



universität  
wien

# MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

Einbettung von Black Boxes in den  
naturwissenschaftlichen Unterricht

verfasst von / submitted by

Michael Liebmann-Reindl, BEd

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Master of Education (MEd)

Wien, 2023 / Vienna, 2023

Studienkennzahl lt. Studienblatt /  
degree programme code as it appears on  
the student record sheet:

UA 199 523 526

Studienrichtung lt. Studienblatt /  
degree programme as it appears on  
the student record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB)  
Unterrichtsfach Physik Unterrichtsfach Russisch

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Mag. Dr. Marianne Korner



## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe.

Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Wien, am 02.02.2023

---

Unterschrift  
(Michael Liebmann-Reindl, BEd)

## **Danksagung**

Mein Dank gilt allen Menschen, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit geholfen bzw. mich unterstützt haben.

Ich bedanke mich zuallererst bei Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf und Mag. Dr. Marianne Korner für die Übernahme sowie Betreuung dieser Masterarbeit.

Des Weiteren möchte ich mich bei den teilnehmenden Schüler\*innen bedanken, die mit vollem Engagement und guter Motivation versucht haben, meine Black Box und deren Aufbau zu erforschen. Weiters möchte ich mich bei allen beteiligten Kolleg\*innen aus meiner Schule sehr herzlich danken, die mich in vielerlei Hinsicht sehr konstruktiv begleitet haben.

Bevor ich allerdings mit meinen Ausführungen starte, möchte ich selbstverständlich noch meinen ganz besonderen Dank an meine Eltern und meine Schwester zum Ausdruck bringen, die mich in meinem Handeln stets unterstützt haben.

Vielen Dank!

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Theorieteil.....</b>	<b>9</b>
2.1. Konstruktivistische Lerntheorien.....	9
2.2. Erkenntnisgewinn in der Naturwissenschaft.....	12
2.3. Erkenntnisgewinn in der Physik .....	13
2.3.1. Physik als Naturwissenschaft.....	13
2.3.2. Erkenntnisgewinn im Physikunterricht.....	14
2.3.3. Die Bedeutung von Experimenten .....	16
2.3.4. Erkenntnismethoden .....	19
2.4. Kompetenzmodell .....	20
2.5. Denken in Modellen.....	24
2.6. Arbeitsweisen in der Physik.....	26
2.7. Motivation.....	28
<b>3. Black Boxes.....</b>	<b>30</b>
3.1. Black Boxes im Allgemeinen .....	30
3.2. Bereits bekannte Black Boxes für den Unterricht.....	31
3.3. Eine selbstentwickelte Black Box.....	36
3.3.1. Vorüberlegungen.....	36
3.3.2. Materialien .....	36
3.3.3. Aufbau.....	37
<b>4. Forschungsfragen und Forschungsdesign .....</b>	<b>38</b>
4.1. Forschungsfragen und Hypothesen.....	38
4.2. Forschungsdesign und Durchführung.....	39
4.3. Unterrichtsplanung für die Nutzung der Black Box .....	43

<b>5. Ergebnisse und erste Interpretation.....</b>	<b>47</b>
5.1. Ergebnisse der Gruppe 1 .....	47
5.2. Ergebnisse der Gruppe 2.....	49
5.3. Ergebnisse der Gruppe 3.....	51
5.4. Ergebnisse der Gruppe 4.....	52
5.5. Ergebnisse der Gruppe 5.....	55
5.6. Ergebnisse bzw. Auswertung der Motivationsfragebögen .....	58
<b>6. Schlussfolgerung und Beantwortung der Forschungsfragen.....</b>	<b>60</b>
6.1. Reflexion der Stundenplanung.....	60
6.2. Erkenntnisprozess .....	61
6.3. Beantwortung der Forschungsfragen.....	62
<b>7. Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>63</b>
<b>8. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>65</b>
<b>9. Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>69</b>
<b>10. Anhänge A .....</b>	<b>70</b>
10.1. Zusammenfassung (Deutsch).....	70
<b>11. Anhänge B .....</b>	<b>71</b>
<b>Anleitung zur Erforschung der Black Box .....</b>	<b>71</b>
<b>Motivationsfragebogen .....</b>	<b>73</b>

