachen und ihr Einsatz im Fachunterricht sollen im Folgenden vorgestellt werden [27, S. 46ff.]:

- „*Alltagssprache*“ (Hervorhebungen im Original, zukünftig H. i. O.): Im Fachunterricht findet sich diese Sprache häufig in Themeneinführungen wieder. Diese Unterrichtssequenzen sind dabei zum Teil darauf ausgerichtet den SuS Alltagsbeispiele näherzubringen, weswegen auf die Alltagssprache zurückgegriffen wird. In diesem Zusammenhang bildet sie die Brücke zu „fachlichen Fragestellungen“.
- „*Fachsprache*“ (H. i. O.): Diese wird im Unterricht oftmals zur schriftlichen Ergebnissicherung in Form von bspw. Merkkästen eingesetzt. Charakteristisch für sie ist, dass ihre Informationsdichte sehr hoch ist, das Vorkommen von Fachbegriffen und Redewendungen, die im alltäglichen Gebrauch kaum oder gar nicht genutzt werden, sowie komplizierte Satz- und Textstrukturen.
- „*Unterrichtssprache*“ (H. i. O.): Sie findet Verwendung in unterrichtlichen Lern- und Lehrsituationen und variiert je nach Situation in ihrer „Darstellungsform und -ebene“ und dem damit verbundenen Abstraktionsgrad. Typischerweise sind Hefteinträge oder auch Schulbücher in Unterrichtssprache verfasst.
- „*Bildsprache*“ (H. i. O.): Gemäß dem Sprichwort „Ein Bild sagt mehr als tausend Worte.“ wird im Fachunterricht häufig auf bildhafte Darstellungen zurückgegriffen, um auf die in Texten und im Unterricht generell vorkommenden Sachverhalte einen anderen Zugang zu ermöglichen.
- „*Symbolische und mathematische Sprache*“ (H. i. O.): Vor allem im Physikunterricht wird häufig auf die Formelschreibweise zurückgegriffen. Im Allgemeinen werden Sachverhalte hoher Informationsdichte auf einem hohen

Abstraktionsgrad in Form von „Symbolen, Fachzeichen, Fachskizzen“ sowie „Formeln, mathematischen Termini und mathematischen Darstellungen“ dargestellt.

- „Bildungssprache“ (H. i. O.): Um erfolgreich am Bildungssystem teilhaben zu können, ist es nötig, dass die SuS der Bildungssprache mächtig sind. Sie ist ein Zusammenschluss aus Fach-, Unterrichts-, Bild- und Symbolsprache. „Bildungssprache“ beschreibt damit zum einen die schulbezogenen kognitiven Sprachkenntnisse, die im kognitiv akademischen Bereich gebraucht werden. Zum anderen beschreibt sie aber auch die sogenannten CALP-Fähigkeiten“, auf die zu einem später in diesem Unterkapitel noch näher eingegangen wird. Insgesamt ist die Vermittlung dieser Sprache Ziel eines sprachsensiblen Unterrichts.

Unterrichtliche Inhalte und damit die Bildungssprache können wie bereits erwähnt durch unterschiedliche Darstellungsformen auf unterschiedlichen Ebenen vermittelt werden. Dabei variiert der Abstraktionsgrad mit den Darstellungsebenen und den verwendeten Sprachen im Fachunterricht. Nach Leisen sollte für einen guten sprachsensiblen Unterricht zwischen den Darstellungsformen gewechselt werden, damit die SuS unterschiedliche Zugänge zu den Themen erhalten. Damit könne erreicht werden, dass SuS Inhalte trotz sprachlicher Schwächen besser verstehen. Abbildung 2 zeigt die Darstellungsformen und -ebenen sowie die dazugehörigen Sprachen [27, S. 46ff.].

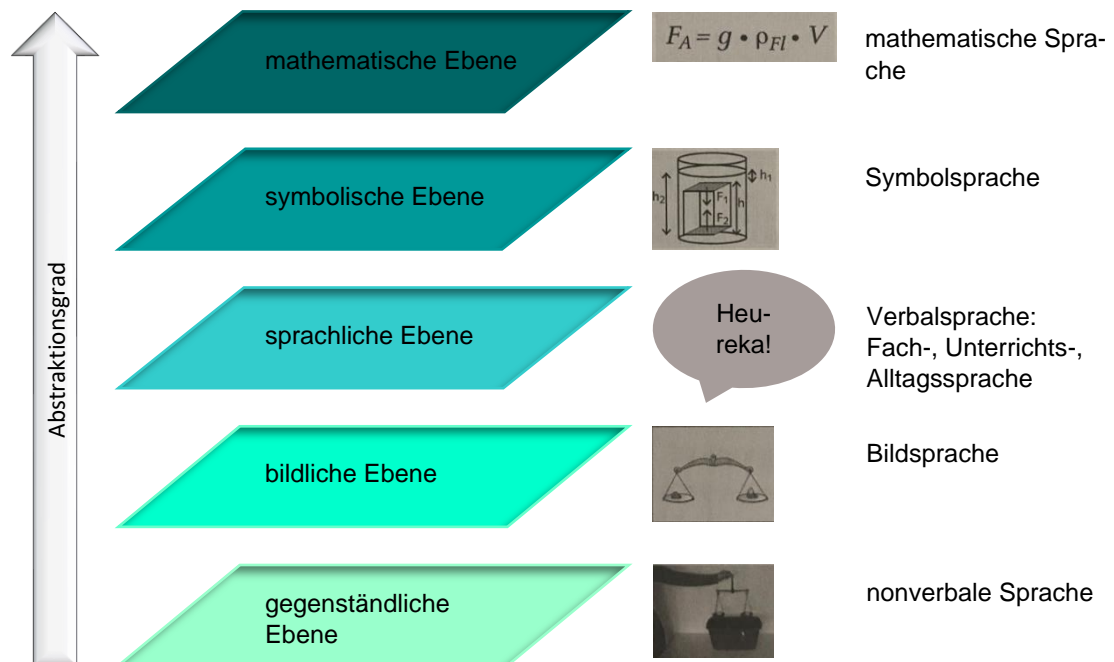


Abbildung 2: Darstellungsformen, -ebenen und Sprachen der Bildungssprache [27, S. 48].

Die oben aufgeführten Sprachen können nach ihrer Konzeption unterschieden werden. „Texte oder Äußerungen sind mehr oder weniger konzeptionell mündlich / schriftlich“ [28, S. 18]. Welche Merkmale sie damit aufweisen, wird in Tabelle 3 dargestellt. Dabei fällt auf, dass mit Mündlichkeit nicht unbedingt die verbale Sprache gemeint ist, sondern eine Sprache, die den in dieser Tabelle aufgeführten Eigenschaften wie Einflüsse von Emotionen und ein interaktiver Charakter entspricht. Gleiches gilt für die Schriftlichkeit [27, S. 54]. Die Bildungssprache kann der konzeptionellen Schriftlichkeit zugeordnet werden. Häufig beobachtet man bei sprachschwachen SuS, dass sie sich in Alltagssituationen problemlos sprachlich zurechtfinden, während sie im Unterrichtskontext kaum Beiträge leisten und an bspw. fachbezogenen Textproduktionen scheitern [27, S. 54]. Dies kann mit dem „von Cummins 1979 geprägte[n] Begriffspaar BICS („Basic Interpersonal Communication Skills“) und CALP („Cognitive Academic Language Proficiency“)“ erklärt werden. Im Bereich BICS kompetente SuS sind der konzeptionellen Mündlichkeit, welche schneller und leichter erworben werden kann, fähig, während der Erwerb von CALP oft jahrelanger Übung bedarf. Die Kompetenz in BICS hat also noch nichts auszusagen über die Fähigkeiten bezüglich CALP [28, S. 21f.].

SuS des InGym sollen nach Ende des Projektes in die Regelklasse des wohnortnahen Gymnasiums zurückkehren und dort ihre weitere Schullaufbahn bis hin zum Abitur absolvieren. Das Ziel des InGym ist damit im Allgemeinen die Vermittlung der Bildungssprache und der konzeptionellen Schriftlichkeit, da die SuS nur durch ihre Beherrschung erfolgreich am Bildungssystem teilhaben können.



Tabelle 3: Merkmale und Beispiele konzeptioneller Mündlichkeit und Schriftlichkeit [28, S. 19f.].

Konzeption	Konzeptionelle Mündlichkeit	Konzeptionelle Schriftlichkeit
<b>Merkmale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- in Dialogen, Interaktionen</li> <li>- kontextgebunden</li> <li>- Einfluss durch Emotionen, subjektiv</li> <li>- persönliche Beziehung zwischen den Kommunikationspartnern</li> <li>- direkter Kontakt zwischen den Kommunikationspartnern</li> <li>- intuitiv</li> <li>- „weniger komplexe Satzstrukturen“, Parataxen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- in Monologen</li> <li>- kontextungebunden</li> <li>- objektiv</li> <li>- Unbekanntheit der Kommunikationspartner</li> <li>- „raumzeitliche Trennung“ zwischen Kommunikationspartnern</li> <li>- überdacht</li> <li>- kompliziertere Satzkonstruktionen, Hypotaxen</li> <li>- hohe Informationsdichte</li> </ul>
<b>Beispiele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gespräche mit Familie und Freunden</li> <li>- Briefe an vertraute Personen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Präsentationen</li> <li>- Zeitungsberichte</li> <li>- Bewerbungsgespräch</li> </ul>

### 4.3 Sprachförderung im Unterricht

Die Vermittlung der Bildungssprache wird durch eine Sprachförderung im Fach DaZ aber auch im Fachunterricht erreicht. Diese sollte sich nach Leisen an folgenden 5 Leitlinien für Sprachförderung orientieren [27, S. 12f.]:

- Leitlinie 1: Elementar für die Sprachförderung ist eine „gelingende Kommunikation“ auf fachlicher Ebene und damit eine Vermeidung von Kommunikationsstörungen.

- Leitlinie 2: Eine qualitativ hochwertige Sprachförderung veranlasst SuS dazu, am Unterricht durch umfangreiche Beiträge teilzunehmen.
- Leitlinie 3: Der Fokus liegt primär auf dem Intensionscharakter und damit auf der Bedeutung der Botschaft der SuS und erst sekundär auf der korrekten sprachlichen Wiedergabe.
- Leitlinie 4: Die Sprachförderung hat durch Bezug auf Themen des Fachunterrichts zu erfolgen. „Das ist immer dann der Fall, wenn fachliche Basiskonzepte eine Rolle spielen, die an Fachbegriffe gebunden sind“.
- Leitlinie 5: In fordernden Unterrichtseinheiten steht die Vermittlung von Informationen im Vordergrund und erst nach erfolgreichem Verstehen ist eine sprachliche Korrektur vorgesehen.

Grundlegend für die Sprachförderung im Fachunterricht ist das Schaffen von „fachlich authentische[n], aber bewältigbare[n] Sprachsituationen“. Dabei ist das Niveau leicht anspruchsvoller als der Ist-Zustand jedes einzelnen Schülers bzw. jeder Schülerin, wobei die angebotenen Hilfen das Schwierigkeitslevel der Sprachsituation nicht zu stark reduzieren dürfen. Sprachförderung im Fachunterricht setzt an drei unterschiedlichen Bereichen an. Zunächst spielt die Vermittlung theoretischen und praxisbezogenen Wissens zu Inhalten des Fachunterrichts und damit das Fachlernen eine Rolle. Diese Inhalte umfassen Fachbegriffe und „fachkommunikative[n] und sprachliche[n] Strukturen“, d. h. es erfolgt ein Sprachlernen. Zuletzt muss der Bereich des Fremdsprachenlernens gefördert werden, da SuS die deutsche Sprache als Zweitsprache erwerben. Diese Bereiche sind im sprachsensiblen Unterricht gleichwertig und es bedarf fachdidaktische, fachsprachendidaktische und fremdsprachendidaktische Kompetenzen der Lehrkraft um diesen Umstand gerecht zu werden. In Abbildung 3 ist dies schematisch im sogenannten „didaktische[n] Dreieck der Sprachförderung“ dargestellt [27, S. 6-11].

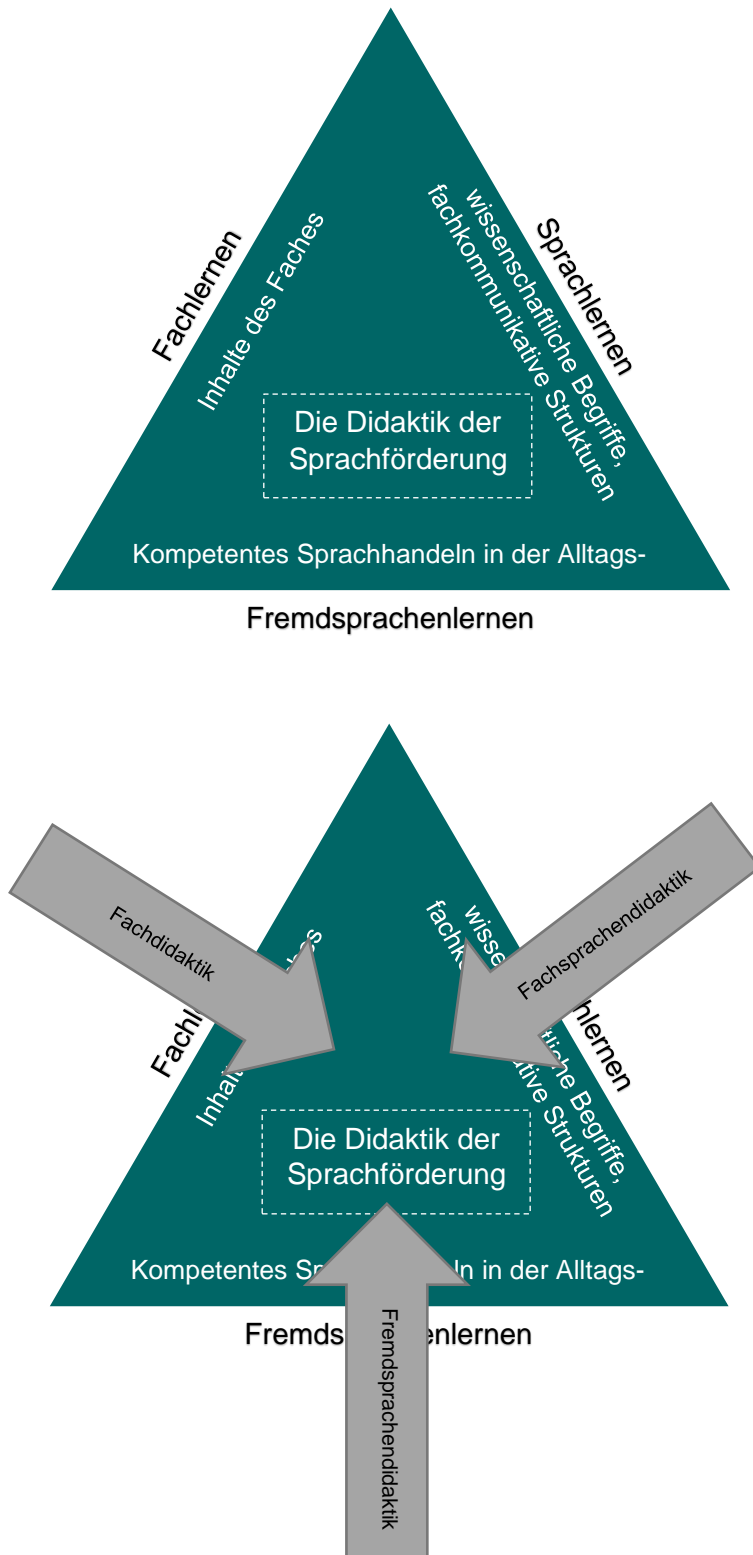


Abbildung 3: Das didaktische Dreieck der Sprachförderung [27, S. 11].

Häufig werden Sprachvereinfachungen angewandt, um das Niveau des Unterrichts und der darin verwendeten Materialien an das Sprachniveau der SuS anzupassen. Typisch ist die Verwendung von kurzen Sätzen, häufig nur bestehend aus Subjekt, Prädikat und Objekt, die Vergegenständlichung von Sprache sowie die Vermeidung von „Nominalisierungen“, „Mehrfachkomposita“, „verkürzte[n] Nebensätze[n]“, „attributive[n] Partizipien“ und „unübliche[n] Ausdrücke[n] überall dort, wo sie vermieden werden können“. Die Lehrkraft sollte zudem eine angemessene Eloquenz aufweisen [27, S. 32f.].

Sprachsensibler Fachunterricht berücksichtigt die Diversität der SuS. Besonders SuS des InGym weisen neben der Heterogenität bezüglich Ihres Geschlechts und Alters unterschiedliche Erstsprachen, „Bildungshintergründe und Lernstile“ auf. Aufgrund dessen verlangt sprachsensibles Unterrichten einen hohen Grad an Individualisierung, die den Bedürfnissen der Lernenden gerecht werden soll [28, S. 98-103]. Nach Kalkavan-Aydin ist die Grundvoraussetzung für Sprachförderung der Einbezug der Erstsprachen der SuS [29, S. 74]. Zwar können dadurch laut derzeitiger Studienlage keine Effekte explizit auf den Deutscherwerb festgestellt werden, jedoch auf den allgemeinen Lernerfolg in der Schule. Hier sind vor allem affektive und motivationale Auswirkungen von Bedeutung, da Sprache und Identität eng miteinander verbunden sind. Eine Person kann die Wertschätzung ihres sprachlichen Hintergrunds als eine Wertschätzung ihrer gesamten Person empfinden. Umgekehrt kann eine abwertende Haltung gegenüber der Muttersprache als eine Bedrohung der Identität gedeutet werden. Daraus resultierend kann der Zweitspracherwerb als „aufgezwungen“ wahrgenommen und insgesamt gehemmt oder gar verhindert werden [30, S. 8ff.].

Eine weitere Form der Individualisierung kann z. B. durch eine Binnendifferenzierung realisiert werden. Prinzipiell kann dies „erfolgen

- nach Arbeitsweisen;
- nach dem inhaltlichen und zeitlichen Umfang [sic!]
- sowie dem Schwierigkeits- und Komplexitätsgrad von Aufgabenstellungen;
- nach dem Lern- und Arbeitstempo.“

Dies kann im Fachunterricht geschehen, indem man den SuS verschiedene Zugänge zu Lerninhalten ermöglicht, wie den vom konkreten Beispiel zum allgemein geltenden Fall bzw. zur Gesetzmäßigkeit oder auch umgekehrt. Zudem erweisen sich unterschiedliche Kodierungen (bildhaft etc.), Variationen der Darstellungsformen und -ebenen und auch der Sozialformen als förderlich für den Lernprozess. Die gewählten Lernformen sollten

so gestaltet sein, dass eine Auswahl zwischen unterschiedlichen Autonomiegraden besteht. Dies bezieht sich auch auf die Lern- und Sprachhilfen, die den SuS angeboten werden. Hier sind vor allem die gestuften Hilfen zu nennen. Die gestellten Aufgaben haben dabei für alle SuS das gleiche Niveau, aber die unterstützenden Hilfen auf Fach- oder Sprachebene variieren in ihrem Umfang [27, S. 88f.] Nach Stäudel und Wodzinski sollten gestufte Hilfen folgendermaßen konstruiert sein: Die Anforderungen der Aufgaben sollten nicht in ihrem fachlichen oder sprachlichen Niveau gesenkt werden und sich generell an den leistungsstarken SuS orientieren. Damit leistungsschwächere SuS nicht den Anschluss verlieren, müssen Hilfen bereitgestellt werden, die „Vorwissen aktivieren und nachvollziehbare Schritte zur Lösung aufzeigen“ [27, S. 89]. Grundsätzlich sollten die SuS die Geschwindigkeit, mit der sie Aufgaben bearbeiten, selber regulieren dürfen, insbesondere auch, zu welchem Zeitpunkt sie auf gestufte Hilfen zurückgreifen und in welchem Umfang sie diese nutzen. Sie sollten zudem so konzipiert sein, dass SuS miteinander über den Inhalt kommunizieren können [31, S. 2-5]. Die Hilfen können einerseits inhaltlich unterstützen, durch Aktivierung des Vorwissens, und andererseits lernstrategisch ausgerichtet sein, indem man „die Strukturierung des Bearbeitungsprozesses“ unterstützt [27, S. 90].

Eine Möglichkeit, um die Schüleraktivität und -autonomie im Lernprozess zu erhöhen, ist der Einsatz von sogenannten „kompetenzorientierten Lernaufgaben“. Dabei übernimmt die Lernaufgabe „die Steuerung des Lernprozesses“, weshalb die Lehrkraft diese gut planen und vorbereiten muss. Im Unterrichtsgeschehen selber nimmt sie jedoch eine zurückhaltende Rolle ein. Diese Herangehensweise ist darin begründet, dass der Lernprozess als Umstrukturierung des Nervensystems gesehen wird, die von Schüler\*in zu Schüler\*in anders verläuft. Durch die Lernaufgaben haben die SuS die Möglichkeit, den Lernprozess individuell auf sich selber zuzuschneiden, indem sie das Tempo und, unter Einbezug von gestuften Hilfen, auch das Anforderungsniveau regulieren [27, S. 85]. Es sollen hierbei aber nicht nur Inhalte, sondern auch Kompetenzen vermittelt werden. Dabei übersteigen Kompetenzen das reine Faktenwissen und sie umfassen zusätzlich dessen Anwendung in konkreten Situationen auch unter variablen Bedingungen [27, S. 69]. Lernaufgaben sollten nach Leisen folgende Kriterien für einen qualitativ hochwertigen sprachsensiblen Fachunterricht erfüllen [27, S. 87]:

- *sind eingebettet in eine Atmosphäre des Lernens und nicht des Prüfens;*
- *orientieren sich am Kompetenzmodell der Bildungsstandards;*
- *sind möglichst in einen Kontext eingebettet;*
- *knüpfen am Vorwissen der Lerner[\*innen] an;*

- *behandeln Problemstellungen, die Lerner mittels Arbeitsaufträgen selbstständig bearbeiten;*
- *unterstützen die eigenständige Bearbeitung differenzierend durch abgestufte Lernhilfen;*
- *führen zu einem auswertbaren Lernprodukt;*
- *fördern das Könnensbewusstsein und zeigen den Lernzuwachs;*
- *verankern das neu Gelernte im Wissensnetz und dekontextualisieren das Gelernte;*
- *wenden das neu Gelernte auf andere Beispiele an.*

Explizit für den Fremdsprachenunterricht führt er folgende Merkmale an [27, S 87]:

- *[E]inen bedeutungsvollen Inhalt behandeln;*
- *zum authentischen Sprachgebrauch führen;*
- *eine integrative Schulung der vier Fertigkeiten Hören, Sprechen, Lesen, Schreiben ermöglichen;*
- *prozessorientiert sein;*
- *nach einem Arbeitsplan vorgehen (task-based);*
- *zu einem auswertbaren Lernprodukt führen;*
- *das Könnensbewusstsein fördern und den Kompetenzzuwachs zeigen;*
- *das Sprachbewusstsein fördern und den Sprachzuwachs zeigen;*
- *das neu Gelernte im Netz des Wissens und der Sprache verankern.*

Da in InGym-Klassen sowohl Fachinhalte als auch Sprachinhalte vermittelt werden, muss der sprachensible Unterricht Merkmale aus beiden Unterrichtsformen aufweisen. Lernaufgaben sollten nach dem folgendem, in der Praxis gut umsetzbaren, Schema erstellt werden [27, S.87]:

1. *das Lernthema [...] festlegen;*
2. *Aufgabenteile zusammensuchen,*
3. *das neu zu Lernende festlegen;*
4. *klären, ob das neu zu Lernende von den Lernern selbstständig bearbeitbar ist (Knackpunkte erkennen) und ob das Lernthema als Lernaufgabe taugt;*
5. *Informationen zur Auswertung zusammenstellen und Lernprodukte festlegen;*
6. *eine Ablaufstruktur festlegen;*
7. *Bearbeitungsaufträge formulieren, Materialien und Hilfen erstellen.*

Lernaufgaben können jedoch nicht uneingeschränkt in jeder Lernsituation angewendet werden. Es gibt Situationen, in denen die Lehrkraft selber aktiv werden und Erklärungen anbieten muss, damit die Inhalte erfolgreich verstanden werden [27, S. 87].

Nach Leisen ist „[d]as Unterrichtsgespräch [...] die wichtigste Unterrichtsmethode und somit das wichtigste Handlungsmuster des Unterrichts“. Die Gesprächsführung ist einer der Teilbereiche im Unterricht, die nicht vorab exakt geplant werden können, wie beispielsweise verwendete Materialien oder der Medieneinsatz. Unterrichtsgespräche entwickeln sich aus dem Unterricht heraus und können durch Lehrkräfte (personal) gesteuert werden. Sie sollten strukturiert ablaufen und müssen didaktisch begründet sein. Dies umfasst, dass sie sich für die SuS als nutzbringend erweisen und sie in sich schlüssig sind. Nicht zu unterschätzen ist die Bedeutung einer wertschätzenden Lernatmosphäre. Nur in einer solchen können sich die SuS ohne Hemmungen am Unterrichtsgespräch beteiligen. Speziell in InGym-Klassen sind zusätzliche Maßnahmen nötig, um den Bedürfnissen der SuS gerecht zu werden. Das Unterrichtsgespräch muss sich am Sprachniveau der SuS orientieren, unter Umständen indem das Niveau gesenkt wird oder Hilfen bereitgestellt werden. Prinzipiell kann das Unterrichtsgespräch einerseits durch die Lehrkraft gelenkt werden, sie nimmt also eine aktive Rolle ein wie im Frontalunterricht, oder andererseits auch als Moderator\*in bzw. Fachmann oder -frau agieren, wenn die SuS beispielsweise über Sachverhalte diskutieren sollen [27, S. 94-97].

Methodenwerkzeuge stellen im Lernprozess die Brücke zwischen SuS und den Lerninhalten dar und sind oft in Arbeitsaufträge eingebunden. Sie können meist auf unterschiedliche Unterrichtsinhalte angewendet werden und haben die Gestalt von „Verfahren, Materialien und Hilfsmittel[n]“, die das Lehren und Lernen im Unterricht fördern sollen. Man unterscheidet zwischen „Werkzeugen in Lehrerhand“, welche durch die Lehrkraft gezielt im Unterricht eingesetzt und stark pragmatisch ausgerichtet sind, und den „Werkzeugen in Lernerhand“, die offen und so konzipiert sind, dass die SuS steuern können, wie sie diese einsetzen. Hieraus ergibt sich ein hoher Grad an Individualisierung und Methodenwerkzeuge können zur Binnendifferenzierung herangezogen werden. Welche der beiden Arten im Unterricht eingesetzt wird, hängt davon ab, was die Lernziele sind: Möchte man eine Informationsvermittlung in den Fokus rücken, sind Werkzeuge in Lehrerhand geeigneter, während Werkzeuge in Lernerhand eher dazu geeignet sind, inhaltsbezogene Diskussionen im Plenum zu unterstützen. Bevor ein Methodenwerkzeug im Unterricht verwendet wird, ist eine kurze Instruktion sinnvoll, um einen unproblematischen Ablauf zu ermöglichen. Zu beachten ist, dass ihr Einsatz einen hohen zeitlichen Aufwand in der Vorbereitung und meist auch direkt im Unterricht erfordert und die Lehrkraft stets abwägen muss, ob der Lernertrag beim verwendeten Methodenwerkzeug hoch genug ist um die zeitlichen Defizite zu rechtfertigen [27, S. 90-93].

Lernprozesse im sprachsensiblen Unterricht können unter anderem durch „Scaffolding“ strukturiert werden. Beim „Scaffolding“ nimmt die Lehrperson eine passive Rolle ein, bietet jedoch an den passenden Stellen (Sprach-)Hilfen an und bestärkt die SuS darin, mitzuarbeiten und sich zu äußern. Wortwörtlich übersetzt bedeutet Scaffolding „Baugerüst“, was seine Funktion auch treffend widerspiegelt: Die SuS sollen aufbauend auf ihren schon erworbenen Sprachkompetenzen neue Inhalte in „einem sinnstiftenden fachlichen Kontext“ lernen, wobei die Lehrkraft sogenannte „Sprachgerüste“ bezogen auf Äußerungen der SuS anbietet und falls diese nicht mehr notwendig sind auch wieder entfernt [27, S. 41].

#### 4.4 Fehlerkultur im Unterricht

Eine besondere Bedeutung kommt der Umgang mit Fehlern im sprachsensiblen Unterricht zu. Es passiert zwangsläufig, dass SuS fachliche und sprachliche Fehler machen. In diesem Kapitel werden zunächst typische Fehler sprachschwacher SuS im Fachunterricht vorgestellt und anschließend dargestellt, wie mit ihnen lernförderlich umgegangen wird.

Die häufigsten Sprachschwierigkeiten zeigen sich bei solchen SuS durch [27, S. 27]:

- mangelhafte fachsprachliche Kenntnisse,
- die (unerwünschte) Kombination von Sprachmustern aus Alltags- und Fachsprache,
- Ein-Wort-Antworten,
- Schwierigkeiten von Seiten der Lehrkraft beim Nachvollziehen ihrer gesprochenen Sprache,
- ein Umgehen von vor allem anspruchsvollen Sprachsituationen und
- einen zurückhaltenden Umgang mit Fachtexten, was sich aus mangelnder Lesekompetenz auf bildungssprachlichem Niveau ergibt.

Wie bereits erwähnt, wenden sprachschwache SuS häufig Strategien an, um Sprachsituationen im Fachunterricht nicht bewältigen zu müssen. Einerseits zeigen sie sogenannte „Reduktionsstrategien“ bei denen sie, wie der Name schon suggeriert, sprachliche Vereinfachungen in ihren mündlichen oder schriftlichen Äußerungen anwenden. Dabei gehen die SuS nicht über ihr sprachliches Niveau hinaus, wodurch es zu keiner



Anwendung und Übung neuer Sprachkompetenzen und damit zu keinem Lerneffekt kommt. Andererseits beobachtet man „Kompensationsstrategien“, wobei sich hier die SuS anderer Modalitäten oder Sprachen zur Übermittlung ihrer Botschaft bedienen. So versuchen sie ihr Defizit auszugleichen. Auch hier kommt es zu keinem Lernerfolg. SuS sollten in einem lern- und sprachförderlichen Unterricht dazu angehalten werden, „Erweiterungsstrategien“ anzuwenden. Dabei versucht der oder die Schüler\*in durch sein oder ihr eigenes Verhalten und Handeln aktiv die Sprachkompetenzen zu fördern. Solche SuS fragen nach, paraphrasieren und sind fähig eigene Gesetzmäßigkeiten zu entwickeln, indem sie interlingual transferieren [27, S. 27].

Grundvoraussetzung hierfür ist das Schaffen eines positiven Fehlerklimas [27, S. 27]. Prinzipiell sollte der Fokus im sprachsensiblen Fachunterricht immer vorrangig auf der Vermittlung von Sachinhalten liegen und erst dann auf sprachlicher Richtigkeit, da ein „sprachorientierte[r] Fachunterricht“ als Förderung für die Aneignung von Wissen verstanden wird [27, S. 43]. Man sollte beim Umgang mit Sprachfehlern jedoch darauf achten, ob es sich um solche in mündlichen oder schriftlichen Sprachsituationen handelt. In der mündlichen Kommunikation sollte sich darauf konzentriert werden, „*sprachliche Erfolge zu garantieren und sprachliche Misserfolge zu vermeiden*“ (H. i. O.). Hier sind vor allem (behutsame) Überformungen anzuführen. Dadurch wird der Fokus auf den Inhalt der Botschaft des oder der Schüler\*in gesetzt, dieser bei fachlicher Richtigkeit gewürdigt und trotzdem gehen sprachliche Fehler im Unterrichtsgespräch nicht unter. Durch diese Strategie kann verhindert werden, dass SuS sich aus dem Unterrichtsgespräch zurückziehen. Anders sieht es in der schriftlichen Kommunikation aus. Hier ist eine korrekt verwendete Sprache von größerer Bedeutung, weshalb Fehler nicht in dem Ausmaß geduldet werden können, wie es bei der mündlichen Kommunikation stattfindet. Im Allgemeinen sollte die Lehrperson darauf achten, dass entweder die Anforderungen so hoch sind, dass SuS den Sachverhalt sprachlich richtig wiedergeben können, sei es nun mündlich oder schriftlich, oder es sollte in komplexen Sprachsituationen auf die korrekte Verwendung der Sprache verzichtet werden. Dies liegt daran, dass sprachschwache SuS dazu neigen, die sprachliche Richtigkeit zugunsten der reinen inhaltlichen Wiedergabe komplexer Sachverhalte zu vernachlässigen [27, S. 28f.].

Im Fachunterricht ergeben sich aufgrund der mitunter verwendeten Fachsprache spezifische Sprachprobleme. Im Alltag selten oder gar nicht verwendete Satz- und Wortstrukturen bereiten erfahrungsgemäß sprachschwachen SuS Schwierigkeiten. Im Unterricht kann dem Rechnung getragen werden, indem die Lehrperson Sprachvereinfachungen und Erläuterungen einsetzt. Es wird also „*sprachmethodisch*“ (H. i. O.) vorgegangen. Bei

Schwierigkeiten bezüglich der „fachtypische[n] Sprachstrukturen, die [...] eine andere Bedeutung haben als in der Alltagssprache“, sollte ein sprachdidaktischer Ansatz gewählt werden. Dabei werden diese „mit den dahinter liegenden Konzepten und Vorstellungen verbunden“. Stellt jedoch der Fachinhalt für die SuS ein Problem dar, müssen fachdidaktische Konzepte zur Lösung herangezogen werden. Dies kann bspw. durch einen Wechsel der Darstellungsformen erreicht werden. Besondere Schwierigkeiten haben SuS mit dem Lesen von Fachtexten, da diese z. B. häufig auf Vorwissen aufbauen und einen sehr hohen Informationsgehalt aufweisen. Die Lehrperson kann dem durch eine Vermittlung von Lesekompetenzen und -strategien und den regelmäßigen Einbau von Fachtexten, wenn auch in gekürzter oder überarbeiteter Form, entgegenwirken [27, S. 49-53].

Lehrkräfte, die sprachsensiblen Fachunterricht praktizieren, müssen demnach fähig sein, die Sprachprobleme schnell, im Unterrichtsgespräch sogar innerhalb weniger Sekunden, zu diagnostizieren und so darauf zu reagieren, dass die SuS sich trotzdem noch am Unterricht beteiligen wollen, auch wenn sie Fehler begehen.

## 5. Konstruktivistischer Unterricht

### 5.1 Grundlagen

Der Konstruktivismus sorgte in den 1990er Jahren für Aufsehen. Er ist eine „Erkenntnistheorie“, deren Grundannahme es ist, dass die Wirklichkeit und jegliches Wissen eines jeden Individuums von diesem selbst konstruiert sind [32, S. 245]. Dieser Umstand hat für einen konstruktivistischen Unterricht weitreichende Folgen. So existiert nach Peschel eine Diskrepanz zwischen Lehren und Lernen: „Wenn etwas ‚gelehrt‘ wird – egal ob durch einen Lehrer oder ein anderes Medium – heißt das nicht, dass es auch ‚gelernt‘ wird“ [33, S. 14]. Mit Lehren ist hier hauptsächlich der Frontalunterricht gemeint, bei dem die Gefahr besteht, dass er den SuS keinen Raum für selbstständiges Denken und damit Konstruieren lässt. Zwar ist laut Glasersfeld durch die institutionellen Vorgaben in Form von Lehrplänen ein rein konstruktivistischer Unterricht schwer umzusetzen, da z. B. ein radikaler Konstruktivismus vorsieht, dass die SuS selbstständig entscheiden, welche Themen und Fähigkeiten sie für lernenswert erachten. Jedoch sollten in den Unterricht immer wieder konstruktivistische Phasen eingebaut werden [33, S. 221f.].

Eine der Grundannahmen des konstruktivistischen Unterrichts ist die Anerkennung dessen, dass dauerhaft gültiges Wissen nicht existiert. Alles gilt nur solange, bis es eine Theorie oder Methode gibt, die eine Problemstellung adäquater löst. Nach Reich könne eine Person oder Institution nicht alleinig darüber entscheiden, ob ein Wissen universell gültig sei. Für Lehrkräfte hieße das, dass sie zwar „Mehrwisser“ sind, jedoch keineswegs „Alleswisser“, die darüber urteilen dürften, welches Wissen richtig sei. Zudem bedeute eine Untersuchung der Wirklichkeit schon einen Einfluss auf diese und zwar auf Basis der gemachten Konstruktionen. Die Wirklichkeit ist also subjektiv und kulturell beeinflusst. Die Annahme, dass die Wirklichkeit so wie sie ist objektiv existiere, stellt demnach eine Illusion dar, welche daraus resultiert, dass die gemachten Konstruktionen als universell gültig betrachtet werden. Daraus folgernd erkennt die konstruktivistische Didaktik an, dass es viele unterschiedliche Wirklichkeiten gibt. Hier besteht ein Konflikt zu der Forderung der Physik, ein einziges universell gültiges Abbild der Wirklichkeit zu entwickeln. Nichtsdestotrotz sollte und muss im Physikunterricht die Existenz mehrerer Wirklichkeiten berücksichtigt werden, da zum einen neue Konstruktionen immer auf Basis bereits geschehener Konstruktionen stattfinden und zum anderen auch in der Physik selber häufig verschiedene Modelle für die Beschreibung der Eigenschaften eines einzigen Phänomens genutzt werden. Das physikalische Vorwissen ist damit entscheidend

für den weiteren Wissenserwerb und mitunter oft der Grund für die Ausbildung fehlerhafte Schülervorstellungen. Neue Konstruktionen müssen sich für ein Individuum als „anschlussfähig“ erweisen. Dies umfasst nicht nur das kognitive Vorwissen, sondern auch die Anschlussfähigkeit hinsichtlich des kulturellen Hintergrunds, der Vorstellungen und Bedürfnisse des Individuums sowie der Umsetzbarkeit im Lebensumfeld. Nur wenn diese Kriterien erfüllt sind, erweist sich ein Wissen als passend, in der konstruktivistischen Didaktik auch *viabel* genannt. Dieser Umstand steht im Konflikt mit der Tatsache, dass im konventionellen Unterricht an deutschen Schulen in der Regel die Lehrkräfte darüber entscheiden, welche Inhalte sich als besonders *viabel* für die SuS erweisen ohne diese in die Entscheidungsfindung miteinzubeziehen. Konstruktivistische Didaktik versteht sich als eine praxisbezogene Disziplin, welche sich bewusst ist, dass ihre Umsetzung im Unterricht nicht nach bestimmten Schemata und ohne Hürden erfolgt. Zudem besitzt die Beziehungsdidaktik in der konstruktivistischen Didaktik einen höheren Stellenwert als die Inhaltsdidaktik. So ist die Lernumgebung entscheidend dafür, ob es zu einer erfolgreichen Informationsvermittlung kommt. Konstruktivistischer Unterricht hat die Aufgabe „stets beziehungsmäßige Kontexte zu schaffen, die das Lernen erleichtern, nicht jedoch solche, die es erschweren“ [34, S. 74-84].

Reich unterscheidet drei verschiedene „Facetten der Wirklichkeit“: das Symbolische, das Imaginäre und das Reale [32, S. 247]. Unter dem Symbolischen versteht man den Sinn bzw. die Bedeutung hinter „Gesprochene[m] und Geschriebene[m]“ [34, S. 104]. Es äußert sich in diesen Versprachlichungen und Verschriftlichungen und reduziert das Reale und Imaginäre in seiner Komplexität. Durch diese Reduktion kommen Informationen abhanden [35, S. 181]. Das Symbolische drückt sich häufig auf der Inhaltsebene aus und die Konstruktion dieser Wirklichkeit ist geprägt von der jeweiligen Kultur bzw. Verständigungsgemeinschaft. Inhalte selber stellen „symbolische Versionen von Wirklichkeiten“ dar. Unterrichtliches Geschehen überbetont diese Wirklichkeitsfacette häufig bzw. beschränkt sich auf diese [34, S. 104ff.]. Das Imaginäre bezeichnet „Vorstellungen und Bilder“ im Inneren eines Individuums, welche dort „vorsprachlich, vorsymbolisch und unbewusst“ existieren [34, S. 109] [32, S. 248]. Es weist einen emotionalen und intuitiven Charakter auf. Für Außenstehende ist es nicht direkt erreichbar, da es nicht exakt beschrieben und wiedergegeben werden kann. Versprachlichungen werden darüber hinaus von Außenstehenden interpretiert, wodurch zusätzlich eine Entfremdung vom ursprünglich Erlebten stattfindet. Im Imaginären wohnt eine starke Antriebskraft für menschliches Verhalten und Handeln inne, da es nicht von der Vernunft gelenkt und beschränkt wird. Lernen auf der imaginären Ebene im Unterricht äußert sich z. B.

dadurch, dass eine Lehrkraft es schafft, einen „Funken“ auf die SuS überspringen zu lassen, der ihnen die Möglichkeit gibt oder diese anregt zu den Inhalten Visionen zu entwickeln. Das Symbolische wiederum sorgt dafür, dass ein Bezug der Imaginationen zur Realität hergestellt wird [34, S. 108ff.]. Die letzte Facette ist das Reale. „Es ist das, was nicht symbolisiert und was nicht in Worte gefasst werden kann“ [35, S. 181] und dort, wo die Schwelle von uns Bekanntem zu uns Unbekanntem ist [32, S. 248]. Das Symbolische und das Imaginäre stellen Ordnungen des Realen in „Sprache“ und „Vorstellung“ dar [35, S. 180f.]. Nach Reich sollte die Rolle des Realen im Unterricht höher gewichtet werden, was der Grundannahme entspricht, dass jegliches Wissen unvollständig ist [32, S. 248].

Didaktisches Handeln sollte nach Reich drei Perspektiven fördern. Als erstes die Konstruktion. Dabei soll SuS die Möglichkeit gegeben werden, mit Inhalten und Beziehungen selbst „ausprobieren, untersuchen, experimentieren“ zu können. Wichtig ist, dass die SuS dabei ein hohes Maß an Eigenverantwortung haben, die Entscheidungsgewalt über den Lernprozess möglichst an die Lerner abgegeben wird und der Selbstwert der SuS durch Anerkennung ihrer imaginären Wirklichkeit gefördert wird. Der Leitspruch lautet: *„Wir sind die Erfinder unserer Wirklichkeit“* (H. i. O.). Bei der zweiten Perspektive handelt es sich um die Rekonstruktion. Hier sollen die SuS dazu angehalten werden, die „Erfindungen anderer [...] nachzuentdecken“. Der Leitspruch heißt: *„Wir sind Entdecker unserer Wirklichkeit“* (H. i. O.). Essentiell ist hierbei der Einbezug des kulturellen Kontextes zu der Zeit, als die Erfindung eigentlich gemacht wurde, sowie eine Erläuterung und Reflexion, warum im Unterricht dieser bestimmte Inhalt rekonstruiert werden soll. Auch hier gilt das Prinzip der hohen Schüler\*innen aktivität. Falls dies nicht beachtet wird, kann es dazu kommen, dass die Rekonstruktion als sinnlos abgetan wird und der Lernprozess dadurch nicht erfolgreich ist, weil Inhalten keine Bedeutung beigemessen wird. Zuletzt gibt es noch die Dekonstruktion als zu fördernde Perspektive. Der Leitspruch lautet: *„Wir sind Enttarnen unserer Wirklichkeit“* (H. i. O.). Hier findet ein kritisches Hinterfragen der konstruierten Wirklichkeit statt um ihre Grenzen zu enthüllen. Dies umfasst nicht nur die von anderen Individuen konstruierten Wirklichkeiten, sondern auch die eigene. Grundvoraussetzung dafür ist, dass die SuS darin gefördert werden, sich und ihre „Beziehung mit anderen“ zu erfassen und zu bewerten sowie durch Empathie die Rolle anderer nachvollziehen zu können. Dafür muss die Kommunikation in der Klasse stetig unter Beteiligung aller reflektiert und verbessert werden und geprägt sein von Akzeptanz und Anerkennung [34, S. 138-142].

Aus konstruktivistischer Sicht findet der Unterricht auf drei Handlungsebenen statt. Zunächst gibt es die Ebene der Realbegegnungen. Damit sind solche Situationen im Unterricht gemeint, bei denen die SuS die Inhalte mit den Sinnen wahrnehmen und „unmittelbar erleben“ können. Zu betonen ist, dass hier nur Wirklichkeiten auf symbolischer und imaginärer Ebene konstruiert werden und es sich nicht um eine objektive Realität handelt. Sie wirken lernförderlich, da sie Lernen in Gang setzen. Deshalb sind sie vor allem als Einstiege geeignet. Sie können jedoch nicht isoliert von der Beziehungsebene behandelt werden, sondern müssen durch sie kontextualisiert werden [34, S. 144-148]. Bei der zweiten Handlungsebene handelt es sich um die sogenannten Repräsentationen. Damit bezeichnet Reich durch Kulturen „konventionell geregelte[s] Wissen und Verhalten“. Diese Ebene kann häufig im Unterricht angetroffen werden, wenn SuS sozusagen nicht mit den Inhalten in Rohform in Kontakt kommen, sondern Wissen bereits didaktisch aufbereitet wurde und in inszenierten Unterrichtssituationen behandelt wird. Diese Handlungsebene wird deshalb im Unterricht angewendet, weil die Lehrkraft ein hohes Maß an Kontrolle über den Lernprozess hat und diesen exakt auf die Lernzielerreichung ausrichten kann. Problematisch dabei ist jedoch, dass vorab schon durch die Lehrkraft entschieden wurde, in welche Richtung kommuniziert werden soll und welche Inhalte die „Wahrheit“ darstellen. Man läuft also Gefahr ein eindimensionales und beschränkendes Denken und Verhalten zu fördern. Reich betont, dass Repräsentationen für den Lernprozess im Unterricht von Wert seien und eine Viabilität aufweisen können, jedoch nur unter der Voraussetzung, dass diese mit den SuS gemeinsam erörtert und reflektiert werden [34, S. 157ff.]. Schlussendlich existiert noch die Handlungsebene der Reflexionen bzw. Diskurse. In der konstruktivistischen Didaktik umfasst dieser die „symbolische[r] Ordnung [...], die zugleich Bedeutungen bezeichnet, aus welchen Gründen oder Regeln die Ordnung gelten soll, und die innerhalb einer Verständigungsgemeinschaft mit bestimmten Intentionen auf Zeit besteht bzw. beobachtet werden kann.“ Bei dieser Ebene sollten die Kommunikation und die Dialoge diskursiv ausgerichtet werden, sodass auch das Lernen so stattfinden kann. Dies beinhaltet insbesondere, dass es zu gegensätzlichen, in sich widersprüchlichen oder vielfältigen Positionen kommen kann, welche gleichermaßen nebeneinander existieren dürfen. Dadurch kann erreicht werden, dass die SuS ihr Lernen, die behandelten Inhalte und auch Beziehungen reflexiv hinterfragen und sie Kompetenzen erlangen, die über die reine Fachkompetenz hinausgehen [34, S. 161-164].

Ein zusätzliches Ziel davon ist, dass die SuS ihre Rollen, die sie im Lern- und Konstruktionsprozess einnehmen kritisch betrachten und fähig sind diese bewusst und gezielt zu

deren Verbesserung einzusetzen. Generell können drei didaktische Rollen eingenommen werden. Bei der ersten handelt es sich um die des Beobachters. Dabei üben die SuS sowohl Selbst- als auch Fremdbeobachtungen hinsichtlich eigener oder fremder „Erwartungen, Ansprüche“ und „Normen“ durch und konstruieren daraus ihre Wirklichkeiten. Um die Vielfalt der Beobachter\*innen und Beobachtungen anzuerkennen, sollten bewusste und reflektierte Perspektivenwechsel gefördert werden. Die zweite Rolle ist die des Teilnehmers. Hier gehört ein Individuum verschiedenen Gruppen charakterisiert durch bestimmte Merkmale an. Dabei können diese Mehrfachzugehörigkeiten auch ambivalent ausfallen und zeitlich variieren. Die Interpretationen dieser Teilnahmen beeinflussen die Konstruktion der Wirklichkeiten eines Individuums. Die dritte und letzte Rolle ist die des Akteurs, bei der das Individuum handelnd aktiv ist. Dies geschieht losgelöst von der Rolle des Beobachters oder Teilnehmers. Für den konstruktivistischen Unterricht ist es notwendig, dass SuS die Rollen, die sie einnehmen, variieren. Eine isolierte Beobachterrolle führt zu Lethargie, eine reine Teilnehmerrolle zu einer zu starken Bindung an eine Zugehörigkeit und ausschließliche Ausübung des Akteurs in unreflektierte Handlungen [34, S. 164-173]. Wie die zuvor erwähnten Handlungsebenen der Realbegegnungen, Repräsentationen und Reflexionen mit den didaktischen Rollen zusammenhängt, veranschaulicht Abbildung 4.

	<b>Realbegegnungen</b> (sinnlich gewiss)	<b>Repräsentationen</b> (Konventionen und geregelt Dialoge)	<b>Reflexionen</b> (Diskurse und offene Dialoge)
<b>Beobachter</b>	Beobachtung ist sinnlich gewiss, aber öfter mittelbar durch Bereitgestelltes gelenkt	Beobachtung wird über Darstellungen gesteuert	reflektierte Beobachter- und Beobachtungsvielfalt
<b>Teilnehmer</b>	eine gewisse kulturelle Wahrnehmung wird meist stillschweigend vorausgesetzt	eine Verständigungsgemeinschaft wird normativ bevorzugt	Verständigungsgemeinschaften erscheinen zur Auswahl ohne universale Vorrechte
<b>Akteur</b>	Handlungserlebnis	Handlungsbevorzugungen	reflektierte Handlungsalternativen

Abbildung 4: Handlungsebenen und didaktische Rollen [34, S. 173].

Nach Reich sollte konstruktivistisches Unterrichten und Handeln auf Basis der in fünf dargestellten Blickwinkel, die sich aus den drei „erkenntniskritischen Perspektiven“ und den Handlungsebenen ergeben, reflektiert werden [34, S. 182-185]:



		Erkenntniskritische Perspektiven		
		Konstruktivität	Methodizität	Praktizität
Didaktisches Handeln	Konstruieren	<i>Erfinden</i> ↑ Kreativität Innovation Produktion Modifikation Ausprobieren u.a.	<i>Begründen</i> ↑ Variation Kombination Transfer (neue Geltung wird mit Teilen von bekannten Methoden beschrieben)	<i>Gestalten</i> ↑ für Einzelne für Gruppen  Viabilität unter der Maxime der Selbstbestimmung und des Selbstwerts
	Rekonstruieren	<i>Entdecken</i> ↑ Transfer Anwendung Übernahme Wiederholung Nachahmung Anpassung u.a.	<i>Verallgemeinern</i> ↑ Ordnung Muster Modelle (Geltungsansprüche anderer)	<i>Erfahren</i> ↑ für Einzelne für Gruppen  Viabilität unter der Maxime der Selbsttätigkeit
	Dekonstruieren	<i>Enttarnen</i> ↑ Analyse von Unvollständigkeit Unvorhergesehenem Unbewusstem u.a.	<i>Zweifeln</i> ↑ Auslassung Vereinfachung Ergänzung Kritik	<i>Kritisieren</i> ↑ für Einzelne für Gruppen  Viabilität unter der Maxime der Selbst- und Fremdverantwortung

Abbildung 5: Reflexionstafel zum didaktischen Handeln [34, S. 182].

- Das „*Erfinden*“ (H. i. O.) schließt neben Erfolgen insbesondere auch Fehlschläge und ein Scheitern ein. Die Schüleraktivität ist dabei sehr hoch und sollte nicht durch Eingreifen seitens der Lehrkraft in den Lernprozess gemindert werden.
- Beim „*Entdecken*“ (H. i. O.) finden Konstruktionen auf Basis bereits gemachter Konstruktionen statt. Im konstruktivistischen Unterricht wird versucht, diesem Aspekt eine eher untergeordnete Rolle zukommen zu lassen, um blinde Übernahmen von fremden Lösungen zu vermeiden und den Fokus auf „eigene[n] Lösungen“ zu legen.
- Das „*Enttarnen*“ (H. i. O.) fördert reflektiertes Handeln, da dadurch Wissen kritisch hinterfragt wird und die „Unvollkommenheit unserer Lösungsversuche“ dargelegt und thematisiert wird.



- Mit „*Begründen*“ (H. i. O.) meint man das Erklären der gemachten Konstruktionen durch den Wechsel, die Zusammenführung und die Überführung alter Methoden.
- „*Verallgemeinern*“ (H. i. O.) bedeutet die Pauschalisierung „eigener Geltungsansprüche und damit den Ausschluss von Geltungsansprüchen anderer“. Aus konstruktivistischer Sicht muss dabei mit Bedacht vorgegangen werden, was durch die Etablierung einer breiten Perspektivenvielfalt realisiert werden kann.
- Das „*Zweifeln*“ (H. i. O.) geschieht auf Basis der Unvollkommenheit der „eigenen methodischen Bemühungen“.
- In der Spalte der Praktikizität ist die Viabilität der konstruierten Wirklichkeiten entscheidend.

Insgesamt zielt die Umsetzung eines konstruktivistischen Unterrichts darauf ab, die Lernenden dahinzuführen, dass sie durch Re-, De- und Konstruktionen Didaktiker\*innen ihres eigenen Lernprozesses werden, die fähig sind „eine Didaktik zu erfinden oder entdecken zu können, die auf die Lernsituation passt“ [36, S. 121].

## 5.2 Planung

Im konstruktivistischen Unterricht bedeutet Planung, seine didaktischen Handlungen so zu entwickeln, dass es eine Wissensvergrößerung durch kontextualisierte Inhalte für alle am Lernprozess beteiligten Personen gibt. Reich schlägt 3 Betrachtungswinkel vor, einen solchen Unterricht zu gestalten: die elementare Planung, die ganzheitliche Planung und die situative Planungsreflexion [34, S. 238].

Die elementare Planung umfasst die Entwicklung „elementare[r] Handlungs- und Lernschritte“ in Einzelstunden oder kurzen Unterrichtseinheiten. Dabei ist von der Lehrkraft gefordert, dass sie die Inhalte mit Lerner\*innen-Handlungen verknüpft. Basis bilden die 5 Stufen des Lernens nach John Dewey, wobei Reich diese so modifiziert, dass es den Ansprüchen an einen konstruktivistischen Unterricht Rechnung trägt. Er betont hierbei, dass es „keine eindeutige Schablone für das Lernen aller Lerner“ gebe, jedoch „bestimmte Eck- oder Grenzpunkte beachtet werden“ müssten [34, S. 238f.]. Diese Stufen, auch Handlungsstufen genannt, lauten [34, S. 241-245]:

- „*Emotionale Reaktion, Problem, Ereignis*“ (H. i. O.): Ziel ist, dass bei den SuS eine intrinsische Motivation zum Lernen durch das Hervorrufen des Gefühls der „Betroffenheit“ erzeugt wird. Dadurch kann eine Beziehung mit dem Inhalt

geschaffen werden, ganz im Sinne eines kontextualisierten Lernens im konstruktivistischen Lernprozess.

- „Anschlussfähigkeit“ (H. i. O.): Die neu zu erlernenden Inhalte müssen an das bereits vorhandene Vorwissen angeknüpft werden. Damit ist aber nicht nur symbolisches Vorwissen gemeint, sondern auch imaginäres. Für dessen Umsetzung sollten solche Methoden gewählt werden, die dieses aktivieren. Die beiden bisher angeführten Stufen können beide gleichermaßen für den Einstieg in ein Thema herangezogen werden.
- „Untersuchungen, Experimente, Hypothesen“ (H. i. O.): Essentiell hierbei ist die Eigenarbeit der SuS. Die gebildeten Hypothesen sollen auf Basis der zunächst erfolgten Stufen des Lernens gemacht werden. Eine Vorwegnahme dieser durch die Lehrkraft ist strikt zu vermeiden, da den SuS sonst kein Raum für eigene Konstruktionen gelassen wird. Untersuchungen und Experimente zur Überprüfung von deren Gültigkeit sollten wiederum gemeinsam besprochen werden. Ist dies im Rahmen einer im Unterricht durchgeführten Methode nicht möglich, so müssen externe Quellen dafür herangezogen werden.
- „Lösungen“ (H. i. O.): Aus den vorherigen Stufen wird ein „Lernprodukt“ abgeleitet, das eine Lösung des Vorgegangenen darstellt. Dieses Lernprodukt muss einen Handlungsbezug aufweisen und durch die Konstruktionen der SuS entstehen. Hervorzuheben ist, dass hier keine Förderung konvergenten Denkens und „oberflächliche[n] Lernen[s]“ stattfinden soll, sondern eine des divergenten Denkens und der tiefgründigen Auseinandersetzung mit den Inhalten. Mehrere Lösungsoptionen sollten von Seiten der SuS gefunden und diskutiert werden. Durch die vorangegangenen Stufen wird das Lernprodukt in einen Beziehungskontext eingebettet, wodurch man „ihr [der Lösung] Bedeutung verleiht“.
- „Anwendungen, Übungen, Transfer“ (H. i. O.): Über den dauerhaften Lernerfolg entscheidet diese Stufe, da tatsächliches Lernen nur dann stattfinden kann, wenn Inhalte durch Anwendungen, Übungen und Transfer vertieft werden. Mit Anwendungen meint man „handlungsbezogene theoretische oder praktische Übertragungen der Lösungen [...] auf unterschiedliche weitere Aufgaben und Probleme“. Übungen dienen der Vertiefung der Lösungen, wobei darauf geachtet werden muss, dass es nicht zu einer stupiden Wiederholung des immer Gleichen kommt, sondern eine gewisse Vielfalt angeboten wird. Zuletzt bedeutet ein Transfer die

Überführung des erlangten Wissens auf „ähnliche oder gänzliche andere Zusammenhänge.

Wie die Handlungsstufen auf die drei Handlungsebenen Realbegegnungen, Repräsentationen und Reflexionen übertragen werden können, wird in Abbildung 6 dargestellt. Standardmäßig wenden Lehrkräfte Realbegegnungen hauptsächlich in den ersten beiden Stufen an, die Abbildung verdeutlicht jedoch, dass diese auf jeder einzelnen Stufe umsetzbar sind. Der konstruktivistische Unterricht verschreibt sich zudem der Reduzierung von Repräsentationen, indem sie nicht als „Monokultur“ im Unterricht, d. h. in allen 5 Stufen des Lernens, vertreten ist. Reflexionen werden v. a. eingesetzt, um Realbegegnungen und Repräsentationen diskursiv anzugehen. Grundsätzlich fordert ein guter konstruktivistischer Unterricht eine (bewusste) Variation der Handlungsebenen in Bezug auf die 5 Handlungsstufen [34, S. 245f.].

Handlungsstufen	1	2	3	4	5
Handlungsebenen	Emotionale Reaktion Problem Ereignis	Anschlussfähigkeit	Hypothesen Untersuchungen Experiment	Lösungen	Anwendungen Übungen Transfer
<b>Realbegegnung</b> (sinnlich gewiss)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Konkrete emotionale Betroffenheit?</li> <li>● Problem konkret erfahrbar?</li> <li>● Reales Ereignis möglich?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Alltagserfahrungen?</li> <li>● Realitätsbezug?</li> <li>● Anschlüsse konkret erfahrbar?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Hypothesen aus konkreten Erfahrungen?</li> <li>● Konkrete Untersuchungen oder Experimente zur Verifizierung?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Praktische Lösungen?</li> <li>● Lösungsalternativen?</li> <li>● Konkrete Lösungsmöglichkeiten?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Praktische Anwendungen?</li> <li>● Übungen?</li> <li>● Transfermöglichkeiten in die Praxis?</li> </ul>
<b>Repräsentation</b> (konventionell)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Betroffenheit durch emotionale Darstellung?</li> <li>● Problemdarstellung?</li> <li>● Ereignisdarstellung?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Anschlüsse an Vorwissen/vorhandene kognitive Modelle?</li> <li>● Verdecktes Wissen?</li> <li>● Implizite konventionelle Deutungen?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Theorie-Hypothesen?</li> <li>● Abstrakte Gegenstandsuntersuchung?</li> <li>● Gedankenexperimente?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Theoretische Lösungen/Lösungsalternativen?</li> <li>● Lösungsmöglichkeiten?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Theoretische Anwendungen?</li> <li>● Übungen?</li> <li>● Transfermöglichkeiten für Regelfälle?</li> </ul>
<b>Reflexion</b> (diskursiv)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Betroffenheit/Problematisierung durch Diskurs?</li> <li>● Widersprüche erkennbar?</li> <li>● Ereignisse erklärbar/deutbar?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Anschlüsse an Interessen/Deutungsmuster?</li> <li>● Abstraktionsfähigkeit?</li> <li>● Diskursives Vorwissen?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Methodenreflexion (Untersuchungen/Experimente)?</li> <li>● Einschätzung wissenschaftlicher Methoden?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Begründung von Lösungen?</li> <li>● Geltung von Lösungen?</li> <li>● Reflexive Alternativen?</li> <li>● Auslassungen?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Kritische Anwendungen?</li> <li>● Übungen?</li> <li>● Transfermöglichkeiten auf andere Fälle?</li> </ul>

Abbildung 6: Die Handlungsstufen in Bezug auf die Handlungsebenen [34, S. 240].

Die ganzheitliche Planung umfasst im Gegensatz zur elementaren Planung nicht nur Einzelstunden, sondern ganze Unterrichtssequenzen. Wie die Planung aufgebaut ist, veranschaulicht Abbildung 7. Startpunkt bildet dabei der Innenkreis mit den didaktischen Rollen. Alle im Unterricht beteiligten sollen reflektiert ihre eingenommenen Rollen im Planungsprozess betrachten wie auch den Wechsel zwischen ihnen. Im mittleren Kreis befinden sich die Handlungsstufen im „größeren Handlungsrahmen“ von Lehrkraft und

SuS, die jedoch keine feste Struktur vorgeben, sondern „bloß Beschreibungen von Handlungsstufen [sind], die oft in Handlungsprozessen eingenommen werden, die aber auch untereinander variieren können“. Die Abfolge soll und muss dabei nicht eingehalten werden [34, S. 246-249]. Der äußere Kreis gibt die imaginären Einflussfaktoren auf den didaktischen Prozess wieder, die häufig in diesem vernachlässigt werden. Diese werden im Folgenden kurz erläutert [34, S. 249]:

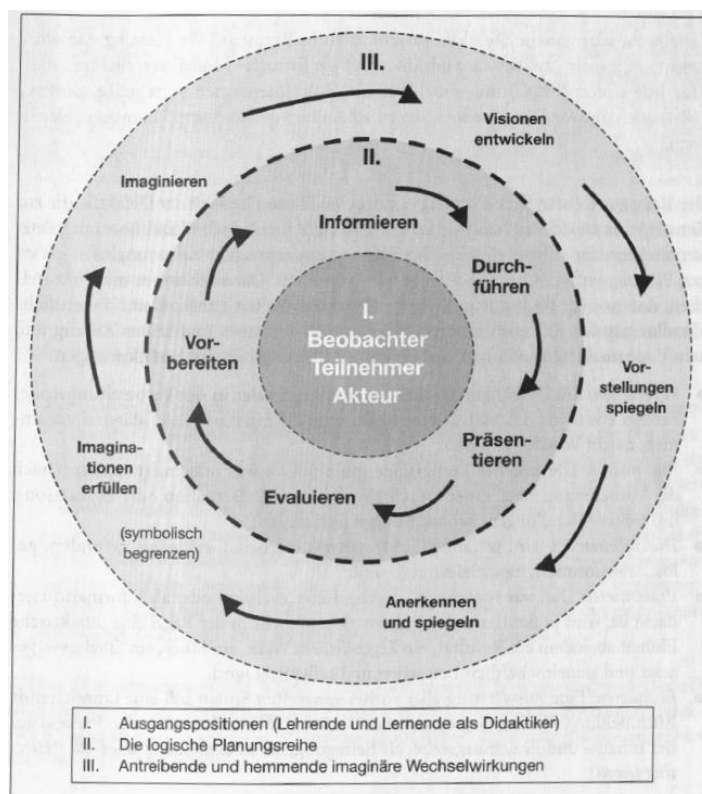


Abbildung 7: Aufbau der ganzheitlichen Planung [34, S. 247].

- „*Imaginieren*“ (H. i. O.): Vorstellungen eines Individuums, welche dieses positiv dastehen lassen, können motivierend wirken, wenn im Unterricht versucht wird, diese „in positiver, motivierender, den Selbstwert erhöhender Weise zu wecken“.
- „*Visionen entwickeln*“ (H. i. O.): Hier zeigt das Imaginäre schon gewissermaßen Bestrebungen eine Vorstellung weiter zu gestalten. Imaginationen sind dann antreibend, wenn ihre Umsetzung realisierbar ist oder wenn eine Vision als Einstieg genutzt wird.
- „*Vorstellungen spiegeln*“ (H. i. O.): Obwohl Imaginationen nicht verbalisiert werden können, sollte nach ihnen und damit unter anderem nach Gefühlen und Befindlichkeiten gefragt werden.

- „*Anerkennen und spiegeln*“ (H. i. O.): Wertschätzung verlangt eine Mitteilung auf verbale und nonverbale Weise.
- „*Imaginationen erfüllen*“ (H. i. O.): Imaginationen wirken dann antreibend, wenn diese auch in Form der didaktischen Rollen symbolisch realisiert werden.

Die letzte Perspektive benennt Reich mit der situativen Planungsreflexion. Damit ist die Reflexion der Planung in Bezug auf die folgenden 5 Perspektiven gemeint [34, S. 252-259]:

- „*Partizipatives Lehren und Lernen*“ (H. i. O.): Hier soll die Planung dahingehend reflektiert werden, ob alle Beteiligten in diese einbezogen werden und ob sie eine Entscheidungsgewalt in Bezug auf die Inhaltsauswahl und Planung innehaben. Dies sollte mindestens die Kommunikation über die nächsten Schritte beinhalten. Anschließend sollten gemeinsam Folgerungen für das weitere Vorgehen geprüft werden. Dafür können insbesondere sogenannte „[r]eflecting teams“, also Gruppen, die anhand selbst zusammengestellter Kriterien Feedback geben, eingesetzt werden.
- „*Multimodales Lehren und Lernen*“ (H. i. O.): Lehren und Lernen sollten drei Anforderungen erfüllen: „*Multiperspektivität*“ (Lösungsvielfalt), „*Multimodalität*“ (Methodenvielfalt) und „*Multiproduktivität*“ (Vielfalt in Ergebnisdarstellungen) (H. i. O.).
- „*Inhalte im Blick auf Beziehungen planen*“ (H. i. O.): Inhalte und der Grund, warum sie lernenswert sind, sollten zusammen aufarbeitet und diskutiert werden. Ebenso sollte deren „Konstruktion, Methode und Praxis“ transparent und unter Einbezug der SuS gestaltet sein. Elementar ist die Gegenüberstellung von Lehrplanvorgaben bzw. Lehrer\*innenwünschen und für die SuS viablen Inhalten. Dies sollte mindestens in Form von Diskussionen geschehen.
- „*Beziehungen im Blick auf Inhalte planen*“ (H. i. O.): Hier wird der Gegebenheit Rechnung getragen, dass SuS Beziehungen zu den Inhalten haben. Dies geschieht auf Basis des expliziten Einbeziehens der Beziehungsebene in den Unterricht. Im Physikunterricht kann dies z. B. durch die Einbettung der kulturellen Gegebenheiten von Theorien und Experimenten und das Thematisieren der ethischen Folgen, die durch die Erkenntnisse oder die Theorie bzw. das Experiment aufkamen.

- „*Methoden und Medien wählen*“ (H. i. O.): Die Medien- und Methodenauswahl sollte die Kriterien der möglichst hohen Schüleraktivität, Vielfältigkeit und Aktivierung des Imaginären garantieren. Zudem wird aufgrund der Grundannahme, dass die SuS befähigt sind, die für sie viablen Methoden eigenständig auszuwählen, gefordert, dass ihre Wahl anerkannt und respektiert wird.

### 5.3 Methoden

Reich formulierte 3 Sichtweisen, mit deren Hilfe sich bewusst und reflektiert Methoden aus dem umfangreichen Kontingent auswählen lassen. Diese werden im Folgenden kurz vorgestellt [34, S. 268-291]:

- „*Prinzip der Methodenkompetenz*“ (H. i. O.): Hier geht es grundsätzlich darum, eine geeignete Methode für die vorliegenden „Inhalte und Beziehungen“ auszuwählen. Diese muss zu den bisherigen Erfahrungen und den Ressourcen der Lerner\*innen passen, sich als anschlussfähig erweisen und eine kognitive, kommunikative, emotionale und soziale Kompetenzsteigerung gewährleisten. In Bezug auf die Handlungsebenen bedeutet dies, dass Methoden zum einen auf der Ebene der Realbegegnungen „frei von naiven Abbildern“ gestaltet sein müssen. D. h., dass zwar ein direktes, mit den Sinnen wahrnehmbares Auseinandersetzen mit dem Inhalt bzw. der Beziehung stattfindet, diese aber nicht in ihrer Komplexität reduziert wird und eine Perspektivenvielfalt unterstützt wird. Methoden auf der Ebene der Repräsentationen müssen eine tiefe Beschäftigung mit den Inhalten und Beziehungen und ein kritisches Auseinandersetzen mit ihnen gewährleisten. Zuletzt reflektieren Methoden auf der Reflexionsebene ihre Viabilität.
- „*Prinzip der Methodenvielfalt*“ (H. i. O.): Ziel dieses Prinzips ist es, eine Vielfalt derart anzubieten, sodass „Lerner unterschiedliche Zugänge, erweiternde Perspektiven“ und „vielfältige Strategien“ zu Inhalten und Beziehungen erlangen. Die Methoden sollten nicht nach einem bestimmten Schema angewandt werden, sondern auf die situativen Gegebenheiten durch eine geeignete Zusammensetzung, Gegenüberstellung oder einen geeigneten Wechsel von mehreren Methoden angepasst werden.
- „*Prinzip der Methodeninterpedenz*“ (H. i. O.): SuS sollen „eine eigene Methodenkompetenz unter Berücksichtigung der Methodenvielfalt [...] erwerben.“

Dafür müssen SuS darin gefördert werden, Wissen über die Interpedenz, also die Kohärenz und Korrelation zwischen verschiedenen Methoden sowie das Einwirken von diesen aufeinander, zu erwerben. Daraus können sie wiederum Erkenntnisse über ihren eigenen Lernprozess gewinnen.

Reich verfasste hierfür 3 Checklisten, die einen Fragekatalog darstellen um die obigen Prinzipien im Unterricht umzusetzen. Diese sind im Anhang A zu finden.



## 6. Konstruktivistisch orientiertes Konzept für das InGym

### 6.1 Allgemeines

In modernen Klassenzimmern wächst der Wunsch, Unterrichtsstunden konstruktivistischer und insgesamt offener zu gestalten und den Frontalunterricht als dominierende Unterrichtsmethode hinter sich zu lassen. Für InGym-Klassen existieren keine Lehrpläne. Bislang orientieren sich Lehrkräfte des zugehörigen Senior-Kurses häufig an dem „DaZ-Arbeitsbuch Biologie – Physik – Chemie Klasse 7 – 10“ von Dr. Yurdakul Çakir-Dikkaya et al. aus der Reihe „Prima ankommen im Fachunterricht“. Der Umstand, keine Lehrplanvorgaben zu haben, bietet Lehrkräften die Freiheit aus der Fülle an Inhalten eigenverantwortlich welche auszuwählen und dabei auch den Umfang der behandelten Inhalte zu reduzieren, um den SuS zu ermöglichen, sich trotz des begrenzten Stundenbudgets dieser Unterrichtsreihe mit den ausgewählten Inhalten tiefgreifender auseinanderzusetzen. Dies stellt eine gute Voraussetzung für die Umsetzung eines, zumindest in Phasen, konstruktivistischen Unterrichts dar.

Das entworfene Konzept für das Fach Physik richtet sich an SuS, die an dem Senior-Kurs des InGym-Projektes in Phase Ib und Ic teilnehmen. Dabei wird versucht, eine Balance zu finden zwischen einerseits der Behandlung möglichst aller großen Themenbereiche der Schulphysik, um dort grundlegende bildungssprachliche Kompetenzen zu erwerben, und andererseits einer nicht zu oberflächlichen Behandlung der Inhalte. Die ausgewählten Unterrichtsmethoden müssen dabei zu einer tiefgreifenden und handelnden Auseinandersetzung mit den Inhalten beitragen und dabei gleichzeitig sprachsensibel ausgerichtet sein. Im vorliegenden Konzept wird der selbstständigen Planung und Durchführung von Experimenten eine besondere Rolle zuteil. Je nach den Schulsystemen, aus denen die SuS kommen, kennen sie keine Schulexperimente. Aufgrund dessen müssen immer wieder Reflexionsphasen eingebaut werden, um ihnen den Nutzen, den sie daraus ziehen können, nahe zu bringen. Auch ein konstruktivistischer Unterricht könnte für einige SuS unbekannt sein. Um eine Überforderung aufgrund einer abrupten höheren und aktiveren Teilnahme in allen Phasen des Unterrichts zu vermeiden, werden die SuS behutsam an dieses Konzept herangeführt.

Das Konzept ist aus den folgenden Unterrichtseinheiten aufgebaut:

- Unterrichtsstunde 1: Bau einer Lavalampe,
- Unterrichtsstunde 2 und 3: Eigenschaften von Permanentmagneten,



- Unterrichtsstunde 4 und 5: Reflexion und Brechung,
- Unterrichtsstunde 6 und 7: Energie, Arbeit und Leistung,
- Unterrichtsstunde 8, 9 und 10: Teilchenmodell, Aggregatzustände, Temperatur und Wärme und
- Unterrichtsstunde 11 und 12: Grundlagen der Elektrizität.

Damit wird der Schwerpunkt auf die grundlegenden Konzepte der Bereiche Magnetismus, Optik, Mechanik, Wärmelehre und Elektrik gelegt.

Jede dieser Unterrichtseinheiten wird in dem dazugehörigen ersten Unterkapitel zunächst fachwissenschaftlich im Rahmen einer Sachanalyse untersucht. Anschließend erfolgt eine Darstellung, der mit den Inhalten verbundenen Schülervorstellungen, also den typischen Imaginationen, die SuS mit den Inhalten assoziieren bzw. die im Verlauf des Unterrichts gebildet werden [37, S. 34]. Zum Schluss des ersten Unterkapitels findet noch eine Begründung der Themenauswahl inkl. der Vorstellung der angestrebten Lernziele statt. Im zweiten Unterkapitel wird für jede Unterrichtsstunde der Einheit eine elementare Planung basierend auf dem Konzept, welches in Abschnitt 5.2 beschrieben wird, durchgeführt. Auf eine ganzheitliche Planung wird im Rahmen dieser Arbeit verzichtet, da diese für länger andauernde Unterrichtssequenzen vorgesehen ist, die Unterrichtseinheiten in diesem Konzept jedoch nur maximal drei Unterrichtsstunden umfassen [34, S. 246]. Im letzten Unterkapitel einer jeden Unterrichtseinheit erfolgt eine Diskussion der gewählten Unterrichtsmethoden aus konstruktivistischer und sprachsensibler Sicht.

## 6.2 Unterrichtsstunde 1: Bau einer Lavalampe

### 6.2.1 Sachanalyse, Schülervorstellungen und Themenbegründung

In der ersten Unterrichtsstunde sollen die SuS erste Erfahrungen mit Experimenten sammeln und sich anhand eines Experiments den Aufbau und Inhalt eines Versuchsprotokolls erarbeiten. Als Experiment dient der Bau einer Lavalampe nach Anleitung in Form einer Schrittfolge. Für dieses benötigt man ein hohes Glas, Wasser, herkömmliches Speiseöl und Kochsalz sowie Tinte oder Lebensmittelfarbe. Zunächst wird das Glas ungefähr 4 cm hoch mit Wasser gefüllt. Anschließend werden ein paar Tropfen Tinte oder Lebensmittelfarbe hinzugegeben. Nun wird Speiseöl vorsichtig hinzugefügt, so dass die

Ölschicht, die klar abgegrenzt vom Wasser ist, eine ungefähre Dicke von 1 cm aufweist. Anschließend wird Salz in das Glas gestreut. Man beobachtet nun, dass Öltröpfchen sich durch die Wassersäule nach oben und unten, wie in Abbildung 8 dargestellt, bewegen [38].



Abbildung 8: Öltröpfchenbewegung in einer selbstgebauten Lavalampe [38].

Grund hierfür sind die unterschiedlichen Dichten der beteiligten Stoffe. Die Dichte  $\rho$  in einem Volumenelement  $\Delta V$  in einem Festkörper, Fluid oder Gas der Masse  $\Delta m$  ist gegeben durch das Verhältnis

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}.$$

Je weniger Volumen einer Masse zur Verfügung steht, desto höher fällt dieser Quotient aus und desto dichter ist das betrachtete Volumenelement  $\Delta V$ . Im Rahmen dieses Schulerperiments wird von einer gleichförmigen Dichte, die gegeben ist durch

$$\rho = \frac{m}{V},$$

ausgegangen. D. h., dass man eine homogene Verteilung der Dichte annimmt. Bei der dazugehörigen SI-Einheit handelt es sich um

$$[\rho] = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Da hier nur Fluide und Festkörper und keine Gase betrachtet werden, kann die Druckabhängigkeit der Dichte  $\rho$  vernachlässigt werden [39, S. 416f.]. In Tabelle 4 sind die Dichten für die im Experiment verwendeten Stoffe aufgelistet. Da nur wenige Tropfen

Tinte in das Wasser gegeben werden, wird die Dichteveränderung aufgrund dessen vernachlässigt.

Tabelle 4: Dichte der Stoffe im Lavalampen-Experiment.

Stoff	Dichte in $\frac{kg}{m^3}$
Wasser bei 25°C	1000 [40]
Speiseöl	800-900 [41]
Kochsalz bei 25°C	2160 [42]

Da die Dichte von Speiseöl geringer ist als die von Wasser, schwimmt das Öl im Experiment auf dem Wasser. Dass sich die beiden Flüssigkeiten nicht miteinander vermischen ist der hydrophoben Eigenschaft des Speiseöls geschuldet. Nach Hinzugeben des Kochsalzes sinkt dieses im Glas nach unten, da seine Dichte größer ist als die von Wasser und Speiseöl. Am Salz bleibt beim Durchlaufen der Ölschicht ein Öltropfen hängen, der mit nach unten an den Glasboden gezogen wird. Sobald sich der Salzkristall aufgelöst hat, steigt der Öltropfen aufgrund seiner geringeren Dichte im Vergleich zu Wasser wieder nach oben [38].

Ein Versuchsprotokoll sollte, angelehnt an die Empfehlungen des Staatsinstituts für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB), folgenden Aufbau haben [43, S. 1f.]:

- *Protokolltitel:* Hier findet man z. B. den Namen des Experiments.
- *Ziel/Fragestellung/Vermutung:* Es erfolgt eine kurze Darstellung darüber, welche Ziele mit dem Experiment verfolgt werden bzw. welche Frage durch das Experiment beantwortet werden soll. Es werden auch Vermutungen über den Ausgang des Experiments getroffen.
- *Aufbau:* Alle benötigten Materialien und die Versuchsanordnung werden unter diesem Punkt aufgeführt. Dies kann in Form von Aufzählungen, als Fließtext und/oder durch Graphiken geschehen.
- *Durchführung:* Hier wird der Ablauf des experimentellen Handelns detailliert dargestellt.

- *Beobachtungen:* Die SuS sollen unter diesem Punkt ihre Beobachtungen und/oder Messergebnisse in geeigneter Form, z. B. in Form eines Fließtextes oder einer Tabelle, darstellen.
- *Auswertung:* Unter diesen Punkt fallen unter anderem Rechnungen, die auf Basis der Messergebnisse durchgeführt werden. Auch graphische Auswertungsmethoden werden hier aufgeführt. Häufig erfolgt direkt anschließend eine Erklärung der Beobachtungen oder Messergebnisse und ein Rückbezug zum Punkt Ziel/Fragestellung/Vermutung des Experiments.

Eine häufig anzutreffende Schülervorstellung bezüglich der Dichte ist die Annahme, dass sich die Fähigkeit des Schwimmens eines Stoffes oder Körpers aus seiner Masse ergibt. Dies ist alltagssprachlichen Formulierungen wie „[w]as leicht ist, schwimmt“ geschuldet. Als Gegenbeispiel dient z. B. das Schwimmen eines großen Baumstammes und das Sinken einer kleinen Nadel [44, S. 248f.].

Die hier vorliegende Diskrepanz zwischen Alltagssprache und Fachsprache im Verständnis des Begriffs „Dichte“ ist einer der Gründe, warum dieses Thema in diesem Konzept Anwendung findet. Sprachschwache SuS sind in der Physik häufig mit solchen Differenzen konfrontiert und ein reflektierter Umgang damit ist essentiell für die Ausbildung bildungssprachlicher Kompetenzen im Fachunterricht. Zudem stellt die selbstgebaute Lavalampe den qualitativen Dichteunterschied und daraus resultierende Phänomene optisch ansprechend dar. Die Dichte ist Teil des LehrplanPLUS für Gymnasien des Faches NuT in der Jahrgangsstufe 7 und dem Bereich „Physik in Natur und Technik entdecken“ zugeordnet (s. Anhang B – 2). Das Anfertigen erster eigener Protokolle ist, laut LehrplanPLUS für Gymnasien des Faches Natur und Technik, schon in der Jahrgangsstufe 5 zu behandeln (s. Anhang B – 1). Gleichzeitig sind der Aufbau und die Durchführung des Experiments dieser Unterrichtsstunde simpel gestaltet. Aufgrund dessen eignet sich dieser Versuch besonders für SuS, die in Schulsystemen unterrichtet wurden, in denen Schulexperimente kaum oder gar nicht zum Einsatz kommen. Die Phasen dieses Experiments sind noch sehr stark gelenkt durch die Lehrkraft. Im weiteren Verlauf dieses Konzeptes steigert sich die Eigenständigkeit der SuS in den Experimenten. Damit wird versucht, den Vorgaben des ISB nachzukommen, die im Fachprofil Physik die Förderung der prozessbezogenen Kompetenz „Erkenntnisse gewinnen“ fordern. Damit ist die Beherrschung „experimenteller und theoretischer Arbeitsweisen“ gemeint [45]. Um dies erreichen zu können ist es notwendig, dass die SuS den Sinn und Zweck von Experimenten erkennen und letztlich auch selbstständig in der Lage sind, Versuchsprotokolle

anzufertigen. Diese erste Unterrichtsstunde stellt damit den ersten Schritt in diese Richtung dar.

### 6.2.2 Elementare Planung

Zu Beginn dieser Unterrichtsstunde wird versucht, eine *emotionale Reaktion* bei den SuS auszulösen. Um dies zu erreichen, bekommen die SuS durch die Lehrkraft einen Zettel ausgeteilt, auf dem kurz und in Form einer einfachen Schrittfolge, die Anleitung zum Bau einer selbstgemachten Lavalampe aufgedruckt ist. Dies könnte wie folgt aussehen:

1. Du füllst das Glas ungefähr 4 cm hoch mit Wasser und gibst ein paar Tropfen Tinte oder Lebensmittelfarbe hinzu.
2. Anschließend füllst du in das Glas noch 1 cm hoch Öl.
3. Zum Schluss streust du Salz in das Glas.

Dabei wird bewusst keine Auflistung der Materialien und keine Angabe der Beobachtungen oder des Versuchsausgangs angegeben. Die SuS wissen also nicht, was sie von dem Experiment zu erwarten haben. Dadurch soll Spannung und Neugierde hervorgerufen werden. Die SuS sollen auf Basis dieser Anleitung selbstständig den Versuch durchführen. Es findet also eine unmittelbare handelnde Auseinandersetzung mit dem Inhalt statt (Realbegegnung). Die Materialien werden durch die Lehrkraft bereitgestellt, ebenso wie für alle SuS Wortkarte als Hilfestellung, die von den ihnen benutzt werden können, aber nicht müssen, die aber mit nach Hause mitgenommen werden sollen. Auf deren Gestaltung wird am Ende dieses Unterkapitels noch näher eingegangen. Den SuS wird selbst überlassen, in welcher Sozialform sie das Experiment durchführen. Demzufolge dürfen sie sich frei im Klassenraum bewegen. Die Lehrkraft nimmt die Rolle eines Beobachters ein, der nur in Ausnahmesituationen als Berater agiert. Die SuS sollen eher dazu bewegt werden, sich mit anderen SuS zu besprechen. Sie werden also gleich von Beginn dieser Unterrichtsreihe an zu einem kooperativen und diskursiven Lernen animiert. Das Experiment versucht durch bunte Farben und den Effekt der Lavalampe optisch ansprechend zu sein und die SuS dadurch auf die folgenden Phasen einstimmen.

In der Phase der *Anschlussfähigkeit* werden die SuS gebeten nach vorne an die Tafel zu kommen und sich so zu positionieren, dass alle SuS die Situation mit allen Personen gut überblicken zu können. Unter Umständen müssen Tische verschoben werden, so dass alle SuS genügend Platz haben. Die Lehrkraft initiiert eine Reflexion dessen, was

beobachtet wurde und wie sich die SuS das erklären können. Die von den SuS angebrachten Punkte werden dabei nicht durch die Lehrkraft bewertet. Dadurch soll gewährleistet werden, dass sich die SuS offen äußern können, ohne befürchten zu müssen, kritisiert oder bloßgestellt zu werden. Das Hauptaugenmerk liegt jedoch in der Reflexion der gegebenen Anleitung. Sie sollen diese dabei anhand selbst gewählter Kriterien bewerten und Wünsche äußern, wie sie sich ihrer Meinung nach eine gut gestaltete Anleitung vorstellen. Dies kann in Form eines *Brainstormings* stattfinden. Die SuS halten ihre Ideen auf Zetteln schriftlich fest und heften sie z. B. mithilfe von Magneten an die Tafel. Zettel und Stifte werden durch die Lehrkraft bereitgestellt. Um ein zu großes Gedränge am Pult und der Tafel zu vermeiden, kann die Anzahl der SuS, die ihre Ideen aufschreiben, auf zwei oder drei gleichzeitig begrenzt werden. Dies hat den Vorteil, dass die restlichen SuS in die Beobachterrolle wechseln und ihnen so Raum für das Entstehen neuer Ideen gegeben wird. Es findet damit ein fließender Übergang zur Phase der Bildung der *Hypothesen* statt. Diese werden zum einen auf Basis der konkreten Erfahrungen gebildet, die sie mit dem Bau der Lavalampe, also einer Handlung, die im besten Fall positive Emotionen wie Erstaunen hervorgerufen hat, gemacht haben. Zum anderen kann durch das Brainstorming Vorwissen aktiviert werden, wodurch die Lehrkraft einen Überblick darüber erhält, was die SuS schon wissen und können. Wichtig ist, dass die Lehrkraft in dieser Phase nur als Moderator an dem Brainstorming teilnimmt. Die SuS dürfen ihre Gedanken und Ideen frei äußern. Die Lehrkraft gibt falls nötig Sprachhilfen und kleine Impulse im Falle von längeren Schweigepisoden, das Produkt des Brainstormings sollte aber durch die SuS erarbeitet werden.

Kommen auch nach Impulsen durch die Lehrkraft keine Ideen mehr von den SuS, schreitet die Lehrkraft zur *Lösung* ein, indem sie die SuS darüber informiert, dass in der Physik auch Anleitungen zu Experimenten angefertigt werden. Diese werden als „Protokolle“ bezeichnet und sie sollen über alles informieren, was mit dem Experiment zu tun hat, so dass auch jemand, der das Experiment nicht selber kennt, fähig ist, es durchzuführen oder zumindest nachzuvollziehen. Dadurch wird eine Analogie zu der Ausgangssituation der SuS geschaffen, da sie ohne weitere Informationen ein Experiment durchführen mussten. Die Lehrkraft stellt die in der Physik etablierten Kerninhalte von Protokollen vor und heftet dabei Schilder mit den dazugehörigen Bezeichnungen *Protokolltitel, Ziel/Fragestellung/Vermutung, Aufbau, Durchführung, Beobachtungen* und *Auswertung* an die Tafel.

Da bisher der Anteil der Lehrkraft an der Lösungsfindung im Vergleich zu dem der SuS weitaus höher ist (Repräsentation), was nicht im Sinne eines konstruktivistischen

Unterrichts ist, sollen die SuS im nächsten Schritt ihre Ideen in die gegebene Konvention zur Struktur eines Protokolls einordnen. So soll die Schüleraktivität wieder erhöht werden und aus dem Produkt ihres Brainstormings eine *Mindmap* um den Kernbegriff „Protokoll“ hergestellt werden. Die Begriffe dienen dabei als Katalysator für weitere Ideen und die eigenen Hypothesen der SuS werden in das Lernprodukt eingebettet. Hier ist wieder auf eine Begrenzung der Anzahl der SuS, die sich gleichzeitig an der Tafel befinden, zu achten. Zum Schluss des Lösungsprozesses sollen die SuS eine Reihenfolge der Punkte im Protokoll diskutieren und festlegen. Dafür werden von der Lehrkraft mit den Nummern 1 bis 6 beschriftete Schilder willkürlich an die SuS überreicht, die sich daraufhin untereinander auf eine Reihenfolge einigen. Nun befindet sich ein fertiges und gemeinsam erarbeitetes Lernprodukt an der Tafel. Die Lehrkraft fotografiert zur Nachbereitung des Unterrichts das Tafelbild ab und erstellt daraus eine digitale Mindmap, die in der Folgestunde an die SuS ausgeteilt wird. Alternativ kann dies natürlich auch an einen oder mehrere SuS delegiert werden.

In der Phase der *Anwendung* geht es nun darum, auf Basis der erstellten Mindmap ein Protokoll für das Lavalampen-Experiment zu erstellen. Dafür wird die Methode des *Textpuzzles* gewählt. Dabei werden Sätze vorgegeben und die SuS sollen sie in die richtige Reihenfolge bringen [46, S. 22]. Um zumindest einen gewissen Grad an Realbegegnungen zu ermöglichen, sollen die SuS einerseits die Sätze, welche in Satzkästen stehen, ausschneiden und dann in geordneter Reihenfolge auf ein Blatt kleben. Wie diese gestaltet werden könnten, ist beispielhaft in Anhang C – 1 dargestellt. Andererseits wird zur Steigerung der Schüleraktivität den SuS angeboten, dass sie begleitend zum Ordnen der Satzkästen, das Experiment erneut durchführen können. Dieses ist so gewählt, dass es mit einfachsten Mitteln auch daheim durchgeführt werden kann. Damit ist es möglich die Anwendungsphase auch als Hausaufgabe auszulagern. Somit kann der Hypothesen- und Lösungsfindung der SuS der nötige zeitliche Freiraum im Unterricht gegeben werden, um den SuS in diesen Phasen ein produktives Klima ohne Zeitdruck zu ermöglichen. Zudem bekommen sie die Hausaufgabe, das Experiment der Familie oder Freunden vorzuführen und zu erklären, wie es zu dem Lavalampen-Effekt kommt, mit dem Hinweis, dass dies auf Deutsch geschehen soll. Dadurch können Familie und Freunde der SuS in das Sprachenlernen miteinbezogen werden.

Wie bereits erwähnt, sollen den SuS im Rahmen dieser Unterrichtsstunde Wortkarten als Hilfestellung bereitgestellt werden, die freiwillig genutzt werden können. Für diese Unterrichtsstunde sind Wortkarten zu folgenden Wörtern angebracht: „Experiment“, „Lavalampe“, „Öl“, „Tropfen“, „Beobachtung“, „sinken“, „steigen“, „Dichte“, „Aufbau“,

„Durchführung“, „Material“ und „messen“. In Abbildung 9 ist eine solche Wortkarte beispielhaft für das Wort „Beobachtung“ dargestellt. In der ersten Spalte befinden sich das Verb und Adjektiv und in der dritten das Nomen aus der Wortfamilie [47, S. 16]. Den SuS kann angeboten werden, in die mittlere Spalte das Wort in ihrer Muttersprache zu schreiben. Die Liste der Wörter stellt kein Muss dar und kann variiert werden. Empfehlenswert ist eine vorherige Absprache mit der DaZ-Lehrkraft der SuS.

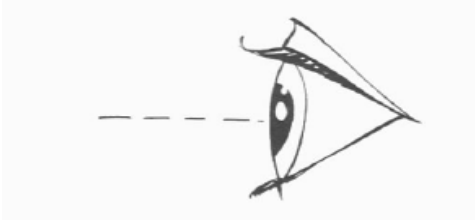
beobachten er/sie beobachtet		die Beobachtung die Beobachtungen
		

Abbildung 9: Gestaltung einer Wortkarte am Beispiel des Wortes "Beobachtung" [47, S. 16].

### 6.2.3 Diskussion

Im Folgenden werden die einzelnen Methoden, die in der Unterrichtsstunde Anwendung finden, v. a. aus konstruktivistischer und sprachsensibler Sicht beleuchtet.

Als erstes wird auf das *Experiment* als Unterrichtsmethode näher eingegangen. Es ermöglicht im Allgemeinen einen Zugang zu Inhalten auf der Ebene der Realbegegnungen, weswegen es im Verlauf dieser Unterrichtsreihe häufig zum Einsatz kommt. Es kann dabei in sämtlichen Phasen des Unterrichts, wie den in dieser Unterrichtsstunde verwendeten motivationssteigernden Einstieg oder auch als Werkzeug zur Verifikation einer selbstgebildeten Hypothese, eingebettet werden. Zudem kann es durch die Lehrkraft und die SuS im Hinblick auf die Inhalte und Ziele flexibel angepasst werden. Dabei wirkt ein Scheitern des Experiments auch lernförderlich, da durch dieses die eigene Methodik nochmals reflektiert und auf dieser Basis abgewandelt wird. In dieser Unterrichtsstunde liegt der Fokus nicht auf der Vermittlung der fachwissenschaftlichen Inhalte bezüglich der Dichte eines Stoffes, sondern das Experiment wird eingesetzt, um den SuS an konkreten Handlungen zu verdeutlichen, warum die Konvention darüber, wie ein



Protokoll aussehen sollte, sinnvoll ist. Dies versucht der Forderung der konstruktivistischen Didaktik Rechnung zu tragen, dass Konventionen bzw. Repräsentationen nie ohne Kontext in den Unterricht eingebettet werden dürfen. Aus konstruktivistischer Sicht sollte auch die Hypothesenbildung, Planung, Durchführung und Auswertung ausschließlich durch die SuS geschehen. In dieser Unterrichtsstunde ist dies jedoch nur in der Durchführung des Experiments gegeben. Wie bereits erwähnt, haben unter Umständen nicht alle SuS in ihrer bisherigen Schullaufbahn Erfahrungen mit Experimenten sammeln können, weshalb diese erst langsam an das eigenständige Experimentieren herangeführt werden sollen. Langfristig ist das Ziel jedoch, dass sie im Laufe der Unterrichtsreihe die nötigen Kompetenzen hierfür erwerben. Experimente eignen sich auch um Sprachsensibilität im Fachunterricht umzusetzen, da durch sie Diskussionen angeregt werden und die SuS, sollten sie mit einem Partner oder in Gruppen zusammenarbeiten, begründen müssen, was sie wie und warum umsetzen wollen. Dazu müssen sie ihre Standpunkte vertreten, aber auch die Argumente ihrer Mitschüler\*innen nachvollziehen können [48].

Die offene Unterrichtsmethode *Brainstorming* stellt ein effektives Mittel dar, um Ideen und Informationen zu sammeln und Vorwissen zu aktivieren. Das Vorwissen und die Ideen anderer dienen dabei als Katalysator für weitere Ideen. Eine der Grundregeln besagt, dass diese kritikfrei geäußert werden dürfen. Das umfasst auch die sprachliche Ebene: Rechtschreib- oder Formulierungsfehler werden nicht beachtet. So kann gewährleistet werden, dass SuS keine Angst davor haben, sich frei zu äußern. Damit sind alle Teilnehmer gleichberechtigt und jeder Beitrag wird wertgeschätzt, was im Sinne eines selbstwertfördernden Unterrichts ist, welcher die Anerkennung der Imaginationen der SuS fordert. Den gleichen Effekt hat das Einfügen ihrer Imaginationen in eine *Mindmap*, die am Ende der Lösungsphase das fertige Lernprodukt darstellt. Eine weitere Grundregel besagt, dass die Klassenstärken für Brainstorming nicht zu groß sein dürfen, damit jede\*r Schüler\*in die Möglichkeit erhält, seine oder ihre Ideen überhaupt äußern zu können. Die InGym-Klassen mit Klassenstärken bis zu 20 Personen liegt in diesem Rahmen. Zusätzlich wird das in der konstruktivistischen Didaktik gewünschte Aufbrechen der klassischen Hierarchisierung bezüglich Lehrkraft-Schüler\*innen-Beziehung und der damit verbundenen Dezentralisierung von der Lehrkraft weg gefördert. Durch das Brainstorming kann den unterschiedlichen Wissensständen der SuS eines InGym-Kurses Rechnung getragen werden. Die SuS, die schon Experimente im Unterricht durchgeführt haben und denen die Protokollierung bekannt ist, tragen ihr Wissen bei und SuS, denen das Ganze unbekannt ist, können ihre eigenen Vorstellungen miteinbringen. Im

herkömmlichen Brainstorming, wie es bspw. in Unternehmen eingesetzt wird, gibt es zusätzlich noch einen Protokollanten bzw. eine Protokollantin, welche\*r alle Ideen schriftlich festhält. Im Unterrichtskontext wird dies oft abgewandelt und die SuS halten ihre Ideen selber bspw. auf der Tafel fest. Dies ist auch im Sinne eines sowohl konstruktivistischen als auch sprachsensiblen Unterrichts, da einerseits die Imaginationen der SuS festgehalten werden und in die Lösungsfindung mit einbezogen werden und andererseits diese Imaginationen auch verbalisiert und verschriftlicht werden müssen [49].

Im Kontrast zu dieser doch sehr offenen Unterrichtsmethode handelt es sich bei dem *Textpuzzle* um eine durch die Lehrkraft sehr gelenkte Methode. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass die SuS mit einer eigenständigen Textproduktion zu Beginn der Unterrichtsreihe noch überfordert sein könnten. Gleichzeitig kann aber bspw. der erwähnten Schülervorstellung, dass die Schwimmfähigkeit eines Stoffes abhängig von dessen Masse, durch den richtigen Gebrauch der Fachsprache, der die Begriffe Steigen und Sinken an die Dichte koppelt, entgegengewirkt werden. Dabei wird versucht ein stupides Anordnen der Satzkästen zu verhindern, indem das Textpuzzle in einen handelnden Kontext eingebettet wird. Dies geschieht einerseits durch das Ausschneiden, Ordnen und Kleben der Satzkästen und andererseits durch die begleitende Durchführung des Experiments. Auch hier ist aber das Ziel, dass die SuS dahingehend gefördert werden, dass sie im Laufe der Unterrichtsreihe fähig sind eigene Protokolle, auch auf komplexerer Basis, selbst zu erstellen. Ein weiterer Vorteil ist, dass die reine Korrektur nicht viel Zeit in Anspruch nimmt und der Fokus dabei eher auf die fachlichen und sprachlichen Fragen der SuS gerichtet werden kann [27, S. 22]. Laut dem Regensburger Analysetool für Texte, welches entwickelt wurde, um Texte auf ihre Tauglichkeit für bestimmte Jahrgangsstufen zu untersuchen, ist der Lösungstext angemessen für SuS der 7. Jahrgangsstufe (s. Anhang D – 1).

## 6.3 Unterrichtsstunde 2 und 3: Eigenschaften von Permanentmagneten

### 6.3.1 Sachanalyse, Schülervorstellungen und Themenbegründung

In dieser Unterrichtseinheit geht es primär um den Ausbau experimenteller Fähigkeiten. Dafür wird die Schüleraktivität von der alleinigen Versuchsdurchführung wie in Unterrichtsstunde 1 ausgeweitet auf eine eigenständige Planung und Durchführung von

kleinen Experimenten. Als geeignetes Thema bietet sich die Untersuchung von Eigenschaften von Permanentmagneten an.