## 1. Einleitung

Heutzutage ist im Schulkontext oft von „forschendem Lernen“ die Rede, doch wird dabei nur versucht, zwei sehr große Aufgabenbereiche des naturwissenschaftlichen Alltags in der Schule zu kombinieren oder steckt dahinter ein noch viel größeres Vorhaben? In diesem Zusammenhang stellt sich nun folgende Frage: „Was macht überhaupt einen guten, forschungsnahen, spannenden, naturwissenschaftlichen Unterricht aus?“ Inwiefern steht diese Herangehensweise im Mittelpunkt oder ordnet sie sich dem zu erlernenden Fachwissen und den erwarteten Kompetenzen unter?

Um dieses Ziel erreichen zu können, braucht es zunächst einen tiefergehenden Blick auf die Theorieaneignungs- bzw. Erkenntnisgewinnungsmethoden einer Naturwissenschaft, allen voran der Physik. Parallel dazu muss ein Vergleich zu den im Lehrplan sowie deren Umsetzung in Schulbüchern mit dessen angegebenen Inhalten hergestellt werden. Worin besteht infolgedessen das größte Bestreben eines naturwissenschaftlichen Unterrichts? Diese Frage lässt sich auf mehrere Faktoren sowie Theorien zurückführen, deren Umsetzung in der Kombination eine große Herausforderung für die Lehrpersonen und die Schüler\*innen darstellt.

In vielerlei Hinsicht wird bei dem Wort Erkenntnis von einer Art Einsicht gesprochen, die sich eine Person durch die geistige Verarbeitung diverser Eindrücke und Erfahrungen aneignen kann (Duden, 2022). In Bezug auf eine Naturwissenschaft würde dies dann einer Erforschung auf Basis von Erfahrungen und Beobachtungen sowie Erlebnissen im Umgang mit der jeweiligen Wissenschaft bzw. mit deren Umsetzung bedeuten. Dabei muss versucht werden, eine sogenannte wissenschaftliche Methode herauszuarbeiten, die auch im Schulalltag zu Erfolgen führt. Im Zusammenhang damit werden im österreichischen Lehrplan bereits einige Kompetenzen genannt, die am Beispiel von Physik auf die unterschiedlichen Bereiche hinweisen: Fachwissen (W), Begründen von Standpunkten, deren Bewertung einer naturwissenschaftlichen Sichtweise (S) sowie das Experimentieren und die Erkenntnisgewinnung (E). Bei letzterem sollen zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Alltag und Technik naturwissenschaftliche Fragen formuliert und Hypothesen aufgestellt werden können. Schüler\*innen sollen dabei eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen sowie protokollieren und auswerten können (Bundesministerium für Bildung, 2022).

Für die Umsetzung der E-Kompetenz bieten sich unter anderem ganz besonders die experimentelle Arbeit mit bzw. die Erforschung einer Black Box an. Dabei konzentriert sich die Arbeit in den meisten Fällen auf eine modellbasierte Problemstellung und deren Lösung.

Der Begriff der Black Box, der ursprünglich zwar aus der militärischen Fernmeldetechnik stammt, steht in der Systemtheorie für die Beziehung zwischen Reiz (*input*) und Reaktion (*output*). Wichtig dabei ist zu beachten, dass es sich um einen methodischen Einsatz handelt und die Black Box nicht geöffnet werden darf. (Ludwig, Weber, & Zauzig, 2014)

Somit liegt der Erforschung einer Blackbox in beinahe allen Fällen folgendes Motto zugrunde: „Der einzig denkbare Weg, um das Innere einer Black Box aufzudecken, ist damit zu spielen“ (Thom, 1983, S. 298).