Magnete finden in vielen Bereichen unseres täglichen Lebens Anwendung und sind entscheidend für unsere technisierte Gesellschaft. Magnetische Stoffe erzeugen um sich herum ein sogenanntes Magnetfeld, deren Wirkung wir durch eine anziehende oder abstoßende Kraft wahrnehmen können. Obwohl diese Kräfte, je nach Magnet, für uns schon nach einer kurzen Reichweite nicht mehr wahrnehmbar sind, sind Magnetfelder theoretisch unendlich weit ausgedehnt. Man kann sie beispielsweise durch Eisenfeilspäne sichtbar machen, da sich diese entlang der Magnetfeldlinien ausrichten. Im einfachsten Fall eines Magneten, dem Stabmagneten, ist die Stärke des Magnetfeldes an den Enden am stärksten. Diese Orte werden Pole genannt. Der Pol, der den Beginn der sichtbaren Magnetfeldlinien darstellt, heißt Nordpol, wird häufig mit N abgekürzt und mit roter Farbe markiert. Der andere Pol, also das Ende des sichtbaren Magnetfeldes, heißt Südpol, kurz S, und wird mit grüner Farbe markiert. Nach dem Polgesetz gilt, dass sich gleiche Pole, also N-N oder S-S, zweier Magnete abstoßen, während sich ungleiche Pole, S-N oder N-S, anziehen. Die Richtung der Magnetfeldlinien ergibt sich aus dem Einbringen eines kleinen Probemagneten in das Magnetfeld und dessen Ausrichtung aufgrund des Feldes. Die Magnetfeldlinien zeigen demnach vom Nord- zum Südpol. Nach heutigem Erkenntnisstand können Magnete nicht als reine Nord- oder Südpole, also Monopole, vorliegen, sondern existieren immer als magnetische Dipole. Dies gilt auch, wenn man den Magneten bis auf subatomarer Ebene, also bis auf Elektronen, immer wieder teilt. Auf dieser Ebene liegt die Ursache für Magnetismus. Man unterscheidet 3 verschiedene Arten, wie dieser hervorgerufen werden kann. Zum einen durch das Vorhandensein von elektrischen Strömen, da diese die Elektronen zu Bewegungen anregen und dadurch ein Magnetfeld hervorgerufen wird. Diese Ursache ist aber für diese Unterrichtseinheit nicht relevant. Zum anderen haben Elektronen zwei Drehimpulse, einerseits den Spin, seinem „intrinsischen Drehimpuls“, andererseits den Bahndrehimpuls [39, S. 932-938]. Das zugehörige magnetische Spinmoment und das magnetische Bahnmoment addieren sich für das Elektron vektoriell. Dies geschieht für jedes Elektron eines Atoms. Nun gibt es Bereiche in Festkörpern, in denen die Momente, resultierend aus der vektoriellen Addition des magnetischen Spin- und Bahnmoment der einzelnen Atome, parallel gerichtet sind. Man spricht hier von Weißschen Bezirken [50, S. 105]. Die vektorielle Addition der Momente der Weißschen Bezirke entscheidet darüber, ob eine Probe magnetisch ist oder nicht. Generell können Proben auf drei unterschiedliche Arten magnetisiert sein [39, S. 938]:

- *Diamagnetismus*: Diese Art von Magnetismus kommt in allen Stoffen vor, jedoch nur so schwach, dass diese von uns als nicht magnetisch wahrgenommen werden. Durch ein äußeres Magnetfeld richten sich deren Dipolmomente aus und ihre vektorielle Addition bewirkt ein schwach ausgeprägtes Magnetfeld des Stoffes. Sobald jedoch das äußere Magnetfeld nicht mehr auf die Probe wirkt, verschwindet auch das Magnetfeld der Probe.
- *Paramagnetismus*: Darunter fallen solche Substanzen, die unter anderem aus Übergangselementen, Lanthanoiden oder Actinoiden bestehen. Ohne das Vorhandensein eines äußeren Magnetfeldes zeigt eine solche Substanz keine magnetischen Eigenschaften, da die Atome zwar permanente magnetische Dipolmomente aufweisen, diese jedoch innerhalb der Probe ungeordnet vorliegen. Sobald ein äußeres Magnetfeld auf die Probe wirkt, richten sich diese teilweise in Richtung des äußeren Feldes aus und bewirken eine Magnetisierung der Substanz. Mit Verschwinden des äußeren Magnetfeldes, verschwindet auch jenes der Probe.
- *Ferromagnetismus*: Wenn man im Alltag von Magneten oder Permanentmagneten spricht, meint man häufig ferromagnetische Materialien, die ganz oder teilweise z. B. aus Eisen, Nickel oder Kobalt bestehen. Ähnlich wie beim Paramagnetismus, weisen die Atome einer Probe ein permanentes magnetisches Dipolmoment auf. Teilweise richten sich die Dipolmomente einiger Weißscher Bezirke dauerhaft parallel aus und eine Magnetisierung der Substanz ohne das Vorhandensein eines äußeren Feldes tritt auf. Wird zusätzlich noch ein passend ausgerichtetes in die Nähe der Probe gebracht, verstärkt sich die Wirkung des auftretenden Magnetfeldes. Eine Entmagnetisierung kann durch hohe Temperaturen oder Gewalteinwirkung (z. B. Hammerschlag) erreicht werden.

Auch bei der Erde handelt es sich um einen sehr großen Magneten. Abbildung 10 zeigt die idealisierte Darstellung der Erde als magnetischer Dipol.

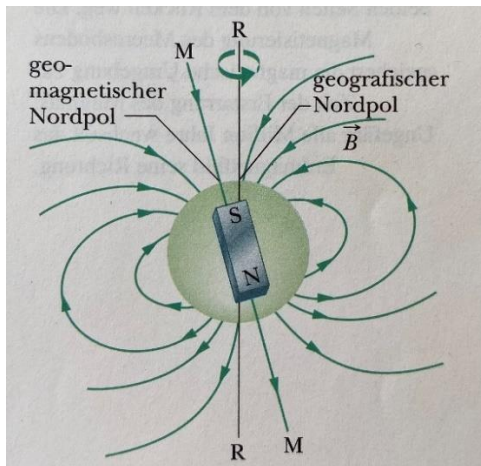


Abbildung 10: Idealisierte Darstellung des Erdmagnetfeldes als Dipolfeld [39, S. 933].

Die Erde rotiert um die Rotationsachse RR. Oben befindet sich der geographische Nordpol und unten der geographische Südpol. Die Dipolachse MM ist gegen die Rotationsachse RR geneigt. Der geomagnetische Südpol befindet sich in der nördlichen Hemisphäre, der geomagnetische Nordpol in der südlichen. Die beiden Achsen schließen einen Winkel von  $11,5^\circ$  ein. Das Erdmagnetfeld macht man sich zur Navigation zu Nutze. Ein Kompass besteht im einfachsten Fall aus einer frei beweglichen ferromagnetischen Nadel. Diese richtet sich entlang der Erdmagnetfeldlinien aus. Da sich der Nordpol des Magneten zum geographischen Nordpol ausrichtet, muss sich dort ein magnetischer Südpol befinden [39, S. 933].

Mit dem Thema Magnetismus sind auch Schülervorstellungen verbunden. Diese betreffen unter anderem Vorstellungen über Magnetfelder. Da, wie bereits oben beschrieben, die wahrnehmbare Reichweite der magnetischen Kraftwirkung bei Magneten, die wir aus Schule oder Alltag kennen, recht kurz ist, nehmen die SuS häufig an, dass die Ausdehnung des Magnetfeldes räumlich begrenzt sei. Zudem wird angenommen, dass Luft oder Gravitation als Medien für elektromagnetische Phänomene und damit auch die magnetische Kraft fungieren. Außerdem haben SuS oft Schwierigkeiten, die Magnetfeldlinien korrekt einzuzichnen. Sie schreiben ihnen häufig Eigenschaften der elektrischen Feldlinien zu. Beim Einzeichnen des Magnetfeldes eines Stabmagneten äußert sich das durch Feldlinien, die auf den Magneten gerichtet sind, ähnlich wie elektrische Feldlinien auf eine negative Ladung gerichtet sind. Dass die Magnetfeldlinien entlang des Stabmagneten parallel zu diesem ausgerichtet sind, ist für SuS häufig schwer nachvollziehbar. Die Übertragung elektrischer Eigenschaften auf den Magnetismus von Materialien zeigt sich außerdem darin, dass dessen Ursache Ladungen zugeschrieben wird [44, S. 194f.].

Probleme ergeben sich auch aus der Behandlung des Elementarmagnetenmodells, wie es in Schulbüchern häufig vorzufinden ist [51, S. 15, 52, S. 12, 53, S. 15]. Dort werden z. B. Gedankenexperimente angestellt, bei denen der Magnet immer weiter geteilt wird, bis eine weitere Teilung nicht mehr möglich sei. Dieser kleinste Magnet wird als Elementarmagnet bezeichnet und schematisch häufig durch kleine rot-grüne Stabmagnete dargestellt. Die Magnetisierung eines Stoffes wird durch eine Parallelität dieser Stabmagnete z. B. bei ferromagnetischen Materialien erklärt, während bei diamagnetischen Materialien ihre Anordnung chaotisch ist. Wilhelm kritisiert an solchen Darstellungen einerseits, dass nicht klar sei, was ein Elementarmagnet nun sei. Intuitiv werde häufig eine bildliche Darstellung des magnetischen Dipolmomentes eines Elektrons angenommen, während beispielsweise eigentlich ein kleiner Stabmagnet einen Weißschen Bezirk repräsentiere. Zudem verhielten sich Stabmagneten in der Realität anders: Sobald sie in die Nähe voneinander kommen, fangen sie an sich auszurichten und aneinander hängen zu bleiben. Kommen jedoch zwei gleiche Pole einander zu nah, werden sie abgestoßen. Bei der Ausrichtung der kleinen Stabmagneten, müssten sie zudem, weil sie so eng beieinander liegen, zusammenstoßen und sich ineinander verkeilen. Trotz dieser Problematiken, ist das Modell der Elementarmagneten für die Erklärung der Magnetisierung von Stoffen gut geeignet. Wählt man eine zweidimensionale Darstellung der Elementarmagnete in Form von Pfeilen, die äquidistant und in weitem Abstand zueinander angeordnet sind, wie in Abbildung 11 dargestellt ist, können zumindest einige der oben beschriebenen Probleme überwunden werden [50, S. 105ff.].

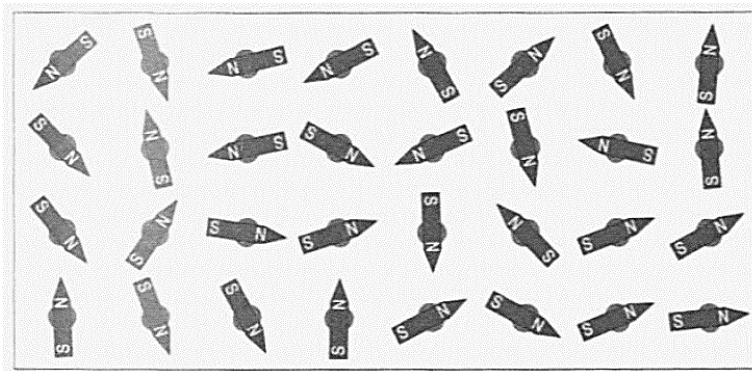


Abbildung 11: Zweidimensionales Elementarmagnetenmodell mit Pfeilen [50, S. 107].

Das Thema dieser Unterrichtseinheit wurde aus mehreren Gründen ausgewählt und an den Anfang der Unterrichtsreihe gesetzt. Zunächst eignet es sich aufgrund der eben beschriebenen Schwierigkeit, Real- und Modellwelt ineinander zu übersetzen. Das Elementarmagnetenmodell ist schnell zu durchdringen und kann die Beobachtungen der SuS



gut erklären. Führt man mit den SuS eine Reflexion des Modells durch, können auch seine Grenzen auf einem Niveau, das angemessen ist für sprachschwache SuS, kommuniziert werden. Die SuS sollen im Rahmen dieser Unterrichtseinheit unter anderem anhand von Fragestellungen eigenständig Experimente entwickeln, die zur Klärung der Fragen beitragen. Für diese bedarf es prinzipiell nur kleine Versuchsaufbauten und die dazugehörigen Protokolle fallen dementsprechend kurz aus. Dadurch können die SuS das Anfertigen von Protokollen, das erst in der vorherigen Unterrichtseinheit 1 eingeführt wurde, nochmals unter leichteren Bedingungen üben. Das Thema selber ist im Lehrplan-PLUS des Faches NuT in der Jahrgangsstufe 7 unter dem Punkt „Physik in Natur und Technik entdecken“ aufzufinden (s. Anhang B – 2). Dort sind explizit Schülerexperimente zu Eigenschaften von Permanentmagneten gefordert. Während im Unterricht jedoch häufig zuerst die Inhalte besprochen und dann anhand der Theorie Experimente geplant oder durchgeführt werden, sollen die SuS in dieser Unterrichtseinheit die Eigenschaften anhand von Experimenten herleiten. Da sie u. U. noch keine Experimentiererfahrung besitzen, agieren die Fragestellungen als Hilfestellungen.

### 6.3.2 Elementare Planung

Diese Unterrichtseinheit besteht aus zwei Stunden. Da dem Fach Physik im InGym-Kurs nur eine Stunde wöchentlich zur Verfügung steht, sind es zwei Einzelstunden, die hier konzipiert werden. Dafür wird die übliche Abfolge der elementaren Planung aufgeteilt: Unterrichtsstunde 2 umfasst die Phasen *Emotionale Reaktion*, *Anschlussfähigkeit* und *Hypothesen* während es bei der Unterrichtsstunde 3 die Phasen *Anschlussfähigkeit*, *Lösung* und *Anwendung* sind.

#### Unterrichtsstunde 2:

Am Anfang der ersten Stunde dieser Einheit steht die Korrektur des Protokolls aus vorheriger Stunde und das Austeilen der abgetippten Mindmap an. Das Thema „Protokolle anfertigen“ ist damit aber nicht abgeschlossen. Diese Fertigkeit wird immer wieder in die Unterrichtsstunden eingebaut, da durch sie auch die konzeptionelle Schriftlichkeit im Fach Physik, die aus sprachlicher Sicht das Ziel der Unterrichtsreihe darstellt, trainiert werden kann.

Mit der Phase der *Emotionalen Reaktion* beginnt die Einleitung des neuen Themas der Permanentmagneten. Diese findet wie in der vorherigen Stunde auf der Ebene der Re- albegegnung statt. Die Lehrkraft teilt hierfür bspw. magnetische Knete und einen

Neodym-Magneten aus. Die SuS dürfen damit frei hantieren. Magnetische Knete ist in der Regel ein Material, mit dem die SuS keinen alltäglichen Kontakt haben. Dies versucht die SuS auf einer spielerischen Ebene zu erreichen und dadurch Neugierde und Motivation hervorzurufen, sich tiefgründiger mit dem Phänomen des Magnetismus zu beschäftigen. Den SuS muss aber genügend Zeit für das „Spielen“ mit der Knete anberaumt werden, damit sie eine Beziehung zu der Knete und dem Inhalt, der hinter diesem Phänomen steckt, aufbauen können.

In der Phase der *Anschlussfähigkeit* treffen sich alle vor der Tafel. Dabei ist wieder auf ausreichende Platzverhältnisse zu achten. Es findet erneut ein *Brainstorming* statt. Diesmal sind die SuS schon mit der Methodik vertraut. Die Lehrkraft stellt wieder Zettel und Stifte zur Verfügung. Das Vorwissen zu Magneten wird aktiviert und die SuS sollen ihre Ideen wieder auf Zetteln, die an die Tafel geheftet werden, festhalten. Selbst solche SuS, die Magnete noch nicht unterrichtlich behandelt haben, kennen sie in der Regel aus dem Alltag. Empfinden die SuS das Brainstorming als abgeschlossen, schreitet die Lehrkraft wieder ein.

Er bzw. sie schildert ihnen den weiteren Ablauf in der Phase der *Hypothesen*. Es handelt sich um eine abgewandelte Form des *Werkstattunterrichts*. Die Lehrkraft hat dafür den Klassenraum bereits vor dem Stundenbeginn vorbereitet, indem er bzw. sie die Tische zu Gruppentischen umgestellt und auf ihnen Karten mit zugehörigen Briefumschlägen gelegt hat. Auf diesen Karten sind Fragen zum Thema Magnetismus formuliert und in den Briefumschlägen befinden sich Hilfestellungen zur Sprache und zu Experimentierideen, die wieder auf freiwilliger Basis genutzt werden können. Außerdem ist ein Materialisch aufgebaut, auf dem die SuS verschiedenste Gegenstände finden, um diese Fragen beantworten zu können. Die SuS dürfen sich im Raum umsehen und sich Fragen aussuchen, die sie ansprechen und die sie interessant finden. Wie in Unterrichtsstunde 1, ist es den SuS selbst überlassen, welche Sozialformen sie wählen. Diese dürfen auch während des Unterrichts variiert werden. Zu den Fragen sollen sie sich kleine Experimente oder geeignete Rechercheformen überlegen, die die Frage beantworten könnten. Dafür erhalten sie einen Laufzettel, auf dem die Fragen stehen und auf dem sie abhaken können, ob sie die Frage bearbeitet haben (s. Tabelle 5). Den SuS wird angekündigt, dass man in der nächsten Unterrichtsstunde jede Frage im Plenum bespricht und die SuS ihre eigenen Lösungsvorschläge sprachlich und/oder experimentell vorstellen sollen. Dafür sollen sie kleine Protokolle anfertigen, die es für sie selber und auch für andere nachvollziehbarer machen, was sie sich dabei gedacht haben.



Der Arbeitsauftrag sollte während der ganzen Phase des Experimentierens und der Hypothesenbildung eingeblendet werden. Dies kann durch bspw. einen Overhead-Projektor oder eine Dokumentenkamera geschehen. Er könnte lauten:

*Such dir Fragen aus, die dich interessieren. Versuche sie durch Experimente oder über das Internet zu beantworten. Wir wollen in der nächsten Stunde die Lösung dieser Fragen vorstellen. Halte dafür deine Lösungen schriftlich fest (z. B. durch Protokolle).*

*Weißt du nicht, wie du vorgehen kannst? Dann schau dir die Hilfskarten an.*

*Kennst du die nötigen Wörter oder Formulierungen nicht? Dann schau dir die Wortkarten an.*

Tabelle 5: Laufzettel zur Untersuchung von Permanentmagneten.

Nr.	Frage	Hast du die Frage bearbeitet?
1	Welche Stoffe werden von einem Magneten angezogen?	
2	Ist die Kraft an allen Stellen des Magneten gleich groß?	
3	Wie verhalten sich Magneten in der Nähe voneinander?	
4	Wie funktioniert ein Kompass? Kannst du einen bauen?	
5	Was geschieht, wenn man einen Magneten teilt?	
6	Wie wirkt ein Magnet auf seine Umgebung?	
7	Wie kann man Materialien magnetisieren? Wie kann man magnetisierte Materialien wieder entmagnetisieren?	
8	Wie ist ein Magnet aufgebaut?	

Die erwähnten Hilfskarten sind dabei gestufte Lernhilfen, die den SuS Impulse geben, wie z. B. ein Experiment für die Beantwortung der Frage aussehen könnte. Eine Möglichkeit dafür wäre fünf Karten so zu gestalten, dass sie die fünf Phasen eines Protokolls widerspiegeln. Auf der ersten Karte ist das Ziel klar formuliert, auf der zweiten die benötigten Materialien, auf der dritten die genaue Durchführung, auf der vierten die gemachten Beobachtungen und auf der letzten die Auswertung. Am Schluss haben die SuS eine beispielhafte Musterlösung zu dem Experiment vor sich liegen. Trotzdem bieten sie bei Abbruch der wahrgenommenen Hilfe zu einem früheren Zeitpunkt die Möglichkeit, auf

Basis der Hilfestellung eigene Überlegungen, Variationen und Weiterentwicklungen aus experimenteller oder sprachlicher Sicht miteinzubringen. Im Falle einer Recherche könnte die erste Karte Schlüsselwörter beinhalten, nach denen die SuS online suchen können, die zweite den Beginn eines Textes, der aber durch die SuS beendet werden kann und auf der dritten Karte könnte sich der beispielhafte Mustertext befinden. Die Wortkarten enthalten wichtige Wörter und Beispielsätze, die den SuS helfen sollen, eigenständig Protokolle anzufertigen, wie z. B.: *magnetisieren, entmagnetisieren, Nordpol, Südpol, sich anziehen, sich abstoßen, Recherche, Kompass*, usw. Wie die acht Fragen beantwortet werden können, wird im Folgenden kurz erläutert:

- Frage 1: Welche Stoffe werden von Magneten angezogen?

Die SuS bringen Permanentmagneten in die Nähe von verschiedenen Stoffen, um zu untersuchen, ob sie eine anziehende magnetische Kraft spüren oder ihre Wirkung durch die Bewegung der beiden Stoffe aufeinander zu sichtbar zu machen.

- Frage 2: Ist die Kraft an allen Stellen des Magneten gleich groß?

Die SuS hängen bspw. Büroklammern an verschiedene Stellen eines Stabmagneten und können daraus ableiten, dass die magnetische Kraft an den Enden des Magneten, den Polen, am stärksten ist, während genau in der Mitte kaum eine Kraftwirkung festzumachen ist.

- Frage 3: Wie verhalten sich Magneten in der Nähe voneinander

Hier können die SuS sich Experimente überlegen, um die Anziehung und Abstoßung von Magneten, die in die Nähe voneinander gebracht werden, sichtbar zu machen.

- Frage 4: Wie funktioniert ein Kompass? Kannst du einen bauen?

Die SuS bauen bspw. einen Kompass, indem sie einen Stabmagneten frei beweglich aufhängen oder ihn auf ein Stück Styropor, das sich in einem mit Wasser gefüllten Eimer befindet, legen.

- Frage 5: Was geschieht, wenn man einen Magneten teilt?

Durch Zersägen von kleinen Stabmagneten mit einer Metallsäge oder das Zerschneiden von magnetisierten Nadeln mit einem Drahtschneider und die anschließende Untersuchung auf das Vorhandensein zweier Pole, könnten die SuS nachweisen, dass durch Teilung der Magnete keine Monopole entstehen. Bei

Bedarf muss mit den SuS vorab der gewählte Versuch besprochen werden und Sicherheitsrisiken besprochen werden, um Verletzungen zu vermeiden.

- Frage 6: Wie wirkt ein Magnet auf seine Umgebung?

Durch Eisenfeilspäne können die Magnetfeldlinien sichtbar gemacht werden. Die SuS können dabei unterschiedliche Magnetformen verwenden.

- Frage 7: Wie kann man Materialien magnetisieren? Wie kann man magnetisierte Materialien wieder entmagnetisieren?

Die SuS streichen mit einem Permanentmagneten entlang eines Stoffes, der sich magnetisieren lässt. Anschließend entmagnetisieren sie diese wieder durch Hitze- oder Krafteinwirkung. In einer Hilfskarte sollten sich die Definition der Wörter *magnetisieren* und *entmagnetisieren* befinden und der Verweis auf eine Recherche zu dem Thema.

- Frage 8: Wie ist ein Magnet aufgebaut?

Hier können die SuS bspw. eine Internet-Recherche durchführen. Die Frage erlaubt z. B. eine Beantwortung mittels eines allgemeinen Aufbaus (Nord- und Südpol) oder durch das Elementarmagnetenmodell.

Wie viele Fragen die SuS dabei beantworten, ist ihnen selbst überlassen. Dadurch, dass bereits in der Korrektur der Hausaufgabe der Aufbau eines Protokolls wiederholt wurde, muss das in dieser Phase nicht erneut stattfinden. Die Lehrkraft nimmt während der Hypothesenbildung eine beratende Rolle ein und greift nur in Ausnahmesituationen ein. Zum Schluss der Stunde fotografiert die Lehrkraft das Brainstorming ab und nimmt die Zettel der SuS mit

### Unterrichtsstunde 3:

Die zweite Unterrichtsstunde dieser Einheit beginnt mit der Phase der *Anschlussfähigkeit*. Die SuS dürfen die Frage, die sie in der letzten Stunde nicht beendet bearbeiten und ihre Protokolle nochmals sichten. Dafür sind im Klassenzimmer wieder Gruppentische und ein großzügig ausgestatteter Materialtisch aufgebaut.

In Anschluss daran findet die Phase der *Lösung* statt. Dafür versammeln sich alle Teilnehmer um den jeweiligen Gruppentisch, der zu einer Frage gehört. Das Wort wird den SuS übergeben, die die jeweilige Frage bearbeitet haben. Diese stellen die Experimente, die sie sich überlegt haben, auf Basis ihrer Protokolle vor oder beantworten die Frage basierend auf ihren gemachten Recherchen. Ihre Mitschüler\*innen dürfen Fragen dazu

stellen und auch eigene Ideen miteinbringen. Sollte eine Frage durch keine\*n Schüler\*in bearbeitet worden sein, kann diese nun durch Ideen des ganzen Plenums gelöst werden. Sind alle Fragen besprochen worden, treffen sich alle wieder vor der Tafel. Die Lehrkraft überträgt auf Basis des gemachten Fotos und der mitgenommenen Zettel das Brainstorming aus letzter Stunde auf die Tafel. Die SuS sollen nun ihr neu gewonnenes Wissen in das bestehende Brainstorming einfügen und dieses erweitern.

Die *Anwendungsphase* kann bei Bedarf wieder in Form einer Hausaufgabe ausgelagert werden. Das zugehörige Arbeitsblatt befindet sich in Anhang C – 2. Es umfasst hauptsächlich *Lückenbilder* und *Lückentexte*. Anhand derer werden die Inhalte aus der Lernwerkstatt nochmals wiederholt. Bei den Lückentexten wird eine Wortliste als Unterstützung angeboten.

### 6.3.3 Diskussion

Wie in 6.2.3 beschrieben, dient ein *Brainstorming* zur Schüler- und Vorwissensaktivierung. Vermutlich haben schon einige der SuS das Thema Magnetismus in der Schule behandelt und müssen dieses nur noch auf sprachlicher Ebene neu für das Deutsche aufbereiten. Bei der Erweiterung des bestehenden Brainstormings gegen Ende der Unterrichtsstunde 3 sollen die SuS den sprachlichen und fachlichen Zugewinn noch einmal verschriftlichen.

Die Unterrichtsmethode des *Werkstattunterrichts* wurde für diese Zwecke abgewandelt. Grundsätzlich ist es ein offenes Verfahren, in dem die SuS zu einem hohen Grad eigenständig, eigenverantwortlich, handlungsorientiert und kreativ neues Wissen erwerben oder bestehendes Wissen vertiefen können. Das selbstentdeckende und forschende Lernen, welches in der modernen Physikdidaktik immer mehr gefordert wird, ist fester Bestandteil dieser Methode. Die SuS regulieren ihren Lernprozess größtenteils selbst. Dazu gehören auch die gewählten Sozialformen. Äußere Regularien wie Mindestanforderungen, die SuS aus Sicht der Lehrkraft leisten müssen, werden nicht formuliert. Dadurch wird der Druck von den SuS weggenommen und es wird ihnen die Möglichkeit eröffnet, sich zwar nur mit einer Frage zu beschäftigen, dies jedoch auf einer tiefgreifenderen Ebene. Auch ein Scheitern der Experimente könnte durch den Wegfall dieses Drucks als nicht so schlimm für die SuS empfunden werden. Außerdem wird den SuS die Möglichkeit gegeben, die Inhalte ihren Interessen entsprechend auszuwählen. Damit basiert der Lernprozess auf einer intrinsischen Motivation, sich mit einem

Lerngegenstand zu beschäftigen. Ein Lernerfolg wird umso positiver durch ein\*e Schüler\*in bewertet, je höher diese Art von Motivation ausfällt. Sie können die Fragen danach auswählen, ob sie neues Wissen erwerben wollen oder ob sie vorhandenes Wissen vertiefen wollen. Die Lehrkraft muss ein großzügiges Kontingent an Materialien zur Verfügung stellen, damit die Ideenfindung der SuS nicht doch durch die Lehrkraft gelenkt ist. Damit alle SuS damit arbeiten können, muss diese im Klassenzimmer für alle SuS frei zugänglich sein. Ursprünglich sieht diese Methode ein sogenanntes „Chefsystm“ vor, d. h., dass für jede Frage ein\*e Schüler\*in als Experte fungiert, bei Fragen anderer SuS diesen zur Verfügung steht und die Lösungen seiner bzw. ihrer Mitschüler\*innen korrigiert. Aus Zeitgründen wird im Rahmen dieser Unterrichtseinheit darauf verzichtet ein solches System einzuführen. Es bietet sich generell eher an, wenn der Unterricht über mehrere Wochen als Werkstattunterricht gestaltet ist. Diese Unterrichtsmethode ist weitgehend konform mit den Grundsätzen der konstruktivistischen Didaktik. Dadurch, dass in dieser Unterrichtseinheit Fragen, die die SuS beantworten sollen, vorgegeben sind, findet eine Einschränkung statt, gibt den SuS aber auch eine gewisse Orientierung innerhalb des Themengebietes Magnetismus. Es wird trotzdem versucht, die Fragen so offen zu gestalten, dass die Kreativität der SuS bzgl. der Experimentgestaltung nicht beschränkt wird. Werkstattunterricht ist auch für die Kombination mit anderen Unterrichtsmethoden, hier dem Experiment, den Recherchen und den gestuften Hilfen, geeignet. Die Forderung der Handlungsorientierung wird durch den Einbezug von Experimenten entsprochen. Sie gibt zudem die Möglichkeit, als Lehrkraft auf die individuellen Bedürfnisse und Probleme der SuS einzugehen, ohne dabei die anderen SuS in ihrem Lernprozess zu beeinflussen oder gar zu stören [54].

Die in der Folgestunde stattfindende *mündliche und praktische Präsentation* der Hypothesen und Lösungen der SuS soll v. a. die sprachlichen Kompetenzen weiter ausbauen. Dabei werden sämtliche Lösungsvorschläge, auch jene, die nicht funktioniert haben, gleichberechtigt behandelt. Dies soll das Selbstwertgefühl der SuS stärken und auch suggerieren, dass Misserfolge auch zu einem Lernzuwachs führen. Auch das divergente Denken wird gefördert, da den SuS aufgezeigt wird, dass mehrere Lösungen nebeneinander koexistieren können. Die SuS, die die Frage beantwortet haben oder es versucht haben, agieren in dieser Phase als Experten, die ihre Lösungen auf eine Art verbalisieren müssen, so dass ihre Mitschüler\*innen diese nachvollziehen können. Zusätzlich wird damit auch die Dezentralisierung von der Lehrkraft weg gefördert.

Die *Experimente* weisen in dieser Unterrichtseinheit schon einen höheren Grad an Selbstständigkeit, als noch in Unterrichtsstunde 1, auf. Sie sollen hier schon

eigenständig kleine Experimente planen und durchführen. Bei einem Scheitern müssen die SuS ihre Planung und Durchführung reflektieren und abändern oder komplett neugestalten. Dies kommt dem forschenden Charakter von Experimenten im Unterricht näher. Für die *Recherche*, müssen den SuS, neben dem Internet, solche Materialien zur Verfügung gestellt werden, mit denen sie autodidaktisch arbeiten können. Besonders beim Elementarmagnetenmodell müssen unter Umständen Texte und Abbildungen aus Schulbüchern in der Art angeglichen werden, da in ihnen häufig Elementarmagneten als Stabmagneten visualisiert sind, was zu den in Kapitel 6.3.1 geschilderten Problemen führen könnte. Außerdem sind Texte in Schulbüchern manchmal so verfasst, dass sie nicht den Leitlinien von sprachsensiblen Fachunterricht, z. B. durch eine hohe lexikalische Dichte bei einem gleichzeitig häufigen Auftreten von Nebensätzen, entsprechen. Dann muss die Lehrkraft diese einkürzen oder optimieren.

Die hier gewählten *gestuften Hilfen* in Form von gestaffelten Hilfskarten oder auch die Verwendung von Wortkarten sollen der Diversität in der Schülerschaft Rechnung tragen. Einige SuS sind schon sprachlich und experimentell stark und haben keine Probleme damit, eigenständig Experimente zu konzipieren und Protokolle anzufertigen. An diesen SuS orientieren sich die gestellten Fragen. SuS, die jedoch Schwierigkeiten damit haben, können diese Hilfestellungen in Anspruch nehmen und haben trotzdem noch die Entscheidung darüber, welche und inwieweit sie diese nutzen. Damit kann erreicht werden, dass sich die leistungsstarken SuS nicht unterfordert fühlen und die leistungsschwächeren überfordert.

Die auf den Arbeitsblättern verwendeten *Lückenbilder* und *Lückentexte* sollen noch einmal die im Unterricht erworbenen Fachbegriffe festigen. Prinzipiell handelt es sich dabei um Methoden, die stark gelenkt sind und keine eigene sprachliche Produktion ermöglichen. Da die SuS jedoch in den vorherigen Phasen, durch das Anfertigen von Protokollen und die Präsentation ihrer Recherchen oder Experimente, verbale und schriftliche Sprachproduktionen erbracht haben, kann davon abgesehen werden. Das sprachliche Niveau des Lückentextes ist laut RATTE als angemessen zu bewerten (s. Anhang D – 2).

## 6.4 Unterrichtsstunde 4 und 5: Reflexion und Brechung

### 6.4.1 Sachanalyse, Schülervorstellungen und Themenbegründung

In dieser Unterrichtseinheit sollen die SuS Experimente zu den Phänomenen der Reflexion und Brechung von Licht konzipieren und in Gruppen bezüglich ihrer Eignung diskutieren.

In der Strahlenoptik oder auch geometrischen Optik wird die Ausbreitungsrichtung elektromagnetischer Wellen des Lichts durch Linien angenähert. Diese Ausbreitung geschieht geradlinig. Betrachtet wird nun das Auftreffen eines solchen Lichtstrahls auf die Grenzfläche zweier Medien, wie in Abbildung 12 dargestellt. Hier sind zusätzlich noch Wellenfronten eingezeichnet [39, S. 1019].

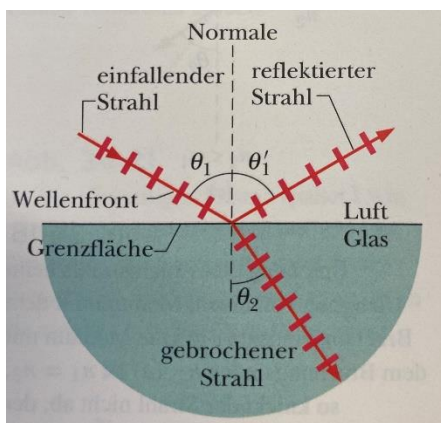


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Reflexion und Brechung eines Lichtstrahls an einer Grenzfläche zwischen zwei Medien [39, S. 1019].

Trifft ein Lichtstrahl auf eine Grenzfläche zwischen zwei verschiedenen lichtdurchlässigen Medien kommt es zunächst zur Aufteilung dieses einfallenden Lichtstrahls in einen reflektierten und einen gebrochenen Teil. Der reflektierte Lichtstrahl unterliegt dem sogenannten Reflexionsgesetz, welches zum einen besagt, dass einfallender und reflektierter Strahl in derselben Ebene liegen, was modellhaft im Rahmen eines Schülerexperiments in Abbildung 13 dargestellt ist [55, S. 135]. Zum anderen sind Einfallswinkel  $\theta_1$ , also der Winkel zwischen der Normale bzw. dem Lot zur Grenzfläche durch den Auftreffpunkt des Lichtstrahls und dem einfallenden Lichtstrahl, und Reflexionswinkel  $\theta'_1$ , womit der zwischen dem Lot und dem reflektierten Strahl gemeint ist, gleich groß. Mathematisch bedeutet dies:

$$\theta_1 = \theta'_1.$$

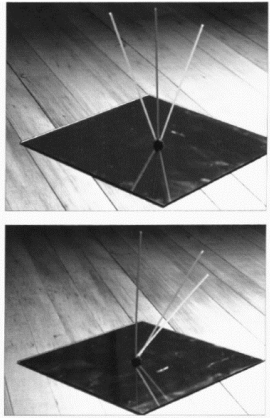


Abbildung 13: Modellhafte Darstellung des Reflexionsgesetzes im Rahmen eines Schülerexperiments [55, S. 135].

Bei dem zweiten Lichtstrahl, der aus der Aufspaltung des einfallenden Strahls resultiert, handelt es sich um den gebrochenen Lichtstrahl, der einen Knick aufweist. Ursache für dieses Phänomens ist die Ab- oder Zunahme der Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c'$  aufgrund der veränderten optischen Dichte eines Mediums. Diese wird mit dem Brechungsindex

$$n = \frac{c}{c'}$$

einer dimensionslosen Größe, angegeben, wobei mit  $c$  die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum gemeint ist. Je langsamer demnach die Ausbreitungsgeschwindigkeit  $v$  in dem betrachteten Medium ist, desto größer wird der Brechungsindex  $n$  [39, S. 1069]. Der gebrochene Lichtstrahl gehorcht dem Snelliusschen Brechungsgesetz, das mit Bezug auf Abbildung 12 lautet:

$$n_2 \sin \theta_1 = n_1 \sin \theta_2,$$

mit  $n_1$ , dem Brechungsindex des oberen Mediums,  $n_2$ , dem Brechungsindex, der zu dem unteren Medium gehört und  $\theta_2$ , dem Winkel zwischen Lot und gebrochenen Lichtstrahl, auch Brechungswinkel genannt [39, S. 1019].

Generell kann man nun zwei Fälle unterscheiden [39, S. 1020]:

- $n_2 > n_1$ : Hier ist die optische Dichte des zweiten Mediums höher als die des ersten. Demzufolge gilt nach dem Brechungsgesetz  $\theta_2 < \theta_1$ . Der gebrochene Lichtstrahl wird also zum Lot hin gebrochen (s. Abbildung 14).



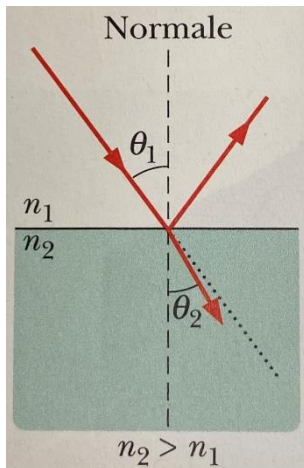


Abbildung 14: Schematische Darstellung der Brechung beim Übergang in ein optisch dichteres Medium [39, S. 1020].

- $n_2 < n_1$ : Es kommt zu einer Brechung des gebrochenen Lichtstrahls vom Lot weg, da die optische Dichte des zweiten Mediums, im Vergleich zu der des ersten, geringer ist. Für Einfallswinkel  $\theta_1$  und Brechungswinkel  $\theta_2$  gilt die Ungleichung  $\theta_2 > \theta_1$  (s. Abbildung 15).

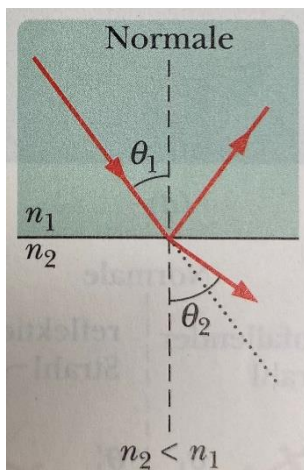


Abbildung 15: Schematische Darstellung der Brechung beim Übergang in ein optisch dünneres Medium [39, S. 1020].

Das Phänomen der optischen Hebung begegnet einem z. B., wenn man vom Teichrand aus auf einen Fisch sieht und dieser näher an der Oberfläche und auch vergrößert erscheint, als er tatsächlich ist. Die Ursache hierfür liegt in der Lichtbrechung. Lichtstrahlen von der Sonne werden vom Fisch gestreut und gelangen nach dem Übergang von Wasser zu Luft in unser Auge. Da der Brechungsindex von Wasser mit einem Wert von 1,33 größer ist als der von Luft mit näherungsweise 1, findet eine Brechung vom optisch dichteren zum optisch dünneren Medium statt [39, S. 1020]. Der Lichtstrahl wird also vom

Lot weg gebrochen. Da aber unser Gehirn an die geradlinige Ausbreitung des Lichts gewöhnt ist, nimmt es die Lichtbrechung und damit den Knick nicht wahr. Die Lichtstrahlen werden vom Gehirn über die Grenzfläche hinaus in einer Linie verlängert. Resultat ist, dass das Bild des Fisches näher an der Wasseroberfläche und damit auch vergrößert erscheint. Diese Situation ist in Abbildung 16 dargestellt.

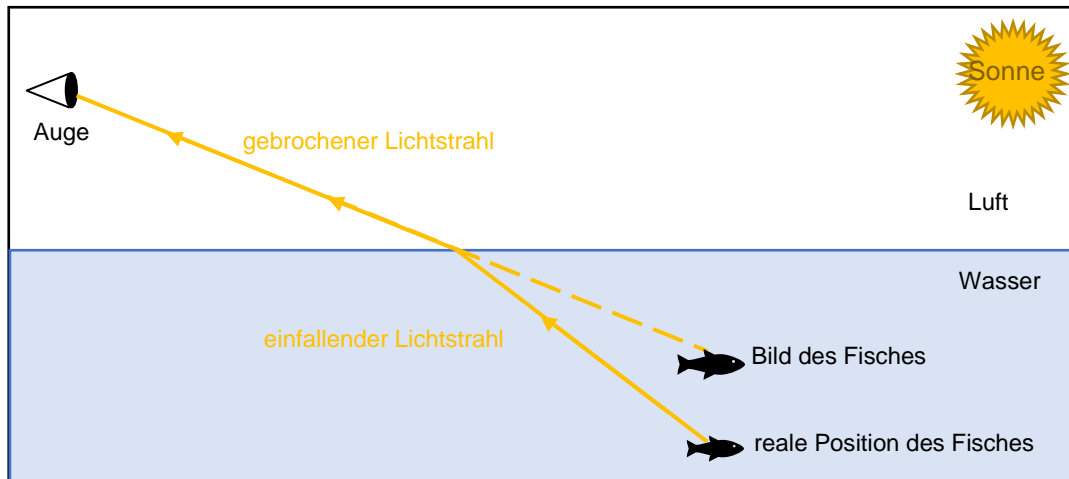


Abbildung 16: Schematische Darstellung des Phänomens der optischen Hebung am Beispiel eines Fisches im Teich [eigene Darstellung].

Eine der häufigsten Schülervorstellungen ist, dass das Auge eine aktive Rolle im Sehprozess einnimmt. Demzufolge tritt aus dem Auge ein Sehstrahl aus und tastet die Umgebung optisch ab. In Wirklichkeit ist das Auge jedoch passiv. Durch Streuungen von Lichtstrahlen an Oberflächen, die anschließend in unser Auge gelangen, kommt es zum Sehen. Um diese Schülervorstellung nicht zu fördern, sollte die Ausbreitungsrichtung des Lichts konsequent mit Pfeilen markiert werden. Zusätzlich bietet sich das Einzeichnen einer Lichtquelle an. Speziell für die Reflexion von Lichtstrahlen nehmen SuS an, dass die Lichtstrahlen beim Auftreffen auf die Grenzfläche keine Wechselwirkung mit der Materie eingehen. Dies wird bspw. gestützt durch die Behandlung von Analogien, wie dem Aufprallen einer Billardkugel gegen die Bande. Tatsächlich wird ein Teil des Lichts von der Materie absorbiert [44, S. 97ff.].

Dieses Thema wurde für die Behandlung im Rahmen des Senior-Kurses des InGym ausgewählt, weil für sinnliches Lernen und damit für einen Unterricht, der geprägt ist von Realbegegnungen, geeignet ist. Die Phänomene der Reflexion und Brechung begegnen einem oft im Alltag, wodurch die Unterrichtseinheit immer wieder kontextualisiert wird und damit das Potential hat, auch nach dessen schulischer Behandlung, noch im Gedächtnis zu verbleiben. Im LehrplanPLUS des Faches Physik in der Jahrgangsstufe 8 ist

dieses Thema im Lernbereich 2: Optik verankert (s. Anhang B – 3). Dort heißt es: „Die Schülerinnen und Schüler formulieren auf der Grundlage von Alltagserfahrungen, einfachen Experimenten und physikalischen Vorkenntnissen eigene Vermutungen und Erklärungsansätze zu optischen Phänomenen“ [56]. Das Thema stellt die Einführung in das Themengebiet der Optik dar.

#### 6.4.2 Elementare Planung

Zu Beginn dieser Unterrichtseinheit steht die Korrektur des in der Vorstunde ausgeteilten Arbeitsblattes „Eigenschaften von Permanentmagneten“ an. Das Thema ist damit abgeschlossen und eine neue Unterrichtseinheit beginnt. Diese ist wieder auf zwei Einzelstunden aufgeteilt.

##### Unterrichtsstunde 4:

Die neue Unterrichtseinheit wird mit der Phase der *Emotionalen Reaktion* und einer Problemstellung eingeleitet. Dafür werden zunächst alle Tische zur Seite gestellt, aber so, dass alle noch einen Zugang zur Tafel haben. In der Mitte des Raumes wird eine große und nicht lichtdurchlässige Pinnwand aufgestellt. An der Seite befindet sich ein großzügig ausgestatteter Materialtisch, der z. B. Spiegel, Löffel, einen Eimer Wasser und andere Utensilien enthält. Alle SuS und die Lehrkraft verteilen sich der Tafel zugewandt vor dieser Pinnwand. Zwei Freiwillige dürfen sich auf jeweils eine Seite der Pinnwand stellen. Dabei dürfen sie sich nicht sehen. Eine\*r der beiden Schüler\*innen wird dazu angehalten eine beliebige Anzahl an Fingern hochzuhalten. Hieraus ergibt sich die Fragestellung, die die SuS im Plenum beantworten sollen: *Wie kann X sehen, wie viele Finger Y hochhält?* Dabei können Äußerungen wie, dass sich X bücken solle oder über den Rand der Pinnwand schauen soll, fallen. Falls die SuS den Materialtisch nicht selber in ihre Überlegungen miteinbeziehen, kann ein Impuls der Lehrkraft stattfinden. Diese Phase wird damit beendet, dass die SuS Spiegel, Löffel oder ähnliche Materialien verwenden, um die Finger von Y für X sichtbar zu machen.

In der Phase der *Anschlussfähigkeit* wird mit den SuS wieder ein *Brainstorming* durchgeführt, in dem sie Ideen festhalten sollen, was es mit dem eben beobachteten Phänomen auf sich hat. Sie können dabei Phänomene aus ihrem Alltag nennen oder auch das Reflexionsgesetz selbst. Die Ideen werden wieder auf Zetteln an der Tafel festgehalten. Die SuS sollten letztlich dabei den Begriff *Reflexion* erwähnen oder diesen Begriff

umschreiben. Die Lehrkraft kann dafür Impulse geben und im Falle von Umschreibungen den Fachbegriff vorgeben.

Im fließenden Übergang beginnt die Phase der *Hypothesen* und *Lösungen*. Dies soll auf Basis eines *Aushandelns* geschehen. Die SuS kriegen dafür folgenden Arbeitsauftrag, auf den die SuS während der gesamten Aushandlungsphase Zugriff haben sollten (z. B. Dokumentenkamera):

1. *Überlegt euch in Partnerarbeit ein Experiment, mit dem ihr die Reflexion von Licht beschreiben könnt. Haltet eure Lösung schriftlich fest.*
2. *Anschließend trifft ihr euch mit einer anderen Partnergruppe und tauscht eure Lösungen aus. Ihr seid nun eine Vierergruppe. Einigt euch auf eine gemeinsame Lösung. Haltet eure Lösung schriftlich fest.*
3. *Trefft euch mit einer anderen Vierergruppe und tauscht eure Lösungen aus. Ihr seid nun eine Achtergruppe. Einigt euch auf eine gemeinsame Lösung. Haltet eure Lösung schriftlich fest.*
4. *Stellt eure Lösung in der Klasse vor.*

In dieser Unterrichtsmethode müssen die SuS nicht nur ihre Experimente aushandeln, sondern auch Aufgaben innerhalb der Gruppe verteilen. So braucht es eine\*n Schüler\*in, der bzw. die die gefundenen Lösungen schriftlich festhält und auch eine\*n oder mehrere Schüler\*innen, die sie in der Klasse vorstellen. Das Aushandeln wurde hier beispielhaft für eine Klassenstärke von 16 SuS konzipiert, es kann jedoch beliebig durch die Variation der Gruppenstärken angepasst werden. Die SuS müssen darauf hingewiesen werden, dass ein Scheitern des Experiments keinen Misserfolg darstellt und der Experimentansatz genauso vorgetragen werden darf. Die SuS sollen während dieser Phase schon die Materialien nutzen und ihre Lösungen auf experimentell gewonnenen Argumenten stützen. Sind die SuS soweit, werden die Experimente im Plenum vorgestellt. Dafür trägt jede Achtergruppe ihre gemeinsam gefundene Lösung vor. Die Aushandlungsphase dient dabei als Filtermedium, bei der weniger überzeugende Experimente verworfen werden und vielversprechendere optimiert werden. Die Lehrkraft initiiert nach jedem Experiment einen Reflexionsprozess, in dem zum einen die vorstellende Gruppe darstellen soll, warum sie das Experiment gewählt haben und zum anderen die beobachtende Gruppe ihnen ein Feedback gibt, wie sie das Experiment fanden und inwieweit es von ihrer Seite Verbesserungsvorschläge gibt. Falls Experimente vorgestellt wurden, die die Aufgabenstellung nicht oder nur unzureichend beantworten können, kann im Plenum


nach einer Klassenlösung gesucht werden, indem das Experiment abgewandelt wird. Prinzipiell werden die Experimente so geartet sein, dass z. B. Laserpointer auf Spiegel oder andere reflektierende Oberflächen gerichtet werden und die Lichtwege bspw. durch Schnüre oder in Knete gesteckte Trinkhalme nachgebildet werden. Bei dem Verwenden eines Laserpointers müssen die SuS vorher bezüglich Sicherheitsvorkehrungen aufgeklärt werden. Wurde in den Experimenten das Reflexionsgesetz nicht genannt, beschrieben oder aus den Beobachtungen abgeleitet, gibt die Lehrkraft anhand eines experimentellen Aufbaus der SuS einen Impuls, so dass die SuS selbstständig das Gesetz formulieren können. Zum Schluss werden die SuS noch um ein Feedback bezüglich der gewählten Unterrichtsmethode gebeten. Dafür sollen sie eine Rückmeldung bspw. darüber geben, wie sie die Methode fanden, was sie daraus gelernt haben, was sie positiv oder negativ fanden und was sie daran verbessern würden. Die angebrachten Punkte sollten im nächsten Aushandeln ganz oder zumindest teilweise umgesetzt werden.