Durch eine spielerische Komponente bzw. eine lebensnahe, wissenschaftliche Betrachtungsweise kommt es gleichzeitig zu einer Motivationssteigerung auf Seiten der Lernenden. Dahinter verbirgt sich in diesem Zusammenhang zumeist das innere Verlangen zu erfahren, woraus der innere Aufbau einer Black Box besteht bzw. was „dahintersteckt“. Andererseits könnte die Bearbeitung auch durch externe Faktoren motiviert sein. Dadurch soll sich ein forschend entwickelnder Unterricht bilden, der den Schüler\*innen unter anderem auch Autonomie und Selbstbestimmung gewährt. (Reitinger, 2014)

Es wurden in einigen Fällen bereits Versuche unternommen, Black Boxes in den Unterricht zu integrieren (Conatex Lernsysteme, 2022). So gibt es in den Bereichen der Elektrizitätslehre, Mechanik sowie Optik bereits einige bekannte Black Box Modelle, obwohl sich jede dabei auf eine spezielle Modellvorstellung fokussiert bzw. in den meisten Fällen noch an weitere Ziele durch etwaige Ergänzungen angepasst werden kann. Dies soll im Zuge dieser Arbeit untersucht werden. Dabei muss eine geeignete Methode zur Prozessbegleitung bzw. Ergebnissicherung gefunden werden. Je nach dem gewünschten Ziel stehen in diesem Zusammenhang verschiedene Instrumente zur Verfügung. Diese reichen von anleitenden Frageanordnungen (Stütz, Mechanik Experimentell, 2016) bis hin zu Lerntagebüchern (Rott, Schulte ter Hardt, & Fischer, 2021), Motivationsfragebögen (Pusch, 2021) oder einer begleitenden Think-Aloud-Methode (Konrad, 2020) während der Durchführung. In dieser Arbeit gilt es daher eine passende Herangehensweise und Lösung zu finden, um die Strategie der Schüler\*innen bei der Erforschung der Black Box geeignet festzuhalten und diese im Anschluss analysieren zu können.



## 2. Theorieteil

Dieses Kapitel beinhaltet im ersten Schritt die theoretischen Grundlagen zur konstruktivistischen Lerntheorie. Mit den darauffolgenden Erläuterungen zu Erkenntnisgewinnungsmöglichkeiten in der Naturwissenschaft bzw. Arbeitsweisen in der Physik sowie deren Abbildung im Kompetenzmodell soll eine Strategie zum Modelldenken inklusive verschiedener Einsatzmöglichkeiten angestrebt und aufgestellt werden.

### 2.1. Konstruktivistische Lerntheorien

Zum Begriff des Konstruktivismus haben sich in Laufe der Zeit verschiedene Varianten entwickelt. Erst in den 1980er Jahren wurden diese zu einem prägenden Teil der Lehr- und Lernforschung in den Naturwissenschaften. Dieser sogenannte moderate Konstruktivismus findet in allen Bereichen, in denen es um Menschen und ihr Wissen, Handeln, Denken und Lernen geht, Anwendung. Dabei geht es sowohl um schulische als auch außerschulische Lernsituationen. Wichtig zu beachten ist hierbei, dass es sich bei der konstruktivistischen Sichtweise um den Gegenpart zur kognitiven handelt, bei der Wahrnehmungen sowie Problemlösen und ein gewisses Maß an Informationsverarbeitung im Mittelpunkt stehen. So geht man bei der konstruktivistischen Sichtweise von einem aktiven und selbstgesteuerten Wissensaneignungsprozess aus, der als Grundlage die bisherigen Erfahrungen hat. (Riemeier, 2007) & (Terhart, 1999)

Im moderaten Konstruktivismus als Erkenntnistheorie werden Fragen zur Entstehung von Wissen beim Menschen gestellt und nach entsprechenden Antworten gesucht. In der konstruktivistischen Sichtweise des Lernens hingegen beschäftigt man sich mit der Frage, inwieweit sich Wissen (und die dabei entstehenden Erkenntnisse) individuell verändern. Stark geprägt wurde der Konstruktivismus des Weiteren auch noch von der sozialen Komponente und von empirischen Befunden aus der Neurobiologie. Demnach sind neuronale Prozesse selbst noch bedeutungsfrei und inhaltsneutral. Sie erhalten erst durch die sehr komplexe Eigenarbeit des Gehirns ihre Bedeutung und Wirklichkeit. (Riemeier, 2007) & (Terhart, 1999)