Die *Anwendungsphase* geschieht wieder in Form eines Arbeitsblattes, in dem der erworbene Fachwortschatz gefestigt oder noch nicht bekannte Fachwörter eingeführt werden (s. Anhang C – 3). Dafür wird eine *Zuordnung* verwendet. Auf Basis eines Textes sollen die SuS ein Lückenbild ausfüllen und das Reflexionsgesetz anhand eines kleinen Lückentextes formulieren.

#### Unterrichtsstunde 5:

Die Stunde beginnt mit der Verbesserung des Arbeitsblattes „Reflexion von Licht“ aus vorheriger Stunde. Die Lehrkraft hat einen Versuch zur Reflexion an ebenen Spiegeln vorbereitet und führt ihn vor der Klasse vor. Hier beginnt die Phase der *Anschlussfähigkeit*, denn auf Basis des bekannten Phänomens der Reflexion wird nun die Brechung von Licht eingeführt. Dafür tauscht die Lehrkraft den ebenen Spiegel durch bspw. einen Glaskörper aus. Die SuS beobachten die Aufteilung des Lichtstrahls in einen reflektierten und einen, der durch den Glaskörper hindurchgeht. Den SuS wird angekündigt, dass sie sich in dieser Unterrichtsstunde mit dem Lichtstrahl beschäftigen, der durch Körper hindurchgeht.

Dafür bekommen die SuS in der Phase der *Emotionalen Reaktion* folgendes, in Abbildung 17 dargestelltes Blatt ausgeteilt.

 **Aufgabe:** Führe das beschriebene Experiment durch und halte deine Beobachtungen fest.

**Experiment:** Münze in der Tasse

**Aufbau:**

- Tasse
- Münze
- Wasser



Quelle: eigene Darstellung

**Durchführung:**

Lege die Münze in die Tasse und stelle die Tasse vor dir auf den Tisch.

Bewege die Tasse soweit von dir weg, dass du die Münze gerade nicht mehr sehen kannst. Bewege dich jetzt nicht mehr.

Bitte eine\*n Mitschüler\*in Wasser in die Tasse zu gießen.

**Beobachtung:**

---

---

**Auswertung:**

---

---

**Skizze:**

Abbildung 17: Arbeitsblatt zur optischen Hebung am Beispiel des Experiments "Münze in der Tasse" [eigene Darstellung].

Es handelt sich dabei um das Phänomen der optischen Hebung, das am Beispiel des Versuchs „Münze in der Tasse“ gezeigt wird. Die SuS sollen ihre Beobachtungen

schriftlich festhalten und einige sollen, wenn alle SuS fertig mit der Durchführung und dem Arbeitsauftrag sind, ihre Beobachtungen vorlesen. Aus diesen Beobachtungen wird die Problemstellung abgeleitet, warum man die Münze, nach Füllen der Tasse mit Wasser, sehen kann.

In der Phase der *Hypothesen* treffen sich alle SuS wieder vorne an der Tafel, um ein *Brainstorming* durchzuführen. Dabei werden Ideen gesammelt, wie es zu diesem Phänomen kommen konnte. Damit werden die Imaginationen der SuS angesprochen. Falls die SuS keine Ideen haben, kann die Lehrkraft Impulse geben, z. B. indem sie die SuS anhält, die Situation skizzenhaft darzustellen. Anhand so einer Skizze können die SuS ableiten, dass das Licht an der Grenzfläche gekrümmt oder geknickt sein muss. Die SuS werden nun auf die folgende *Aushandlung* durch einen Arbeitsauftrag eingestimmt:

1. *Überlegt euch in Partnerarbeit ein Experiment, mit dem ihr das Verhalten von Licht an Grenzflächen nachweisen könnt. Haltet eure Lösung schriftlich fest.*
2. *Anschließend trifft ihr euch mit einer anderen Partnergruppe und tauscht eure Lösungen aus. Ihr seid nun eine Vierergruppe. Einigt euch auf eine gemeinsame Lösung. Haltet eure Lösung schriftlich fest.*
3. *Trefft euch mit einer anderen Vierergruppe und tauscht eure Lösungen aus. Ihr seid nun eine Achtergruppe. Einigt euch auf eine gemeinsame Lösung. Haltet eure Lösung schriftlich fest.*
4. *Stellt eure Lösung in der Klasse vor.*

Auch dieser sollte dauerhaft für die SuS sichtbar sein. Den SuS muss wieder ein großzügig ausgestatteter Materialtische zur Verfügung gestellt werden und es bietet sich an entweder die Tische komplett beiseite zu schieben oder sie in Form von Gruppentischen anzuordnen. Die Lehrkraft sollte darauf achten das Feedback, das die SuS zu dem Aushandeln der letzten Unterrichtsstunde gemacht haben, mit in die Planung dieses Aushandelns soweit wie möglich miteinzubeziehen. Dadurch werden die SuS in die Planung des Unterrichts eingebunden, was bis zu einem gewissen Grad zu dem in der konstruktivistischen Didaktik gewünschten Aufbrechen von Hierarchien im Unterricht führt.

In der *Lösungsphase* stellen die Achtergruppen ihre Experimente vor. Es ist auf die gleichen Formalitäten wie in der oben konzipierten Unterrichtsstunde 4 zu achten. Insbesondere sollte die Lehrkraft z. B. Milch oder Tafelschwämme, die Kreidestaub enthalten, bereitstellen, damit Lichtstrahlen besser sichtbar gemacht werden können. Anhand der Experimente kann gezeigt werden, dass der Lichtstrahl an der Grenzfläche zwischen

verschiedenen Medien einen Knick aufweist. Die SuS werden gefragt, wie sie dieses Phänomen nennen würden. Auch hier werden die Imaginationen der SuS wieder miteinbezogen. Sollte der Begriff *Lichtbrechung* nicht fallen, kann er durch die Lehrkraft eingeführt werden. Die SuS können nun den Punkt *Auswertung* auf dem ausgeteilten Arbeitsblatt (s. Abbildung 17) ausfüllen.

Wie in den vorherigen Unterrichtsstunden, wird die *Anwendungsphase* wieder in Form eines Arbeitsblattes zu Hause stattfinden (s. Anhang C – 3). Dabei ist das Arbeitsblatt ähnlich wie das in der vorherigen Unterrichtsstunde aufgebaut. Es umfasst einen Text, anhand dessen die SuS eine schematische Darstellung zur Lichtbrechung ausfüllen sollen. Ein kleiner Lückentext dient der Festigung von Fällen eines Artikels und Nomens.

### 6.4.3 Diskussion

Die Einführungsexperimente der beiden Unterrichtsstunden soll die SuS für das Thema Reflexion sensibilisieren, indem durch sie ein Alltagsbezug hergestellt wird. Auf ein einfaches Gedankenexperiment oder eine Simulation und damit eine ausschließliche Auseinandersetzung auf der Handlungsebene der Repräsentationen wird verzichtet, da eine Realbegegnung einfach umzusetzen ist, auch wenn sie je nach Lerngruppe zeitlich weniger ökonomisch sein kann. Damit wird der Forderung der konstruktivistischen Didaktik entsprochen, Repräsentationen wo nur möglich durch Realbegegnungen zu ersetzen. Auch die Experimente zur Beschreibung des Reflexionsgesetzes oder zum Nachweis der Lichtbrechung an Grenzflächen finden nicht, wie häufig im Unterricht vertreten, als Anwendungen bereits erworbenen theoretischen Wissens statt, sondern durch sie wird ein problemlösender und forschender Zugang zu theoretischen Inhalten ermöglicht. Dies ist aus konstruktivistischer Sicht nötig um neue Konstruktionen aufbauen und damit neues Wissen erwerben zu können.

Das *Aushandeln* ist aus sprachlicher Sicht eine hochintensive Unterrichtsmethode. Dabei ist die Schüleraktivität aller SuS sehr hoch und die Lehrkraft nimmt nur die Rolle des Beobachters und wenn nötig des Beraters ein. Da am Ende für jede Achtergruppe ein Lernprodukt feststeht, unterstreicht diese Methode die Position, dass mehrere Lösungen nebeneinander koexistieren können. Im Aushandlungsprozess müssen die SuS ihre eigenen Ideen zu den Experimenten und auch die der anderen SuS reflektieren, verteidigen, erweitern, abwandeln usw. Es ist also ein hochdynamischer Gruppenprozess, der eine tiefe Auseinandersetzung mit den eigenen Imaginationen provoziert und diese auf



ihre Grenzen und Möglichkeiten hin untersucht. Es wird durch sie ein diskursives Lernen gefördert, was auch im Sinne des Konstruktivismus ist, da die SuS z. B. die Kriterien, anhand derer sie sowohl die eigenen als auch fremde Vorstellungen bewerten, selber auswählen und auf Basis eigener Vorstellungen gewichten können. Ein Nachteil dieser Methode ist, dass sie viel Zeit in Anspruch nimmt, da Zeitdruck und ein schnelles Abhandeln einen negativen Einfluss auf den Verlauf und die Authentizität der Diskussionen haben können [27, S. 96f.].

Auf den zu dieser Unterrichtseinheit gehörenden Arbeitsblättern (s. Anhang C – 3) werden die tatsächlichen Pfeilrichtungen der Lichtstrahlen eingezeichnet, um dem Präkonzept vom Sehstrahl entgegenzuwirken. Das Herausfiltern von wichtigen Informationen aus einem Text erfordert Lesekompetenzen und -strategien. Um die SuS damit nicht zu überfordern, wurden die Texte so verfasst, dass sie laut RATTE für diese geeignet sind (s. Anhang D – 3). Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei Lückenbildern und -texten um Methoden, die sehr stark durch die Lehrkraft gelenkt sind, aber den Fachwortschatz ausbauen und festigen [27, S. 18]. Da im Unterricht eine hohe sprachliche Auseinandersetzung in verbaler und auch in schriftlicher Form mit den Inhalten stattgefunden hat, kann diese bei der Bearbeitung der Arbeitsblätter reduziert werden. Auch die Korrekturzeit hält sich im Rahmen, sodass der Fokus einer Unterrichtsstunde auf eine handlungsorientierte Beschäftigung mit den Inhalten gelegt werden kann und nicht auf die Verbesserung einer Hausaufgabe.

## 6.5 Unterrichtsstunde 6 und 7: Energie, Arbeit und Leistung

### 6.5.1 Sachanalyse, Schülervorstellungen und Themenbegründung

Im Rahmen dieser Unterrichtseinheit lernen SuS die physikalischen Größen Energie, Arbeit und Leistung kennen.

Eine genaue Definition der Energie  $E$  als physikalische Größe gestaltet sich mitunter als schwierig. Halliday definiert sie als „eine Zahl, die wir einem System aus einem oder mehreren Objekten zuordnen können. Verändert eine Kraft eines dieser Objekte, [...] so ändert sich diese Zahl“ [39, S. 166]. Ihre SI-Einheit ist das Joule, welches in andere SI-Einheiten umgewandelt werden kann:

$$[E] = 1 \text{ J} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}.$$

In Schulbüchern finden sich ähnliche Definitionen [57, S. 10, 58, S. 8]. Um diese Größe für die SuS anschaulicher zu gestalten, wird der Energiebegriff häufig direkt mit den Energieformen einführt, also den Formen, in denen Energie vorliegen kann. Bei den bekanntesten Energieformen, die SuS im Unterricht begegnen, handelt es sich um:

- kinetische Energie bzw. Bewegungsenergie  $E_{kin}$ , der Energie eines Systems aufgrund seiner Geschwindigkeit,
- potentielle Energie bzw. Höhen- oder Lageenergie  $E_{pot}$ , der Energie eines Systems aufgrund seiner Lage,
- Spannenergie  $E_{spann}$ , der Energie eines Systems durch dessen Verformung,
- Rotationsenergie  $E_{rot}$ , der Energie eines Systems aufgrund seiner Rotation,
- elektrische Energie  $E_{el}$ , der Energie, um elektrische Prozesse zu initiieren,
- magnetische Energie  $E_{mag}$ , der Energie, die ein System wegen seiner Magnetisierung besitzt,
- chemische Energie  $E_{ch}$ , der Energie, um chemische Prozesse zu initiieren,
- Strahlungsenergie, der Energie, deren Transport durch elektromagnetische Wellen stattfindet (wie z. B. Licht),
- thermische Energie  $E_{th}$  bzw. innere Energie  $E_i$ , der Energie eines Systems aufgrund dessen Temperatur. Sie beschreibt den Zustand eines Teilchens und aus mehreren Energieformen, wie der kinetischen, potentiellen und thermischen Energie zusammengesetzt ist und
- Kernenergie  $E_{Kern}$ , der Energie des Systems, die bei Kernspaltung oder -fusion freigesetzt wird.

Zu den mechanischen Energien  $E_{mech}$  zählen die kinetische, potentielle, Spann- und Rotationsenergie. Es ist möglich, Energien von einem Ort zu einem anderen zu transportieren (z. B. durch Bewegung), sie von einem System auf ein anderes zu transferieren (z. B. durch Stöße) und sie von einer Art in eine oder mehrere andere Arten durch sogenannte Energiewandler umzuwandeln (z. B. potentielle in kinetische Energie beim freien Fall). Bei all diesen Prozessen gilt aber einer der fundamentalsten Sätze der Physik, der Energieerhaltungssatz. Dieser besagt, dass die Gesamtenergie  $E$ , die in einem abgeschlossenen System enthalten ist, zu jeder Zeit und an jedem Ort immer konstant ist:

$$E = E_{kin} + E_{pot} + E_{spann} + \dots = \text{const.}$$

Daraus lässt sich folgern, dass Energien weder erzeugt noch vernichtet werden können. Infolge dessen kommt es bei einer Energieumwandlung nur zu einer Energieentwertung. Damit ist die Umwandlung einer hochwertigen Energieform, also eine mit hohem Nutzen, in eine weniger nutzbare oder unerwünschte gemeint [57, S. 12f.]. Verloren geht diese Energie jedoch nicht.

Nur durch das Verrichten oder das Abführen der Arbeit  $W$  kann die Gesamtenergie  $E$  eines Systems verändert werden [59, S. 77f.]. Der Energieerhaltungssatz kann dann abgewandelt werden zu:

$$E_{\text{vorher}} + W = E_{\text{nachher}},$$

bzw.

$$W = \Delta E = E_{\text{nachher}} - E_{\text{vorher}},$$

wobei mit  $E_{\text{vorher}}$  die Energie vor Verrichtung oder Abfuhr der Arbeit  $W$  am System gemeint ist und  $E_{\text{nachher}}$ , die danach, aufgefasst als die neue Gesamtenergie des Systems. Demzufolge besitzt die Arbeit  $W$  die gleiche Einheit wie die Energie  $E$ , also das Joule oder dazu äquivalente Einheiten. Für den Fall, dass es sich bei der Arbeit  $W$  um eine mechanische Arbeit handelt, also eine solche, bei der durch eine, entlang eines Weges von dem Punkt  $r_i$  zu einem Punkt  $r_f$ , ortsabhängige Kraft  $\vec{F}$  wirkt, kann diese durch folgende Gleichung berechnet werden:

$$W = \int_{r_i}^{r_f} \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{r}.$$

Im eindimensionalen Fall von Punkt  $x_i$  zu  $x_f$  vereinfacht sich diese zu:

$$W = \int_{x_i}^{x_f} F(x) dx.$$

Im Fall einer konstanten Kraftwirkung entlang eines eindimensionalen Wegstücks  $\vec{s}$  reduziert sich die Gleichung zu:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}.$$

Aus dem Skalarprodukt lässt sich folgern, dass nur diejenige Komponente von  $\vec{F}$  Arbeit verrichtet, die entlang von  $\vec{s}$  wirkt. Stehen  $\vec{F}$  und  $\vec{s}$  senkrecht aufeinander, wird keine Arbeit verrichtet [39, S. 182f.].

In der Physik ist auch noch die Leistung  $P$  von Bedeutung, die die verrichtete Arbeit  $W$  auf ein Zeitintervall  $\Delta t$  bezieht:

$$P = \frac{dW}{dt}.$$

Ihre SI-Einheit ist das Watt:

$$[P] = 1 \text{ W} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}}.$$

Ist die verrichtete Arbeit  $W$  im betrachteten Zeitintervall  $\Delta t$  konstant, wird aus obiger Gleichung:

$$P = \frac{W}{\Delta t}.$$

Setzt man in diese Gleichung die mechanische Arbeit  $W = \vec{F} \cdot \vec{s}$  ein erhält man einen Zusammenhang zwischen der wirkenden Kraft  $\vec{F}$  und der Geschwindigkeit  $\vec{v}$  [39, S. 184f.]:

$$P = \frac{\vec{F} \cdot \vec{s}}{\Delta t} = \vec{F} \cdot \frac{\vec{s}}{\Delta t} = \vec{F} \cdot \vec{v}.$$

Daraus folgt, dass beispielsweise bei einer gleichförmigen eindimensionalen Bewegung, in der eine Masse reibungsfrei bewegt wird und die Gewichtskraft vertikal nach unten gerichtet ist, keine Leistung aus physikalischer Sicht erfolgt [60, S. 55].

Schülervorstellungen bezüglich dieser Inhalte sind in erster Linie in der Diskrepanz zwischen Alltags- und Fachsprache begründet. Begriffe wie „Energiespeicher“ suggerieren, dass es sich bei Energien um quasi-stoffliche Dinge handelt, die in Körpern eingelagert werden oder die zwischen ihnen in einer Art Fluss ausgetauscht werden können. Die SuS versuchen sich die abstrakte Größe der Energie durch ihnen bekannte mechanische Vorgänge zu erklären. Laut Schecker et al. sollte den SuS diese Vorstellung gewährt werden, da ein Vermeiden von Begriffen, die sie fördern, zu einem Verlust der Authentizität aufgrund einer „gekünstelten Ausdrucksweise“ führe. Zudem verwende man diese Begriffe auch in der Forschung. Es solle lediglich vermieden werden, dass die SuS der Energie einen wirklichen Teilchencharakter zusprechen. Dies äußert sich in dem „Rucksackmodell“, bei dem die SuS einen Transport der Energie durch Teilchen oder Medien annehmen. Im Alltag verwendete Formulierungen wie bspw.: „Energieverbrauch in Deutschland steigt weiter. [...] Überdurchschnittlich stark nahm der Mineralölverbrauch zu.“ führen zu Verwechslungen zwischen dem Energieträger und der Energieformen und führen zu der Vorstellung, dass es sich bei der Energie um etwas Stoffliches handelt, das verbraucht werden kann. Davon Abhilfe schaffen sogenannte Energieflussdiagramme, wie sie in Abbildung 18 am Beispiel einer Solarzelle dargestellt sind,

auch wenn sie sich der quasi-stofflichen Schülervorstellung von Energie bedienen. Begriffe wie der „Energieverlust“ verweisen darauf, dass für SuS Systemgrenzen häufig an Körper gebunden sind und Körper, auf die Energie übertragen werden mitunter nicht als Teil des Systems betrachtet werden. Auch von Lehrkräften in Aufgabenstellungen verwendete Formulierungen, wie „unter idealen Bedingungen“, können bei den SuS die Vorstellung hervorrufen, dass der Energieerhaltungssatz nur unter Laborbedingungen gelte. Schecker et al. fordern, dass dieser als theoretische Grundannahme behandelt werden sollte, welcher sich in Experimenten nur schwierig nachweisen ließe, was dem geschichtlichen Verlauf entspräche. Durch den Begriff der Energieumwandlung kann sich bei den SuS die Vorstellung etablieren, dass unterschiedliche Energieformen einen grundlegenden charakteristischen Unterschied aufweisen, jedoch handelt es sich um unterschiedliche „Erscheinungsformen“ (H. i. O.) der Energie. Auch die Größen der Arbeit und der Leistung sind geprägt von alltagsbezogenen Vorstellungen. So ist in der Alltagssprache mit Arbeit die Anstrengung eines Handelns assoziiert, während die Leistung das Produkt dieser Anstrengung meint [44, S. 164-174].

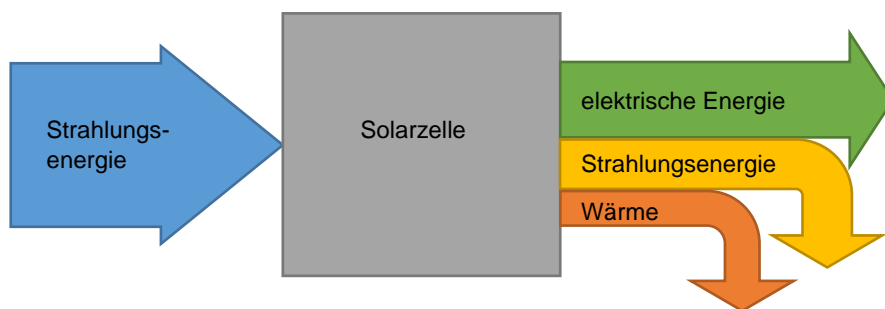


Abbildung 18: Energieflussdiagramm einer Solarzelle als Energiewandler [eigene Darstellung].

Kein physikalischer Prozess, ob im Labor oder im Alltag, findet ohne Energien und die Energieerhaltung statt. Somit stellen sie eines der Grundkonzepte dar, die in jedem Bereich der Physik eine Rolle spielen. Aufgrund dessen ist die Behandlung dieses Themas für die SuS des InGym anderen mechanischen Inhalten vorzuziehen. Zudem finden die Begriffe Energie, Arbeit und Leistung durch die Präsenz der erneuerbaren Energien und der gestiegenen Preise für Strom, Gas, Benzin etc. große Anwendung in unserem Alltag und zwar mit Bedeutungen, die sich von den physikalischen Definitionen erheblich unterscheiden können. Die Thematisierung der Unterschiede von Alltags- und Fachsprache sind für das Verständnis des Energiebegriffs und die Vermeidung von Schülervorstellungen gerade bei sprachschwachen SuS entscheidend. Im LehrplanPLUS der bayerischen Gymnasien für das Fach Physik sind diese Inhalte in der Jahrgangsstufe 9 unter dem Lernbereich 1: Energie als Erhaltungsgröße vorzufinden. Es ist explizit ein

Schülerexperiment zu den Themen „*Leistung des menschlichen Körpers oder technischer Geräte*“ (H. i. O.) gefordert (s. Anhang B – 4) [61]. Dies wird in der zweiten Stunde dieser Unterrichtseinheit umgesetzt, die in einer Turnhalle stattfindet und bei der die Begriffe Arbeit und Leistung den SuS durch verschiedene Arten sportlicher Betätigung nähergebracht werden und sich diese anschließend andere Beispiele frei überlegen dürfen.

### 6.5.2 Elementare Planung

Zu Beginn dieser Stunde steht die gemeinsame Verbesserung des Arbeitsblattes „Brechung von Licht“ aus der vorherigen Unterrichtsstunde an. Damit ist das Thema Optik in dieser Unterrichtsreihe beendet. Die neue Unterrichtseinheit besteht wieder aus zwei Einzelstunden, deren elementare Planung im Folgenden vorgestellt wird.

#### Unterrichtsstunde 6:

Die Phase der *emotionalen Reaktion* dient wieder als Einstieg ist das neue Thema. Dies wird durch eine, im Physikunterricht eher unübliche, Unterrichtsmethode geschehen, nämlich einer *Fantasiereise*. Damit wird versucht, die Imaginationen der SuS anzusprechen und imaginäres Vorwissen zum Thema Energie anhand einer Achterbahnfahrt zu aktivieren. Damit ist die Umwandlung von potentieller in kinetische Energie gemeint und der Energieerhaltungssatz. Die Lehrkraft kündigt eine Fantasiereise an. Bevor mit dieser aber begonnen werden kann, sollten folgende Begriffe durch Wortkarten, die mit Magneten an die Tafel geheftet werden, eingeführt werden: *Freizeitpark, Achterbahn, Gleis, Wagen, Bahnsteig* und *Sicherheitsbügel*. Ohne sie könnten die Kerninhalte der Fantasiereise nicht richtig verstanden werden. Die Fantasiereise könnte wie folgt lauten:

*Schließe deine Augen. Mach es dir bequem. Es soll dich nichts drücken. Wenn du magst, kannst du deine Arme und deinen Kopf auch auf den Tisch vor dir legen. [Pause]*

*Wenn du eine bequeme Position gefunden hast, dann konzentriere dich auf deine Atmung. Atme langsam und ruhig. Du spürst, wie du die Luft einatmest. Deine Brust hebt sich. Du spürst, wie du die Luft ausatmest. Deine Brust senkt sich. Ein – und Aus. [Pause]*

*Du spürst, wie deine Arme immer schwerer werden. Sie werden vom Boden angezogen. Du spürst, wie deine Beine und Füße immer schwerer werden. Sie versinken im Boden. Du fühlst dich entspannt. [Pause]*

*Ich nehme dich nun auf eine Reise mit:*

*Du bist mit deiner Familie oder mit deinen Freunden in einem Freizeitpark. Stell dir einen schönen und warmen Sommertag vor. Die Sonne scheint und am Himmel kannst du*

keine Wolke entdecken. Du freust dich mit deiner Familie oder deinen Freunden einen tollen Tag zu verbringen.

Du läufst durch den Park. Schau dich um. Was kannst du sehen? Warst du hier schon einmal? Was hörst du? Was kannst du riechen? [Pause]

Dann hörst du, wie die Rufe der Menschen lauter werden. Du schaust in die Richtung, aus der die Rufe kommen und siehst eine große Achterbahn. Wie sieht sie aus? Welche Farbe hat sie? [Pause]

Ihr wollt mit der Achterbahn fahren. Bist du vielleicht aufgeregt? Oder hast du vielleicht sogar ein bisschen Angst? [Pause]

Du stehst jetzt am Gleis. Du setzt dich in den Wagen und der Sicherheitsbügel fährt herunter. Und dann geht es auch schon los: Der Wagen fährt!

Langsam kommst du zum ersten Berg. Der Wagen wird hochgezogen. Höher und höher, bis du ganz oben bist. Der Wagen bremst ab. Von hier oben kannst du alles sehen. [Pause]

Der Wagen fährt wieder los. Und dann geht es runter! Er fährt jetzt ohne Hilfe, ganz von allein. Es geht steil runter. Du spürst, wie du immer schneller wirst. Du spürst den Wind in deinem Gesicht. Du spürst deinen Herzschlag. Du spürst wie deine Atmung schneller wird.

Der Boden kommt immer näher. Dann bist du am tiefsten Punkt. Du spürst, wie es dich in den Sitz drückt. Und da siehst du direkt einen zweiten Berg vor dir. Du fährst wieder hoch. Der Wagen ist so schnell, dass er keine Hilfe braucht, um auf den Berg zu kommen. Je höher du fährst, desto langsamer wirst du. Dann bist du wieder ganz oben auf dem Berg. Der Wagen fährt jetzt nur noch sehr langsam. Stell dir nun vor, wie die Fahrt weitergeht. [Pause]

Der Wagen bremst ab. Jetzt fährst du langsam wieder in Richtung Bahnsteig. Der Wagen bleibt stehen. Die Sicherheitsbügel fahren wieder hoch. Die Achterbahnfahrt ist zu Ende. [Pause]

Es wird nun wieder Zeit, zurückzukehren. Deine Arme, Beine und Füße werden wieder leicht. Bewege sie ein bisschen. Richte dich langsam wieder auf. Schüttle und streck dich, wenn du magst. Wenn du soweit bist, dann öffne deine Augen.

Beim ersten Vorlesen sollen die SuS die Fantasiereise einfach auf sich wirken lassen. Vor dem zweiten Durchgang teilt die Lehrkraft jedem bzw. jeder Schüler\*in ein unbeschriebenes Blatt der Größe DIN A4 aus. Die SuS werden angewiesen, den Verlauf der Achterbahn aus der Fantasiereise zu zeichnen. Die Lehrkraft liest nun zum zweiten Mal

die Fantasiereise vor, kürzt sie aber ein, indem sie die Entspannungsphase zu Beginn und die Rückkehrphase ins Klassenzimmer weglässt.

In der Phase der *Anschlussfähigkeit* findet eine Reflexion der Fantasiereise statt. Dafür sollen alle SuS nach vorne an die Tafel kommen oder man bildet einen großen Kreis. In beiden Fällen müssen ausreichende Platzverhältnisse geschaffen werden. Die SuS werden z. B. gefragt, wie ihnen die Fantasiereise gefallen hat, was sie gefühlt haben, ob sie sich an ein Erlebnis erinnern haben und wenn ja, welches, usw.

Wurde ausreichend auf die Meinungen, Emotionen, Erinnerungen usw. eingegangen, initiiert die Lehrkraft eine Reflexion der *Hypothesen* der SuS. Dafür sollen die SuS ihre Zeichnungen an die Tafel heften. Die Wortkarten können dafür entfernt werden. Die SuS sollen einen Halbkreis um die Tafel bilden, sodass jede\*r die Zeichnungen sehen kann. Die SuS werden nun dazu ermuntert, zu beschreiben, warum sie die Achterbahn gerade auf diese Art und Weise gezeichnet haben. Mögliche Zeichnungen könnten, wie in Abbildung 19 dargestellt, so aussehen:

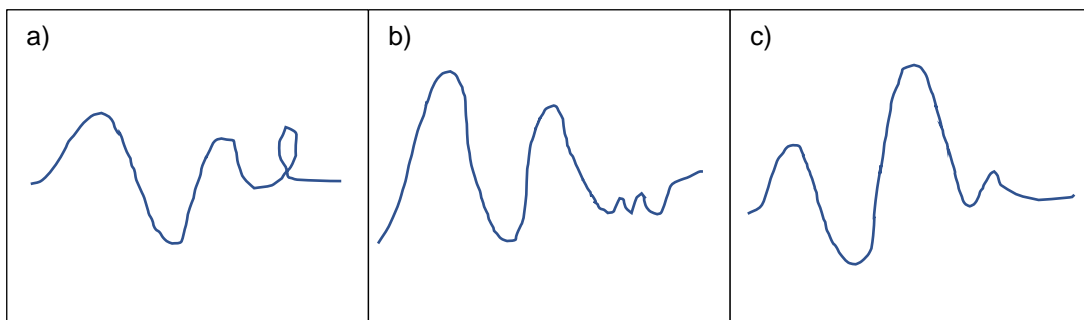


Abbildung 19: Beispiele für Zeichnungen der Achterbahnfahrt aus der Fantasiereise [eigene Darstellung].

Während bspw. bei a) und b) der erste Berg höher ist als der zweite ist es bei c) genau umgekehrt. Gerade c) könnte bei einigen SuS zu inneren Konflikten führen, da sie es anhand ihrer Alltagserfahrungen nicht kennen, dass der Achterbahnwagen ohne zusätzlichen Antrieb einen Berg hochfahren kann, der größer ist als der vorherige. Die Lehrkraft könnte die Reflexion zusätzlich noch anregen, indem sie die SuS z. B. fragt, warum sie ihre ersten Berge so hoch gezeichnet haben. Hier kommt schon die Energieumwandlung und -erhaltung ins Spiel, denn intuitiv wissen sie, dass je höher das Objekt war, desto schneller wird es mit abnehmender Höhe. Letztlich sollte den SuS klar werden, dass bei einer Achterbahnfahrt die Höhe sozusagen in Geschwindigkeit „umgewandelt“ wird und umgekehrt. Falls die SuS noch nicht selber den Begriff *Energie* eingebracht haben, kann dieser auch durch die Lehrkraft eingeführt werden. Der Übergang von der Phase der *Hypothesen* zu der der *Lösungen* ist also fließend. Durch die Lehrkraft werden die



Energieflussdiagramme anhand des Achterbahnbeispiels eingeführt. Damit wird die eben gemachte Zwischenlösung, nämlich das Geschwindigkeit in Höhe umgewandelt wird, in einen fachlich korrekten Zusammenhang gestellt: Höhenenergie wird durch den Achterbahnwagen in Bewegungsenergie umgewandelt. Höhen- und Bewegungsenergie sind Energieformen und der Achterbahnwagen der Energiewandler, der die eine Energie in die andere umwandelt. Das dazugehörige Tafelbild könnte (nach Abnehmen der gezeichneten Achterbahnen) wie in Abbildung 20 aussehen.

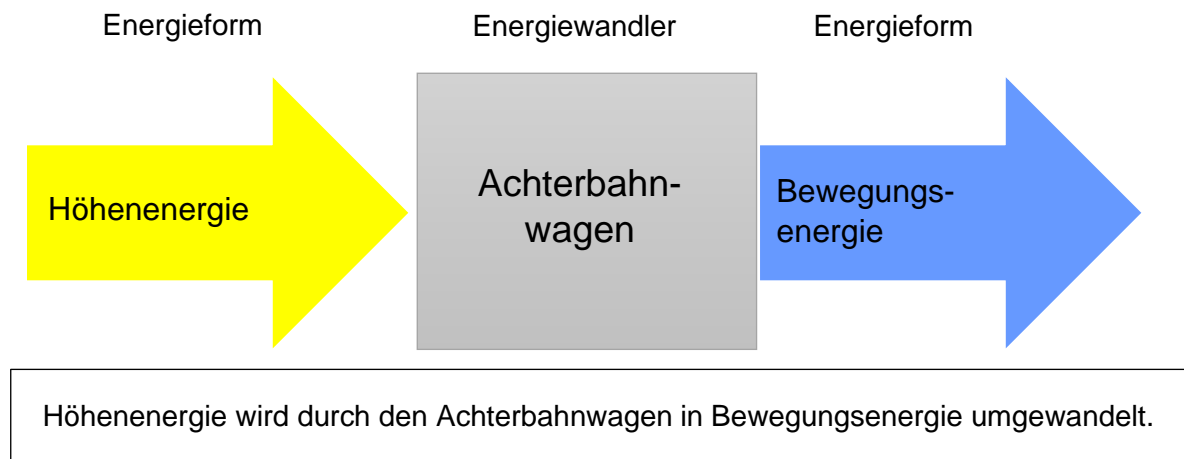


Abbildung 20: Energieflussdiagramm zur Achterbahnfahrt [eigene Darstellung].

Die SuS werden nun gefragt, ob sie noch weitere Energieformen kennen. Dabei müssen sie nicht den Fachbegriff nennen, sondern dürfen die Formen auch umschreiben. Die Lehrkraft kann dann den zugehörigen Fachbegriff einführen und vorbereitete Schilder an die Tafel heften.

Nun beginnt die Phase der *Anwendungen*, die diesmal zumindest teilweise in der Unterrichtsstunde selber stattfindet. Dafür hat die Lehrkraft einen Materialtisch vorbereitet, auf dem sich verschiedene Gegenstände wie z. B. ein Haarfön, ein Spielzeugauto, eine Solarlampe, Essen, ein Akku usw. befinden. Die SuS dürfen sich nun Gegenstände aussuchen oder sich eigene Beispiele überlegen und darauf basierend Energieflussdiagramme anfertigen und den zugehörigen Passivsätze formulieren. Im Anschluss daran werden einige Beispiele vorgestellt. Die SuS können ihre Energieflussdiagramme dafür unter die Dokumentenkamera legen. Auch hier sind mehrere Lösungen möglich. So wandelt ein Haarfön bspw. elektrische Energie nicht nur in thermische Energie um, sondern auch in Bewegungsenergie, da die Luft im Fön beschleunigt wird. Der zweite Teil der Anwendungsphase findet wieder auf einem Arbeitsblatt statt, das zu Hause bearbeitet werden soll (s. Anhang C – 4). Darin befindet sich ein Lückentext, der die grundlegenden

Fakten zu Energien noch einmal zusammenfasst. Im Anschluss daran sollen die SuS eine Tabelle zu den verschiedenen Energieformen um Beispiele ergänzen. Zum Schluss dürfen sie noch eigene Energieflussdiagramme anfertigen inkl. der Formulierung der zugehörigen Passivsätze.

#### Unterrichtsstunde 7:

Diese Unterrichtsstunde findet nicht im Klassenzimmer oder Physikfachraum statt, sondern in der Sporthalle. Die SuS werden in der vorherigen Stunde darüber informiert und darum gebeten sich dort in der nächsten Stunde zu treffen und sich mit dem Umziehen zu beeilen. Evtl. kann die Physikstunde direkt vor oder nach einer Pause verlegt werden. Es muss beachtet werden, dass eine, wenn nicht sogar zwei Sportlehrkräfte anwesend sein müssen, um adäquate Hilfestellungen und Sicherheitsvorkehrungen bei durchgeführten Übungen leisten zu können. Das Arbeitsblatt aus der vorherigen Stunde wird in Unterrichtsstunde 8 verbessert.

Die Stunde beginnt mit der Phase der *Emotionalen Reaktion*. Dafür wird ein schwerer Gegenstand, wie bspw. eine Kugel, an einem Seil, das von der Decke hängt und sich frei bewegen kann, aufgehängt (s. Abbildung 21). Nun darf ein\*e freiwillige\*r Schüler\*in hervortreten. Der schwere Gegenstand wird nun von der Lehrkraft direkt vor dem Gesicht des Schülers bzw. der Schülerin positioniert. Er bzw. sie wird instruiert, dass nun keine Bewegung mehr von ihm bzw. ihr erfolgen darf, er bzw. sie muss ganz still stehen bleiben. Die Lehrkraft lässt den Gegenstand nun los. Zunächst schwingt dieser von dem bzw. der Schüler\*in weg, kommt aber wieder zurück und schwingt bis kurz vor das Gesicht des Schülers bzw. der Schülerin, bevor er wieder seine Richtung ändert. Während diesem Schwingen zu dem bzw. der Schüler\*in zurück wird in der Klasse Spannung aufgebaut, da die SuS eine Gefahr durch den schwingenden Gegenstand befürchten könnten.

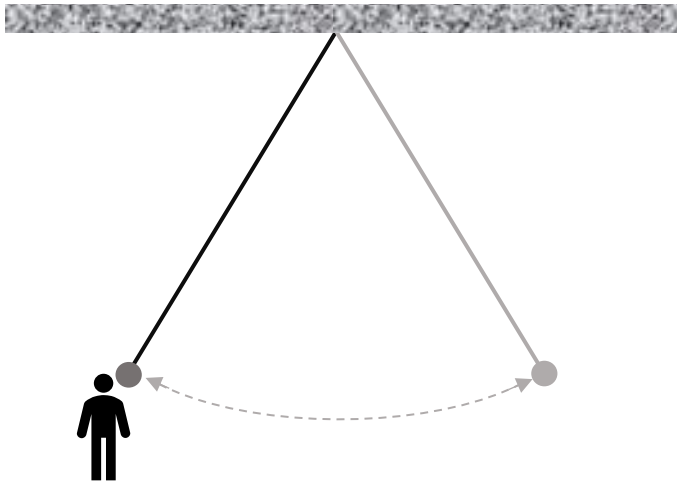


Abbildung 21: Schematischer Aufbau zum Versuch des vor dem Gesicht eines SuS losgelassenen Pendels [eigene Darstellung].

Nachdem die Lehrkraft den Gegenstand abgefangen hat und in der Klasse wieder Ruhe eingekehrt ist, werden die SuS gefragt, was hier passiert ist. Hier beginnt die Phase der *Anschlussfähigkeit/Hypothesen*, da zur Klärung des Sachverhalts Vorwissen aus der vorherigen Unterrichtsstunde nötig ist: Höhenenergie wird durch das Seil und den Gegenstand in Bewegungsenergie umgewandelt und umgekehrt. Nun können die SuS gefragt werden, was man denn nicht tun dürfe. Recht schnell wird die Antwort kommen, dass man den Gegenstand nicht anschubsen oder ihn weiter nach oben bewegen dürfe. Die SuS wissen also intuitiv, dass ein Anschubsen oder Erhöhen der Ausgangsposition die Energie in einem System ändert. Diese Änderung der Bewegungs- bzw. Höhenenergie entspricht dem Verrichten von Arbeit am System. Damit ist die Größe der Arbeit anschaulich eingeführt worden.

Nun dürfen sich die SuS um mehrere von der Decke hängende Seile stellen. An diesen Seilen wurden in der jeweils gleichen Höhe Stellen markiert. Ein\*e freiwillige\*r Schüler\*in darf vortreten und an dem Seil bis zur markierten Stelle hochklettern. Dabei dürfen die anderen SuS den bzw. die kletternde\*n Schüler\*in anfeuern. Die SuS können nun schlussfolgern, dass der bzw. die Schüler\*in seine bzw. ihre Höhenenergie durch das Verrichten von Arbeit ändert. Im Anschluss daran dürfen nun z. B. drei freiwillige SuS hervortreten und bis zu den markierten Stellen am Seil hochklettern. Diese sollten möglichst gleich schwer sein, um aber einen Ausschluss und damit eine Diskriminierung von SuS zu vermeiden, kann das in diesem Kontext vernachlässigt werden. Die übrigen SuS sollen nun die Sportlehrkraft sein und die kletternden SuS anhand eines selbstgewählten Kriteriums benoten. Wurde der Klettervorgang, der wieder durch Anfeuern begleitet werden darf, beendet, werden die SuS gebeten, den bzw. die aus ihrer Sicht beste\*n

Schüler\*in zu küren und auch ihr Benotungskriterium zu nennen. Viele der SuS werden den bzw. die Schüler\*in am Besten benoten, welche\*r als Erstes die Markierung erreicht hat. Anhand dieses Beispiels wird nun die physikalische Größe der Leistung durch die Lehrkraft eingeführt, denn die SuS haben zwar die gleiche Arbeit verrichtet, dies aber in unterschiedlichen Zeiten.

Die SuS dürfen sich nun in der Phase der *Anwendungen*, die in dieser Unterrichtsstunde vor der *Lösungsphase* stattfindet, eigene Beispiele für die Arbeit und die Leistung überlegen. Dies können z. B. Liegestütze, ein Ballwurf, Sprinten oder ähnliches sein. Die Sozialform dürfen die SuS dabei wieder selbst wählen.

In der anschließenden *Lösungsphase* stellen die SuS ihre Beispiele der Klasse vor. Bei fachlichen Fehlern soll, wenn möglich, nicht die Lehrkraft korrigieren, sondern die anderen SuS.

### 6.5.3 Diskussion

In dieser Unterrichtseinheit kommen, wie bereits erwähnt, Unterrichtsmethoden zum Einsatz, die für den Physikunterricht nicht alltäglich sind. Während die naturwissenschaftlichen Fächer einen großen Bezug zum Realen herstellen wollen, um dieses so gut wie möglich untersuchen und beschreiben zu können, werden in der Unterrichtsstunde 6 mit einer *Fantasiereise* bewusst Imaginationen in den Fokus des Physikunterrichts gestellt. Damit soll das Selbstbewusstsein der SuS gestärkt werden, da ihr intuitives Vorwissen über die Welt, z. B. darüber, dass der zweite Achterbahnberg bei Fehlen eines Antriebs nicht höher sein kann als der erste, wenn die Bahn weiterfahren soll, in vielen Punkten den physikalischen Gesetzen über die Natur entsprechen. Es wird also versucht, eine Beziehung zwischen den Fachinhalten und den Imaginationen herzustellen. In der ersten Phase der *Fantasiereise* sollen die SuS sich durch Atemübungen usw. entspannen, so dass sie auf die kommende Reise eingestimmt sind. Die *Fantasiereise* selber findet nicht nur aus fachwissenschaftlichen Gründen in einem Freizeitpark statt, sondern auch, weil viele SuS einen solchen Ort mit positiven Emotionen wie Spaß, Freude, Aufregung usw. verbinden. Damit wird versucht zu dem Thema Energie eine positive Beziehung aufzubauen. Die rhetorischen Fragen wurden eingebaut, um die Vorstellungskraft der SuS weiter zu stimulieren und möglichst alle Sinne und auch die Gefühle anzusprechen. Die Pausen dienen dazu, den SuS einen zeitlichen Freiraum zu ermöglichen, um sich mit ihren Vorstellungen tiefgreifend auseinanderzusetzen. In der letzten Phase, der

Rückkehr, werden die SuS mental und körperlich wieder zurück in den Klassenraum geholt. Nach dem zweiten Durchlauf, wenn die SuS die Achterbahnverläufe gezeichnet haben, findet eine Reflexion der Imaginationen statt. Auch hier wird versucht, das Selbstwertgefühl der SuS zu stärken und die Wertschätzung zu steigern, da der Unterricht damit über die fachwissenschaftlichen Inhalte hinaus geht und die Wünsche, Gefühle und Erinnerungen der SuS zum Thema macht. Dies kann auch die Beziehung zwischen Lehrkraft und den SuS verbessern, da die Lehrkraft durch ihr unterrichtliches Handeln den SuS mitteilt, dass sie sich für die Person an sich interessiert und nicht nur für ihre Beiträge und Leistungen im Unterricht [62].

Im ersten Teil der Anwendungsphase aus Unterrichtsstunde 6 sollen die SuS unter anderem anhand von Materialien, die ihnen durch die Lehrkraft bereitgestellt werden, Energieflussdiagramme anfertigen. Hier werden wieder explizit Realbegegnungen gefördert anstatt ihnen nur bspw. Bilder zu den Gegenständen zu zeigen. Dass die SuS anschließend die Situation im Diagramm anhand eines Passivsatzes verbalisieren bzw. verschriftlichen sollen, ist ein Beispiel dafür, dass Fachwissen durch Sprache und umgekehrt erworben wird.

In der Unterrichtsstunde 7 kommt es zu einer Art *fächerübergreifenden Unterrichts*. Die Inhalte der Physik werden dabei mit der Aktivität des Sports verbunden. Dabei wird das Zusammenspiel aus Fachlernen, Handeln und Kommunikation gefördert. Der Unterricht, der abseits eines herkömmlichen Klassenraums stattfindet, stellt eine Abwechslung im Schulalltag der SuS dar und suggeriert, dass die Physik auch woanders und nicht nur unter Idealbedingungen im Labor oder Physikfachraum funktioniert. Die Situation, bei der mehrere SuS die Seile hochklettern sorgt für eine Wettkampfstimmung unter den Beteiligten und damit für Motivation. Auch das Anfeuern der anderen SuS schließt die Emotionen der SuS in den Unterricht mit ein. Der Aufwand, der für diese Unterrichtsstunde betrieben werden muss, sollte jedoch nicht außer Acht gelassen werden. Zum einen muss sich mindestens eine Sportlehrkraft bereiterklären, am Unterricht teilzunehmen. Zudem müssen evtl. Stunden verlegt werden, sodass die Sporthalle überhaupt frei ist und für diese Unterrichtsstunde genutzt werden kann. Außerdem sollte die durchführende Lehrkraft sich vorab mit den Sportgeräten und ihrer Handhabung vertraut machen, sodass es zu keinen Leerläufen im Unterrichtsverlauf kommt. Trotz dessen birgt diese Stunde das Potential, dauerhaft im Gedächtnis der SuS zu bleiben, da sie auf spielerische und abwechslungsreiche Art die Inhalte den SuS näherbringt.

## 6.6 Unterrichtsstunde 8, 9 und 10: Teilchenmodell, Aggregatzustände, Temperatur und Wärme

### 6.6.1 Sachanalyse, Schülervorstellungen und Themenbegründung

In dieser Unterrichtseinheit sollen sich die SuS mit grundlegenden Inhalten der Thermodynamik auseinandersetzen. Während im Alltag die Begriffe Temperatur/innere Energie und Wärme oft gleichgesetzt werden, was sich durch Aussagen wie „Heute ist es warm“ äußert, sind in der Physik damit zwei Größen, die verschiedene Dinge beschreiben, gemeint.

Bringt man eine beliebige Substanz A nun in die Nähe einer Substanz B und isoliert sie gegen äußere Einflüsse, kommt es zu einer Übertragung thermischer Energie zwischen ihnen. Diese übertragene thermische Energie wird als Wärme  $Q$  bezeichnet und hat zur Folge, dass sich die mittlere kinetische Energie und damit die Bewegung der Teilchen einer Substanz ändert. Diese gehört, neben der potentiellen Energie eines Teilchens, zur inneren Energie  $E_i$ . Die Energieübertragung erfolgt dabei vom Körper höherer innerer Energie zum Körper niedrigerer innerer Energie. Die Temperatur ist ein Maß für die mittlere kinetische Energie. Je größer die Temperatur einer Substanz ist, desto höher ist auch die mittlere kinetische Energie und damit die mittlere Geschwindigkeit der Teilchen. Die Energieübertragung läuft bei einem solchen Prozess solange ab, bis beide Substanzen die gleiche Temperatur haben. Diesen Zustand nennt man thermisches Gleichgewicht. Um die Größe der Temperatur zu messen, werden Thermometer verwendet. Sie sind aufgebaut aus einem wärmeempfindlichen Bauteil und einer analogen oder digitalen Anzeige, welche auf Basis einer bestimmten Skala kalibriert wurde. Diese Temperaturskalen haben gemein, dass sie zwei festgelegten Ereignissen einen Temperaturwert zuordnen. Bei der SI-Einheit der Temperatur handelt es sich um das Kelvin,

$$[T] = 1 \text{ K},$$

deren Skala, die Kelvin-Skala, den Tripelpunkt von Wasser mit  $T = 273,16 \text{ K}$  und den absoluten Nullpunkt  $T = 0 \text{ K}$  als Fixpunkte festlegen. Tripelpunkt meint, dass sich Wasser in einem erstarrten, flüssigen und gasförmigen Zustand im thermischen Gleichgewicht befindet, was nur bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Druck möglich ist. Unter dem absoluten Nullpunkt versteht man die tiefste Temperatur, die ein Körper erreichen kann. Eine weitere, in den meisten Ländern geläufige, Temperaturskala ist die Celsius-Skala, welche den Gefrierpunkt und Siedepunkt rpunkt von Wasser

mit  $T = 0^\circ \text{C}$  bzw.  $T = 100^\circ \text{C}$  festlegt. Dabei muss jedoch wieder der Druck, hier der Normaldruck, angegeben werden, da die Änderung der Zustände von Wasser nicht nur temperatur-, sondern auch druckabhängig ist [63, S. 530-535].

Generell unterscheidet man drei verschiedene Arten von Zuständen, in denen sich Materie befinden kann, sogenannte Aggregatzustände oder Phasen. Diese lauten fest, flüssig und gasförmig und dementsprechend können Substanzen als Festkörper, Flüssigkeiten oder Gase vorliegen. Durch das Teilchenmodell können Aufbau und Eigenschaften dieser Phasen erklärt werden. Die Grundannahmen dieses Modells sind:

1. *Alle Stoffe bestehen aus Teilchen.*
2. *Die Teilchen der Stoffe befinden sich in ständiger, unregelmäßiger Bewegung.*
3. *Zwischen den Teilchen wirken Kräfte.*

In Tabelle 6 ist der Zusammenhang zwischen Teilchenmodell und der Phase dargestellt. Die Anziehungskräfte zwischen den Teilchen entscheiden nach diesem Modell also, wie sich makroskopische Körper mit einer bestimmten Temperatur verhalten. Je geringer diese Kräfte wirken, desto beweglicher sind die Teilchen und kompressibler sind die Stoffe [57, 59f.].

Im Jahr 1827 fiel Robert Brown bei Untersuchungen von Pollen, die in Wasser eingelegt waren, unter dem Mikroskop auf, dass sie unregelmäßige Bewegungen machten. Auch mit anderen Teilchen, wie Staub oder Ruß, konnte er dieses Phänomen nachweisen. Eine Erklärung hierfür konnte er nicht liefern. Diese folgte erst zu einem späteren Zeitpunkt. Die Moleküle von Wasser sind ständig in Bewegung und stoßen gegen die für uns unter dem Mikroskop sichtbaren Teilchen, sodass diese die beobachteten willkürlichen Bewegungen ausübten. Dieses Phänomen nennt man die brownsche Bewegung [57, S. 59].

Tabelle 6: Erklärung der Eigenschaften von Phasen auf Basis des Teilchenmodells [57, S. 60].

	<b>Festkörper</b>	<b>Flüssigkeiten</b>	<b>Gase</b>
<b>Aufbau</b>	Festkörper haben eine Struktur, in der die Teilchen einen festen Platz haben. Um diesen schwingen sie hin und her. Zwischen den Teilchen wirken starke Anziehungs- und Abstoßungskräfte.	In Flüssigkeiten bewegen sich die Teilchen unregelmäßig, wobei zwischen ihnen geringe Anziehungskräfte wirken und sie gegeneinanderstoßen.	In Gasen wirken zwischen den Teilchen nur geringe bis gar keine Anziehungskräfte. Sie bewegen sich frei in dem Raum, der ihnen zur Verfügung steht.
<b>Form</b>	Die Form von Festkörpern ist festgelegt.	Flüssigkeiten nehmen die Form des Gefäßes ein, in das sie eingefüllt wurden.	Gase nehmen jeglichen verfügbaren Raum ein.
<b>Volumen</b>	Das Volumen von Festkörpern ändert sich unter Druckausübung kaum. Bei Abkühlung oder Erwärmung ist jedoch eine Ab- oder Zunahme des Volumens zu beobachten.	Das Volumen von Flüssigkeiten ändert sich unter Druckausübung kaum. Bei Abkühlung oder Erwärmung ist jedoch eine Ab- oder Zunahme des Volumens zu beobachten.	Das Volumen von Gasen ist veränderbar und sie lassen sich komprimieren.

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei der Wärme  $Q$  um jene Energie, die zwischen zwei Körpern übertragen wird, welche sich nicht im thermischen Gleichgewicht befinden. Diese weist einen linearen Zusammenhang zur Masse  $m$  einer Substanz, seiner Temperaturdifferenz  $\Delta T = T_2 - T_1$ , wobei mit  $T_1$  die Temperatur vor dem Wärmeübertragung (Anfangstemperatur) und mit  $T_2$  die danach (Endtemperatur) gemeint ist, und einer materialspezifischen Konstante, der sogenannten spezifischen Wärmekapazität  $c$ :

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



Die spezifische Wärmekapazität  $c$  meint „die Wärmemenge, die erforderlich ist, um die Substanzmasse  $m = 1 \text{ kg}$  um  $1 \text{ K}$  oder  $1^\circ \text{ C}$  zu erhöhen“. Dies gilt jedoch nur, wenn die Substanz dabei keinen Phasenübergang durchläuft. Damit ist unter anderem ein Wechsel des Aggregatzustands gemeint. Die bekanntesten Phasenübergänge sind in Abbildung 22 dargestellt. Führt man einer Substanz kontinuierlich Wärme zu, so beobachtet man bei einem Phasenübergang keine Erhöhung der Temperatur. Grund dafür ist die Anordnung der Atome/Moleküle bzw. der Teilchen in der Substanz. In einer flüssigen Phase wirken zwischen den Teilchen Anziehungskräfte, die beim Übergang in die gasförmige Phase überwunden werden müssen. Führt man der noch flüssigen Substanz Wärme zu, kann bei Erreichen des Siedepunktes keine zusätzliche kinetische Energie durch die Teilchen aufgenommen werden, ohne dass sie die Substanz dabei verlassen würden. Die weiterhin zugeführte Wärme wird nun dafür verwendet, die wirkenden Anziehungskräfte zu überwinden und in die Gasphase überzugehen. Dabei nimmt aber die potentielle Energie der Teilchen zu und nicht die kinetische. Demzufolge kommt es auch zu keiner weiteren Erhöhung der Temperatur, bis der Phasenübergang abgeschlossen ist. Die Wärme  $Q_D$ , die beim Verdampfen zugeführt werden muss kann mithilfe der Gleichung

$$Q_D = m \cdot \lambda_D$$

berechnet werden, wobei mit  $\lambda_D$  die sogenannte spezifische Verdampfungswärme, einer materialabhängigen Größe, gemeint ist. Umgekehrt, also bei einem Phasenübergang von gasförmig zu flüssig, wird diese Wärmeenergie frei. Beim Schmelzen einer Substanz muss ebenfalls Wärme zugeführt werden. Diese kann mittels der Gleichung

$$Q_S = m \cdot \lambda_S$$

bestimmt werden, mit der spezifischen Schmelzwärme  $\lambda_S$  eines Materials. Diese Wärme wird frei, wenn es sich um einen Phasenübergang von flüssig nach fest handelt. Bei der spezifische Verdampfungswärme  $\lambda_D$  und Schmelzwärme  $\lambda_S$  handelt es sich um sogenannte latente Wärmen [63, S. 568-571]

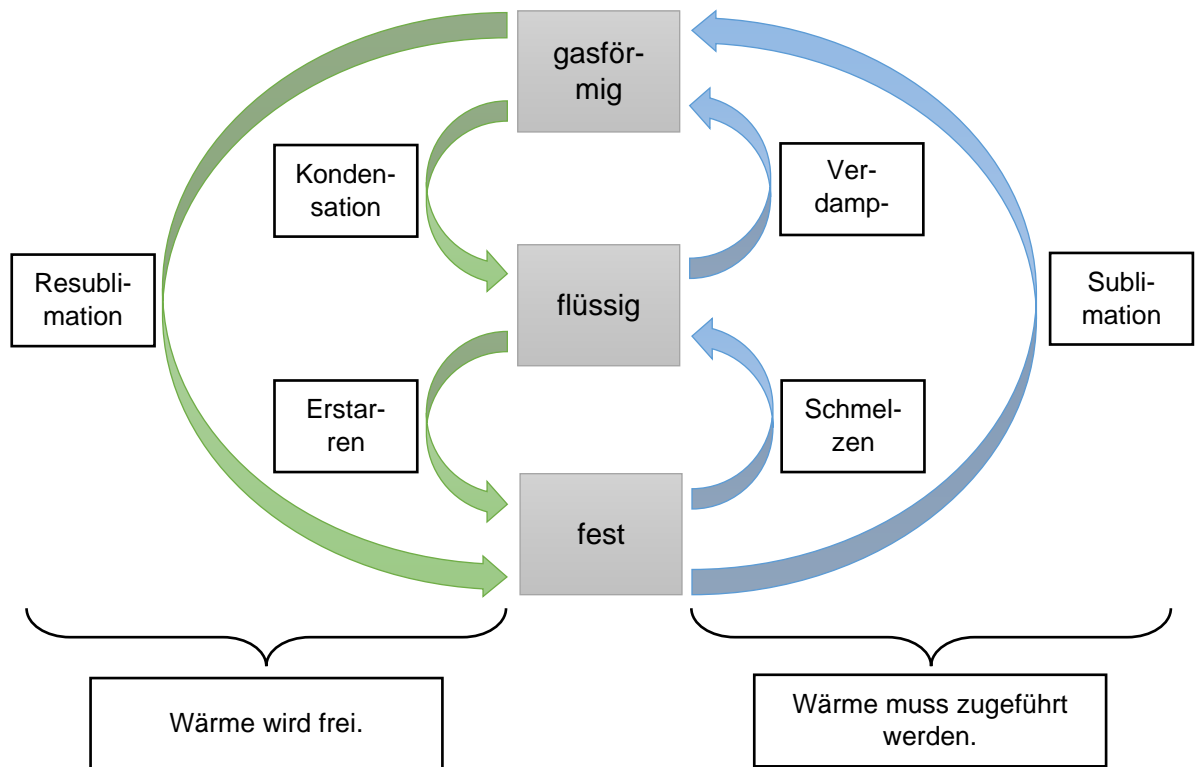


Abbildung 22: Phasenübergänge [eigene Darstellung].

Die Präkonzepte, die SuS zu Wärme Teilchen haben, ist häufig in der Übertragung von makroskopischen Eigenschaften auf den (sub-)molekularen Bereich begründet. So gehen sie von einer zeitlichen Abnahme der Teilchengeschwindigkeit aus, wie sie es von makroskopischen Körpern kennen. Wenn sich dieser bewegt, wirken Reibungskräfte, die zu einer zunehmenden Verlangsamung und schließlich zu dessen Stillstand führen. Das Konzept komplett elastischer Stöße zwischen den Teilchen ist für sie schwer begreiflich. Ebenso vermuten sie häufig, dass sich Luft zwischen den Teilchen befindet. Ein Vakuum, also ein teilchenleerer Raum, ist für sie schwer vorstellbar. Stattdessen übertragen sie ihre Alltagserfahrung, in der Luft den Raum zwischen Körpern ausfüllt, auf den Raum zwischen den Teilchen. Äußerungen, wie bspw. „Teilchen in einem Stoff“, lassen einen gewissen Interpretationsfreiraum, derart, dass SuS annehmen könnten, dass sich zwischen den Teilchen eines Stoffes, dieser in einer verdünnten Form befindet. Dieses Präkonzept wird zusätzlich von ungeeigneten Abbildungen gefördert, in denen Teilchen auf einem farbigen Grund, wie in Abbildung 23, dargestellt sind. SuS haben häufig Schwierigkeiten mit Modellen. Diese werden als „Vorstufe zu einem gesicherten Wissen“, als Folge fehlenden Wissens oder als Vorstellungen von Menschen gedeutet. Sie wollen das Reale dieser Welt erfassen und erkennen Modelle nicht „als gedankliche Hilfsmittel zur Erschließung komplexer Sachverhalte ohne direkten Abbildcharakter der

Realität“ an. Umgekehrt nehmen sie auch häufig an, dass Modelle die Realität eins zu eins abbilden. Dies äußert sich explizit beim Teilchenmodell durch die Annahme, dass es sich bei Teilchen wirklich um kugelförmige Objekte handelt. Auch beim Thema Temperatur und Wärme kann es zu Schwierigkeiten bei den SuS kommen. So schreiben sie der Wärme einen stofflichen Charakter zu, der sich bspw. mittels Luft bewegen kann. Dies wird verstärkt durch im Alltag verwendete Äußerungen wie „Mach das Fenster zu, sonst geht die Wärme raus“. Auch die Verwendung der Wärme in der Alltagssprache kann für SuS zu Problemen im Physikunterricht führen. Hier wird die Wärme gleichgesetzt mit einer als angenehm empfundenen Temperatur eines Körpers. Außerdem nehmen sie an, dass die Temperatur ein Maß darstellt, wie viel Wärme in einem Körper gespeichert ist. Sie verwechseln also die innere Energie, welche den Zustand eines Körpers beschreibt, mit der Prozessenergie Wärme [44, S. 142-150].

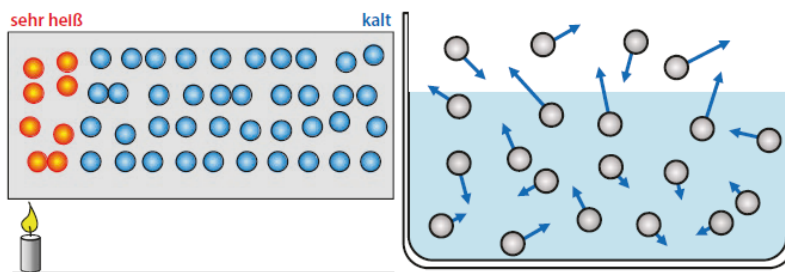


Abbildung 23: Wärmeleitung (links) und Phasenübergang von flüssig zu gasförmig (rechts) als Beispiele für ungeeignete Darstellungen durch farbige Hintergründe [44, S. 146].

Die Inhalte der Thermodynamik sind sehr stark eingebettet in den Alltag der SuS. Dies zeigt sich bspw. durch die in den Medien aufgrund der Klimakrise präsenten Schlagwörter wie „Erderwärmung“ oder „Treibhauseffekt“. Zudem ist die Gegenüberstellung von Temperatur und Wärme nicht nur aus fachlicher, sondern auch aus sprachlicher Sicht interessant. Die Unterrichtseinheit eignet sich zudem, den Nutzen und auch die Grenzen von Modellen aufzuzeigen. Im LehrplanPLUS findet man das Themengebiet der Wärmelehre in der Jahrgangsstufe 9. Dort sind ungefähr 22 Unterrichtsstunden dafür angesetzt, was etwas mehr als einem Viertel der Gesamtstundenzahl im Fach Physik in dieser Jahrgangsstufe entspricht [61].

### 6.6.2 Elementare Planung

Zu Beginn dieser Unterrichtseinheit wird das Arbeitsblatt „Energie und Energiearten“ aus Unterrichtsstunde 6 gemeinsam verbessert. Aus mechanischer Sicht ist damit das

Thema zu Energie, Arbeit und Leistung beendet. Im Rahmen dieser Einheit werden die Energieform bzw. Prozessgröße der Wärme, die Temperatur sowie die Aggregatzustände basierend auf dem Teilchenmodell behandelt.

#### Unterrichtsstunde 8:

Die Unterrichtsstunde beginnt wieder mit der Phase der *Emotionalen Reaktion* und mit einer *Fantasiereise*. Je nachdem, ob winterliche oder sommerliche Verhältnisse herrschen, kann zwischen einer Variante zum Winter oder zum Sommer ausgewählt werden. Die Fantasiereise könnte wie folgt lauten:

*Schließe deine Augen. Mach es dir bequem. Es soll dich nichts drücken. Wenn du magst, kannst du deine Arme und deinen Kopf auch auf den Tisch vor dir legen. [Pause]*

*Wenn du eine bequeme Position gefunden hast, dann konzentriere dich auf deine Atmung. Atme langsam und ruhig. Du spürst, wie du die Luft einatmest. Deine Brust hebt sich. Du spürst, wie du die Luft ausatmest. Deine Brust senkt sich. Ein – und Aus. [Pause]*

*Du spürst, wie deine Arme immer schwerer werden. Sie werden vom Boden angezogen.*

*Du spürst, wie deine Beine und Füße immer schwerer werden. Sie versinken im Boden.*

*Du fühlst dich entspannt. [Pause]*

*Ich nehme dich nun mit auf eine Reise.*

- Variante zum Winter: *Es ist Winter. Du schaust aus dem Fenster und siehst wie der Schnee vom einfallenden Sonnenlicht glitzert. Obwohl die Sonne scheint, haben die Menschen dicke Jacken, Mützen, Schals und Handschuhe an. Du bekommst Lust, nach draußen zu gehen, um ein bisschen frische Luft zu schnappen. Du ziehst dich warm an und gehst spazieren. Jetzt verstehst du, warum die Leute so angezogen sind: Es ist sehr kalt! Trotzdem tut die Luft richtig gut. Mit jedem Atemzug fühlst du dich fitter. [Pause]*

*Du siehst Kinder, die Schneebälle werfen und auch welche, die mit einem Schlitten einen Berg runterfahren. Das sieht nach richtig viel Spaß aus! [Pause]*

*Du gehst weiter. Was siehst du noch alles? [Pause]*

*Irgendwann ist dir selbst mit deiner Jacke kalt und du beschließt wieder heim zu gehen. Dort angekommen, ziehst du dich aus. Obwohl du wieder drinnen bist, ist dir immer noch ganz kalt. Jetzt ein leckerer Tee zum Aufwärmen, das wäre genau das Richtige! Du suchst nach deinem Lieblingstee. Glück gehabt, es ist noch genug für eine Tasse da. Du kochst Wasser und gießt es in die Tasse mit dem Tee. Vielleicht magst du noch Zucker oder Honig dazu? Der Tee riecht richtig*

*gut! Sobald der Tee fertig ist, willst du gleich einen großen Schluck trinken. Du nimmst die Tasse in den Mund und kaum berührt das Wasser deinen Mund – Zack! – hast du dich verbrannt. Aua! Das tut weh! Da hättest du wohl noch ein bisschen warten müssen. Aber warum genau nimmt man eigentlich kochendes Wasser, wenn man einen Tee macht? Man verbrennt sich dabei doch nur den Mund, oder nicht? [Pause]*

- *Variante zum Sommer: Es ist Sommer. Draußen scheint die Sonne und es ist richtig heiß. Du möchtest mit deinen Freunden ans Wasser fahren, um dich abzukühlen. Du darfst entscheiden, wohin ihr geht. Magst du lieber ins Schwimmbad oder an den See? [Pause]*

*Dort angekommen, breitet ihr eure Handtücher aus und legt euch in die Sonne. Es ist richtig schön hier. Du spürst einen kühlen Wind, der dir ins Gesicht streicht. Das tut gut! [Pause]*

*Du beobachtest die Menschen um dich rum. Im Wasser plantschen die Kinder. Das sieht nach richtig viel Spaß aus! [Pause]*

*Du schaust dich weiter um. Was kannst du noch alles sehen? [Pause]*

*Einer deiner Freunde hat selbstgemachten Eistee mitgebracht. Der schaut lecker aus! Du trinkst einen großen Schluck. Das ist richtig erfrischend. Er oder sie erzählt, dass das ganz leicht geht: Man braucht nur ein paar Teebeutel, Zitronen und Zucker. Man muss das Wasser kochen und in ein großes Gefäß gießen. Dann kommen die Teebeutel und der Saft von zwei Zitronen dazu und Zucker so viel man möchte. Anschließend kommt der Tee in den Kühlschrank, er ist ja noch ganz heiß! [Pause]*

*Du nimmst nochmal einen großen Schluck und denkst darüber nach. So einfach geht das also. Aber warum genau nimmt man eigentlich kochendes Wasser, wenn man einen Eistee macht? Man stellt ihn danach doch in den Kühlschrank, oder nicht? [Pause]*

*Es wird nun wieder Zeit, zurückzukehren. Deine Arme, Beine und Füße werden wieder leicht. Bewege sie ein bisschen. Richte dich langsam wieder auf. Schüttle und streck dich, wenn du magst. Wenn du soweit bist, dann öffne deine Augen.*

Durch die Fragen am Schluss der Reise, sollen die SuS dazu animiert werden, sich eigene Vorstellungen zu machen, warum man ausgerechnet kochend heißes Wasser

nimmt, um einen Tee zuzubereiten. Man sollte darauf achten, den SuS genug Zeit dafür zu lassen.

Im Anschluss daran findet die Phase der *Anschlussfähigkeit* statt. Dafür kann wieder ein *Brainstorming* verwendet werden. Die SuS stellen ihre Vorschläge an der Tafel durch das Schreiben von Zetteln vor. Diese können bspw. in folgende Richtung: aus hygienischen Gründen zur Keimabtötung, zur vollen Aromaentfaltung, zum schnelleren Teeziehen usw. Falls der letzte Punkt nicht genannt wird, kann die Lehrkraft durch die Frage „Warum nimmt man nicht kochendes Wasser, das bereits abgekühlt ist?“ einen Impuls geben. Trotzdem sollte durch die Lehrkraft betont werden, dass es mehrere richtige Antworten auf diese Frage gibt, wie z. B. die oben genannten Gründe.

Im Anschluss beginnt die *Hypothesenbildung*. Dies kann geschehen, indem das *Brainstorming* fortgeführt wird. In der vorherigen Phase wurde auf die Hypothese, dass je höher die Temperatur des Wassers ist, desto schneller zieht der Tee, hingearbeitet. Diese sollte aber explizit von den SuS formuliert werden. Die Lehrkraft gibt nur kleine Impulse und tritt sonst in die Rolle des Beobachters. Auch Ideen der SuS, wie es dazu kommen könnte, sollen an der Tafel gesammelt werden. Die SuS sollen sich im Folgenden überlegen, mit welchem Experiment man ihre Hypothese überprüfen kann.

In der *Lösungsphase* sollen die SuS sich in Gruppen aufteilen. Die Gruppenstärke dürfen sie selbst bestimmen. Für die Raumaufteilung bieten sich wieder Gruppentische an. Die Lehrkraft stellt einen großzügig ausgestatteten Materialtisch zur Verfügung, der für alle gut zugänglich ist. Als Teesorte wird z. B. Früchtetee bereitgestellt, dessen Diffusion im Wasser gut beobachtbar ist. Beispielhaft könnte das Experiment so aussehen, dass mehrere durchsichtige Gefäße mit der gleichen Menge Wasser, welches aber unterschiedliche Temperaturen hat, gefüllt werden. Diese werden mit Thermometern gemessen. Anschließend werden die Teebeutel hinzugegeben und mithilfe einer Stoppuhr die Zeiten gemessen, die der Tee braucht um sich komplett im Wasser zu verteilen. Die SuS fertigen zu diesem Experiment ein Protokoll an. Dabei müssen sie sich Fragen stellen, wie z. B.:

- Wie viel Wasser muss man nehmen?
- Bei welchen Gefäßen sieht man die Verteilung der Teeteilchen am besten?
- Welche Temperaturen eignen sich für das Experiment?

Hier erfolgen Aushandlungsprozesse innerhalb der Gruppen. Anschließend dürfen die Gruppen ihre Experimente vorstellen. Die SuS reflektieren die Experimente. Dabei sollen

sie nennen, welche Punkte sie als besonders gelungen empfinden und was sie noch verbessern würden. Die Lehrkraft hält sich aus dieser Reflexion heraus, hält aber die angebrachten Punkte schriftlich z. B. an der Tafel fest. Anschließend können die SuS die Punkte übertragen, entweder durch Abschreiben oder Abfotografieren.

In der *Anwendungsphase*, die wieder in Form eines Arbeitsblattes stattfindet, sollen die SuS auf Basis der Reflexionen zu den Experimenten ein neues Experiment entwickeln und dieses protokollieren (s. Anhang C – 5). Dies geschieht auf der Vorderseite des Arbeitsblattes unter den Punkten *Vermutung*, *Aufbau*, *Durchführung* und *Beobachtungen*. Es werden keine Sprachhilfen gestellt. Auf der Rückseite befindet sich der Punkt *Auswertung*. In dieser wird in Form eines Lückentextes die Erklärung dieses Phänomens auf Basis des Teilchenmodells geliefert.

### Unterrichtsstunde 9:

Für das Hervorrufen einer *emotionalen Reaktion* kommt die Lehrkraft in Sportkleidung und verschwitzt in das Klassenzimmer. Der Schweiß kann dabei durch das Betupfen des Körpers imitiert werden. Er bzw. sie hat eine Kühlbox dabei. Darin befindet sich eine ungeöffnete Flasche Mineralwasser mit Kohlensäure, die zuvor circa 2,5 h lang im Gefrierfach bei knapp unter 0° C lag. Es ist wichtig, dass das Wasser noch flüssig ist und nicht viel Zeit zwischen Herausnehmen aus dem Gefrierfach und den Beginn der Unterrichtsstunde liegt. Anschließend erzählt die Lehrkraft von einer anstrengenden sportlichen Tätigkeit, die er bzw. sie gerade ausgeübt hat. Die Lehrkraft erzählt weiter, dass er bzw. sie sich extra eine Flasche Mineralwasser in das Kühlfach gelegt hat, um sich nach dem Sport abzukühlen. Die Lehrkraft positioniert sich und die Kühlbox so, dass alle SuS diese gut sehen können. Anschließend nimmt er bzw. sie die Flasche aus der Kühlbox, hebt die Wasserflasche hoch, sodass alle SuS sehen können, dass das Wasser noch flüssig ist. Dies sollte nicht künstlich wirken. Nach dem Öffnen der Wasserflasche gefriert das Wasser schlagartig. Grund dafür ist der in der ungeöffneten Flasche herrschende Druck. Dieser wird durch das „Pressen“ der Gase in das Wasser hervorgerufen, deswegen ist für diesen Versuch auch ein Mineralwasser mit Kohlensäure nötig. Durch diesen Druck sinkt der Schmelz- bzw. Gefrierpunkt von Wasser in einen Bereich unterhalb der Nullgradgrenze, wodurch es nach circa 2,5 h auf knapp unter 0° C abgekühlt ist, aber trotzdem nicht gefriert. Das Herstellen von Normaldruck durch das Öffnen der Flasche sorgt für ein abruptes Anheben dieses Schmelzpunktes auf 0° C, wodurch das Wasser schlagartig gefriert [64]. Dieser Effekt soll bei den SuS für einen Überraschungsmoment sorgen, der Neugierde hervorruft. Es findet vor dieser Phase keine Vorstellung der



Protokolle statt, die als Hausaufgabe anzufertigen waren. Dies würde die Authentizität der Situation reduzieren, in die der Versuch eingebettet ist. Stattdessen könnte die Lehrkraft am Ende der Unterrichtsstunde die Protokolle einsammeln und korrigieren.

In der Phase der *Anschlussfähigkeit* treffen sich die SuS wieder zu einem *Brainstorming* an der Tafel. Sie sollen dabei Ideen festhalten, in welchen Situationen sich ähnliche Phänomene zutragen könnten. Hier können dann Beispiele auf Zetteln an der Tafel gesammelt werden, wie bspw. das Verdampfen von Wasser beim Kochen, das Schmelzen von Metallen oder Kunststoffen um ihre Form zu verändern, das Abkühlen von Gasen unter ihren Schmelzpunkt, sodass sie leichter zu transportieren sind, usw. Die Lehrkraft kann dabei kleine Impulse geben, um eigene Ideen bei den SuS hervorzurufen. Die SuS können auf Basis ihrer Alltagserfahrungen und des Brainstormings drei unterschiedliche Zustände ausmachen, in denen sich Materie befinden kann. Es können Fachbegriffe durch die SuS genannt werden, aber es stellt kein Muss dar. Die Lehrkraft kann dies durch ein Tafelbild machen, das ähnlich wie es in Abbildung 22 dargestellt ist, die drei Aggregatzustände und ihre Übergänge schematisch darstellt. Es sollte aber oberhalb der Kästen, in denen die verschiedenen Phasen stehen, der Fachbegriff „Aggregatzustand“ ergänzt werden und die Anmerkungen zur Wärme entfernt werden. Die zuvor abgehängten Zettel mit den Beispielen der SuS können nun in das Tafelbild integriert werden. Dies sollte durch die SuS geschehen.

Während der *Hypothesenbildung* und *Lösungsfindung* sollen die SuS sich auf Basis ihres Vorwissens aus der letzten Stunde ein Modell überlegen, wie die Aggregatzustände und ihre Änderungen zu erklären sind. Dafür kann ein *Rollenspiel* eingesetzt werden, in dem die SuS als Teilchen auftreten sollen. Zur Vorwissensaktivierung ein kurzes *Brainstorming*. Die Klasse wird für das Rollenspiel in zwei Hälften aufgeteilt. Nun geschehen wieder eine Reihe von Aushandlungsprozessen zwischen den SuS über bspw. die Rollenverteilungen, das Verhalten der Teilchen, die Aufteilung des Raumes, in dem sich die Teilchen befinden usw. Die Lehrkraft nimmt hierfür wieder eine beobachtende Rolle ein. Er bzw. sie berät nur auf Wunsch der SuS und nur durch das Geben von Impulsen, so dass eine von den Schülern entworfene Lösung entsteht. Sind die Gruppen soweit, werden die Schülermodelle vorgestellt. Die jeweils andere Gruppe beobachtet das vorgestellte Modell und reflektiert es anschließend gemeinsam mit der vorstellenden Gruppe. Für diese Phasen des Unterrichts sollten die Tische an den Rand des Klassenzimmers geschoben werden, um ausreichende Platzverhältnisse zu schaffen.



In der *Anwendungsphase* erhalten die SuS wieder ein Arbeitsblatt (s. Anhang C – 3). Dieses soll zu Hause bearbeitet werden, damit dem Rollenspiel im Unterricht genug Zeit eingeräumt werden kann. Es besteht aus einer Tabelle, die Informationen in Form von knappen Stichpunkten über die einzelnen Aggregatzustände, ihre Änderungen und ihre Einbettung in das Teilchenmodell enthält. Auf dieser Basis sollen die SuS nun eigene Texte auf der Rückseite entwerfen.

#### Unterrichtsstunde 10:

Zu Beginn dieser Unterrichtsstunde dürfen die SuS ihre Texte zum Arbeitsblatt „Aggregatzustände und Teilchenmodell“ vorlesen. Im Anschluss daran beginnt die Unterrichtsphase *Anschlussfähigkeit*. Dafür zeigt die Lehrkraft der Klasse Abbildung 24 und fragt sie, was sie davon halten [65, 66]. Hier sollte eine offene Fragestellung erfolgen, damit die SuS angehalten sind, umfangreichere Antworten zu liefern. Damit wird versucht, während dieser repräsentativen Handlungsebene eine zumindest sprachlich tiefere Auseinandersetzung hervorzurufen. Falls die Lehrkraft im Besitz eines mobilen Backofens ist, kann das Bild durch diesen und einen Topf mit kochend heißem Wasser ersetzt werden. Die Lehrkraft kann nun so tun, als würde sie die Hand in den Ofen bzw. das Wasser stecken und die Reaktionen der SuS mit ihnen gemeinsam reflektieren.



Abbildung 24: Hände im eingeschalteten Backofen (links) und in kochendem Wasser (rechts) [65, 66].

Im Anschluss daran sollen die SuS in der Phase der *emotionalen Reaktion* erzählen, woran sie sich schon verbrannt haben und woran man sich allgemein verbrennen kann. Dies geschieht wieder in einer Situation ähnlich zum *Brainstorming*. Die SuS halten die Substanzen auf Zetteln fest und heften sie an die Tafel. Sind die SuS fertig, werden sie durch die Lehrkraft angewiesen, die Gegenstände nach ihren Aggregatzuständen zu

ordnen. Hierbei fällt auf, dass sich die SuS eher an Festkörpern und Flüssigkeiten verbrennen, als an Gasen.

Die Phase der *Hypothesenbildung* wird mit der Frage eingeleitet, woran dies liegt. Ihre Vermutung dazu sollen die SuS auf dem zuvor ausgeteilten Arbeitsblatt „Protokolltitel: Temperaturen in Reagenzgläsern“ (s. Anhang C – 3) festhalten. Anschließend führen sie das auf diesem Arbeitsblatt beschriebene Experiment in Gruppen durch. Die Gruppengröße sollte dem Materialvorrat der Schule angepasst sein, aber nicht eine Anzahl von insgesamt vier SuS übersteigen. Im Experiment werden zwei Reagenzgläser jeweils mit Wasser und mit Luft (durch einfaches Verschließen des Glases) gefüllt und mit einem Stopfen verschlossen, durch den man ein Thermometer einführen kann. Die Öffnung wird mit Knete abgedichtet. Die Reagenzgläser werden mithilfe von Stativen über zwei ähnlichen Teelichtern auf gleicher Höhe befestigt. Anschließend werden die Teelichter möglichst zeitgleich entzündet und die Temperaturentwicklung mithilfe einer Stoppuhr zeitlich festgehalten [67]. Dafür dient eine Tabelle, in der die SuS ihre Werte eintragen können.

Für die Auswertung und die darin enthaltene Erklärung zu dem Versuch, können die SuS in der *Lösungsphase* auf gestufte Hilfen in Form von Hilfskarten zurückgreifen, indem bspw. folgende Fragen beantwortet werden:

1. Was kann man über die Teilchenmenge in dem Reagenzglas mit Luft im Vergleich zu dem Reagenzglas mit Wasser?
2. Warum ändert sich überhaupt die Temperatur in den Reagenzgläsern?
3. In welchem Reagenzglas kann mehr Wärme auf ein Teilchen übertragen werden?

Auf der Rückseite der Karten befinden sich die dazugehörigen Antworten:

1. Luft ist gasförmig und Wasser ist flüssig. Der Abstand zwischen den Teilchen in Gasen ist größer als der Abstand zwischen den Teilchen im Wasser. Deswegen befinden sich in dem Reagenzglas mit Luft weniger Teilchen als in dem Reagenzglas mit Wasser.
2. Die Temperaturen in den Reagenzgläsern ändern sich, weil durch die brennenden Teelichter Wärme(-energie) an die Teilchen übertragen wird.
3. In dem Reagenzglas mit Luft befinden sich weniger Teilchen. Auf ein Luftteilchen kann also mehr Energie übertragen werden als auf ein Wasserteilchen. Die

innere Energie der Teilchen steigt. Die Temperatur des Reagenzglases mit Luft erhöht sich also schneller.

Anhand des kleinen Fragekataloges können die SuS selber entscheiden, wie viele Hilfen sie in Anspruch nehmen. Am Schluss können die SuS entweder die Antworten aneinanderfügen und dadurch eine Lösung erhalten oder sie entwerfen einen eigenen Antworttext auf Basis der gegebenen Antworten. Am Schluss dieser Phase können die SuS ihre Texte vorstellen.

In der *Anwendungsphase* bearbeiten die SuS wieder ein Arbeitsblatt (s. Anhang C – 3). Dieses geht näher auf den Unterschied zwischen den Größen der Temperatur und Wärme ein. Dabei werden insbesondere auch der fachsprachliche Gebrauch gegenübergestellt mit dem Alltagsgebrauch, indem die SuS Aussagen, die im Alltag oder im Physikunterricht fallen, den beiden verschiedenen Verwendungskontexten zuordnen sollen.

### 6.6.3 Diskussion

Auch die Unterrichtsmethoden dieser Einheit werden wieder aus konstruktivistischer und sprachsensibler Sicht beleuchtet.

Die *Fantasiereise* zu Beginn der Unterrichtsstunde 8 soll Imaginationen hervorrufen. Durch den großen Alltagsbezug der beschriebenen Situationen, wird sichergestellt, dass das Thema anschlussfähig ist. Die rhetorischen Fragen gegen Schluss der Reise, direkt vor der Rückkehr in das Klassenzimmer sollen eine emotionale Reaktion in Form eines inneren Konfliktes auslösen. Intuitiv macht es zunächst keinen Sinn, ein Getränk erst stark zu erhitzen, nur um dann zu warten, bis es wieder abgekühlt ist. Dies soll einen Anreiz schaffen, ein doch alltägliches Phänomen näher und aus fachlicher Sicht zu betrachten. Eigentlich sollten Fantasiereisen so konzipiert sein, dass sie positive Emotionen hervorrufen. Dies ist in der Wintervariante der Reise nicht gegeben. Es wird bewusst die Vorstellung von Schmerz hervorgerufen, um den inneren Konflikt zu verschärfen. Wie bereits zuvor beschrieben, ist es aus konstruktivistischer Sicht wichtig, imaginäres Lernen zu fördern. Das Sprachniveau beider Varianten ist laut RATTE angemessen (s. Anhang D – 5).

Das *Experimentieren* in Unterrichtsstunde 8 versucht die SuS dazu zu bewegen, ihre Vorgehensweisen zu reflektieren und anzupassen, um die Vermutung bestmöglich zu überprüfen. Diese Vorgehensweisen müssen sie vor den Gruppenmitgliedern

rechtfertigen und sie müssen auch zu Kompromissen bereit sein. Das fördert ein diskursives, kommunikatives und kooperatives Lernen. Das Feedback, das die Gruppen zu ihren Experimenten erhalten, dient dazu, ein optimales Experiment zu finden. Dieses wird damit nicht von der Lehrkraft vorgegeben, sondern gemeinsam in der Klasse erarbeitet. Dies ist im Sinne eines konstruktivistischen Unterrichts, der fordert, dass das Lernprodukt durch die SuS erbracht wird und nicht durch die Lehrkraft. Dass die SuS basierend auf diesen Reflexionen, die die Lehrkraft in Form von Stichpunkten festhält, ein eigenes Protokoll, bis auf die Auswertung, schreiben, soll die sprachlichen Kompetenzen fördern. Dadurch, dass die SuS mittlerweile vertraut sind mit dem Anfertigen von Protokollen und der Kurs an dieser Stelle schon fortgeschritten ist, werden hierfür keine Sprachhilfen mehr angeboten. Da es sich bei der Rückseite dieses Arbeitsblattes um die Einführung eines neu hinzugekommenen Inhalts handelt, wird, ganz im Sinne eines sprachsensiblen Unterrichts, die sprachliche Produktion durch die SuS reduziert und ein Lückentext angeboten. Dieser weist laut RATTE ein angemessenes Sprachniveau auf (s. Anhang D – 5).

In Unterrichtsstunde 9 sorgt das plötzliche Erstarren des Mineralwassers beim Öffnen der Flasche für einen Überraschungsmoment und Erstaunen bei den SuS. Dies soll Motivation schaffen, sich mit den physikalischen Hintergründen, die zu einer Änderung der Aggregatzustände führen, zu beschäftigen. Das *Rollenspiel* versucht imaginäres und gleichzeitig auch diskursives, kommunikatives und kooperatives Lernen zu fördern. Durch diese Methode werden die Inhalte und Vorstellungen darüber in einen handelnden Kontext eingebettet, was zu einer tiefgreifenderen Auseinandersetzung mit diesen führt. Das zugehörige Arbeitsblatt ist dabei so formuliert, dass die Schülermodelle nicht entwertet werden. Das Ausformulieren von Stichpunkten wurde bereits in der vorherigen Unterrichtsstunde behandelt und wird nun in seiner Schwierigkeit gesteigert. Trotz der Vorgaben in der Tabelle können die SuS noch kreativ in Bezug auf die Formulierungen und die Gestaltung und Struktur des Textes werden.

Die Herstellung der Anschlussfähigkeit zu Beginn der Unterrichtsstunde 10 sollte bei Möglichkeit durch das Mitbringen der erwähnten Materialien geschehen. Repräsentationen, besonders solche, die keinen Handlungs- und Beziehungskontext bieten, sind, wie bereits öfters erwähnt, so weit wie möglich zu vermeiden. In dem darauffolgenden *Brainstorming* wird nach den Emotionen und Erinnerungen der SuS gefragt. Diese sind nun Gegenstand des Unterrichts. Dadurch kann erreicht werden, dass die SuS eine Beziehung zu den Inhalten aufbauen und sie sich in ihrer Person wertgeschätzt fühlen. Ihre Ideen dazu, woran man sich verbrennen kann, dienen dem Herausbilden einer

Hypothese. Auf dem zugehörigen Arbeitsblatt findet bewusst eine Gegenüberstellung der Größen Temperatur und Wärme in Bezug auf die Bedeutung in der Alltags- und der Fachsprache statt. Hier sollen die SuS nicht nur den Unterschied lernen, sondern auch ihre eigene Sprache nochmals auf eine angemessene Nutzung reflektieren. Der vorangehende Lückentext befindet sich laut RATTE auf einem angemessenen sprachlichen Level (s. Anhang D – 5).

## 6.7 Unterrichtsstunde 11 und 12: Grundlagen der Elektrizität

### 6.7.1 Sachanalyse, Schülervorstellungen und Themenbegründung

In dieser Unterrichtseinheit dürfen sich die SuS mit den Grundlagen der Elektrizität befassen. Einer der Gründerväter der USA Benjamin Franklin, der gleichzeitig Wissenschaftler war, befasste sich im 18. Jahrhundert mit den elektrischen Ladungen. Dafür rieb er ein Fell an einem Glasstab und hing den Stab frei beweglich auf. Näherte er sich mit einem weiteren Glasstab, den er zuvor ebenfalls an einem Fell rieb, beobachtete er, dass sich der frei bewegliche Glasstab von dem anderen entfernte. Das gleiche Experiment führte er mit zwei Bernsteinen durch, wobei es zum gleichen Experimentausgang, nämlich dem Vorhandensein einer abstoßenden Kraft kam. Näherte er jedoch Glasstab und Bernstein einander, beobachtete er eine anziehende Kraft, die beiden Körper zogen sich an. Daraus schlussfolgerte er, dass es zwei verschiedene Arten von Ladungen gibt. Die Zuschreibung der Ladungen erfolgte willkürlich: Die Ladung, die sich auf dem Glasstab befand wird positiv und die Ladung auf dem Bernsteinstück negativ bezeichnet. Der Grund für dieses Phänomen, das man Reibungselektrizität nennt, konnte erst später geklärt werden [68]. Dabei bewirkt das Reiben, dass die Ladungen, nämlich die Elektronen, von einem Objekt auf ein anderes übertragen werden. Man spricht von einer Ladungstrennung. Den Körper, auf dem ein Elektronenüberschuss herrscht, nennt man negativ geladen und den anderen Körper, also dem auf dem ein Elektronenmangel herrscht, bezeichnet man als positiv geladen. Man wies der Ladung das Formelzeichen  $Q$  und die SI-Einheit Coulomb zu:

$$[Q] = 1 \text{ C.}$$

Die Ladung ist dabei eine Erhaltungsgröße, das heißt, dass sie weder erzeugt noch vernichtet werden kann. Die Anzahl der Elektronen, die auf den negativ geladenen Körper übertragen werden, entspricht der Anzahl der Elektronen, die dem positiv geladenen

Körper fehlen. Bringt man beide Körper in die Nähe voneinander, gleichen sich Elektronenüberschuss und -mangel aus und die Körper weisen nach außen hin keine Ladung mehr auf. Man sagt, dass sie neutral sind bzw. ihre effektive Ladung Null ist. Alle experimentell nachgewiesenen Ladungen sind Vielfache der sogenannten Elementarladung  $e$ . Bei Protonen ist es  $+e$  und bei Elektronen  $-e$ . Alle Ladungen  $q$  lassen sich demnach folgendermaßen darstellen:

$$q = n \cdot e$$

mit  $n \in \mathbb{Z}$ . Der Wert von  $e$  wird dabei häufig auf drei Nachkommastellen gerundet,

$$e \approx 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

ist experimentell aber schon auf viele Nachkommastellen genau bestimmt worden. Man unterscheidet Materialien danach, ob sich in ihnen Elektronen frei bewegen können oder nicht. Diese frei beweglichen Elektronen bezeichnet man als Leitungselektronen. Dabei sind elektrische Leiter jene Materialien, in denen Leitungselektronen gibt, wie z. B. Metalle, und Nichtleiter jene, in denen es keine Leitungselektronen gibt, bspw. Kunststoffe. Nähert man einen positiv geladenen Körper einer ungeladenen elektrisch leitfähigen Kugel, die eine zweite ebenfalls ungeladene elektrisch leitfähige Kugel berührt, wie in Abbildung 25 dargestellt, so beobachtet man, dass sich die Leitungselektronen an der Kugel sammeln, die sich näher an diesem positiv geladenen Körper befindet. Diese Kugel ist nun negativ geladen, während die andere positiv geladen ist (s. Abbildung 25 (a)). Trennt man nun beide Kugeln, wobei der positiv geladene Körper sich immer noch in der Nähe der negativ geladenen Kugel befindet (s. Abbildung 25 (b)), so bleibt eine dauerhafte Ladungstrennung bestehen (s. Abbildung 25 (c)).

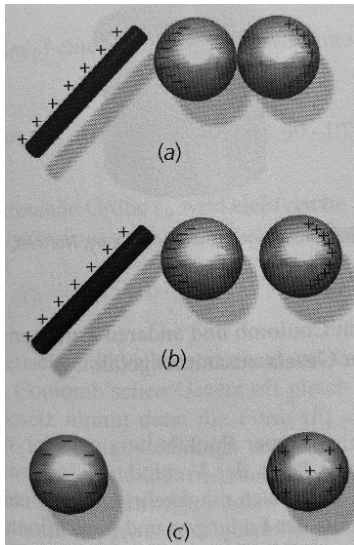


Abbildung 25: Aufladen zweier ungeladener Kugeln durch Influenz [63, S. 655].

Man kann Leiter also nicht nur durch Reiben aufladen, sondern auch durch die sogenannte Influenz [63, S. 652-655].

Eine Ladung  $q_1$  übt auf eine andere Ladung  $q_2$  im Abstand  $r$  eine Kraft  $\vec{F}$  aus, die entlang ihrer Verbindungslinie wirkt. Man bezeichnet sie als die Coulombkraft, wobei ihr Betrag durch die Gleichung

$$|\vec{F}| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

berechnet werden kann.  $\epsilon_0$  ist dabei die elektrische Feldkonstante. In vektorieller Form lautet die Gleichung für  $\vec{F}$ :

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{e}_r$$

mit dem normierten Vektor  $\vec{e}_r$  parallel zur Verbindungslinie zwischen den beiden Ladungen. Diese Gleichung deckt sich auch mit den Beobachtungen: Haben  $q_1$  und  $q_2$  das gleiche Vorzeichen, ist die wirkende Kraft positiv und sie stoßen sich ab. Haben  $q_1$  und  $q_2$  unterschiedliche Vorzeichen, ist diese Kraft negativ und sie ziehen sich an. Wirken viele Ladungen aufeinander, so übt jede dieser einzelnen Ladungen auf alle anderen eine Kraft aus. Die resultierende Kraft ist dabei die vektorielle Summe aller dieser Kräfte [63, S. 656-659].

Coulombkräfte durch Ladungen beeinflussen den Raum um sie herum. Um diese Wirkung beschreiben zu können, bedient man sich des sogenannten elektrischen Feldes  $\vec{E}$ ,



ähnlich zum Magnetfeld hervorgerufen durch magnetische Kräfte. Man bringt eine kleine positive Probeladung  $q_0$ , deren Coulombkraft vernachlässigbar klein ist, in den Raum, der von elektrischen Ladungen beeinflusst wird. An jedem Punkt in diesem Raum wirkt eine Kraft auf  $q_0$  und das elektrische Feld  $\vec{E}$  ist definiert als

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}.$$

Seine Einheit ist der Quotient aus Newton durch Coulomb:

$$[\vec{E}] = 1 \frac{\text{N}}{\text{C}}.$$

Eine einzelne Punktladung  $q$  ruft folgende elektrisches Feld  $\vec{E}$  hervor:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \vec{e}_r.$$

Die Probeladung  $q_0$  befindet sich dabei im Abstand  $r$  von der Ladung  $q$  entfernt und  $\vec{e}_r$  beschreibt wieder den normierten Verbindungsvektor zwischen diesen beiden Ladungen. Bei mehreren Punktladungen addieren sich die durch jede Ladung hervorgerufenen elektrischen Felder vektoriell zu einem resultierenden elektrischen Feld [63, 662f.].

Die Coulombkraft  $\vec{F}$  und das elektrische Feld  $\vec{E}$  sind vom Abstand der Probeladung  $q_0$  zu der betrachteten Punktladung  $q$  abhängig. Verschiebt man  $q_0$  um  $d\vec{s}$ , so ändert sich auch die potentielle Energie  $E_{pot}$ . Für diese gilt:

$$dE_{pot} = -q_0 \vec{E} \cdot d\vec{s}.$$

Damit ist die Änderung  $E_{pot}$  abhängig von der betrachteten Probeladung  $q_0$ . Daraus lässt sich die Größe der Potentialdifferenz  $d\phi$  herleiten, die die Änderung von  $E_{pot}$  pro Ladungseinheit beschreibt:

$$d\phi = \frac{dE_{pot}}{q_0} = -\vec{E} \cdot d\vec{s}.$$

Wird die Ladung von Punkt  $a$  nach Punkt  $b$  verschoben, gilt dementsprechend:

$$\Delta\phi = \phi_b - \phi_a = \frac{\Delta E_{pot}}{q_0} = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{s}.$$

$\phi$  ist dabei das sogenannte elektrische Potential, einer lokalen Eigenschaft eines Punktes im Raum [63, S. 726].  $\Delta\phi$  zwischen  $a$  und  $b$  wird als die Spannung  $U$  bezeichnet, deren SI-Einheit das Volt ist:



$$[U] = 1\text{V}.$$

Betrachtet werden nun Ladungen, die Elektronen, die sich in einem elektrischen Leiter bewegen. Die Rate, mit der Ladungsträger  $\Delta q$  eine Fläche  $A$  in einem Zeitintervall  $\Delta t$  durchsetzen, wird als elektrischer Strom  $I$  bezeichnet:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}.$$

Seine SI-Einheit ist das Ampere, welches definitionsgemäß auch als Quotient von Coulomb durch Sekunde geschrieben werden kann:

$$[I] = 1\text{ A} = 1 \frac{\text{C}}{\text{s}}.$$

Demzufolge sind elektrische Leiter solche Materialien, in denen ein elektrischer Strom fließen kann, während in Nichtleitern keiner fließt. Die Elektronen fließen in einem metallischen Leiter entgegen der Richtung des elektrischen Feldes und in Richtung des abfallenden Potentials. Es kommt zu Wechselwirkungen mit den Ionen an den Gitterplätzen, welche um diese schwingen, woraus eine Abbremsung der Elektronen im Leiter resultiert. Das Verhältnis zwischen der Spannung  $U$  und dem elektrischen Strom  $I$  wird Widerstand  $R$  genannt, dessen SI-Einheit das Ohm ist:

$$R = \frac{U}{I}$$

mit

$$[R] = 1\ \Omega = 1 \frac{\text{V}}{\text{A}}.$$

Diese Gleichung gilt für jeden elektrischen Leiter. In vielen Stoffen ist der Widerstand bei konstanter Temperatur unabhängig von elektrischem Strom  $I$  und der Spannung  $U$ . Solche Widerstände nennt man Ohmsche Widerstände, sie gehorchen dem Ohmschen Gesetz:

$$U = R \cdot I, R = \text{const.}$$

In Ohmschen Widerständen sind  $U$  und  $I$  also direkt proportional zueinander mit der Proportionalitätskonstante  $R$ . Um einen zeitlich konstanten elektrischen Strom in einem Leiter hervorzurufen, sind Spannungsquellen nötig. Sie sind Energiewandler und wandeln chemische oder mechanische Energie in elektrische um. Durch Spannungsquellen wird Arbeit am System, dem sogenannten Stromkreis, verrichtet, sodass es zu einer Erhöhung der elektrischen Energie im System kommt. Im Stromkreis sind Leiterstücke mit

den Polen (+) und (–) der Spannungsquelle verbunden. Der Stromkreis muss dabei geschlossen sein, damit ein elektrischer Strom fließen kann. Ist er offen, fließt kein Strom. Die an einem Stromkreis anliegende Spannung, hervorgerufen durch die Spannungsquelle, heißt Quellenspannung, die häufig auch das Formelzeichen  $U$  erhält. Der Elektronenfluss erfolgt vom (–)-Pol zum (+)-Pol. In einer idealen Spannungsquelle stimmen Quellenspannung und die Potenzialdifferenz zwischen den beiden Polen, die Klemmspannung  $U_K$ , der Quelle überein. In realen Spannungsquellen stimmen Klemm- und Quellenspannung nicht überein. Modellhaft kann dies dadurch erklärt werden, dass eine reale Spannungsquelle eine Kombination aus einer idealen Spannungsquelle und einem Widerstand, dem Innenwiderstand  $R_i$ , besteht. Der mathematische Zusammenhang lautet:

$$U_K = U - R_i \cdot I.$$

In einem Stromkreis können zwei Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  auf zwei unterschiedliche Arten miteinander verbunden sein: Durch eine Reihen- oder eine Parallelschaltung. Fließt durch beide Widerstände der gleiche Strom  $I$ , kann der Spannungsabfall  $U$  folgendermaßen berechnet werden:

$$U = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I = (R_1 + R_2) \cdot I,$$

mit

$$I = I_1 = I_2.$$

$R_1$  und  $R_2$  können laut dieser Gleichung durch einen Gesamt- bzw. Ersatzwiderstand  $R$  ersetzt werden:

$$R = R_1 + R_2.$$

Allgemein gilt für  $n$  in Reihe geschaltete Widerstände  $R_i$ , mit  $1 \leq i \leq n$ :

$$R = \sum_{i=1}^n R_i.$$

In einer Parallelschaltung zweier Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  teilt sich der elektrische Strom  $I$  in  $I_1$  und  $I_2$  auf.  $I_1$  fließt dabei durch den Widerstand  $R_1$  und  $I_2$  durch  $R_2$ . Es gilt:

$$I = I_1 + I_2.$$

Für die an jedem Widerstand und dem Ersatzwiderstand  $R$  abfallende Spannung  $U$  gilt:

$$U = R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2 = R \cdot I.$$

Damit folgt:

$$I = I_1 + I_2 = \frac{1}{(R_1 + R_2)} \cdot U = \frac{1}{R} \cdot U.$$

Der Gesamtwiderstand  $R$  kann also folgendermaßen berechnet werden:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{(R_1 + R_2)}.$$

Allgemein gilt für  $n$  parallel geschaltete Widerstände  $R_i$ , mit  $1 \leq i \leq n$ :

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}.$$

Die Beziehung  $I = I_1 + I_2$  folgt aus der sogenannten Knotenregel, die genauso wie die Maschenregel zu den Kirchhoffschen Regeln gehört. Diese besagen:

- Knotenregel: „Die Summe aller Ströme, die zu einem Verzweigungspunkt (einem ‚Knoten‘) in einem Stromkreis hinfließen, ist gleich der Summe aller Ströme, die von diesem Knoten wegfließen“.
- Maschenregel: „Beim Durchlaufen einer geschlossenen Schleife (einer ‚Masche‘) eines Stromkreises ist die Summe aller Spannungen gleich Null“.