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt den Übergangsprozess vom Lerner vor zum Lerner nach dem aktiven Lern- sowie Konstruktionsprozess. Dabei zu beachten ist, dass sich durch den selbstdeterminierten, sozialen und situierten Lernprozess die vorhandenen individuellen Vorstellungen verändert haben. Die Lehrperson fungiert dabei nur als Begleitung und als mögliche Eingreifperson, die zusätzlich diverse Lernangebote zur Verfügung stellt.

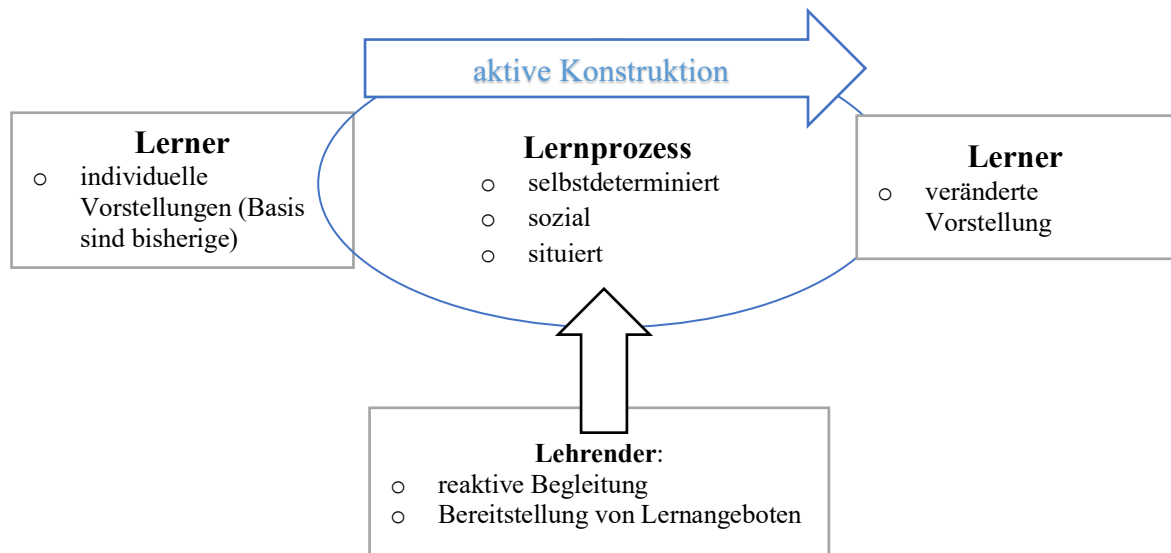


Abbildung 1: Beschreibung eines Lernprozesses aus moderater konstruktivistischer Sicht (nach Riemeier, 2007, S. 70)

Im moderaten Konstruktivismus mit seinen paradigmatischen Rahmenbedingungen stehen der Lerner und das Lernen im Mittelpunkt des Geschehens. Der Lernprozess kann dabei folgendermaßen charakterisiert werden (Terhart, 1999):

- ❖ konstruktiv
- ❖ selbstdeterminiert
- ❖ individuell
- ❖ sozial
- ❖ situiert

Somit werden Informationen von den Lernenden nicht nur aufgenommen oder wunschgemäß (je nach Zielvorstellung) integriert, sondern es werden aktiv Bedeutungen auf Basis bisheriger Vorstellungen konstruiert. Damit steht jeder lernenden Person eine aktive Rolle im laufenden Lehr-Lernprozess zu. Bei dieser Art der Herangehensweise wird berücksichtigt, dass sich Schüler\*innen bereits vor dem Unterricht diverse Vorstellungen

zu ihrer jeweiligen Lebenswelt gemacht haben. Diese können aber nicht nur der Ausgangspunkt eines Lernprozesses sein, sondern diesen auch merkbar blockieren bzw. behindern. Dabei kommt es zu einer Inkompatibilität zwischen den mitgebrachten Vorstellungen und jenen der von der Lehr-Lernsituation erforderten. In diesen Situationen ist ein Anknüpfen oft sehr schwierig, leider hin und wieder auch nicht möglich. (Riemeier, 2007)

Weiters kann aus der Sicht der konstruktivistischen Lehr- und Lerntheorien der Lernprozess nicht von außen gesteuert werden, sondern lediglich mit Hilfe einer passenden Umgebung ausgelöst bzw. angeregt werden. Der dabei auftretende Prozess hängt immer von den individuellen kognitiven Systemen der Lernenden ab. Dazu gehören in jedem Moment auch die emotionalen Aspekte, wie zum Beispiel die Motivation.

Lernen ist zudem auch ein sozialer Prozess, bei dem soziale Interaktionen eine bedeutende Rolle spielen. Diese bemerkt man besonders in dem Bereich, in welchem Ideen und Vermutungen geteilt werden oder sich Lernende darüber austauschen. Damit einhergehend ist es, dass Lernen in kontextgebundenen Situationen stattfindet. Somit steht der Wissenserwerb immer mit den sozialen und inhaltlichen Erfahrungen der Lernsituation in Verbindung. (Riemeier, 2007)

Wie bei jeder Theorie gibt es auch Kritik am moderaten Konstruktivismus. Diese zielt vor allem auf das Fehlen des Mechanismus einer Vorstellungsänderung ab. Daher wurden vorwiegend in naturwissenschaftlichen Didaktiken Verknüpfungen mit der sogenannten Conceptual-Change-Theorie (Hopf & Wilhelm, Conceptual Change - Entwicklung physikalischer Vorstellungen, 2018) gesetzt, um diese Problematik mit Hilfe von sich ändernden Konzepten beheben zu können.

## 2.2. Erkenntnisgewinn in der Naturwissenschaft

Eine Naturwissenschaft versucht im Allgemeinen eine systematische Erforschung von Naturphänomenen zu ermöglichen und in weiterer Folge Gesetzmäßigkeiten zu finden bzw. zu gewährleisten. Mit deren Hilfe sollen diese eben genannten Phänomene beschrieben und erklärt werden können. Mit dem dabei gewonnenen Wissen (meist theoretisch) sollen praktische Probleme gelöst werden können und in weiterer Folge technische Innovationen das Leben auf der Welt spürbar verbessern.

Ein Wissenschaftler will demnach von einem Naturphänomen zu einem theoretischen Verständnis desselben kommen. (Schwerdtfeger, 2022)

Dieses Konzept (siehe Abbildung 2) vereinigt die Arbeit im Labor in den Schritten 3 und 4 mit dem theoretischen Verständnis eines Naturphänomens.