Mithilfe der Kirchhoffschen Regeln in Kombination mit den Regeln für Reihen- und Parallelschaltungen lassen sich viele Widerstände, auch in kompliziert aufgebauten Stromkreisen, auf einen einfachen Stromkreis mit einem Ersatzwiderstand reduzieren. Aus diesen Regeln lässt sich ebenfalls schlussfolgern, wie die Größen des elektrischen Stroms  $I$  und der Potenzialdifferenz/Spannung  $U$  in einem einfachen Stromkreis gemessen werden müssen. Dafür verwendet man ein Amperemeter bzw. ein Voltmeter. Oft sind diese Messgeräte in einem Multimeter vereint. Da in einer Reihenschaltung von Widerständen der elektrische Strom, der durch einen jeden Widerstand fließt, gleich groß ist, wird ein Amperemeter in Reihe geschaltet. Ein Voltmeter, das die Potentialdifferenz zwischen zwei Stellen des Stromkreises messen soll, wird parallel zu diesen geschaltet [63, S. 800-828].

Die beschriebenen Größen sind aufgrund ihrer Abstraktheit für die nicht immer leicht zu fassen. So stellen sie häufig einen Zusammenhang zwischen der Spannung und dem elektrischen Strom dar, derart her, dass das eine ohne das andere nicht vorhanden sein kann. Dies ist oft der Tatsache geschuldet, dass sich SuS die Größe der Spannung nicht vorstellen können. Zudem vermuten sie hinter Spannungsquellen Lieferanten eines

konstanten Stroms. Sie erkennen keinen Zusammenhang zwischen den Widerständen in dem Stromkreis und der Stromstärke. Darin zeigt sich eine weitere Schülervorstellung, nämlich die, dass die SuS häufig Stromkreise lokal betrachten und nicht als ganzes System. Ihrer Ansicht nach können die Elektronen, welche durch den Leiter fließen, nicht „wissen“, was vor oder hinter ihnen geschieht. Dies ruft häufig Probleme bei der Untersuchung von Widerständen in Reihen- oder Parallelschaltung hervor. Elektrischer Strom wird außerdem häufig als eine Art Treibmittel betrachtet, welches verbraucht werden kann. Diese Vorstellung zählt zu den bekanntesten Präkonzepten von SuS. Dies hat seine Gründe unter anderem in der Diskrepanz zwischen der Alltags- und der Fachsprache. Wirft man einen Blick auf seine „Stromrechnung“, so fällt auf, dass hier keine Ampere oder Amperestunden berechnet werden, sondern Kilowattstunden. Man zahlt also für die Bereitstellung elektrischer Energie und nicht für die Lieferung von Strom. Trotzdem sind Begriffe wie „Stromlieferant“ und „Stromverbrauch“ fester Bestandteil unserer Alltagssprache. Widerstände werden als Stromverbraucher betrachtet und je größer dieser ist, desto höher ist auch sein Verbrauch. Demzufolge vermuten die SuS vor einem elektrischen Widerstand einen höheren Strom als nach diesem. Häufig denken sie aber auch, dass ein größerer Widerstand auch einen höheren Strom zur Folge hat, da er mehr „braucht“. Demnach würde die Spannungsquelle eine höhere Stromstärke bereitstellen [44, S. 118-127].

Aufgrund des hohen Abstraktionsgrades wurde dieses Thema an den Schluss der Unterrichtsreihe gelegt. Die SuS sollten sprachlich und fachlich schon fortgeschrittener sein, um Zusammenhänge und Modelle zur Erklärung von Phänomenen besser verstehen zu können. Nichtsdestotrotz ist die Behandlung der Grundgrößen wichtig, da wir uns in einer hochtechnisierten Gesellschaft befinden. Ohne Elektrizität würde das Leben vieler Menschen, auch das der SuS, komplett anders aussehen. Im LehrplanPLUS ist die Behandlung dieser Inhalte in der Jahrgangsstufe 8 mit circa 14 Unterrichtsstunden angesetzt. Dort sind explizit Schülerexperimente zu den Themen „*Messen elektrischer Größen und Erstellen der Kennlinien für einen Ohm'schen Widerstand und einen nicht-Ohm'schen Widerstand*“ (H. i. O.) gefordert [56].

### 6.7.2 Elementare Planung

Zu Beginn dieser Unterrichtseinheit wird das Arbeitsblatt „Innere Energie und Wärme“ aus Unterrichtsstunde 9 besprochen (s. Anhang C – 5). Das Thema Wärmelehre ist damit in dieser Unterrichtsreihe abgeschlossen. Als nächste und letzte Unterrichtseinheit

sollen sich die SuS mit den Grundlagen der Elektrizität beschäftigen. Diese Einheit ist ähnlich wie jene zum Magnetismus aufgebaut (s. Kapitel 6.3), in der eine Art *Projektarbeit* mit den SuS durchgeführt wird. Wie schon zuvor, erfolgt auch hier eine Aufteilung der elementaren Planung: *Emotionale Reaktion*, *Anschlussfähigkeit*, *Hypothesen* und *Anwendungen* in Unterrichtsstunde 11 und *Anschlussfähigkeit* und *Lösung* in Unterrichtsstunde 12. Da es sich bei Unterrichtsstunde 12 um die letzte in dieser Unterrichtsphase handelt, wird die *Anwendungsphase* durch ein *Feedback* ersetzt.

#### Unterrichtsstunde 11:

Die Stunde beginnt mit dem Hervorrufen einer *emotionalen Reaktion*. Dafür wird ein *Demonstrationsexperiment* gewählt, das durch bspw. visuelle und/oder auditive Reize bei den SuS Spannung erzeugen soll. Dafür bietet sich z. B. eine Influenzmaschine an. Durch die Blitze und Geräusche, die dabei verursacht werden, soll Erstaunen hervorgehoben werden. Die Lehrkraft kann die Gründe für dieses Phänomen durch die SuS nennen lassen. Da die Fachbegriffe noch nicht eingeführt wurden, reichen auch Umschreibungen, Nennung der Einheiten, die englischen Begriffe oder ähnliches aus. Diese Phase kann die Lehrkraft nutzen, zumindest die Begriffe zu den Größen des elektrischen Stromes und der Spannung zu nennen. Es sei darauf hingewiesen, dass bei einer Influenzmaschine Hochspannungen erzeugt werden, die lebensbedrohlich sein können. Es ist für ihren Einsatz eine Gefahrenbeurteilung durchzuführen. Das Schild, das auf die Hochspannung im Experiment und damit eine Gefahrensituation hinweist, kann als motivierender Anreiz für die SuS gesehen werden.

In der Phase der *Anschlussfähigkeit* wird die Rolle des elektrischen Stromes im Alltag der SuS thematisiert. Es findet ein *Brainstorming* statt. Dafür treffen sich alle SuS und die Lehrkraft an der Tafel und die Lehrkraft heftet ein Schild an diese, auf dem steht: „Was wäre, wenn wir keinen elektrischen Strom hätten?“. Durch das Schild kann ein Leerlauf durch das Anschreiben des Satzes an die Tafel vermieden werden. Die Ideen der SuS werden wieder auf Zetteln gesammelt und um die Frage geheftet. Da Elektrizität im alltäglichen Leben hochpräsent ist, werden den SuS viele Beispiele einfallen. Die Lehrkraft gibt bei Bedarf Sprachhilfen.

Im Anschluss daran findet die Phase der *Hypothesen* in Form einer kleinen *Projektarbeit* statt. In dieser dürfen die SuS anhand von Experimentierkästen handelnd Erkenntnisse über die Grundlagen der Elektrizität erarbeiten. Sie erhalten dafür folgenden Arbeitsauftrag:

*Such dir einen Partner, mit dem du arbeiten möchtest.*

*Sucht euch Experimente aus, die euch interessieren.*

*Jedes Experiment soll von einer Gruppe durchgeführt werden. Die Lehrkraft hilft euch beim Verteilen der Experimente.*

*Führt das Experiment gemeinsam durch. Fertigt ein Protokoll darüber an, es reichen Stichpunkte.*

*In der nächsten Stunde tragt ihr euer Experiment der Klasse vor. Euer Vortrag sollte nicht länger als drei Minuten dauern. Fertigt dafür daheim ein Plakat an. Vergesst nicht, Fotos von eurem Experiment zu machen!*

*Kennst du die Begriffe in der Anleitung nicht? Dann schau dir die Hilfskarten an.*

Als Experimentierkasten kann zum Beispiel ELEKTRIK 1 von Merkruphy verwendet werden. Aus diesem Experimentiersatz eignen sich folgende Versuche:

- E1-2: Der elektrische Strom,
- E1-3: Feste elektrische Leiter,
- E1-5: UND-, ODER-, WECHSEL-Schaltung,
- E1-9: Schaltung von Spannungsquellen,
- E1-10: U-I-Kennlinien,
- E1-13: Widerstände in Reihe und
- E1-14: Widerstände parallel.

In dem Experimentiersatz ist auch noch ein Experiment zum VOLTA-Element, einer Spannungsquelle auf chemischer Basis, enthalten. Alternativ zu diesem Versuch kann eine Zitronenbatterie gebaut werden. Zusätzlich zu dem Experimentiersatz müssen zu einem jeden Kasten zwei Multimeter bereitgestellt werden [69]. Die Tische sind wieder zu Gruppentischen angeordnet, sodass ausreichende Platzverhältnisse für alle Gruppen vorhanden sind. Die Gruppenstärke wird auf zwei SuS pro Gruppe festgelegt. Das zu dem Experimentiersatz gehörende Begleitheft mit den Versuchsanleitungen dient der Lehrkraft als Basis für die Anfertigung eigener, sprachlichsensibel aufbereiteter Anleitungen. Dabei ist zu beachten, dass die Experimente vom Hersteller so konzipiert wurden, dass sie eine komplette Unterrichtsstunde in Anspruch nehmen. Ein Zeitbudget von 45 Minuten steht in dieser Unterrichtseinheit für das reine Experimentieren nicht zur Verfügung. Die Lehrkraft muss neben einer sprachsensiblen Optimierung der Anleitungen

auch didaktisch vertretbare Kürzungen an ihnen vornehmen. Dies kann bspw. dadurch geschehen, dass statt ganzer Messreihen nur Einzelmessungen durchgeführt werden. Zusätzlich zum Experimentiersatz sollten Hilfskarten bereitgestellt werden, in denen die elementaren Größen und Geräte erklärt sind. In dieser Unterrichtsstunde wären das: „Die elektrische Stromstärke  $I$ “, „Die Spannung  $U$ “, „Der Widerstand  $R$ “, „Die Spannungsquelle“, „Der Schaltplan“ und „Das Multimeter“. Diese Hilfskarten sollten so kurz und prägnant wie möglich und dabei so ausführlich wie nötig formuliert sein. Die Hilfskarte zum Widerstand  $R$  könnte dabei wie in Abbildung 26 dargestellt, aussehen. Die SuS sollen das Experiment, welches sie durchgeführt haben in einem Protokoll festhalten, hierfür reicht im Unterricht aber das Anfertigen von Stichpunkten. Auf Basis dieses Protokolls kann die Anfertigung eines Plakats auch von zu Hause aus geschehen.

In der *Anwendungsphase*, sollen die SuS die Plakate zu ihren Experimenten entwerfen.

Bis zur nächsten Unterrichtsstunde fertigt die Lehrkraft für alle SuS schriftlich ein Feedback an. Dieses soll sich auf den Werdegang der SuS im gesamten Verlauf der Unterrichtsreihe beziehen. Die Lehrkraft sollte dabei insbesondere auf die positiven Entwicklungen der SuS eingehen.

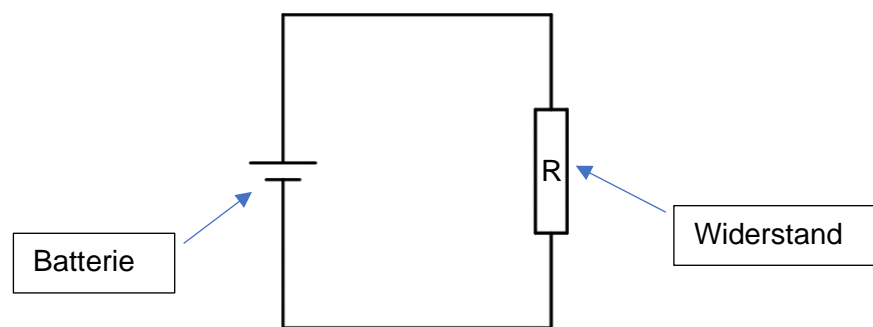
## Der elektrische Widerstand $R$

Elektrischer Strom kann unterschiedlich gut durch elektrische Leiter fließen.

Je schlechter der elektrische Strom fließen kann, desto mehr Arbeit müssen die Ladungen leisten.

Modell: Elektrischer Strom ist die Bewegung von Elektronen durch einen Leiter. Je mehr Arbeit die Elektronen dabei verrichten, desto größer ist der Widerstand  $R$  des Leiters.

Schaltplan:



Man kann einen Widerstand  $R$  durch die Spannung  $U$  und die Stromstärke  $I$  berechnen:

$$R = \frac{U}{I}$$

Seine Einheit ist das Ohm ( $\Omega$ ):  $[R] = 1 \Omega$ .

Die meisten Widerstände sind Ohmsche Widerstände. Das sind Widerstände für die gilt:

$$R = \frac{U}{I} \text{ mit } R = \text{konstant.}$$

Das Verhältnis von Spannung  $U$  und Stromstärke  $I$  ist also konstant.

Man sagt: Der Widerstand  $R$  hängt nicht von der Spannung  $U$  oder der Stromstärke  $I$  ab.

Abbildung 26: Hilfskarte zum Widerstand [eigene Darstellung].



### Unterrichtsstunde 12:

Diese Stunde stellt die letzte der Unterrichtsreihe dar und beginnt mit der *Anschlussfähigkeit*. Die SuS dürfen ihre Protokolle und Plakate nochmals sichten und sich mit ihren Partnern zu ihrem Vortrag besprechen.

Danach beginnt die *Lösungsphase* in Form von Vorträgen. Dabei stellen die SuS ihre Experimente anhand ihrer Protokolle und Plakate vor. Als Zeitlimit wurden drei Minuten festgelegt, damit die anderen SuS den „Experten“ dieses Versuchs noch Fragen stellen können.

Wie bereits erwähnt, entfällt in dieser Unterrichtsstunde die *Anwendungsphase*. Die Lehrkraft nutzt aber das Zusammenkommen der SuS, um diese um ein *Feedback* zu bitten. Dabei geht es nicht nur um das Auftreten der Lehrkraft, sondern auch die Auswahl der Inhalte und verwendeten Methoden sowie um Wünsche und Verbesserungsvorschläge. Die SuS werden auch dazu ermuntert, ihre eigenen Fortschritte einzuordnen. Die SuS sollen frei sprechen und ihre Kriterien, anhand derer sie bewerten, und auch deren Gewichtung selbst festlegen. Die Lehrkraft hört den SuS aufmerksam zu und entwertet dabei die Meinung der SuS nicht, indem sie sich bspw. rechtfertigt. Im Anschluss daran teilt die Lehrkraft die Feedbacks der SuS aus. Zum Ende der Stunde, kann die Lehrkraft den SuS bspw. einen Fresskorb anbieten, in dem sich Süßigkeiten, Obst oder ähnliches befinden und aus dem sie sich das, was sie mögen, herausnehmen können.

### 6.7.3 Diskussion

Die *Projektarbeit*, die in dieser Unterrichtseinheit zum Einsatz kommt ist in ihren Rahmenbedingungen sehr lehrergelenkt. Die Lehrkraft gibt die Gruppenstärken vor, die Art der Experimente und auch die Art der Präsentation. Damit die SuS in die Planung, wenn auch nur geringfügig, miteinbezogen werden, wird versucht die Interessen der SuS bei der Zuteilung der Experimente zu berücksichtigen. Es sollte beachtet werden, dass dies auch zu Aushandlungsprozessen zwischen der Lehrkraft und den SuS sowie den SuS untereinander führen kann, weil es bspw. ein Experiment gibt, für das sich keine der Gruppen interessiert. Den Aushandlungen sollte der nötige Raum im Unterricht gewährt werden, damit die SuS sich nicht übergangen fühlen. Nichtsdestotrotz ist die Unterrichtsmethode, angewandt auf diese Unterrichtseinheit, sehr praxisbezogen und handlungsorientiert. Tauchen in den Anleitungen Größen oder Geräte auf, die den SuS unbekannt sind, kann die zugehörige Hilfskarte gelesen werden und anschließend wird das neue

theoretische Wissen direkt handelnd umgesetzt. In den Hilfskarten soll dabei immer klar gekennzeichnet werden, wenn es sich um eine Modellvorstellung handelt. Das Anfertigen von Stichpunkten zu dem Experiment spart nicht nur Zeit, die statt des Schreibens von ganzen Texten in die Durchführung von Experimenten investiert werden kann, sondern fördert auch die Sprachkompetenzen der SuS. Diese müssen, um aussagekräftige Stichpunkte zu verfassen, die Beobachtungen und die Auswertung auf wesentliche Punkte reduzieren.

Das Anfertigen der Plakate fördert gleich mehrere Kompetenzen zugleich. So müssen die SuS entscheiden, welche Inhalte des Experiments so wichtig sind, dass sie auf dem Plakat erwähnt werden sollen. Dies kann nur gelingen, wenn die SuS die Inhalte und ihre Zusammenhänge untereinander durchdringen können. Die angefertigten Protokolle in Stichpunktform stellen ein Gerüst dafür dar. Zudem muss die Plakatgestaltung innerhalb der Gruppen reflektiert werden, damit es auf Betrachter ansprechend wirkt. Zuletzt müssen die SuS ihre Erkenntnisse der gesamten Klasse inkl. der Lehrkraft mitteilen, was ein gewisses Maß an Selbstbewusstsein verlangt. Gerade für SuS des InGym, die die deutsche Sprache noch nicht lang lernen, stellt dies eine besondere Herausforderung dar. Da aber in den bisherigen Unterrichtsstunden viel Wert darauf gelegt wurde, das Selbstwertgefühl der SuS zu stärken, bspw. durch passende Unterrichtsmethoden und ein Klassenklima, das Fehler nicht verurteilt und in dem Fehler gemacht werden dürfen, kann dies den Druck von den SuS nehmen.

Das *Feedback*, das die Lehrkraft für die SuS verfasst, soll dabei so geschrieben sein, dass es motivierend auf die SuS wirkt. Darin sollen unter anderem auch konkrete Erfolge der einzelnen SuS erwähnt werden. Dadurch erhält das Feedback Glaubwürdigkeit. Aber auch den SuS soll die Möglichkeit eingeräumt werden, ihre Meinung kundzutun. Dies ist deshalb am Ende der Unterrichtsreihe angesetzt, weil sich die SuS dann eher trauen könnten, ihre Meinung offen und ehrlich mitzuteilen, da es wahrscheinlich zu keinen weiteren Begegnungen zwischen Lehrkraft und den SuS kommt. Es ist wichtig, dass die Lehrkraft die Meinung der SuS ernst nimmt.

Die *Präsentation* der Erkenntnisse, die die SuS aus den Experimenten gewonnen haben, dient nicht nur der Verbesserung der mündlichen Sprachfähigkeiten. Die SuS müssen auswählen, welche Inhalte des Experiments wichtig sind und mitgeteilt werden müssen, damit die anderen SuS die Theorie dahinter und natürlich das Experiment selber nachvollziehen können. Dafür müssen die vorstellenden SuS sowohl die Inhalte, als auch die einzelnen Handlungsschritte nochmals reflektieren und einordnen.

Die kleinen Geschenke, die die Lehrkraft am Schluss der Unterrichtsstunde und damit der Unterrichtsreihe den SuS anbietet, stellen kein Muss dar. Sie sind jedoch eine nette Geste und teilen den SuS mit, dass der Lehrkraft nicht nur die Inhalte wichtig sind, sondern auch die SuS. Zudem sorgen sie dafür, dass die Unterrichtsreihe mit einem positiven Gefühl beendet wird.

## 7. Fazit

Mit dem vorliegenden Konzept sollte eine Unterrichtsreihe im Fach Physik für die SuS des InGym entworfen werden, die sie anschlussfähig in Sprache und Fach für den Regelbetrieb an bayerischen Gymnasien macht. Mithilfe abwechslungsreicher und didaktisch reflektierter Unterrichtsmethoden, die den SuS ein hohes Maß an Eigenverantwortung übertragen, wurde versucht, dieser Forderung gerecht zu werden.

Die für dieses Konzept ausgewählten Gebiete der Physik stellen die wichtigsten Bereiche der Curricula der bayerischen Gymnasien von Jahrgangsstufe 5 bis 9 in den Fächern Natur und Technik und Physik im LehrplanPLUS dar. Dabei wurden deren zentralste Inhalte für dieses Konzept ausgewählt. Der Fokus des entwickelten Konzeptes liegt auf einer handelnden Auseinandersetzung mit den ausgewählten Inhalten. Dieses Konzept erkennt an, dass ein Fachunterricht von Sprachsensibilität profitieren kann. Sprachförderung geschieht hier nicht nur durch stupides Produzieren von verbalen und schriftlichen Äußerungen, sondern ist zusätzlich in Phasen einer konstruktivistischen Didaktik eingebettet.

Diese Arbeit stützt sich insbesondere auf die Erkenntnisse der beiden Wissenschaftler Kersten Reich und Josef Leisen, die mit ihren Publikationen zu einer konstruktivistischen Didaktik bzw. zu einem sprachsensiblen Fachunterricht einen Beitrag für einen gelingenden Unterricht leisten. Dabei versucht dieses Konzept durch eine Anwendung und Kombination ihrer Methoden den Wunsch nach einem Unterricht, der geprägt ist von Werten wie Eigenverantwortung, Selbstständigkeit, Offenheit, Abwechslungsreichtum und Wertschätzung, gerecht zu werden. Der Fokus liegt auf dem wirklichen Verstehen der Inhalte, ihrer Zusammenhänge und ihrer Bedeutung im Leben der SuS.

Die Physik zählt bekanntlich zu den Naturwissenschaften, welche versuchen, die Realität so genau wie möglich basierend auf Konstruktionen zu beschreiben. Oft suggerieren Lehrkräfte, dass Emotionen, Fantasie und auch mal utopische Vorstellungen von SuS im Physikunterricht keinen Platz hätten. Dieses Konzept entwirft Unterrichtsszenarien, in denen diese bewusst eingesetzt werden. Zwar wurden im Rahmen dieser Arbeit nur Unterrichtsstunden für das Projekt InGym entworfen, jedoch eignen sich viele der Inhalte und Methoden auch für den Physikunterricht außerhalb dieses Projektes. Generell ist zu wünschen, dass immer mehr Lehrkräfte sich vom Physikunterricht als reinen Frontalunterricht distanzieren und das Potential von Sprachsensibilität und Konstruktivismus für den Wissenserwerb der SuS und den Fachunterricht im Allgemeinen erkennen.

## Literatur

- [1] Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, *Pilotprojekt InGym startet an drei weiteren Standorten: in Regensburg, Augsburg und Würzburg*. Nr. 038. Regensburg, 2016. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.km.bayern.de/pressemitteilung/9952/>.html
- [2] R. Bürger und C. Holzwarth, Hg., *Pilotprojekt "InGym" und die Förderung von Schülern mit geringen Deutsch-Kenntnissen am Gymnasium*, 2016. [Online]. Verfügbar unter: [https://daz.alp.dillingen.de/images/doku/f1\\_buerger\\_holzwarth.pdf](https://daz.alp.dillingen.de/images/doku/f1_buerger_holzwarth.pdf)
- [3] Stadt Augsburg, Referat 2 und Büro für Migration, Interkultur und Vielfalt, Hg., „Sachstandsbericht: Migration, Flucht und Integration in Augsburg“, 2020. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.augsburg.de/fileadmin/user\\_upload/bildung\\_wirtschaft/bildungsportal/verwaltung\\_beratung/antraege\\_veroeffentlichungen/pdf/Sachstandsbericht\\_Migration\\_Flucht\\_Integration.pdf](https://www.augsburg.de/fileadmin/user_upload/bildung_wirtschaft/bildungsportal/verwaltung_beratung/antraege_veroeffentlichungen/pdf/Sachstandsbericht_Migration_Flucht_Integration.pdf). Zugriff am: 5. Mai 2021.
- [4] U. Weier, „Zuwanderung als Herausforderung und Chance“, *Schwerpunktthema: Zuwanderung - Herausforderung und Chance*, Jg. 1, Nr. 1, S. 3–10, 2017. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.isb.bayern.de/download/19753/isb\\_info\\_01\\_2017\\_internet.pdf](https://www.isb.bayern.de/download/19753/isb_info_01_2017_internet.pdf)
- [5] Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, Wissenschaft und Kunst. Ref. Öffentlichkeitsarbeit, Hg., „InGym. Integration am Gymnasium: Pilotprojekt für leistungsstarke und leistungsmotivierte Schülerinnen und Schüler mit Migrations- und Fluchtgeschichte am Gymnasium“, München, Sep. 2016. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.km.bayern.de/epaper/InGym/files/assets/basic-html/page-2.html#>. Zugriff am: 23. Mai 2021.
- [6] *Bayerisches Gesetz über das Erziehungs- und Unterrichtswesen: BayEUG*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayEUG>
- [7] Studienkreis GmbH, Hg., „Schulferientertermine Bayern“, 26. Mai 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.tutoria.de/schule-ratgeber/ferientertermine/schulferientertermine-bayern>. Zugriff am: 26. Mai 2021.
- [8] Y. Kraus, Hg., „Halbjahreszeugnisse 2022“, 22. Apr. 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://nachgeholfen.de/magazin/termine/halbjahreszeugnisse-2022/>. Zugriff am: 26. Mai 2021.

- [9] Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, *Migration*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.km.bayern.de/ministerium/institutionen/ministerialbeauftragte-gymnasium/mittelfranken/migration.html> (Zugriff am: 26. Mai 2021).
- [10] Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, *Drittkräfte an staatlichen Schulen; Beantragung der Einstellung - BayernPortal*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.freistaat.bayern/dokumente/leistung/220178914934?plz=95336&behoerde=35441513632&gemeinde=586634560692> (Zugriff am: 21. Mai 2021).
- [11] P. Mecheril, *Einführung in die Migrationspädagogik*. Weinheim: Beltz, 2004.
- [12] Universität Bielefeld, „PEVZ: Paul Mecheril - Kontakt (Universität Bielefeld)“, 22. Juli 2021. [Online]. Verfügbar unter: [https://ekvv.uni-bielefeld.de/pers\\_publ/publ/PersonDetail.jsp?personId=21835](https://ekvv.uni-bielefeld.de/pers_publ/publ/PersonDetail.jsp?personId=21835). Zugriff am: 22. Juli 2021.
- [13] Bundesamt für Migration und Flüchtlinge, „Migrationsbericht 2019: Zentrale Ergebnisse“, Nürnberg, 2020. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.bamf.de/SharedDocs/Anlagen/DE/Forschung/Migrationsberichte/migrationsbericht-2019-zentrale-ergebnisse.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=7](https://www.bamf.de/SharedDocs/Anlagen/DE/Forschung/Migrationsberichte/migrationsbericht-2019-zentrale-ergebnisse.pdf?__blob=publicationFile&v=7). Zugriff am: 22. Juli 2021.
- [14] Bundesamt für Migration und Flüchtlinge, „Migrationsbericht des Bundesamtes für Migration und Flüchtlinge im Auftrag der Bundesregierung“, 2012. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.bamf.de/SharedDocs/Anlagen/DE/Forschung/Migrationsberichte/migrationsbericht-2012.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bamf.de/SharedDocs/Anlagen/DE/Forschung/Migrationsberichte/migrationsbericht-2012.pdf?__blob=publicationFile). Zugriff am: 22. Juli 2021.
- [15] Statistisches Bundesamt, „Bevölkerung mit Migrationshintergrund - Ergebnisse des Mikrozensus 2010 - Fachserie 1 Reihe 2.2 - 2010“, 2011, korrigiert am 2017. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft\\_derivate\\_00032293/2010220107004\\_korr19042017.pdf](https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00032293/2010220107004_korr19042017.pdf). Zugriff am: 22. Juli 2021.
- [16] *Protokoll Nr. 4: Europäische Menschenrechtskonvention*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.menschenrechtskonvention.eu/protokoll-nr-4-emrk-9266/> (Zugriff am: 11. Januar 2022).
- [17] Statistisches Bundesamt, „Bevölkerung mit Migrationshintergrund - Ergebnisse des Mikrozensus 2019 - Fachserie 1 Reihe 2.2 - 2019“, 2020, korrigiert am 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Migration-Integration/Publikationen/Downloads-Migration/migrationshintergrund->

2010220197004.pdf;jsessio-  
nid=188CB21A489B107C0242B5BBA68DD3BA.live732?\_\_blob=publicationFile.  
Zugriff am: 30. Juli 2021.

- [18] I. Gogolin und M. Krüger-Potratz, *Einführung in die Interkulturelle Pädagogik: Geschichte, Theorie und Diskurse, Forschung und Studium/ Ingrid Gogolin ; Marianne Krüger-Potratz*, 3. Aufl. Opladen, Toronto: Verlag Barbara Budrich, 2020.
- [19] M. Matzner, *Handbuch Migration und Bildung*. Weinheim: Beltz, 2012.
- [20] United Nations High Commissioner for Refugees, *Abkommen über die Rechtsstellung der Flüchtlinge vom 28. Juli 1951. Protokoll über die Rechtsstellung der Flüchtlinge vom 31. Januar 1967: Genfer Flüchtlingskonvention*, 1967. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.unhcr.org/dach/wp-content/uploads/sites/27/2017/03/Genfer\\_Fluechtlingskonvention\\_und\\_New\\_Yorker\\_Protokoll.pdf](https://www.unhcr.org/dach/wp-content/uploads/sites/27/2017/03/Genfer_Fluechtlingskonvention_und_New_Yorker_Protokoll.pdf)
- [21] K. Schwippert et al., *TIMSS 2019. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Waxmann Verlag GmbH, 2020. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.waxmann.com/index.php?eID=download&buchnr=4319>
- [22] A. Hussmann et al., Hg., *IGLU 2016: Lesekompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster, New York: Waxmann, 2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.waxmann.com/?eID=texte&pdf=3700Volltext.pdf&typ=zusatztext>
- [23] K. Reiss, M. Weis, E. Klieme und Köller, Olaf, „PISA 2018: Grundbildung im internationalen Vergleich“, 2019. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2019/Zusammenfassung\\_PISA2018.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2019/Zusammenfassung_PISA2018.pdf)
- [24] A. Erll und M. Gymnich, *Interkulturelle Kompetenzen: Erfolgreich kommunizieren zwischen den Kulturen*, 6. Aufl. Stuttgart: Klett Lerntraining, 2021.
- [25] K. P. Hansen, *Kultur und Kulturwissenschaft: Eine Einführung*, 3. Aufl. Tübingen, Basel: A. Francke Verlag, 2003. [Online]. Verfügbar unter: [http://bvbr.bib-bvb.de:8991/F?func=service&doc\\_library=BVB01&doc\\_number=022496094&line\\_number=0002&func\\_code=DB\\_RECORDS&service\\_type=MEDIA](http://bvbr.bib-bvb.de:8991/F?func=service&doc_library=BVB01&doc_number=022496094&line_number=0002&func_code=DB_RECORDS&service_type=MEDIA)
- [26] J. Röhner und A. Schütz, *Psychologie der Kommunikation*, 3. Aufl. Wiesbaden: Springer, 2020.
- [27] J. Leisen, *Handbuch Sprachförderung im Fach: Sprachsensibler Unterricht in der Praxis*. Grundlagenteil. Stuttgart: Klett, 2015.

- [28] G. Kniffka und G. Siebert-Ott, *Deutsch als Zweitsprache: Lehren und lernen*, 2. Aufl. Paderborn, München, Wien, Zürich: Schöningh, 2009.
- [29] Y. Cakir-Dikkaya et al., *Fachdidaktik/DaZ/DaF Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Buch*. Berlin: Cornelsen Scriptor, 2018.
- [30] M. Butler und J. Goschler, *Sprachsensibler Fachunterricht: Chancen und Herausforderungen Aus Interdisziplinärer Perspektive*. Wiesbaden: Springer, 2019.
- [31] L. Stäudel und R. Wodzinski, *Aufgaben mit gestuften Hilfen für den PHYSIK-Unterricht*. Hannover: Friedrich, 2009.
- [32] S. M. Harrich, „Der pädagogische Konstruktivismus Reichs - Impulse für die Praktische Theologie“, *PThI*, Jg. 33., Nr. 1, S. 245–256, 2013. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.uni-muenster.de/Ejournals/index.php/zpth/article/view/1255/1197>
- [33] R. Voß, Hg., *Unterricht aus konstruktivistischer Sicht: Die Welten in den Köpfen der Kinder*, 2. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz, 2005. [Online]. Verfügbar unter: [http://deposit.dnb.de/cgi-bin/dokserv?id=2638152&prov=M&dok\\_var=1&dok\\_ext=htm](http://deposit.dnb.de/cgi-bin/dokserv?id=2638152&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm)
- [34] K. Reich, *Konstruktivistische Didaktik: Lehr- und Studienbuch mit Methodenpool*, 4. Aufl. Weinheim: Beltz, 2008. [Online]. Verfügbar unter: [http://www.content-select.com/index.php?id=bib\\_view&ean=9783407291134](http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783407291134)
- [35] E. I. Conrads, „Systemisch-konstruktivistische Ansätze und ihre mögliche Perspektive in der Religionspädagogik und -didaktik mit Blick auf den Religionsunterricht an Berufskollegs“. Dissertation, Philosophische Fakultät, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Aachen, 2009. [Online]. Verfügbar unter: [https://publications.rwth-aachen.de/record/51108/files/Conrads\\_Eva.pdf](https://publications.rwth-aachen.de/record/51108/files/Conrads_Eva.pdf)
- [36] K. Reich, *Konstruktivistische Didaktik: Lehren und Lernen aus interaktionistischer Sicht*, 2. Aufl. Neuwied: Luchterhand, 2004.
- [37] H. Wiesner, H. Schecker und M. Hopf, Hg., *Physikdidaktik kompakt*, 4. Aufl. Seelze: Aulis Verlag, 2018.
- [38] experimentis, *Lavalampe bauen*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.experimentis.de/experimente-versuche/gas-wasser-luft/einfache-lavalampe-bauen/> (Zugriff am: 7. März 2022).
- [39] D. Halliday, R. Resnick und J. Walker, Hg., *Physik*, 2. Aufl. Weinheim: Wiley-VCH, 2009.
- [40] GESTIS-Stoffdatenbank, *Wasser*. [Online]. Verfügbar unter: <https://gestis.dguv.de/data?name=001140> (Zugriff am: 14. März 2022).
- [41] K.-D. Grüninger, *Schwimmen oder Sinken - alles eine Frage der Dichte*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch->



- naturwissenschaftliche-faecher/physik/unterrichtsmaterialien/mechanik/druck/sinkenschwimmen.htm (Zugriff am: 14. März 2022).
- [42] GESTIS-Stoffdatenbank, *Natriumchlorid*. [Online]. Verfügbar unter: <https://gestis.dguv.de/data?name=001330> (Zugriff am: 14. März 2022).
- [43] M. Haßfurth, „Ergänzende Informationen zum LehrplanPLUS: Protokollieren von Schülerexperimenten“. für Schülerinnen und Schüler, Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung, München, 26. Aug. 2015. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.lehrplanplus.bayern.de/sixcms/media.php/71/Material\\_Exp\\_Gliederung%20Protokoll%20Sch%C3%BClerexperiment.pdf](https://www.lehrplanplus.bayern.de/sixcms/media.php/71/Material_Exp_Gliederung%20Protokoll%20Sch%C3%BClerexperiment.pdf). Zugriff am: 14. März 2022.
- [44] H. Schecker *et al.*, Hg., *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 2018. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.springer.com/>
- [45] Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung, Hg., „LehrplanPLUS Gymnasium: Fachprofil Physik“, München, 6. März 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachprofil/gymnasium/physik>. Zugriff am: 6. März 2022.
- [46] J. Leisen, *Handbuch Sprachförderung im Fach: Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis*. Praxismaterialien. Stuttgart: Klett, 2015.
- [47] A. Dombrowski, *Physikunterricht mit DaZ-Schülern 5-10: Arbeitsblätter mit darauf abgestimmten Wortschatzkarten: Sofort-Hilfe für Lehrer ohne DaZ-Kenntnisse*, 1. Aufl. Augsburg: Auer, 2019.
- [48] K. Reich, „Experiment“, Universität Köln, Köln, 2012. [Online]. Verfügbar unter: [http://methodenpool.uni-koeln.de/experiment/frameset\\_experiment.html](http://methodenpool.uni-koeln.de/experiment/frameset_experiment.html). Zugriff am: 19. März 2022.
- [49] K. Reich, „Brainstorming“, Universität Köln, Köln. [Online]. Verfügbar unter: [http://methodenpool.uni-koeln.de/brainstorming/frameset\\_brainstorming.html](http://methodenpool.uni-koeln.de/brainstorming/frameset_brainstorming.html). Zugriff am: 19. März 2022.
- [50] T. Wilhelm, Hg., *Stolpersteine überwinden im Physikunterricht: Anregungen zu fachgerechten Elementarisierungen*, 2. Aufl. Seelze: Aulis Verlag in Friedrich Verlag GmbH, 2020.
- [51] M. Christl, B. Diehl, A. Fösel, P. Sander, C. Schmalhofer und M. Sinziger, *Fokus Physik - Natur und Technik: Gymnasium Bayern*, 1. Aufl. Berlin: Cornelsen, 2019.
- [52] M. Donat, W. Jordan, J. Kleischmann, N. Schell, C. Wächter und C. Wolf, *Impulse Natur + Technik: Schwerpunkt Physik*. für die Gymnasien in Bayern, 1. Aufl. Stuttgart: Klett, 2019.

- [53] R. Dietrich *et al.*, *Natur und Technik: Physik*. [Schülerband], 1. Aufl. Bamberg: C. C. Buchner, 2019.
- [54] K. Reich, „Werkstattunterricht“, Universität Köln, Köln. [Online]. Verfügbar unter: [http://methodenpool.uni-koeln.de/werkstatt/frameset\\_werkstatt.html](http://methodenpool.uni-koeln.de/werkstatt/frameset_werkstatt.html). Zugriff am: 21. März 2022.
- [55] M. Kramer, *Physik als Abenteuer: Didaktik, Akustik, Optik, E-Lehre und Kernphysik*. Erleben wird zur Grundlage des Unterrichtens. Hallbergmoos: Aulis-Verl. Deubner, 2011.
- [56] Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung, Hg., „LehrplanPLUS Gymnasium: Fachlehrplan Physik 8“, München, 2. März 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/8/physik>. Zugriff am: 2. März 2022.
- [57] B. Gau, F. Hermann-Rottmair, Mayer, Lothar, C. Ried und G.-D. Schmidt, *Physik: Lehrbuch für die Klasse ..., Gymnasium Bayern*. [Hauptband], 1. Aufl. Berlin: DUDEN PAETEC, 2009.
- [58] A. Fösel, H. Hilscher, P. Sander, S. Schweitzer, A. Thanner und F. Wörten, *Fokus Physik: Gymnasium Bayern*. [Schülerband], 1. Aufl. Berlin: Cornelsen, 2007.
- [59] E.-W. Otten, *Repetitorium Experimentalphysik: Mit 586 zweifarbigen Abbildungen, 18 Tabellen, zahlreichen Anwendungsbeispielen, 181 Versuchen und Kurzrepetitorium*, 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 2019. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.springer.com/>
- [60] W. Demtröder, *Mechanik und Wärme*, 8. Aufl. Berlin: Springer Spektrum, 2018. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.springer.com/>
- [61] Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung, Hg., „LehrplanPLUS Gymnasium: Fachlehrplan Physik 9“, München, 2. März 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/9/physik>. Zugriff am: 2. März 2022.
- [62] K. Reich, „Fantasiereise“, Universität Köln, Köln, 2012. [Online]. Verfügbar unter: [http://methodenpool.uni-koeln.de/fantasie/frameset\\_fantasie.html](http://methodenpool.uni-koeln.de/fantasie/frameset_fantasie.html). Zugriff am: 22. März 2022.
- [63] P. A. Tipler und G. Mosca, *Physik für Wissenschaftler und Ingenieure*, 7. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, 2015.
- [64] C. Brülke, *Warum darf man Mineralwasser nicht ins Gefrierfach legen? - Wissenswertes zur Ausdehnung von*. [Online]. Verfügbar unter:

- [https://www.helpster.de/warum-darf-man-mineralwasser-nicht-ins-gefrierfach-le-gen-wissenswertes-zur-ausdehnung-von-fluessigkeiten\\_169265](https://www.helpster.de/warum-darf-man-mineralwasser-nicht-ins-gefrierfach-le-gen-wissenswertes-zur-ausdehnung-von-fluessigkeiten_169265) (Zugriff am: 23. März 2022).
- [65] T. Loeffelholz, *Backofen einbrennen - So gehen Sie dabei richtig vor.* [Online]. Verfügbar unter: <https://heimwerk.org/backofen-einbrennen> (Zugriff am: 26. März 2022).
- [66] D. Schwefer, *Kochendes Wasser verdampft.* [Online]. Verfügbar unter: <https://www.nela-forscht.de/2011/01/27/2-experiment-wasserverdunstung-wasser-verschwindet-wenn-es-kocht/> (Zugriff am: 26. März 2022).
- [67] P. Wichtrup, *Wärme vs. Temperatur.* [Online]. Verfügbar unter: <https://www.physikdigital.de/w%C3%A4rmelehre/arbeitsbl%C3%A4tter/experimente/animationen/> (Zugriff am: 26. März 2022).
- [68] Land Baden-Württemberg vertreten durch das Institut für Bildungsanalysen Baden-Württemberg, *Reibungselektrizität.* [Online]. Verfügbar unter: [https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/physik/unterrichtsmaterialien/e\\_lehre\\_1/elektrostatik/kurs/franklin.htm](https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/physik/unterrichtsmaterialien/e_lehre_1/elektrostatik/kurs/franklin.htm) (Zugriff am: 27. März 2022).
- [69] MEKRUPHY GmbH, *Experimentiersatz ELEKTRIK 1.* [Online]. Verfügbar unter: <https://mekruphy.com/de/produkte/physik/elektrik-elektronik/experimentiersatz-elektrik-1/> (Zugriff am: 27. März 2022).
- [70] Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung, Hg., „LehrplanPLUS Gymnasium: Fachlehrplan Natur und Technik 5“, München, 2. März 2022. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/5/nt\\_gym](https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/5/nt_gym). Zugriff am: 2. März 2022.
- [71] Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung, Hg., „LehrplanPLUS Gymnasium: Fachlehrplan Natur und Technik 7“, München, 2. März 2022. [Online]. Verfügbar unter: [https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/7/nt\\_gym](https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/7/nt_gym). Zugriff am: 2. März 2022.
- [72] SimplyScience Stiftung, *Die geheimnisvolle Kraft der Magnete.* [Online]. Verfügbar unter: <https://www.simplyscience.ch/kids/wissen/die-geheimnisvolle-kraft-der-magnete> (Zugriff am: 21. März 2022).
- [73] LEIFIphysik, *Erdmagnetfeld.* [Online]. Verfügbar unter: <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/magnetisches-feld-spule/ausblick/erdmagnetfeld> (Zugriff am: 21. März 2022).

- [74] Physik Department der Technischen Universität München und Abteilung Vorlesungsbetrieb, *Weissche Bezirke* (Zugriff am: 21. März 2022).
- [75] *Regensburger Analysetool für Texte: RATTE*. Regensburg: Universität Regensburg; Lehrstuhl für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur. [Online]. Verfügbar unter: <http://ratte.herokuapp.com/>

## Anhang

Anhang A: Checklisten zur Methodenauswahl.....	XV
Anhang A - 1: Checkliste zur Methodenkompetenz.....	XV
Anhang A - 2: Checkliste zur Methodenvielfalt.....	XVI
Anhang A - 3: Checkliste zur Methodeninterpedenz.....	XVII
Anhang B: URLs zu den Fachlehrplänen.....	XVIII
Anhang B – 1: URL zum Fachlehrplan Natur und Technik in Jahrgangsstufe 5 aus dem LehrplanPLUS Gymnasium.....	XVIII
Anhang B – 2: URL zum Fachlehrplan Natur und Technik in Jahrgangsstufe 7 aus dem LehrplanPLUS Gymnasium.....	XVIII
Anhang B – 3: URL zum Fachlehrplan Physik in Jahrgangsstufe 8 aus dem LehrplanPLUS Gymnasium.....	XVIII
Anhang B – 4: URL zum Fachlehrplan Physik in Jahrgangsstufe 9 aus dem LehrplanPLUS Gymnasium.....	XVIII
Anhang C: Arbeitsblätter.....	XIX
Anhang C – 1: Arbeitsblätter zur Unterrichtsstunde 1.....	XIX
Anhang C – 2: Arbeitsblätter zu den Unterrichtsstunden 2 und 3.....	XXIV
Anhang C – 3: Arbeitsblätter zu den Unterrichtsstunden 4 und 5.....	XXIX
Anhang C – 4: Arbeitsblätter zu den Unterrichtsstunden 6 und 7.....	XXXV
Anhang C – 5: Arbeitsblätter zu den Unterrichtsstunden 8, 9 und 10.....	XXXIX
Anhang D: Textanalysen durch das Regensburger Analysetool für Texte (RATTE).....	LI
Anhang D – 1: Textanalyse des Textes auf dem Arbeitsblatt aus Unterrichtsstunde 1 durch RATTE.....	LI
Anhang D – 2: Textanalyse des Lückentextes auf dem Arbeitsblatt aus Unterrichtsstunde 2 und 3.....	LIII
Anhang D – 3: Textanalyse der Texte auf den Arbeitsblättern aus den Unterrichtsstunden 4 und 5.....	LV
Anhang D – 4: Textanalyse der Fantasiereise und der Texte auf den Arbeitsblättern aus den Unterrichtsstunden 6 und 7.....	LIX

Anhang D – 5: Textanalyse der Texte auf den Arbeitsblättern und der Fantasiereisen  
zu den Unterrichtsstunden 8, 9 und 10. .... LXIII

## Anhang A: Checklisten zur Methodenauswahl

### Anhang A - 1: Checkliste zur Methodenkompetenz [34, S. 294].

Kriterium	Fragen zur Methodenkompetenz
1 Umfassender Erfahrungsbezug bei den gewählten Inhalten/Beziehungen	Gibt es hinreichend Realbegegnungen? Können hierbei explorative, forschende, untersuchende Methoden unmittelbar, direkt, konkret und sinnlich eingesetzt werden? Gibt es offene Beobachtungen? Werden naive Abbildschemata vermieden? (Auch wenn nicht in jeder Stunde eine Realbegegnung möglich ist, so sollte dies mindestens für Unterrichtseinheiten gelten.)
2 Repräsentationen anschaulich vermitteln und begrenzen	Sind eingesetzte Repräsentationen anschaulich, ohne zu sehr zu vereinfachen? Können hierbei Methoden und Medien helfen, die Inhalte/Beziehungen interessant genug aufzubereiten? Werden Konventionen nach Sinn und Nutzen begründet? Werden Auslassungen thematisiert? (Auch wenn einzelne Stunden auf dieser Ebene verbleiben können, so muss gerade hier eine methodische Monokultur vermieden werden.)
3 Reflexiver Erfahrungsbezug	Gibt es Möglichkeiten der Reflexion gemachter Erfahrungen und eingesetzter Methoden? Wird begründet, warum welche Inhalte/Beziehungen wichtig sind? Welche Geltung die Realbegegnungen und Repräsentationen haben? Kritikmöglichkeiten? (Langfristig sollte diese reflexive Ebene möglichst immer – wenn auch in altersangemessener Form – angestrebt werden.)
4 Anschlussfähigkeit an Vorkenntnisse der Lerner	Wird die bestehende Fachkompetenz ermittelt? Gibt es hinreichenden Anschluss an Vorkenntnisse, Voreinstellungen, Vorerfahrungen? Wird dieser Anschluss methodisch ermittelt? Gibt es hinreichend Chancen, eigene Erfahrungen mit dem Neuen zu verbinden?
5 Lernzuwachs durch Multiperspektivität, Multimodalität, Multiproduktivität	Gibt es einen Lernzuwachs in der Stunde? Wie wird dieser hergestellt? Gibt es eine Zunahme an Perspektiven, an Zugangswegen, an Lernprodukten? Gibt es hinreichend bearbeitete Überraschungen, genutztes Staunen oder Erschrecken?
6 Passung mit wissenschaftlichen Methoden und Vermeidung von Irrelevanz	Gibt es eine adäquate Modellbildung? Ist die eingesetzte Methode mit wissenschaftlichen Methoden kompatibel? Sind die eingesetzten Methoden hinreichend relevant für die Inhalte/Beziehungen? Wie wird Langeweile vermieden?
7 Orientierung an methodischen Ressourcen der Lerner	Werden methodische Ressourcen gezielt entwickelt (als Methoden- und Sozialkompetenz)? Werden die Selbst- und Fremdschreibungen der Lerner, die Gruppen- und Teamerfahrungen hinreichend als Ressource genutzt? Kann eine Erweiterung der Ressourcen erreicht werden?
8 Erweiterung der kommunikativen Kompetenzen	Werden kommunikative Kompetenzen entwickelt und geübt? Können die Inhalte/Beziehungen auf Kommunikationsprozesse bezogen werden? Lassen sich Selbst- und Fremdbeobachtungen einsetzen? Gibt es Rollenperspektiven und Rollenwechsel?
9 Erweiterung der Beziehungsfähigkeit	Wird die Beziehungsfähigkeit der Lerner gefördert? Gibt es eine Zunahme an gegenseitigem Verständnis, an Toleranz und Pluralität? Wird Diversität gefördert? Ist die/der Lehrende ein positives Beziehungsvorbild?