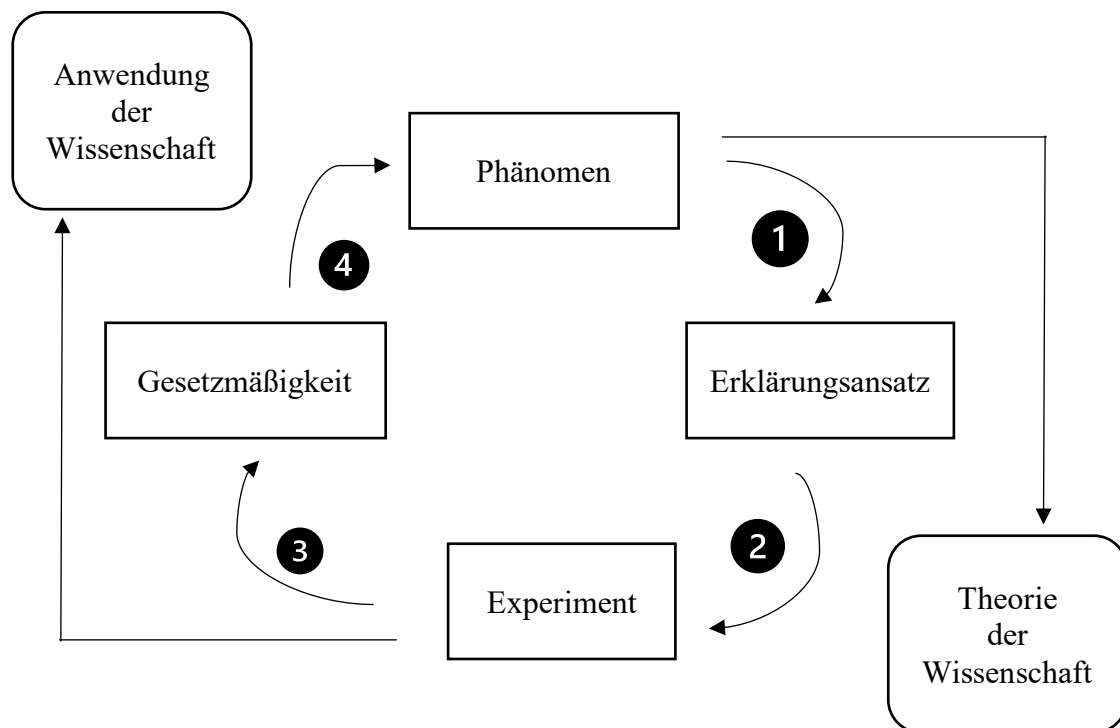


Abbildung 2: Arbeitsweise eines Naturwissenschaftlers (nach Schwerdtfeger, 2022)

Den ersten Schritt bildet dabei die Beobachtung eines Phänomens. Damit einhergehend ist ein erster Versuch, dieses zu beschreiben sowie Vermutungen anzustellen, wie dieses Phänomen zustande gekommen sein könnte. Sobald ein zufriedenstellender bzw. plausibler Ansatz gefunden wurde, der zur Problematik passen könnte, wird im Anschluss daran ein Experiment designt, um diesen Ansatz experimentell zu testen. Dabei kann es

selbstverständlich auch zu nicht erfolgreichen Versuchen sowie Rückschlägen kommen, dennoch zeigt sich in jedem Fall am Experiment, ob der Erklärungsansatz korrekt sein könnte. Dann kann eine qualitative Aussage getroffen und im besten Falle eine Gesetzmäßigkeit bzw. Formel aufgestellt werden (siehe Abbildung 2). Mit deren Hilfe soll das Phänomen vorhersagbar und transparenter werden, um uns eine gewisse Art von Nutzbarkeit in der weiteren Arbeit und bei der Entwicklung verschiedenster Innovationen zu bieten. (Schwerdtfeger, 2022)

## 2.3. Erkenntnisgewinn in der Physik

### 2.3.1. Physik als Naturwissenschaft

Grundlegend unterscheidet man zwischen einer induktiven und einer deduktiven Vorgehensweise. Diese beiden Methoden finden dabei in verschiedenen Situationen ihre Anwendung. Bei der induktiven naturwissenschaftlichen Methode versteht man den Weg von experimentell gewonnen Erkenntnissen hin zu Theorien oder Gesetzen. Der deduktive Weg hingegen setzt auf das vorangehende Aufstellen einer Hypothese, aus der anschließend weitere Schlüsse gezogen bzw. neue Ideen abgeleitet werden. Diese werden dann auf logische Beziehungen zu anderen Informationen überprüft (Militschenko & Dilling, 2019). Mit diesen beiden Herangehensweisen lässt sich jedoch noch keine zufriedenstellende Abdeckung der physikalischen Arbeitsmethode erreichen.

Ein weiterer Versuch wurde von Wilfried Kuhn im Jahre 1983 unternommen. Dieser hat eine grundlegende Analyse der Geschichte der Physik durchgeführt und eine Unterscheidung zwischen der klassischen (z.B. Galilei, Newton) und der modernen Physik (z.B. Einstein) vorgenommen (Kuhn, 1983).