Anhang A - 2: Checkliste zur Methodenvielfalt [34, S. 295].

Kriterium	Fragen zur Methodenvielfalt
1 Vielfältiger Erfahrungsbezug durch Einsatz mehrerer Methoden	Gibt es hinreichende Abwechslung von Zugangsweisen in der Realbegegnung? Werden unterschiedliche Methoden zur unmittelbaren, direkten, konkreten, sinnlichen Begegnung und Beobachtung eingesetzt? Werden Repräsentationen mit unterschiedlichen Methoden und mittels Methodenwechsel geeignet präsentiert? Werden Reflexionen mit unterschiedlichen Methoden geeignet und vertiefend durchgeführt?
2 Lernerzentrierung insbesondere bei Repräsentationen	Werden durch die Methoden- und Medienwahl bei Repräsentationen das Interesse und die Motivation der Lerner besonders gefördert? Kann dabei eine oberflächliche Betrachtung vermieden werden? Stehen genügend Raum und Zeit zur eigenen Anwendung mittels Beispielen und Übungen zur Verfügung?
3 Forschendes Lernen durch Methodenvielfalt	Gibt es einen hinreichenden Wechsel zwischen Realbegegnungen und Repräsentationen, der reflektiert werden kann? Wird eine forschende Einstellung durch eingesetzte Methoden gefördert? Kommt es zu divergentem und kreativem Denken? Sind alternative Denkweisen möglich und erwünscht? Entwickeln die Lerner selbst eigene methodische Vorstellungen?
4 Methodenmischung	Gelingt eine situative Anpassung eingesetzter Methoden durch eine geschickte Mischung von verschiedenen Methoden? Ist ein eigener methodischer Stil erkennbar?
5 Methodenvariation	Werden die eingesetzten Methoden so variiert, dass sie besonders gut auf die Lerngruppe passen? Werden Methoden so differenziert, dass möglichst alle Lerner optimal gefördert werden? Gibt es hinreichenden Methodenwechsel (insbes. auf längere Zeit)?
6 Methodenkontrastierung	Werden Methoden eingesetzt, die bisherige Lernwege erweitern, verstören, kontrastieren? Kann durch methodische Kontrastierung eine Abwechslung, Vertiefung, Problemlösung erreicht werden?
7 Erweiterung des systemischen Methodenhorizontes	Können systemische Methoden bei Inhalten und/oder Beziehungen zur Erweiterung des methodischen Horizontes beitragen? Lassen sich Inhaltsfragen durch Beziehungsaspekte methodisch bearbeiten und vertiefen? Lassen sich Beziehungsaspekte durch Inhaltsfragen versachlichen?
8 Erhöhung des Selbstwerts	Wird durch eingesetzte Methoden hinreichend der Selbstwert möglichst aller Lerner erhöht? Werden insbesondere schwächere Lerner durch die Methodenwahl differenziert genug gefördert? Ist eine nachhaltige Wirkung der Fördermaßnahmen nicht nur in Leistungen, sondern auch in der Selbstwertschätzung und der Anerkennung durch die Lerngruppe beobachtbar?
9 Langfristige Verbesserung der methodischen Wahrnehmung und Gestaltung von Beziehungen	Erhöhen die eingesetzten Methoden die Möglichkeiten der bewussten Wahrnehmung anderer? Können Interessen, Begehren, Zuschreibungen, Intentionen gezielt methodisch erfasst werden? Bieten Methoden Raum und Zeit, um Verständnis für eine angemessene Gestaltung des Lernklimas und der Lernkultur in der Lerngruppe zu ermöglichen?



Anhang A - 3: Checkliste zur Methodeninterpedenz [34, S. 296].

Kriterium	Fragen zur Methodeninterpedenz
1 Lerner- und Förderungs- bezogenheit der Methoden	Wird die Methodenauswahl hinreichend auf die Lerner und ihren Förderbedarf langfristig abgestimmt? Wird der Breite der multiplen Intelligenzen durch die Methoden nach Möglichkeiten entsprochen? Ist ein hinreichend langfristiges Differenzierungskonzept zu erkennen? Kann an den Biografien der Lerner gezeigt werden, dass es zu einem Lernzuwachs gekommen ist? Gibt es ein langfristiges Konzept, um den Lernzuwachs zu organisieren und zu sichern?
2 Methodische Planungs- integration	Ist ein methodisches Planungskonzept zu erkennen, das auf eine langfristige Erhöhung der Methodenkompetenz und der Methodenvielfalt nach Umfang, Breite und Tiefe hinweist? Sind die Methoden hinreichend aufeinander abgestimmt? Gibt es eine gezielte Rückmeldung über die Methoden durch die Lerner mittels Feedback oder Evaluation?
3 Viable Lernerorientierung von Methoden	Werden hinreichend Methoden bevorzugt und entwickelt, die für die Lernergruppe als passend erscheinen? Ist diese unterstellte Passung begründet und evaluiert?
4 Entwicklung von Stilen als Entdecker Erfinder Enttarnen	Welche methodischen Möglichkeiten werden gegeben, um einen situativen Lernstil als Entdecker als Erfinder als Enttarnen entwickeln zu können?
5 Imaginäre und reale Erfahrungsoffenheit	Werden hinreichend und durchgehend Imaginationen und Visionen methodisch angeboten, um das soziale und emotionale Lernen als Voraussetzung für Lernerfolge umfassend zu nutzen? Ist die/der Lehrende ein positives visionäres Vorbild? Werden manipulative Tendenzen hierbei vermieden? Besteht eine grundsätzliche Bereitschaft zur Anerkennung der Unvorhersagbarkeit der Zukunft und damit eine Offenheit für Entwicklungen?
6 Partizipativer Lernstil	Werden die Lerner an der methodischen und inhaltlichen Gestaltung des Lernens umfassend beteiligt? Wird die Breite methodischer Beteiligung bei der Partizipation genutzt? Wird die Eigenständigkeit und Selbstverantwortung der Lerner methodisch gestärkt?
7 Offener Beobachtungsstil	Werden Selbst- und Fremdbeobachterperspektiven praktiziert? Können sich Lerner in andere hineinversetzen? Wird mit zirkulären Fragen operiert? Werden Beobachtungen regelmäßig kommuniziert? Verfügt die/der Lehrende über hinreichende Selbsterfahrungen und Ausbildungen im Einsatz systemischer Methoden?
8 Offener Kommunikations- stil	Wird offen und verständnisvoll kommuniziert? Gibt es bei Konflikten Metakommunikation?
9 Wertschätzender Beziehungsstil	Ist die Kommunikation von gegenseitigem Verständnis, Achtung und Anerkennung geprägt? Unterstützt der/die Lehrende ein wertschätzendes Klima?

## Anhang B: URLs zu den Fachlehrplänen

Anhang B – 1: URL zum Fachlehrplan Natur und Technik in Jahrgangsstufe 5 aus dem LehrplanPLUS Gymnasium [70].

[https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/5/nt\\_gym](https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/5/nt_gym)

Anhang B – 2: URL zum Fachlehrplan Natur und Technik in Jahrgangsstufe 7 aus dem LehrplanPLUS Gymnasium [71].

[https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/7/nt\\_gym](https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/7/nt_gym)

Anhang B – 3: URL zum Fachlehrplan Physik in Jahrgangsstufe 8 aus dem LehrplanPLUS Gymnasium [56].

<https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/8/physik>

Anhang B – 4: URL zum Fachlehrplan Physik in Jahrgangsstufe 9 aus dem LehrplanPLUS Gymnasium [61].

<https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/9/physik>

## Anhang C: Arbeitsblätter

Anhang C – 1: Arbeitsblätter zur Unterrichtsstunde 1 [38].

**Aufgabe:** Schneide die Sätze aus. Ordne sie den Protokollteilen auf dem anderen Arbeitsblatt zu und bringe sie in die richtige Reihenfolge. Klebe sie anschließend auf das Blatt. Die Fragen helfen dir dabei!

<ul style="list-style-type: none"><li>• Öl</li></ul>
Wir füllen das Glas ungefähr vier Zentimeter hoch mit Wasser.
Öltropfen sollen sich durch das Wasser bewegen wie bei einer Lavalampe.
Die Dichte von Salz ist größer als die Dichte von Wasser und Öl.
Die Öltropfen sinken auf den Glasboden.
Wir geben ein paar Tropfen Tinte oder Lebensmittelfarbe in das Glas.
Die Dichte ist der Grund für diesen Effekt.
Das Salz löst sich im Wasser auf. Der Öltropfen steigt wieder nach oben.
Die Dichte von Öl ist kleiner als die Dichte von Wasser.
<ul style="list-style-type: none"><li>• hohes Glas</li></ul>
Das Salz sinkt auf den Glasboden.
Die Öltropfen steigen wieder nach oben.
Die Dichte $\rho$ ( <i>rho</i> ) ist das Verhältnis von der Masse $m$ zu Volumen $V$ : $\rho = \frac{m}{V}$ .
Zum Beispiel: $\rho_{Wasser} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , $\rho_{\text{Öl}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ und $\rho_{Salz} = 2160 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .
<ul style="list-style-type: none"><li>• Wasser</li></ul>
Wir füllen ungefähr einen Zentimeter hoch Öl in das Glas.
Je dichter ein Stoff ist, desto mehr Masse ist in einem Volumen enthalten.
<ul style="list-style-type: none"><li>• Salz</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tinte oder Lebensmittelfarbe</li></ul>
Das Salz nimmt beim Sinken einen Öltropfen mit.
Wir streuen Salz in das Glas.
Bauen einer Lavalampe
Das Öl schwimmt oben.

Protokolltitel:

Ziel/Fragestellung/Vermutung:

- Welche Vermutungen willst du überprüfen?
- Welche Größen möchtest du bestimmen?
- Welche Beobachtungen möchtest du anstellen?



Aufbau:

- Wie ist der Versuch aufgebaut?
- Kannst du eine Skizze anfertigen?
- Welche Materialien brauchst du für das Experiment?



Durchführung:

- Wie läuft das Experiment ab?
- Was machst du genau?



Beobachtungen:

- Was hast du beobachtet?
- Was hast du gemessen?



Auswertung:

- Wie groß ist deine gewünschte Größe? (z. B. Rechnungen)
- Wie hängen die Größen zusammen? (z. B. Tabellen oder Diagramme)
- Was ist dein Ergebnis?
- Stimmt deine Vermutung?
- Wie lässt sich das Experiment erklären?



## Protokolltitel:

Bauen einer Lavalampe

### Ziel/Fragestellung/Vermutung:

- Welche Vermutungen willst du überprüfen?
- Welche Größen möchtest du bestimmen?
- Welche Beobachtungen möchtest du anstellen?



Öltropfen sollen sich durch das Wasser bewegen wie bei einer Lavalampe.

### Aufbau:

- Wie ist der Versuch aufgebaut?
- Kannst du eine Skizze anfertigen?
- Welche Materialien brauchst du für das Experiment?



- hohes Glas
- Wasser
- Öl
- Salz
- Tinte oder Lebensmittelfarbe

### Durchführung:

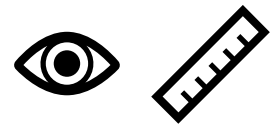
- Wie läuft das Experiment ab?
- Was machst du genau?



Wir füllen das Glas ungefähr vier Zentimeter hoch mit Wasser.  
Wir geben ein paar Tropfen Tinte oder Lebensmittelfarbe in das Glas.  
Wir füllen ungefähr einen Zentimeter hoch Öl in das Glas.  
Wir streuen Salz in das Glas.

### Beobachtungen:

- Was hast du beobachtet?
- Was hast du gemessen?



Die Öltropfen sinken auf den Glasboden.  
Die Öltropfen steigen wieder nach oben.

### Auswertung:

- Wie groß ist deine gewünschte Größe? (z. B. Rechnungen)
- Wie hängen die Größen zusammen? (z. B. Tabellen oder Diagramme)
- Was ist dein Ergebnis?
- Stimmt deine Vermutung?
- Wie lässt sich das Experiment erklären?



Die Dichte ist der Grund für diesen Effekt.

Die Dichte  $\rho$  (*rho*) ist das Verhältnis von der Masse  $m$  zu Volumen  $V$ :  $\rho = \frac{m}{V}$ .

Zum Beispiel:  $\rho_{Wasser} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ,  $\rho_{\text{Öl}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  und  $\rho_{Salz} = 2160 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

Je dichter ein Stoff ist, desto mehr Masse ist in einem Volumen enthalten.

Die Dichte von Öl ist kleiner als die Dichte von Wasser.

Das Öl schwimmt oben.

Die Dichte von Salz ist größer als die Dichte von Wasser und Öl.

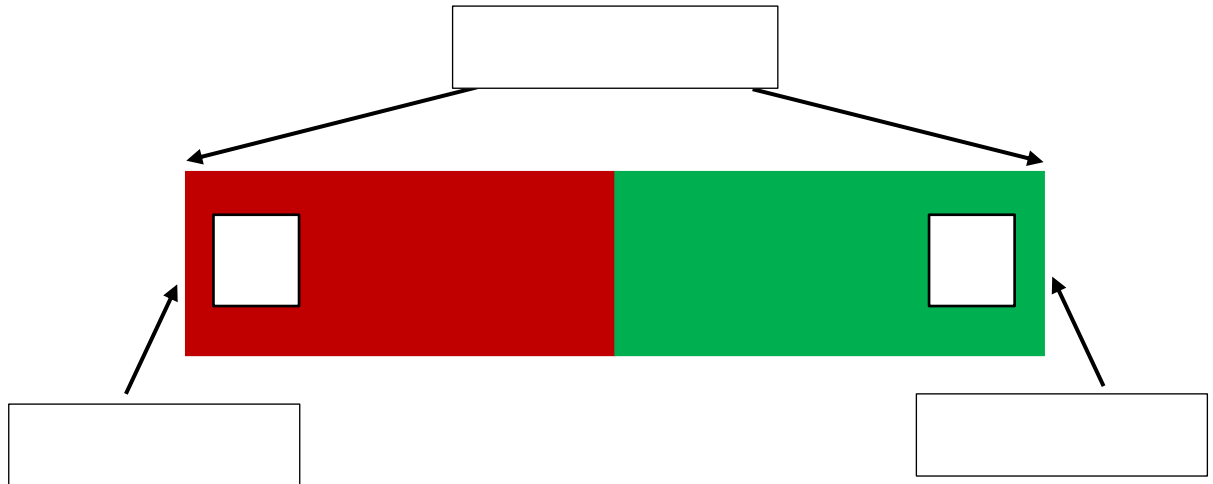
Das Salz sinkt auf den Glasboden.


Das Salz nimmt beim Sinken einen Öltropfen mit.

Das Salz löst sich im Wasser auf. Der Öltropfen steigt wieder nach oben.

## Eigenschaften von Permanentmagneten

 **Aufgabe:** Beschrifte den Magneten.



 **Aufgabe:** Trage die Pole der Magneten ein. Zeichne Pfeile für Anziehung ( $\rightarrow\leftarrow$ ) und Abstoßung ( $\leftarrow\rightarrow$ ) der Magnete ein. Vervollständige die Sätze.



Verschiedene Pole ...

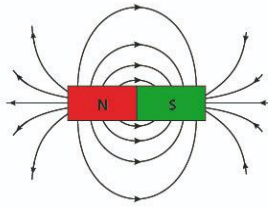
\_\_\_\_\_.

Gleiche Pole ...

\_\_\_\_\_.



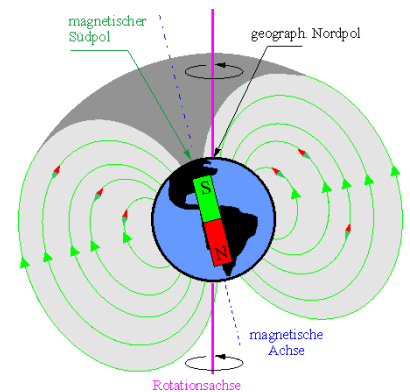
**Aufgabe:** Fülle die Lücken aus. Benutze dafür die Wörter aus dem grauen Kasten.



Ein Magnet verursacht eine \_\_\_\_\_ auf Metalle.  
 Die Kraft ist an den Polen \_\_\_\_\_.  
 Ein \_\_\_\_\_ beschreibt diese Wechselwirkung.  
 Die \_\_\_\_\_ zeigen immer vom Nordpol zum Südpol.

Quelle: <https://www.simplyscience.ch/kids/wissen/die-geheimnisvolle-kraft-der-magnete>

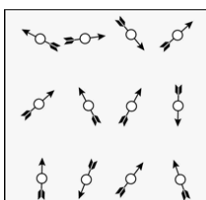
Die Erde ist auch ein Magnet. Du kannst das Magnetfeld der Erde \_\_\_\_\_ nutzen. Dafür brauchst du \_\_\_\_\_.  
 Ein Kompass besteht aus einem \_\_\_\_\_.  
 Dieser Magnet kann sich \_\_\_\_\_.  
 Die Spitze der Kompassnadel zeigt immer \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ der Erde.



Quelle: <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/magnetisches-feld-spule/ausblick/erdmagnetfeld>

Wenn du einen Magneten \_\_\_\_\_, entstehen wieder Magneten mit einem Nordpol und einem Südpol.

Wir stellen uns einen Magneten so vor:



Ein Magnet besteht aus sehr vielen \_\_\_\_\_.  
 Diese kleinen Magneten heißen \_\_\_\_\_.  
 Die Elementarmagnete können sich \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ drehen.

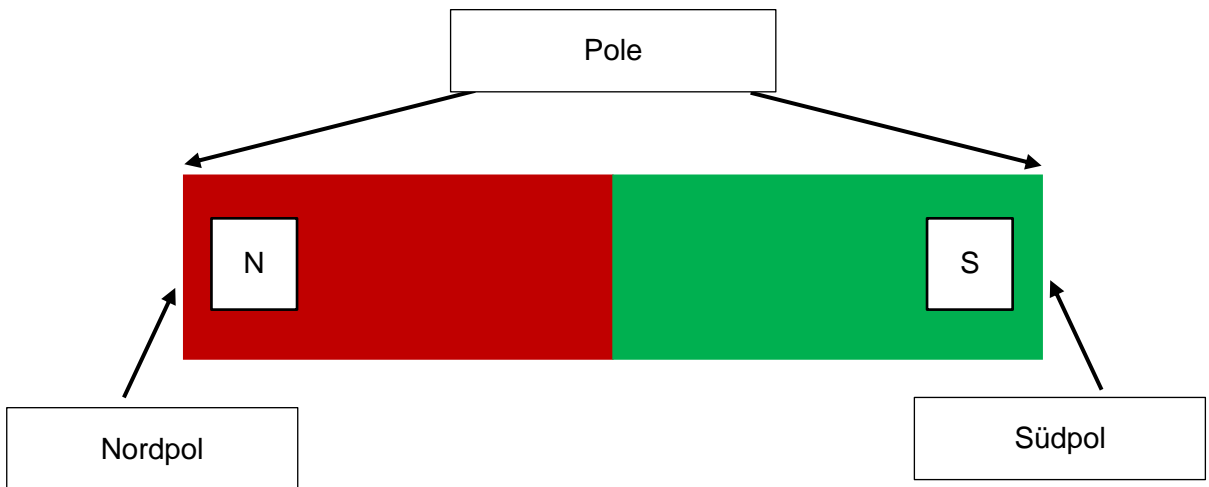
Wenn die Elementarmagnete in einem Stoff immer \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ zeigen, dann nennt man die Stoffe Permanentmagnete.  
 Wenn ein Stoff aus Eisen besteht, kann man ihn \_\_\_\_\_.  
 Du kannst Eisen magnetisieren, wenn du \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ an dem Eisen entlang streichst.  
 Beim Magnetisieren richten sich die Elementarmagnete \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ aus.


Du kannst Eisen wieder \_\_\_\_\_, wenn du es erhitzt oder darauf schlägst.

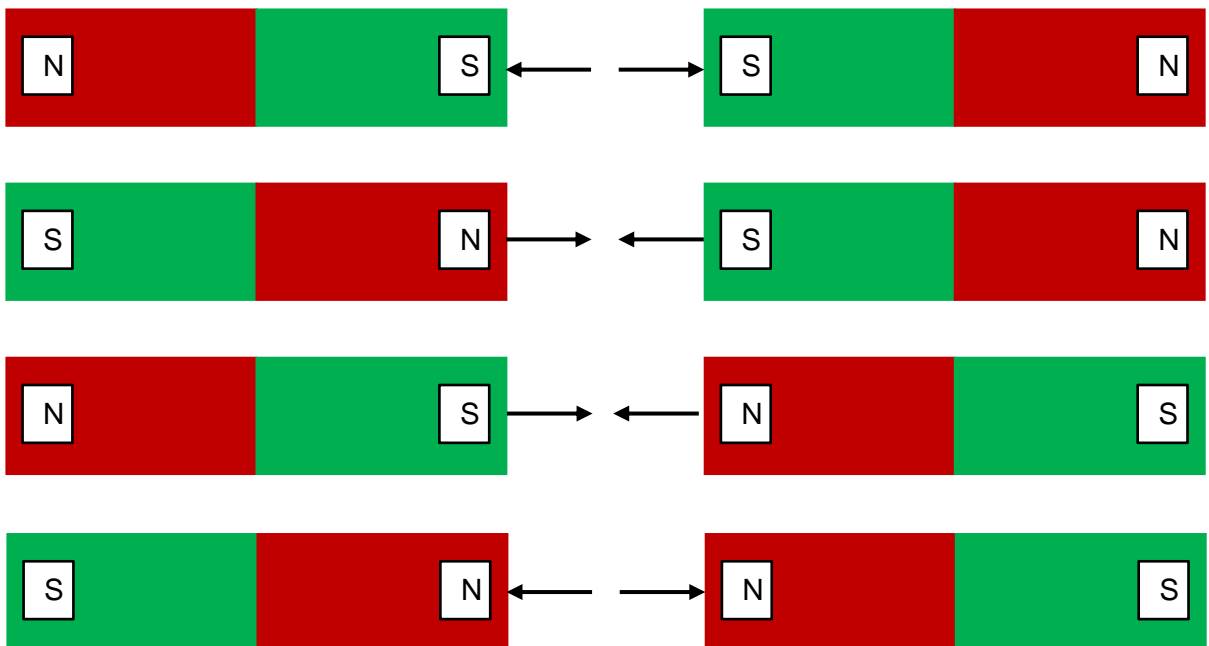
Am stärksten – einem kleinen Magneten – einen Kompass – entmagnetisieren –  
Elementarmagnete – frei bewegen – in die gleiche Richtung – kleinen Magneten – Kraft  
– Magnetfeld – Magnetfeldlinien – magnetisieren – mit einem Permanentmagneten –  
Permanentmagnete – teilst – zum magnetischen Südpol –  
zur Orientierung

## Eigenschaften von Permanentmagneten

 **Aufgabe:** Beschrifte den Magneten.



 **Aufgabe:** Trage die Pole der Magneten ein. Zeichne Pfeile für Anziehung ( $\rightarrow\leftarrow$ ) und Abstoßung ( $\leftarrow\rightarrow$ ) der Magnete ein. Vervollständige die Sätze.




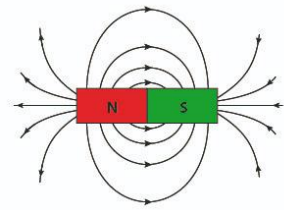
Verschiedene Pole ...

\_\_\_\_\_ziehen sich an \_\_\_\_\_.

Gleiche Pole ...

\_\_\_\_\_stoßen sich ab \_\_\_\_\_.

 **Aufgabe:** Fülle die Lücken aus. Benutze dafür die Wörter aus dem grauen Kasten.



Ein Magnet verursacht eine Kraft auf Metalle.

Die Kraft ist an den Polen am stärksten.

Ein Magnetfeld beschreibt diese Wechselwirkung.

Die Magnetfeldlinien zeigen immer vom Nordpol zum Südpol.

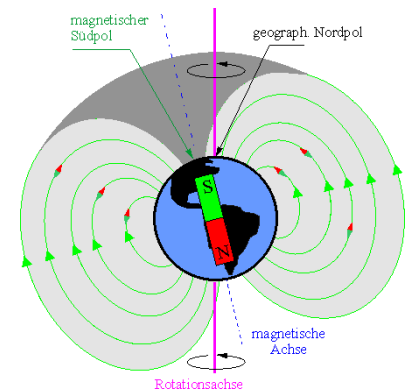
Quelle: <https://www.simplyscience.ch/kids/wissen/die-geheimnisvolle-kraft-der-magnete>

Die Erde ist auch ein Magnet. Du kannst das Magnetfeld der Erde zur Orientierung nutzen. Dafür brauchst du einen Kompass.

Ein Kompass besteht aus einem kleinen Magneten. Dieser Magnet kann sich frei bewegen.

Die Spitze der Kompassnadel zeigt immer zum magnetischen Südpol der Erde.

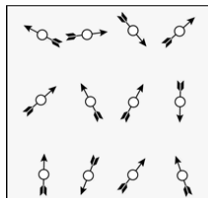
Quelle: <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/magnetisches-feld-spule/ausblick/erdmagnetfeld>



Wenn du einen Magneten teilst, entstehen wieder Magneten mit einem Nordpol und einem Südpol.

Wir stellen uns einen Magneten so vor:

Ein Magnet besteht aus sehr vielen kleinen Magneten.



Diese kleinen Magneten heißen Elementarmagnete.

Die Elementarmagnete können sich in alle Richtungen drehen.

Wenn die Elementarmagnete in einem Stoff immer in die gleiche Richtung zeigen, dann nennt man die Stoffe Permanentmagnete.

Wenn ein Stoff aus Eisen besteht, kann man ihn magnetisieren.

Du kannst Eisen magnetisieren, wenn du mit einem Permanentmagneten an dem Eisen entlang streichst.

Beim Magnetisieren richten sich die Elementarmagnete in die gleiche Richtung aus.

Du kannst Eisen wieder entmagnetisieren, wenn du es erhitzt oder darauf schlägst.

Quelle: <https://www.av.ph.tum.de/Experiment/2000/Beschreibungen/ver2360.php>

## Reflexion von Licht

### Aufgabe:

- Lies den Text aufmerksam durch.
- Beschrifte das untere Bild mithilfe des Textes.
- Vervollständige den Satz im Merkkasten.

---

Die Lichtquelle sendet einen Lichtstrahl aus. Der einfallende Lichtstrahl trifft auf den Spiegel.

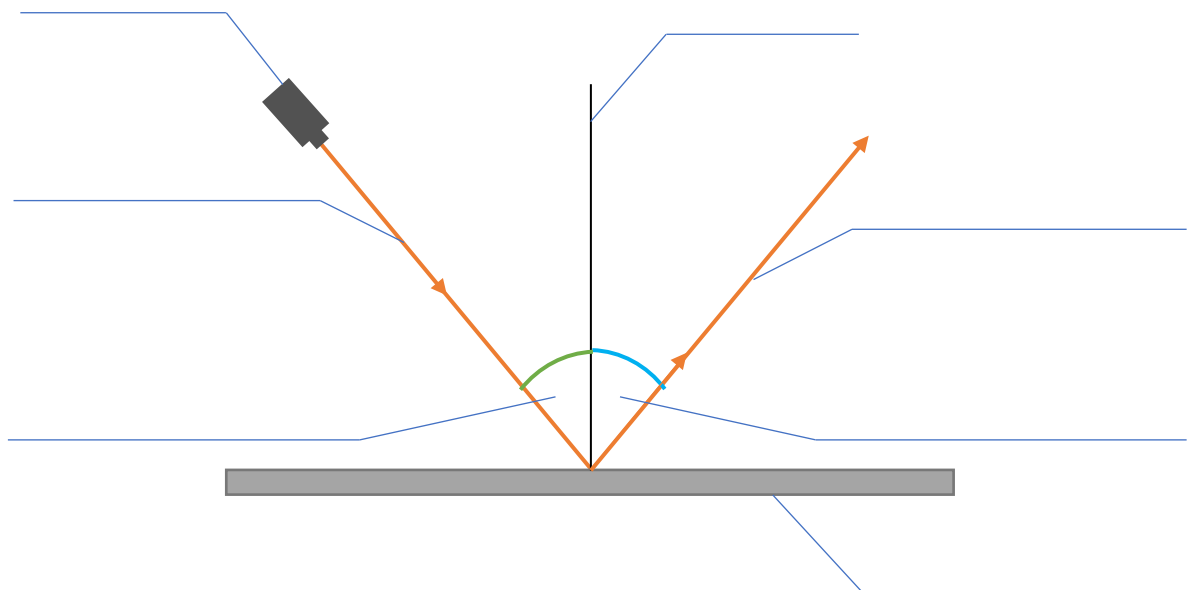
Das Lot geht durch den Auftreffpunkt. Es steht senkrecht auf dem Spiegel.

Der Winkel zwischen dem Lot und dem einfallenden Lichtstrahl heißt Einfallswinkel.

Der einfallende Lichtstrahl wird am Spiegel reflektiert.

Der Winkel zwischen dem Lot und dem reflektierten Lichtstrahl heißt Reflexionswinkel.

Das Lot ist eine gedachte Linie. Es hilft dir beim Einzeichnen und Messen der Winkel.



Quelle: eigene Darstellung

### Reflexionsgesetz:

Der Einfallswinkel ist \_\_\_\_\_ der  
Reflexionswinkel.

## Reflexion von Licht

### Aufgabe:

- Lies den Text aufmerksam durch.
- Beschrifte das untere Bild mithilfe des Textes.
- Vervollständige den Satz im Merkkasten.

Die Lichtquelle sendet einen Lichtstrahl aus. Der einfallende Lichtstrahl trifft auf den Spiegel.

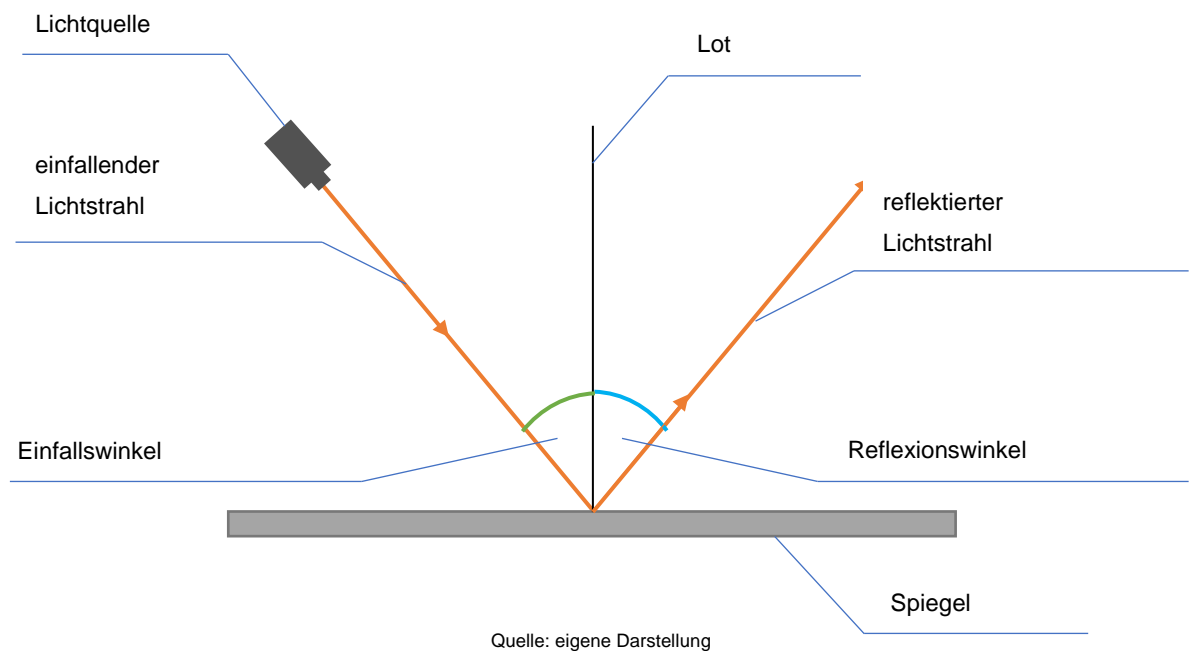
Das Lot geht durch den Auftreffpunkt. Es steht senkrecht auf dem Spiegel.

Der Winkel zwischen dem Lot und dem einfallenden Lichtstrahl heißt Einfallswinkel.

Der einfallende Lichtstrahl wird am Spiegel reflektiert.

Der Winkel zwischen dem Lot und dem reflektierten Lichtstrahl heißt Reflexionswinkel.

Das Lot ist eine gedachte Linie. Es hilft dir beim Einzeichnen und Messen der Winkel.



### Reflexionsgesetz:

Der Einfallswinkel ist \_\_\_\_\_ gleich groß wie \_\_\_\_\_ der Reflexionswinkel.

## Brechung von Licht

### Aufgabe:

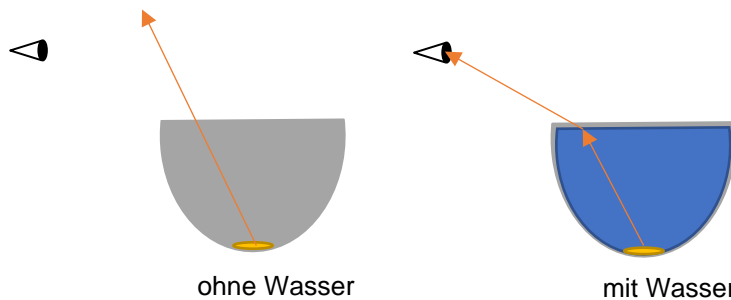
- Lies den Text aufmerksam durch.
- Beschrifte das untere Bild mithilfe des Textes.
- Vervollständige den Lückentext auf der Rückseite mithilfe des grauen Kastens.

---

Das haben wir im Experiment „Münze in der Tasse“ beobachtet:

Wenn die Tasse nicht mit Wasser gefüllt ist, können wir die Münze nicht sehen.

Wenn die Tasse mit Wasser gefüllt ist, können wir die Münze sehen.



Quelle: eigene Darstellung

Grund dafür ist die Brechung von Licht oder auch Lichtbrechung:

Das Licht breitet sich im Wasser geradlinig aus.

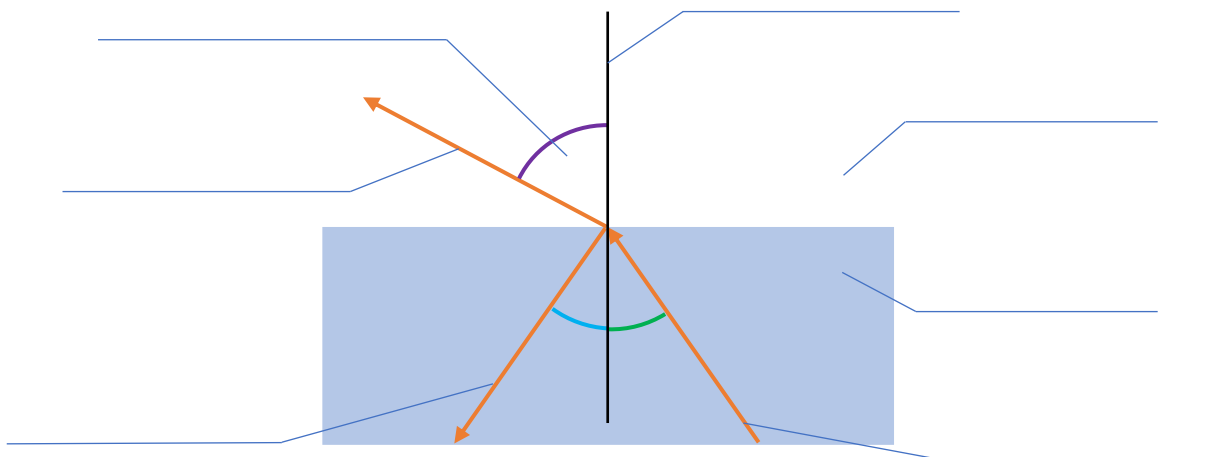
An der Wasseroberfläche teilt sich der einfallende Lichtstrahl auf.

Der eine Teil des Lichtstrahls wird reflektiert und der andere dringt in die Luft ein.

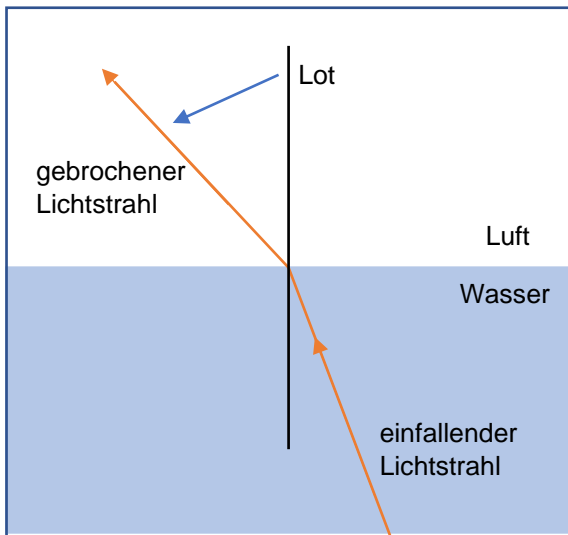
Dabei ändert sich die Richtung des Lichtstrahls. Er macht einen Knick.

Man sagt: Der Lichtstrahl wird gebrochen.

Der Winkel zwischen dem Lot und dem gebrochenen Lichtstrahl heißt Brechungswinkel.



Quelle: eigene Darstellung



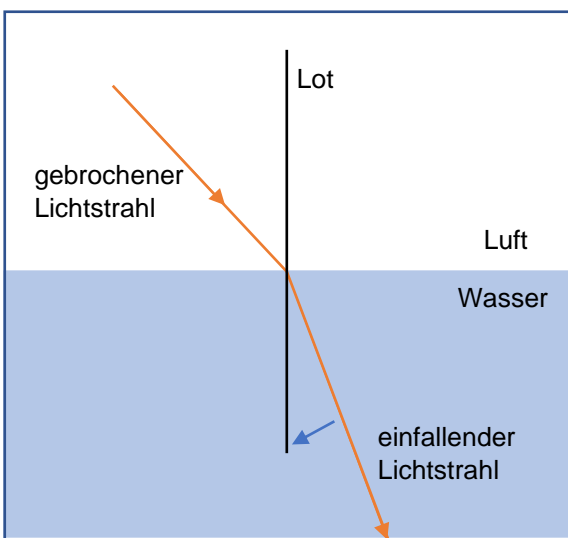
Wenn der Lichtstrahl

austritt und

eindringt,

dann wird er \_\_\_\_\_

gebrochen.



Wenn der Lichtstrahl

austritt und

eindringt,

dann wird er \_\_\_\_\_

gebrochen.

Quelle: eigene Darstellungen

die Luft – aus der Luft – in der Luft – das Wasser – aus dem Wasser – im Wasser – vom Lot weg – zum Lot hin



## Brechung von Licht

### Aufgabe:

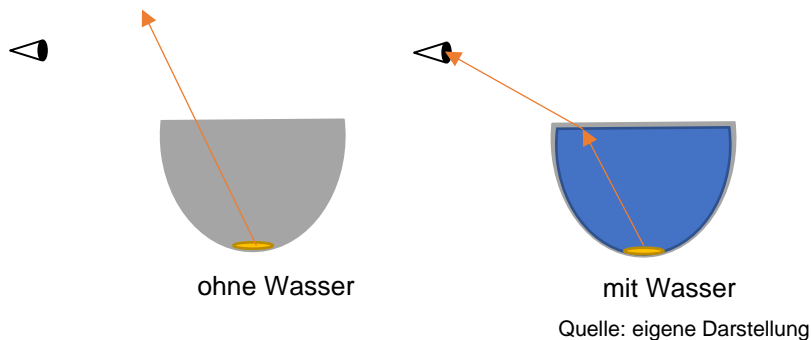
- Lies den Text aufmerksam durch.
- Beschrifte das untere Bild mithilfe des Textes.
- Vervollständige den Lückentext auf der Rückseite mithilfe des grauen Kastens.

---

Das haben wir im Experiment „Münze in der Tasse“ beobachtet:

Wenn die Tasse nicht mit Wasser gefüllt ist, können wir die Münze nicht sehen.

Wenn die Tasse mit Wasser gefüllt ist, können wir die Münze sehen.



Grund dafür ist die Brechung von Licht oder auch Lichtbrechung:

Das Licht breitet sich im Wasser geradlinig aus.

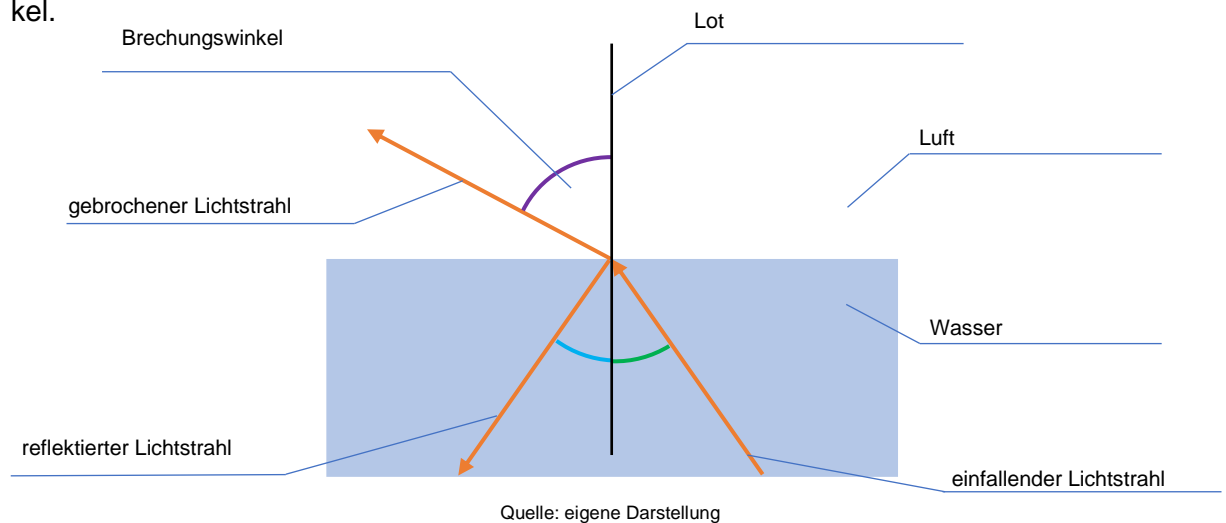
An der Wasseroberfläche teilt sich der einfallende Lichtstrahl auf.

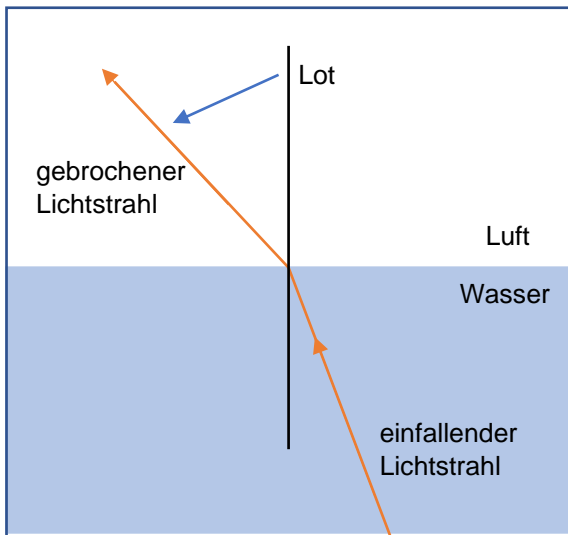
Der eine Teil des Lichtstrahls wird reflektiert und der andere dringt in die Luft ein.

Dabei ändert sich die Richtung des Lichtstrahls. Er macht einen Knick.

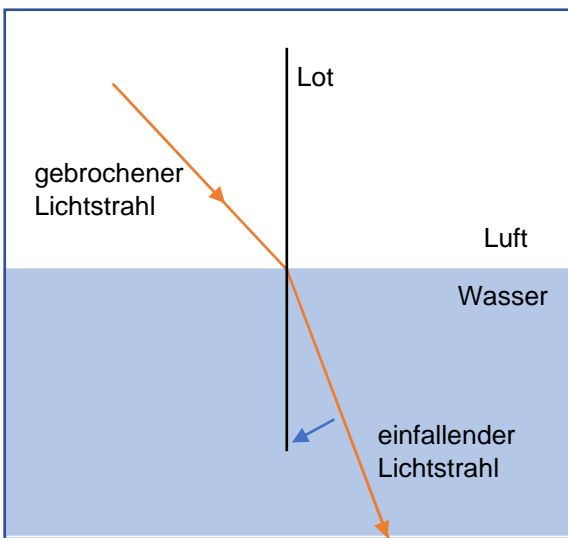
Man sagt: Der Lichtstrahl wird gebrochen.

Der Winkel zwischen dem Lot und dem gebrochenen Lichtstrahl heißt Brechungswinkel.





Wenn der Lichtstrahl  
 \_\_ aus dem Wasser \_\_\_\_\_  
 austritt und  
 \_\_ in die Luft \_\_\_\_\_  
 eindringt,  
 dann wird er \_\_ im Wasser \_\_\_\_\_  
 \_\_ vom Lot weg \_\_\_\_\_  
 gebrochen.



Wenn der Lichtstrahl  
 \_\_ aus der Luft \_\_\_\_\_  
 austritt und  
 \_\_ in das Wasser \_\_\_\_\_  
 eindringt,  
 dann wird er \_\_ in der Luft \_\_\_\_\_  
 \_\_ zum Lot hin \_\_\_\_\_  
 gebrochen.

Quelle: eigene Darstellungen

die Luft – aus der Luft – in der Luft – das Wasser – aus dem Wasser – im Wasser –  
 vom Lot weg – zum Lot hin

## Energien und Energiearten

### Aufgabe:

- Vervollständige die Sätze. Der graue Kasten auf der Rückseite kann dir dabei helfen.
- Ergänze bei jeder Energieform in der Tabelle mindestens zwei Beispiele.
- Entwirf zwei Energieflussdiagramme und formuliere zu jedem Energieflussdiagramm einen Passivsatz: „... wird durch ... in ... umgewandelt.“

Energie ist in unserem Leben sehr wichtig:

Wenn Kinder wachsen, benötigen sie Energie. Wenn Autos fahren, benötigen sie Energie.

Wenn ... \_\_\_\_\_

Wir können Energie normalerweise nicht sehen, fühlen oder anfassen. Wir können nur ihre \_\_\_\_\_ wahrnehmen. Damit meint man die \_\_\_\_\_:

<p><b>Bewegungsenergie</b></p> <hr/> <hr/>	<p><b>Höhenenergie</b></p> <hr/> <hr/>	<p><b>elektrische Energie</b></p> <hr/> <hr/>
<p><b>Strahlungsenergie</b></p> <hr/> <hr/>	<p><b>chemische Energie</b></p> <hr/> <hr/>	<p><b>thermische Energie</b></p> <hr/> <hr/>

Energie wird \_\_\_\_\_. Sie geht \_\_\_\_\_.

Energie kann \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_ werden.

Beim \_\_\_\_\_ wird Energie von einem Ort zu einem anderen Ort transportiert.

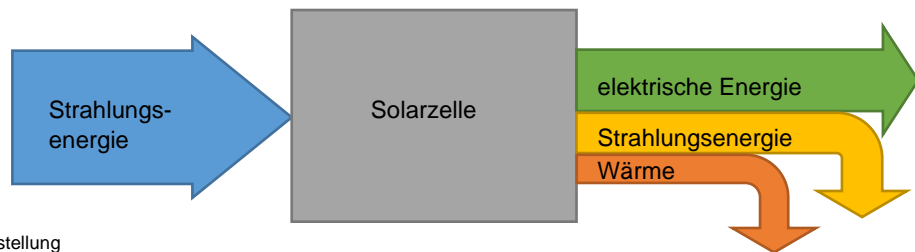
Bei der \_\_\_\_\_ wird Energie von einem Körper auf einen anderen Körper übertragen.

Bei der \_\_\_\_\_ wird eine Energieform in eine Energieform umgewandelt. Das machen \_\_\_\_\_.

Wird die Energie bei der \_\_\_\_\_ auf ein anderes Objekt übertragen, so nennt man das \_\_\_\_\_.

übertragen – Energieformen – Energieumwandlung – Energieumwandlung – nicht erzeugt – umgewandelt – Arbeit – Energieübertragung – Energiewandler – Wirkungen – Energietransport – transportiert – nicht verloren

Energieflussdiagramme veranschaulichen die Energieumwandlungen:



Quelle: eigene Darstellung

Strahlungsenergie wird durch die Solarzelle in elektrische Energie, Strahlungsenergie und Wärme umgewandelt.

1)



---

---

2)



---

---

## Energien und Energiearten

### Aufgabe:

- Vervollständige die Sätze. Der graue Kasten auf der Rückseite kann dir dabei helfen.
- Ergänze bei jeder Energieform in der Tabelle mindestens zwei Beispiele.
- Entwirf zwei Energieflussdiagramme und formuliere zu jedem Energieflussdiagramm einen Passivsatz: „... wird durch ... in ... umgewandelt.“

Energie ist in unserem Leben sehr wichtig:

Wenn Kinder wachsen, benötigen sie Energie. Wenn Autos fahren, benötigen sie Energie.

Wenn ... \_\_\_\_\_

---

Wir können Energie normalerweise nicht sehen, fühlen oder anfassen. Wir können nur ihre Wirkungen wahrnehmen. Damit meint man die Energieformen:

<b>Bewegungsenergie</b> fahrendes Auto Fahrradfahrer	<b>Höhenenergie</b> Pendel Bungee-Jumper	<b>elektrische Energie</b> Haarfön Fernseher
<b>Strahlungsenergie</b> Sonne Lampe	<b>chemische Energie</b> Essen Brausetablette	<b>thermische Energie</b> Heizung kochendes Wasser

Energie wird nicht erzeugt. Sie geht nicht verloren.

Energie kann transportiert, übertragen und umgewandelt werden.

Beim Energietransport wird Energie von einem Ort zu einem anderen Ort transportiert.

Bei der Energieübertragung wird Energie von einem Körper auf einen anderen Körper übertragen.

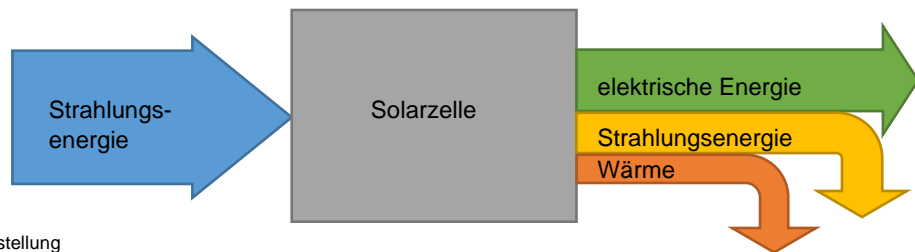
Bei der \_\_Energieübertragung\_\_ wird Energie von einem Körper auf einen anderen Körper übertragen.

Bei der \_\_Energieumwandlung\_\_ wird eine Energieform in eine Energieform umgewandelt. Das machen \_\_Energiewandler\_\_.

Wird die Energie bei der \_\_Energieumwandlung\_\_ auf ein anderes Objekt übertragen, so nennt man das \_\_Arbeit\_\_.

übertragen – Energieformen – Energieumwandlung – Energieumwandlung – nicht erzeugt – umgewandelt – Arbeit – Energieübertragung – Energiewandler – Wirkungen – Energietransport – transportiert – nicht verloren

Energieflussdiagramme veranschaulichen die Energieumwandlungen:



Quelle: eigene Darstellung

Strahlungsenergie wird durch die Solarzelle in elektrische Energie, Strahlungsenergie und Wärme umgewandelt.

1)



---

---


2)



---

---

### Protokolltitel: Kalter Tee

 **Aufgabe:** Du und deine Mitschüler\*innen haben in der Unterrichtsstunde besprochen, wie das Experiment „Kalter Tee“ gestaltet sein soll.

- a) Überlege dir auf Basis dieser Überlegungen ein für dich optimales Experiment dazu und halte es schriftlich auf diesem Arbeitsblatt fest.
- b) Fülle die Lückentext auf der Rückseite aus. Der graue Kasten hilft dir dabei.

---

Vermutung:

Aufbau:

Durchführung:

Beobachtung:

### Auswertung:

Die Physik versucht, Naturphänomene \_\_\_\_\_. Manchmal ist die Realität aber so komplex, dass wir sie \_\_\_\_\_ müssen, um sie zu verstehen. Dann nutzen wir \_\_\_\_\_. Sie helfen uns auch, \_\_\_\_\_ über Phänomene zu machen.

Wir können dieses Experiment auch durch ein Modell erklären, nämlich durch das \_\_\_\_\_:

Stoffe bestehen aus \_\_\_\_\_. Damit meinen wir z. B. Atome oder Moleküle.

Zwischen den Teilchen befindet sich nichts, also \_\_\_\_\_. Das nennen wir \_\_\_\_\_.

Teilchen können sich \_\_\_\_\_ und \_\_\_\_\_.

Die Teilchen \_\_\_\_\_ sich ständig und \_\_\_\_\_ dabei an andere Teilchen.

Je höher die \_\_\_\_\_ eines Stoffes ist, desto \_\_\_\_\_ bewegen sich seine Teilchen und desto \_\_\_\_\_ stoßen sie aneinander.

In unserem Experiment stoßen \_\_\_\_\_ mit \_\_\_\_\_ aneinander.


Je höher die Temperatur \_\_\_\_\_ ist, desto schneller bewegen sich die \_\_\_\_\_ und desto öfter stoßen sie gegen \_\_\_\_\_. Dann verbreitet sich der Tee \_\_\_\_\_ im Wasser.

Modelle haben aber auch Grenzen. Oft können wir einige Phänomene mit einem einzigen Modell erklären, aber nicht alle. Das Teilchenmodell kann uns z. B. nicht erklären, aus was die Teilchen bestehen.

abstoßen – anziehen – bewegen – des Wassers – Kugeln – leerer Raum – Modelle – öfter – schneller – schneller – stoßen – Teeteilchen – Teeteilchen – Teilchen – Teilchenmodell – Temperatur – Vakuum – vereinfachen – Vorhersagen – Wasserteilchen – Wasserteilchen – zu erklären



## Protokolltitel: Kalter Tee

 **Aufgabe:** Du und deine Mitschüler\*innen haben in der Unterrichtsstunde besprochen, wie das Experiment „Kalter Tee“ gestaltet sein soll.

- a) Überlege dir auf Basis dieser Überlegungen ein für dich optimales Experiment dazu und halte es schriftlich auf diesem Arbeitsblatt fest.
- b) Fülle die Lückentext auf der Rückseite aus. Der graue Kasten hilft dir dabei.

---

### Vermutung:

Je heißer das Wasser ist, desto schneller verteilt sich der Tee im Glas.

### Aufbau:

- 3 durchsichtige Gefäße
- 1 Messzylinder
- 3 Teebeutel z. B. Früchtetee
- 3 Thermometer
- 1 Stoppuhr
- Wasser bei Raumtemperatur
- gekochtes Wasser aus Wasserkocher
- Wasser von gerade geschmolzenen Eiswürfeln

### Durchführung:

In die durchsichtigen Gefäße werden jeweils 100 ml Wasser frisch aus dem Wasserkocher, Wasser mit Raumtemperatur und Wasser von gerade geschmolzenen Eiswürfeln gefüllt. Anschließend wird in jedes Gefäß ein Thermometer gestellt. Nun wird in jedes Gefäß ein Teebeutel gehängt und die Stoppuhr beginnt zu laufen. Sobald das Wasser komplett eingefärbt ist, wird die Zeit, die es dafür gebraucht hat abgelesen.

### Beobachtung:

Temperatur in ° C	5	20	98
Zeit in s	600	420	180

[Es handelt sich um geschätzte Werte.]

Je heißer das Wasser ist, desto schneller verteilt sich der Tee im Glas.

### Auswertung:

Die Physik versucht, Naturphänomene \_\_zu erklären\_\_\_\_\_. Manchmal ist die Realität aber so komplex, dass wir sie \_vereinfachen\_\_\_\_\_ müssen, um sie zu verstehen. Dann nutzen wir \_\_Modelle\_\_\_\_\_. Sie helfen uns auch, \_\_\_\_\_Vorhersagen\_\_\_\_\_ über Phänomene zu machen.

Wir können dieses Experiment auch durch ein Modell erklären, nämlich durch das \_\_Teilchenmodell\_\_\_\_\_:

Stoffe bestehen aus \_\_Teilchen\_\_\_\_\_. Damit meinen wir z. B. Atome oder Moleküle.

Zwischen den Teilchen befindet sich nichts, also \_\_leerer Raum\_\_\_\_\_. Das nennen wir \_\_Vakuum\_\_\_\_\_.

Teilchen können sich \_anziehen\_\_\_\_\_ und \_abstoßen\_\_\_\_\_.

Die Teilchen \_\_bewegen\_\_\_\_\_ sich ständig und \_\_stoßen\_\_\_\_\_ dabei an andere Teilchen.

Je höher die \_Temperatur\_\_\_\_\_ eines Stoffes ist, desto \_\_schneller\_\_\_\_\_ bewegen sich seine Teilchen und desto \_\_öfter\_\_\_\_\_ stoßen sie aneinander.

In unserem Experiment stoßen \_\_Wasserteilchen\_\_\_\_\_ mit \_\_\_\_\_Teeteilchen\_\_\_\_\_ aneinander.

Je höher die Temperatur \_des Wassers\_\_\_\_\_ ist, desto schneller bewegen sich die \_\_Wasserteilchen\_\_\_\_\_ und desto öfter stoßen sie gegen \_\_\_\_\_Teeteilchen\_\_\_\_\_. Dann verbreitet sich der Tee \_\_\_\_\_schneller\_\_\_\_\_ im Wasser.


Modelle haben aber auch Grenzen. Oft können wir einige Phänomene mit einem einzigen Modell erklären, aber nicht alle. Das Teilchenmodell kann uns z. B. nicht erklären, aus was die Teilchen bestehen.

abstoßen – anziehen – bewegen – des Wassers – Kugeln – leerer Raum – Modelle – öfter – schneller – schneller – stoßen – Teeteilchen – Teeteilchen – Teilchen – Teilchenmodell – Temperatur – Vakuum – vereinfachen – Vorhersagen – Wasserteilchen – Wasserteilchen – zu erklären

## Aggregatzustände und Teilchenmodell

Du und deine Mitschüler\*innen haben sich ein Modell überlegt, wie man die Aggregatzustände und ihre Änderungen beschreiben kann. Das kann man auch mithilfe des Teilchenmodells.

Unten siehst du eine Tabelle, in der du Stichpunkte findest, wie das Teilchenmodell diese Phänomene erklärt.

 **Aufgabe:** Schreibe anhand der Tabelle eigene Texte, die den Aggregatzustand beschreiben.

	<b>Festkörper</b>	<b>Flüssigkeiten</b>	<b>Gase</b>
<b>Aufbau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teilchen an festem Platz in einem Gitter</li> <li>• Schwingungen um den festen Platz</li> <li>• starke anziehende und abstoßende Kräfte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bewegliche Teilchen</li> <li>• eng aneinander liegende Teilchen</li> <li>• Stöße der Teilchen untereinander</li> <li>• unregelmäßige Bewegung</li> <li>• geringere Anziehungskräfte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• freie Bewegung der Teilchen im Raum</li> <li>• geringe Anziehungskräfte</li> <li>• kurze Kontakte der Teilchen untereinander durch Stöße</li> </ul>
<b>Form</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• festgelegt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anpassung an die Form des Gefäßes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anpassung an die Form des Gefäßes</li> </ul>
<b>Volumen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kaum veränderbar</li> <li>• nicht zusammendrückbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kaum veränderbar</li> <li>• nicht zusammendrückbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausfüllen des ihnen zur Verfügung stehenden Raumes</li> <li>• veränderbar</li> <li>• zusammendrückbar</li> </ul>
<b>Zustandsänderung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fest → flüssig: Schmelzen</li> <li>• fest → gasförmig: Sublimation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• flüssig → fest: Erstarren</li> <li>• flüssig → gasförmig: Verdampfen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gasförmig → fest: Resublimation</li> <li>• gasförmig → flüssig: Kondensation</li> </ul>


Beispielhafte Schülertexte könnten dabei wie folgt aussehen:

In einem Festkörper befinden sich die Teilchen an einem festen Platz in einem Gitter. Um diesen festen Platz schwingen sie. Zwischen ihnen wirken starke anziehende und abstoßende Kräfte. Die Form von Festkörpern ist festgelegt. Ihr Volumen ist kaum veränderbar und sie sind nicht zusammendrückbar. Ändert sich der Aggregatzustand von fest zu flüssig, nennt man das Schmelzen. Ändert er sich von fest zu gasförmig, nennt man das Sublimation.

In Flüssigkeiten können sich die Teilchen bewegen. Sie stoßen an andere Teilchen. Ihre Bewegung ist unregelmäßig und es wirken geringere Anziehungskräfte. Flüssigkeiten passen sich an die Form des Gefäßes an. Ihr Volumen ist kaum veränderbar und sie sind nicht zusammendrückbar. Ändert sich der Aggregatzustand von flüssig zu fest, nennt man das Erstarren. Ändert er sich von flüssig zu gasförmig, nennt man das Verdampfen.

In Gasen können sich die Teilchen frei bewegen. Es wirken nur geringe Anziehungskräfte zwischen ihnen. Sie passen sich an die Form des Gefäßes an und füllen den Raum aus, der ihnen zur Verfügung steht. Ihr Volumen ist veränderbar und sie sind zusammendrückbar. Ändert sich der Aggregatzustand von gasförmig zu fest, nennt man das Resublimation. Ändert er sich von gasförmig zu flüssig, nennt man das Kondensation.

## Protokolltitel: Temperaturen in Reagenzgläsern

 **Aufgabe:** Halte deine Vermutungen schriftlich fest. Führe das unten beschriebene Experiment durch und halte deine Beobachtungen schriftlich fest. Überlege dir anschließend auf Basis deines Vorwissens, wie es zu deinen Beobachtungen kommt. Halte deine Überlegungen in der Auswertung auf der Rückseite schriftlich fest.

Fragestellung: Warum verbrennen wir uns eher an Festkörpern und Flüssigkeiten als an Gasen?

Vermutung:

Aufbau:

<ul style="list-style-type: none"><li>• 2 Reagenzgläser</li><li>• 2 Stopfen</li><li>• 2 Thermometer</li><li>• 2 Teelichter</li><li>• Wasser</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stativmaterial für 2 Stative</li><li>• Knete</li><li>• Feuerzeug</li><li>• Stoppuhr</li></ul>
---	---

Durchführung:

Baue das Stativmaterial so auf, dass du in jedem Stativ ein Reagenzglas befestigen kannst. Fülle in ein Reagenzglas Wasser und verschließe es mit dem Stopfen. Durch den Stopfen führst du ein Thermometer ein. Nimm nun Knete, um den Stopfen abzudichten. Das zweite Reagenzglas verschließt du einfach mit dem Stopfen, ohne etwas hinzufüllen. Es befindet sich nun Luft darin. Du führst ein Thermometer ein und nimmst wieder Knete, um es abzudichten. Befestige anschließend die beiden Reagenzgläser in den Stativen. Sie sollten auf der gleichen Höhe liegen. Entzünde nun beide Teelichter mit dem Feuerzeug und stelle sie gleichzeitig direkt unter den Reagenzgläsern. Starte die Stoppuhr und schreibe die Temperaturen zu den angegebenen Zeiten auf.


Beobachtungen:

Zeit in s	0	30	60	90	120	150	180
Temperatur in °C							

s bedeutet Sekunden. °C bedeutet Temperatur in Grad Celsius.

Auswertung:

## Protokolltitel: Temperaturen in Reagenzgläsern

 **Aufgabe:** Halte deine Vermutungen schriftlich fest. Führe das unten beschriebene Experiment durch und halte deine Beobachtungen schriftlich fest. Überlege dir anschließend auf Basis deines Vorwissens, wie es zu deinen Beobachtungen kommt. Halte deine Überlegungen in der Auswertung auf der Rückseite schriftlich fest.

Fragestellung: Warum verbrennen wir uns eher an Festkörpern und Flüssigkeiten als an Gasen?

Vermutung:

Aufbau:

<ul style="list-style-type: none"><li>• 2 Reagenzgläser</li><li>• 2 Stopfen</li><li>• 2 Thermometer</li><li>• 2 Teelichter</li><li>• Wasser</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stativmaterial für 2 Stative</li><li>• Knete</li><li>• Feuerzeug</li><li>• Stoppuhr</li></ul>
---	---

Durchführung:

Baue das Stativmaterial so auf, dass du in jedem Stativ ein Reagenzglas befestigen kannst. Fülle in ein Reagenzglas Wasser und verschließe es mit dem Stopfen. Durch den Stopfen führst du ein Thermometer ein. Nimm nun Knete, um den Stopfen abzudichten. Das zweite Reagenzglas verschließt du einfach mit dem Stopfen, ohne etwas hinzufüllen. Es befindet sich nun Luft darin. Du führst ein Thermometer ein und nimmst wieder Knete, um es abzudichten. Befestige anschließend die beiden Reagenzgläser in den Stativen. Sie sollten auf der gleichen Höhe liegen. Entzünde nun beide Teelichter mit dem Feuerzeug und stelle sie gleichzeitig direkt unter den Reagenzgläsern. Starte die Stoppuhr und schreibe die Temperaturen zu den angegebenen Zeiten auf.

Beobachtungen:

Zeit in s	0	30	60	90	120	150	180
Reagenzglas mit Luft Temperatur in °C							
Reagenzglas mit Wasser Temperatur in °C							

s bedeutet Sekunden. °C bedeutet Temperatur in Grad Celsius.

Die Temperatur in Luft steigt schneller als die in Wasser.

Auswertung:

Luft ist gasförmig und Wasser ist flüssig. Der Abstand zwischen den Teilchen in Gasen ist größer als der Abstand zwischen den Teilchen im Wasser. Deswegen befinden sich in dem Reagenzglas mit Luft weniger Teilchen als in dem Reagenzglas mit Wasser.

Die Temperaturen in den Reagenzgläsern ändern sich, weil durch die brennenden Teelichter Wärme(-energie) an die Teilchen übertragen wird.

In dem Reagenzglas mit Luft befinden sich weniger Teilchen. Auf ein Luftteilchen kann also mehr Energie übertragen werden als auf ein Wasserteilchen. Die innere Energie der Teilchen steigt. Die Temperatur des Reagenzglases mit Luft erhöht sich also schneller.



## Innere Energie und Wärme

### **Aufgabe:**

- a) Fülle den Lückentext aus. Die Wörter im grauen Kasten helfen dir dabei.
- b) Überlege dir, ob die Aussagen in der grünen Sprechblase die innere Energie mit der gleichen Bedeutung verwendet wird wie die Wärme. Trage anschließend jede Aussage in die passende Spalte in der Tabelle ein.

abführen – den Zustand eines Stoffes – Energieform – erhöhen – sinkt – steigt – verringern  
– zuführen

In der Alltagssprache verwenden wir den Begriff „Wärme“ häufig, um eine angenehme Temperatur auszudrücken. Wir verwenden die Temperatur, um die innere Energie zu messen. „Wärme“ und „innere Energie“ werden häufig wie das Gleiche behandelt.

In der Fachsprache muss man die beiden Begriffe aber unterscheiden.

Hier meint die innere Energie \_\_\_\_\_,  
wie z. B.: „Das Wasser ist heiß“.

Mit der Wärme ist eine \_\_\_\_\_ von Energie gemeint.

Die Wärme ändert die Bewegung der Teilchen und damit auch die Bewegungsenergie der Teilchen. Diese gehört zu der sogenannten inneren Energie.

Wenn wir Wärme \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ wir die Bewegungsenergie und innere Energie der Teilchen. Die Temperatur \_\_\_\_\_.

Wenn wir Wärme \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ wir die Bewegungsenergie und innere Energie der Teilchen. Die Temperatur \_\_\_\_\_.

„Das Essen ist warm.“

„Die Erderwärmung schreitet voran.“

„Die innere Energie wird durch Wärme erhöht.“

„Das Metall kühlt ab.“

„Strahlungsenergie wird in Wärme umgewandelt.“

Alltagssprache: innere Energie = Wärme

Fachsprache: innere Energie  $\neq$  Wärme

## Innere Energie und Wärme

### **Aufgabe:**

- a) Fülle den Lückentext aus. Die Wörter im grauen Kasten helfen dir dabei.
- b) Überlege dir, ob die Aussagen in der grünen Sprechblase die innere Energie mit der gleichen Bedeutung verwendet wird wie die Wärme. Trage anschließend jede Aussage in die passende Spalte in der Tabelle ein.

abführen – den Zustand eines Stoffes – erhöhen – sinkt – steigt – Transportform – verringern – zuführen

In der Alltagssprache verwenden wir den Begriff „Wärme“ häufig, um eine angenehme Temperatur auszudrücken. Wir verwenden die Temperatur, um die innere Energie zu messen. „Wärme“ und „innere Energie“ werden häufig wie das Gleiche behandelt.

In der Fachsprache muss man die beiden Begriffe aber unterscheiden.

Hier meint die innere Energie \_\_den Zustand eines Stoffes\_\_\_\_\_, wie z. B.: „Das Wasser ist heiß“.

Mit der Wärme ist eine \_\_Transportform\_\_\_\_\_ von Energie gemeint.

Die Wärme ändert die Bewegung der Teilchen und damit auch die Bewegungsenergie der Teilchen. Diese gehört zu der sogenannten inneren Energie.

Wenn wir Wärme \_zuführen\_\_\_\_\_, \_erhöhen\_\_\_\_\_ wir die Bewegungsenergie und innere Energie der Teilchen. Die Temperatur \_steigt\_\_\_\_\_.

Wenn wir Wärme \_abführen\_\_\_\_\_, \_verringern\_\_\_\_\_ wir die Bewegungsenergie und innere Energie der Teilchen. Die Temperatur \_sinkt\_\_\_\_\_.

„Das Essen ist warm.“  
 „Die Erderwärmung schreitet voran.“  
 „Die innere Energie wird durch Wärmezufuhr erhöht.“  
 „Das Metall kühlt ab.“  
 „Strahlungsenergie wird in Wärme umgewandelt.“

<b>Alltagssprache: Temperatur = Wärme</b>	<b>Fachsprache: Temperatur ≠ Wärme</b>
„Das Essen ist warm.“	„Die innere Energie wird durch Wärmezufuhr erhöht.“
„Die Erderwärmung schreitet voran.“	„Strahlungsenergie wird in Wärme umgewandelt.“
„Das Metall kühlt ab.“	


# Anhang D: Textanalysen durch das Regensburger Analyse- tool für Texte (RATTE)

Anhang D – 1: Textanalyse des Textes auf dem Arbeitsblatt aus Unterrichtsstunde 1 durch RATTE [75].

17.03.22, 21:36 RATTE - Regensburger Analysetool für Texte

## RATTE

### Regensburger Analysetool für Texte



Ihr Text:

Bauen einer Lavalampe  
Öltropfen sollen sich durch das Wasser bewegen wie bei einer Lavalampe.

- hohes Glas
- Wasser
- Öl
- Salz
- Tinte oder Lebensmittelfarbe


Wir füllen das Glas ungefähr vier Zentimeter hoch mit Wasser.  
Wir geben ein paar Tropfen Tinte oder Lebensmittelfarbe in das Glas.  
Wir füllen ungefähr einen Zentimeter hoch Öl in das Glas.  
Wir streuen Salz in das Glas.  
Die Öltropfen sinken auf den Glasboden.  
Die Öltropfen steigen wieder nach oben.  
Die Dichte ist der Grund für diesen Effekt.  
Die Dichte  $\rho$  (rho) ist das Verhältnis von der Masse  $m$  zu Volumen  $V$ :  $\rho = m/V$ .  
Zum Beispiel:  $\rho_{\text{Wasser}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_{\text{Öl}} = 800 \text{ kg/m}^3$  und  $\rho_{\text{Salz}} = 2160 \text{ kg/m}^3$ .

Stufe:

Klasse 7

; als Satztrenner  
 : als Satztrenner

Regulärer Ausdruck:



Kennzahl	Wert
----------	------

ratte.herokuapp.com 1/3

Kennzahl	Wert
gSmog:	3.77
RIX:	3.85
Anzahl Wörter:	171
Anzahl Sätze:	18
Ø Wortlänge:	4.81
Ø Satzlänge:	9.5
Sätze im Passiv:	0 (0%)
lex. Dichte:	53.8%
Sätze mit Nebensatz:	1 (6.0%)
Sätze mit Infinitivkonst.:	1 (6.0%)
Lesedauer:	ca. 1 Minuten für einen durchschnittlichen Schüler der 7. Klasse.
Floskeln:	1
Füllwörter:	6
Abkürzungen:	1
Pronomen:	16
Types:	86
Einsilber:	97
Zweisilber:	47
Dreisilber:	20
Regex Treffer:	0

© Johannes Wild, Markus Pissarek - Lehrstuhl für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur - Uni Regensburg  
 Web Umsetzung - Benjamin Steinert - Comsysio Reply  
 Alle Rechte vorbehalten


Impressum  
 Datenschutz

## Anhang D – 2: Textanalyse des Lückentextes auf dem Arbeitsblatt aus Unterrichtsstunde 2 und 3 [75].

29.03.22, 23:35 RATTE - Regensburger Analysetool für Texte

# RATTE

## Regensburger Analysetool für Texte



Ihr Text:

Die Erde ist auch ein Magnet. Du kannst das Magnetfeld der Erde zur Orientierung nutzen. Dafür brauchst du einen Kompass. Ein Kompass besteht aus einem kleinen Magneten. Dieser Magnet kann sich frei bewegen. Die Spitze der Kompassnadel zeigt immer zum magnetischen Südpol der Erde.

Wenn du einen Magneten teilst, entstehen wieder Magneten mit einem Nordpol und einem Südpol.  
Wir stellen uns einen Magneten so vor:  
Ein Magnet besteht aus sehr vielen kleinen Magneten.  
Diese kleinen Magneten heißen Elementarmagnete.  
Die Elementarmagnete können sich in alle Richtungen drehen.  
Wenn die Elementarmagnete in einem Stoff immer in die gleiche Richtung zeigen, dann nennt man die Stoffe Permanentmagnete.  
Wenn ein Stoff aus Eisen besteht, kann man ihn magnetisieren.  
Du kannst Eisen magnetisieren, wenn du mit einem Permanentmagneten an dem Eisen entlang streichst.  
Beim Magnetisieren richten sich die Elementarmagnete in die gleiche Richtung aus.  
Du kannst Eisen wieder entmagnetisieren, wenn du es erhitzt oder darauf schlägst.

Stufe:

Klasse 7

BERECHNEN

; als Satztrenner  
 : als Satztrenner

Regulärer Ausdruck:

Kennzahl

Wert

---

ratte.herokuapp.com/?sessionId=C3A2AB877178BA4AFDE4411B88B84B17A1/3

Kennzahl	Wert
gSmog:	4.65
RIX:	4.86
Anzahl Wörter:	179
Anzahl Sätze:	19
Ø Wortlänge:	5.65
Ø Satzlänge:	9.42
Sätze im Passiv:	0 (0%)
lex. Dichte:	60.89%
Sätze mit Nebensatz:	4 (21.0%)
Sätze mit Infinitivkonst.:	0 (0.0%)
Lesedauer:	ca. 1 Minuten für einen durchschnittlichen Schüler der 7. Klasse.
Floskeln:	0
Füllwörter:	17
Abkürzungen:	0
Pronomen:	21
Types:	96
Einsilber:	86
Zweisilber:	65
Dreisilber:	28
Regex Treffer:	0

© Johannes Wild, Markus Pissarek - Lehrstuhl für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur - Uni Regensburg  
Web Umsetzung - Benjamin Steinert - Comsysio Reply  
Alle Rechte vorbehalten

Impressum  
Datenschutz

# Anhang D – 3: Textanalyse der Texte auf den Arbeitsblättern aus den Unterrichtsstunden 4 und 5 [75].

29.03.22, 23:36

RATTE - Regensburger Analysetool für Texte

## RATTE

### Regensburger Analysetool für Texte



Ihr Text:

Die Lichtquelle sendet einen Lichtstrahl aus. Der einfallende Lichtstrahl trifft auf den Spiegel.  
Das Lot geht durch den Auftreffpunkt. Es steht senkrecht auf dem Spiegel.  
Der Winkel zwischen dem Lot und dem einfallenden Lichtstrahl heißt Einfallswinkel.  
Der einfallende Lichtstrahl wird am Spiegel reflektiert.  
Der Winkel zwischen dem Lot und dem reflektierten Lichtstrahl heißt Reflexionswinkel.  
Das Lot ist eine gedachte Linie. Es hilft dir beim Einzeichnen und Messen der Winkel.

Stufe:

Klasse 7

BERECHNEN

; als Satztrenner

: als Satztrenner

Regulärer Ausdruck:



Kennzahl

Wert

Kennzahl	Wert
gSmog:	4.06
RIX:	3.57
Anzahl Wörter:	69
Anzahl Sätze:	9
Ø Wortlänge:	5.88
Ø Satzlänge:	7.67
Sätze im Passiv:	1 (11%)
lex. Dichte:	47.83%
Sätze mit Nebensatz:	0 (0.0%)
Sätze mit Infinitivkonst.:	0 (0.0%)
Lesedauer:	ca. 1 Minuten für einen durchschnittlichen Schüler der 7. Klasse.
Floskeln:	0
Füllwörter:	0
Abkürzungen:	0
Pronomen:	2
Types:	41
Einsilber:	39
Zweisilber:	19
Dreisilber:	11
Regex Treffer:	0

© Johannes Wild, Markus Pissarek - Lehrstuhl für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur - Uni Regensburg  
Web Umsetzung - Benjamin Steinert - ComsysTo Reply  
Alle Rechte vorbehalten

Impressum  
Datenschutz



## RATTE

## Regensburger Analysetool für Texte



Ihr Text:

Grund dafür ist die Brechung von Licht oder auch Lichtbrechung:  
Das Licht breitet sich im Wasser geradlinig aus.  
An der Wasseroberfläche teilt sich der einfallende Lichtstrahl auf.  
Der eine Teil des Lichtstrahls wird reflektiert und der andere dringt in die Luft ein.  
Dabei ändert sich die Richtung des Lichtstrahls. Er macht einen Knick.  
Man sagt: Der Lichtstrahl wird gebrochen.  
Der Winkel zwischen dem Lot und dem gebrochenen Lichtstrahl heißt Brechungswinkel.

Wenn der Lichtstrahl aus dem Wasser austritt und in die Luft eindringt, dann wird er im Wasser vom Lot weggebrochen.

Wenn der Lichtstrahl aus der Luft austritt und in das Wasser eindringt, dann wird er in der Luft zum Lot hin gebrochen.

Stufe:

Klasse 7

BERECHNEN

 ; als Satztrenner : als Satztrenner

Regulärer Ausdruck:



Kennzahl

Wert

Kennzahl	Wert
gSmog:	4.21
RIX:	4.35
Anzahl Wörter:	70
Anzahl Sätze:	7
Ø Wortlänge:	5.5
Ø Satzlänge:	10.0
Sätze im Passiv:	2 (28%)
lex. Dichte:	60.0%
Sätze mit Nebensatz:	0 (0.0%)
Sätze mit Infinitivkonst.:	0 (0.0%)
Lesedauer:	ca. 1 Minuten für einen durchschnittlichen Schüler der 7. Klasse.
Floskeln:	0
Füllwörter:	4
Abkürzungen:	0
Pronomen:	3
Types:	54
Einsilber:	44
Zweisilber:	17
Dreisilber:	9
Regex Treffer:	0

© Johannes Wild, Markus Pissarek - Lehrstuhl für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur - Uni Regensburg  
Web Umsetzung - Benjamin Steinert - ComsysTo Reply  
Alle Rechte vorbehalten

Impressum  
Datenschutz

# Anhang D – 4: Textanalyse der Fantasiereise und der Texte auf den Arbeitsblättern aus den Unterrichtsstunden 6 und 7 [75].

29.03.22, 23:57

RATTE - Regensburger Analysetool für Texte

## RATTE

### Regensburger Analysetool für Texte



Ihr Text:

Der Wagen fährt!  
Langsam kommst du zum ersten Berg. Der Wagen wird hochgezogen. Höher und höher, bis du ganz oben bist. Der Wagen bremst ab. Von hier oben kannst du alles sehen.  
Der Wagen fährt wieder los. Und dann geht es runter! Er fährt jetzt ohne Hilfe, ganz von allein. Es geht steil runter. Du spürst, wie du immer schneller wirst. Du spürst den Wind in deinem Gesicht. Du spürst deinen Herzschlag. Du spürst wie deine Atmung schneller wird.  
Der Boden kommt immer näher. Dann bist du am tiefsten Punkt. Du spürst, wie es dich in den Sitz drückt. Und da siehst du direkt einen zweiten Berg vor dir. Du fährst wieder hoch. Der Wagen ist so schnell, dass er keine Hilfe braucht, um auf den Berg zu kommen. Je höher du fährst, desto langsamer wirst du. Dann bist du wieder ganz oben auf dem Berg. Der Wagen fährt jetzt nur noch sehr langsam. Stell dir nun vor, wie die Fahrt weitergeht.  
Der Wagen bremst ab. Jetzt fährst du langsam wieder in Richtung Bahnsteig. Der Wagen bleibt stehen. Die Sicherheitsbügel fahren wieder hoch. Die Achterbahnfahrt ist zu Ende.  
Es wird nun wieder Zeit, zurückzukehren. Deine Arme, Beine und Füße werden wieder leicht. Bewege sie ein bisschen. Richte dich langsam wieder auf. Schüttle und streck dich, wenn du magst. Wenn du soweit bist, dann öffne deine Augen.

Stufe:

Klasse 7

BERECHNEN

; als Satztrenner

: als Satztrenner

Regulärer Ausdruck:



Kennzahl

Wert

Kennzahl	Wert
gSmog:	1.27
RIX:	7.67
Anzahl Wörter:	480
Anzahl Sätze:	70
Ø Wortlänge:	4.56
Ø Satzlänge:	6.86
Sätze im Passiv:	10 (14%)
lex. Dichte:	66.04%
Sätze mit Nebensatz:	18 (26.0%)
Sätze mit Infinitivkonst.:	3 (4.0%)
Lesedauer:	ca. 3 Minuten für einen durchschnittlichen Schüler der 7. Klasse.
Floskeln:	2
Füllwörter:	53
Abkürzungen:	0
Pronomen:	93
Types:	204
Einsilber:	308
Zweisilber:	147
Dreisilber:	25
Regex Treffer:	0

© Johannes Wild, Markus Pissarek - Lehrstuhl für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur - Uni Regensburg  
Web Umsetzung - Benjamin Steinert - Comsysio Reply  
Alle Rechte vorbehalten

Impressum  
Datenschutz

# RATTE

## Regensburger Analysetool für Texte



Ihr Text:

Wir können Energie normalerweise nicht sehen, fühlen oder anfassen. Wir können nur ihre Wirkungen wahrnehmen. Damit meint man die Energieformen:  
Energie wird nicht erzeugt. Sie geht nicht verloren.  
Energie kann transportiert, übertragen und umgewandelt werden.  
Beim Energietransport wird Energie von einem Ort zu einem anderen Ort transportiert.  
Bei der Energieübertragung wird Energie von einem Körper auf einen anderen Körper übertragen.  
Bei der Energieübertragung wird Energie von einem Körper auf einen anderen Körper übertragen.  
Bei der Energieumwandlung wird eine Energieform in eine Energieform umgewandelt. Das machen Energiewandler.  
Wird die Energie bei der Energieumwandlung auf ein anderes Objekt übertragen, so nennt man das Arbeit.

Stufe:

Klasse 7

BERECHNEN

; als Satztrenner

: als Satztrenner

Regulärer Ausdruck:

Kennzahl

Wert

Kennzahl	Wert
gSmog:	7.49
RIX:	5.84
Anzahl Wörter:	102
Anzahl Sätze:	11
Ø Wortlänge:	6.16
Ø Satzlänge:	9.27
Sätze im Passiv:	7 (63%)
lex. Dichte:	56.86%
Sätze mit Nebensatz:	2 (18.0%)
Sätze mit Infititivkonst.:	0 (0.0%)
Lesedauer:	ca. 1 Minuten für einen durchschnittlichen Schüler der 7. Klasse.
Floskeln:	0
Füllwörter:	3
Abkürzungen:	0
Pronomen:	5
Types:	56
Einsilber:	45
Zweisilber:	24
Dreisilber:	33
Regex Treffer:	0

© Johannes Wild, Markus Pissarek - Lehrstuhl für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur - Uni Regensburg  
Web Umsetzung - Benjamin Steinert - Comysto Reply  
Alle Rechte vorbehalten

Impressum  
Datenschutz

# Anhang D – 5: Textanalyse der Texte auf den Arbeitsblättern und der Fantasiereisen zu den Unterrichtsstunden 8, 9 und 10 [75].

29.03.22, 23:48

RATTE - Regensburger Analysetool für Texte

## RATTE

### Regensburger Analysetool für Texte



Ihr Text:

Die Physik versucht, Naturphänomene zu erklären. Manchmal ist die Realität aber so komplex, dass wir sie vereinfachen müssen, um sie zu verstehen. Dann nutzen wir Modelle. Sie helfen uns auch, Vorhersagen über Phänomene zu machen.  
Wir können dieses Experiment auch durch ein Modell erklären, nämlich durch das Teilchenmodell:  
Stoffe bestehen aus Teilchen. Damit meinen wir z. B. Atome oder Moleküle.  
Zwischen den Teilchen befindet sich nichts, also leerer Raum. Das nennen wir Vakuum.  
Teilchen können sich anziehen und abstoßen.  
Die Teilchen bewegen sich ständig und stoßen dabei an andere Teilchen.  
Je höher die Temperatur eines Stoffes ist, desto schneller bewegen sich seine Teilchen und desto öfter stoßen sie aneinander.  
In unserem Experiment stoßen Wasserteilchen mit Teeteilchen aneinander.  
Je höher die Temperatur des Wassers ist, desto schneller bewegen sich die Wasserteilchen und desto öfter stoßen sie gegen Teeteilchen. Dann verbreitet sich der Tee schneller im Wasser.

Modelle haben aber auch Grenzen. Oft können wir einige Phänomene mit einem einzigen Modell erklären, aber nicht alle. Das Teilchenmodell kann uns z. B. nicht erklären, aus was die Teilchen bestehen.

Stufe:

Klasse 7

BERECHNEN

; als Satztrenner

: als Satztrenner

Regulärer Ausdruck:



Kennzahl

Wert

Kennzahl	Wert
gSmog:	5.56
RIX:	5.49
Anzahl Wörter:	172
Anzahl Sätze:	21
Ø Wortlänge:	5.66
Ø Satzlänge:	8.19
Sätze im Passiv:	0 (0%)
lex. Dichte:	61.05%
Sätze mit Nebensatz:	8 (38.0%)
Sätze mit Infititivkonst.:	3 (14.0%)
Lesedauer:	ca. 1 Minuten für einen durchschnittlichen Schüler der 7. Klasse.
Floskeln:	0
Füllwörter:	23
Abkürzungen:	2
Pronomen:	25
Types:	102
Einsilber:	70
Zweisilber:	62
Dreisilber:	40
Regex Treffer:	0

© Johannes Wild, Markus Pissarek - Lehrstuhl für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur - Uni Regensburg  
Web Umsetzung - Benjamin Steinert - Comsysto Reply  
Alle Rechte vorbehalten

Impressum  
Datenschutz



# RATTE

## Regensburger Analysetool für Texte



Ihr Text:

Ich nehme dich nun mit auf eine Reise.  
 Es ist Sommer. Draußen scheint die Sonne und es ist richtig heiß. Du möchtest mit deinen Freunden ans Wasser fahren, um dich abzukühlen. Du darfst entscheiden, wohin ihr geht. Magst du lieber ins Schwimmbad oder an den See?  
 Dort angekommen, breitet ihr eure Handtücher aus und legt euch in die Sonne. Es ist richtig schön hier. Du spürst einen kühlen Wind, der dir ins Gesicht streicht. Das tut gut!  
 Du beobachtest die Menschen um dich rum. Im Wasser plantschen die Kinder. Das sieht nach richtig viel Spaß aus!  
 Du schaust dich weiter um. Was kannst du noch alles sehen?  
 Einer deiner Freunde hat selbstgemachten Eistee mitgebracht. Der schaut lecker aus! Du trinkst einen großen Schluck. Das ist richtig erfrischend. Er oder sie erzählt, dass das ganz leicht geht: Man braucht nur ein paar Teebeutel, Zitronen und Zucker. Man muss das Wasser kochen und in ein großes Gefäß gießen. Dann kommen die Teebeutel und der Saft von zwei Zitronen dazu und Zucker so viel man möchte. Anschließend kommt der Tee in den Kühlschrank, er ist ja noch ganz heiß!  
 Es wird nun wieder Zeit, zurückzukehren. Deine Arme, Beine und Füße werden wieder leicht. Bewege sie ein bisschen. Richte dich langsam wieder auf. Schüttle und streck dich, wenn du magst. Wenn du soweit bist, dann öffne deine Augen.

Stufe:

Klasse 7

BERECHNEN

; als Satztrenner

: als Satztrenner

Regulärer Ausdruck:



Kennzahl

Wert

Kennzahl	Wert
gSmog:	1.92
RIX:	6.93
Anzahl Wörter:	326
Anzahl Sätze:	45
Ø Wortlänge:	4.67
Ø Satzlänge:	7.24
Sätze im Passiv:	5 (11%)
lex. Dichte:	62.27%
Sätze mit Nebensatz:	15 (33.0%)
Sätze mit Infinitivkonst.:	2 (4.0%)
Lesedauer:	ca. 2 Minuten für einen durchschnittlichen Schüler der 7. Klasse.
Floskeln:	2
Füllwörter:	24
Abkürzungen:	0
Pronomen:	55
Types:	181
Einsilber:	203
Zweitsilber:	100
Dreisilber:	23
Regex Treffer:	0

© Johannes Wild, Markus Pissarek - Lehrstuhl für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur - Uni Regensburg  
Web Umsetzung - Benjamin Steinert - ComsysTo Reply  
Alle Rechte vorbehalten

Impressum  
Datenschutz

## RATTE

## Regensburger Analysetool für Texte



Ihr Text:

scheint, haben die Menschen dicke Jacken, Mützen, Schals und Handschuhe an. Du bekommst Lust, nach draußen zu gehen, um ein bisschen frische Luft zu schnappen. Du ziehst dich warm an und gehst spazieren. Jetzt verstehst du, warum die Leute so angezogen sind: Es ist sehr kalt! Trotzdem tut die Luft richtig gut. Mit jedem Atemzug fühlst du dich fitter. Du siehst Kinder, die Schneebälle werfen und auch welche, die mit einem Schlitten einen Berg runterfahren. Das sieht nach richtig viel Spaß aus!

Du gehst weiter. Was siehst du noch alles?

Irgendwann ist dir selbst mit deiner Jacke kalt und du beschließt wieder heim zu gehen. Dort angekommen, ziehst du dich aus. Obwohl du wieder drinnen bist, ist dir immer noch ganz kalt. Jetzt ein leckerer Tee zum Aufwärmen, das wäre genau das Richtige. Du suchst nach deinem Lieblingstee. Glück gehabt, es ist noch genug für eine Tasse da. Du kochst Wasser und gießt es in die Tasse mit dem Tee. Vielleicht magst du noch Zucker oder Honig dazu? Der Tee riecht richtig gut! Sobald der Tee fertig ist, willst du gleich einen großen Schluck trinken. Du nimmst die Tasse in den Mund und kaum berührt das Wasser deinen Mund – Zack! – hast du dich verbrannt. Aua! Das tut weh! Da hättest du wohl noch ein bisschen warten müssen. Aber warum genau nimmt man eigentlich kochendes Wasser, wenn man einen Tee macht? Man verbrennt sich dabei doch nur den Mund, oder nicht?

Es wird nun wieder Zeit, zurückzukehren. Deine Arme, Beine und Füße werden wieder leicht. Bewege sie ein bisschen. Richte dich langsam wieder auf. Schüttle und streck dich, wenn du magst. Wenn du soweit bist, dann öffne deine Augen.

Stufe:

Klasse 7

BERECHNEN

 ; als Satztrenner : als Satztrenner

Regulärer Ausdruck:


Kennzahl

Wert

Kennzahl	Wert
gSmog:	1.87
RIX:	7.57
Anzahl Wörter:	408
Anzahl Sätze:	52
Ø Wortlänge:	4.67
Ø Satzlänge:	7.85
Sätze im Passiv:	5 (9%)
lex. Dichte:	63.97%
Sätze mit Nebensatz:	20 (38.0%)
Sätze mit Infitivkonst.:	3 (6.0%)
Lesedauer:	ca. 3 Minuten für einen durchschnittlichen Schüler der 7. Klasse.
Floskeln:	3
Füllwörter:	45
Abkürzungen:	0
Pronomen:	65
Types:	214
Einsilber:	252
Zweisilber:	130
Dreisilber:	26
Regex Treffer:	0

© Johannes Wild, Markus Pissarek - Lehrstuhl für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur - Uni Regensburg  
Web Umsetzung - Benjamin Steinert - Comsysto Reply  
Alle Rechte vorbehalten

Impressum  
Datenschutz

## RATTE

## Regensburger Analysetool für Texte



Ihr Text:

Baue das Stativmaterial so auf, dass du in jedem Stativ ein Reagenzglas befestigen kannst. Fülle in ein Reagenzglas Wasser und verschließe es mit dem Stopfen. Durch den Stopfen führst du ein Thermometer ein. Nimm nun Knete, um den Stopfen abzudichten. Das zweite Reagenzglas verschließt du einfach mit dem Stopfen, ohne etwas hinzufüllen. Es befindet sich nun Luft darin. Du führ ein Thermometer ein und nimmst wieder Knete, um es abzudichten. Befestige anschließend die beiden Reagenzgläser in den Stativen. Sie sollten auf der gleichen Höhe liegen. Entzünde nun beide Teelichter mit dem Feuerzeug und stelle sie gleichzeitig di unter den Reagenzgläsern. Starte die Stoppuhr und schreib die Temperaturen zu den angegebenen Zeiten auf.

Stufe:

Klasse 7

BERECHNEN

 ; als Satztrenner : als Satztrenner

Regulärer Ausdruck:



Kennzahl

Wert

Kennzahl	Wert
gSmog:	5.92
RIX:	4.71
Anzahl Wörter:	112
Anzahl Sätze:	11
Ø Wortlänge:	5.49
Ø Satzlänge:	10.18
Sätze im Passiv:	0 (0%)
lex. Dichte:	55.36%
Sätze mit Nebensatz:	3 (27.0%)
Sätze mit Infititivkonst.:	4 (36.0%)
Lesedauer:	ca. 1 Minuten für einen durchschnittlichen Schüler der 7. Klasse.
Floskeln:	0
Füllwörter:	12
Abkürzungen:	0
Pronomen:	11
Types:	71
Einsilber:	59
Zweisilber:	30
Dreisilber:	23
Regex Treffer:	0

© Johannes Wild, Markus Pissarek - Lehrstuhl für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur - Uni Regensburg  
Web Umsetzung - Benjamin Steinert - Comsysto Reply  
Alle Rechte vorbehalten

Impressum  
Datenschutz

# RATTE

## Regensburger Analysetool für Texte



Ihr Text:

In der Alltagssprache verwenden wir den Begriff „Wärme“ häufig, um eine angenehme Temperatur auszudrücken. Wir verwenden Temperatur, um die innere Energie zu messen. „Wärme“ und „innere Energie“ werden häufig wie das Gleiche behandelt. In der Fachsprache muss man die beiden Begriffe aber unterscheiden. Hier meint die innere Energie den Zustand eines Stoffes, wie z. B.: „Das Wasser ist heiß“. Mit der Wärme ist eine Transportform von Energie gemeint. Die Wärme ändert die Bewegung der Teilchen und damit auch die Bewegungsenergie der Teilchen. Diese gehört zu der sogenannten inneren Energie. Wenn wir Wärme zuführen, erhöhen wir die Bewegungsenergie und innere Energie der Teilchen. Die Temperatur steigt. Wenn wir Wärme abführen, verringern wir die Bewegungsenergie und innere Energie der Teilchen. Die Temperatur sinkt.

Stufe:

Klasse 7

BERECHNEN

: als Satztrenner

: als Satztrenner

Regulärer Ausdruck:



Kennzahl

Wert

Kennzahl	Wert
gSmog:	7.36
RIX:	5.08
Anzahl Wörter:	121
Anzahl Sätze:	13
Ø Wortlänge:	5.69
Ø Satzlänge:	9.31
Sätze im Passiv:	1 (7%)
lex. Dichte:	47.11%
Sätze mit Nebensatz:	4 (31.0%)
Sätze mit Infinitivkonst.:	2 (15.0%)
Lesedauer:	ca. 1 Minuten für einen durchschnittlichen Schüler der 7. Klasse.
Floskeln:	0
Füllwörter:	8
Abkürzungen:	1
Pronomen:	11
Types:	68
Einsilber:	55
Zweitsilber:	27
Dreisilber:	38
Regex Treffer:	0

© Johannes Wild, Markus Pissarek - Lehrstuhl für Didaktik der deutschen Sprache und Literatur - Uni Regensburg  
Web Umsetzung - Benjamin Steinert - Comsyssto Reply  
Alle Rechte vorbehalten

Impressum  
Datenschutz



## Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die schriftliche Hausarbeit selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen sind, wurden unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht. Dies gilt ebenso für Abbildungen, Tabellen oder Unterrichtsmaterialien.

Ich akzeptiere, dass meine Arbeit mit einer entsprechenden Software auf Plagiate untersucht werden kann.

.....

Ort, Datum	Unterschrift
------------	--------------