Dabei treten immer wieder die Wechselspiele zwischen Theorie und Experiment zutage. Somit scheint es eine untrennbare Verbindung zwischen Theorie, Experiment und der dadurch zustande kommenden Erkenntnis zu geben. Diese sollte laut Kuhn als Wechselspiel zwischen Theorie und Praxis angesehen werden, obwohl physikalische Erkenntnisse in vielen Fällen nicht rein empirisch gewonnen werden können. Demnach sei das Experiment eine theoriegeleitete gezielte Beobachtung und dient hauptsächlich zur Überprüfung von Hypothesen zu Naturvorgängen. (Kuhn, 2016)

### 2.3.2. Erkenntnisgewinn im Physikunterricht

Im Physikunterricht hingegen können nicht exakt dieselben Methoden verwendet werden wie in der wissenschaftlichen Arbeit. Dies liegt weitestgehend an der Ausprägung der Problemlösefähigkeiten sowie an dem Vorhandensein von Vorwissen und verschiedener Techniken (Kircher, Girwidz, & Häußler, 2015).

Dennoch lassen sich die Grundbausteine sowie Tätigkeiten der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise auch im Unterricht in gewisser Weise finden. Der enge Zusammenhang zwischen einem physikalischen Sachverhalt (z.B. Beobachtung, Mess- oder Experimentiervorgang) und dem Erreichen einer Theorie oder eines Zusammenhangs stehen dabei im Vordergrund. Im Schulalltag wird dabei dem Experimentieren eine sehr zentrale Rolle zugewiesen (Militschenko & Dilling, 2019).

Im Piko-Brief 10 (Duit & Wodzinski, 2010) werden hierzu eine Reihe an Merkmalen genannt, die einen guten Physikunterricht ausmachen. Diese decken in vielerlei Hinsicht die Unterstützungen zur Förderung einer Erkenntnisgewinnung im Unterrichtsfach ab. Einige Punkte dabei sind auf das allgemeine Unterrichtsgeschehen gerichtet, einige decken jedoch auch die experimentelle Arbeit (rot markiert) sowie die Vernetzung von Wissen ab (siehe Abbildung 3).

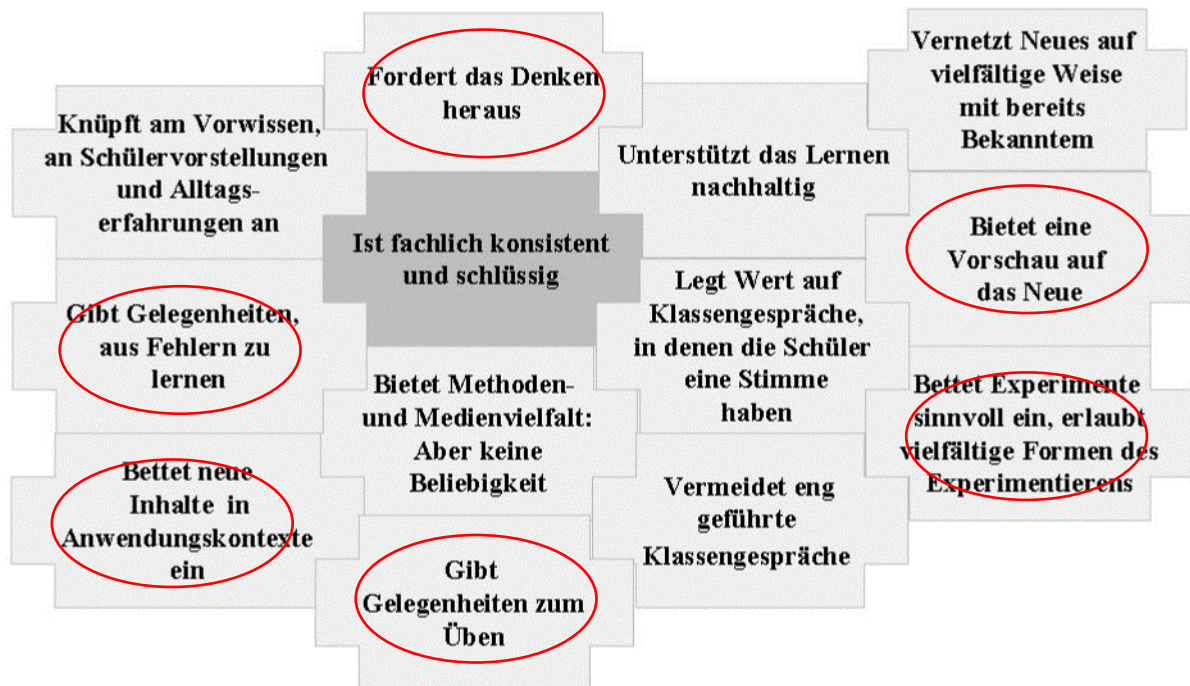


Abbildung 3: Merkmale guten (Physik-)Unterrichts (Duit & Wodzinski, 2010, S. 20)

Physik wird in der heutigen Gesellschaft zumeist als eine fundamentale Naturwissenschaft angesehen. Daneben ist die Bedeutung von Physik und des damit einhergehenden physikalischen Verständnisses (inklusive wissenschaftlicher Aspekte) in unserer modernen Gesellschaft mit stetigem Technologieeinsatz und Fragen zur Technik- und Wissenschaftsethik ausgesprochen wichtige Aspekte. (Kircher, Girwidz, & Häußler, 2015)

Wichtig dabei ist allerdings zu beachten, dass neben allgemeinen („zeitlos interessanten“) Inhalten immer wieder neu bewertet werden muss, was die aktuelle Schülergeneration bzw. jede(n) einzelne(n) Schüler\*in interessiert, um damit die Inhalte sowie deren Repräsentation durch diverse Beispiele so zu adaptieren, dass sie in das jeweilige Interessensgebiet passen und den Lernenden im besten Fall auch ins außerschulische Leben begleiten (Strasser, 2021).

### 2.3.3. Die Bedeutung von Experimenten

Dem Experimentieren kommt im heutigen Physikunterricht eine sehr zentrale und besondere Rolle zu. Es wird zudem als eine der grundlegenden Fertigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht angesehen. Diese Fertigkeiten werden auch gerne „experimentelle Kompetenzen“ genannt. (Hammann, 2004)

Demnach müsste man hierbei 3 Teilfertigkeiten unterscheiden, wie diese in Tabelle 1 aufgelistet werden. Im ersten Schritt kommt es zur Planung des Experiments, wo Fragestellungen entwickelt werden sowie Erwartungen und Hypothesen aufgestellt werden. In weiterer Folge soll in der Durchführung eine Versuchsanordnung mit adäquaten Geräten für die notwendigen Messungen. Damit einher geht die dazugehörige Dokumentation. Im letzten Schritt werden die gewonnenen Daten ausgewertet und analysiert.

<b><u>Planung</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gegebene Fragestellungen klären</li> <li>• Fragestellung entwickeln</li> <li>• Erwartungen formulieren</li> <li>• Hypothese bilden</li> </ul>	Versuchsplan entwerfen
<b><u>Durchführung</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Geräte zusammenstellen</li> <li>○ Versuchsanordnung aufbauen</li> <li>○ Messungen durchführen</li> <li>○ Dokumentation</li> </ul>	
<b><u>Auswertung</u></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aufbereitung der Messdaten</li> <li>▪ Verarbeitung der Messdaten</li> <li>▪ Analyse der Messdaten</li> <li>▪ Interpretation der Ergebnisse</li> </ul>	Umgang mit Fehlern und Problemen

Tabelle 1: Experimentelle Kompetenz (nach Hammann, 2004, S. 205)



Die Arten der Auswertung werden dabei nicht genauer spezifiziert. So kann man diese zum Beispiel tabellarisch, grafisch oder analytisch durchführen. Das rasche Reagieren auf mögliche Irritationen während des Durchführungs- bzw. Auswertungsvorgangs dient als Schaltstelle zwischen den einzelnen Teilgebieten. (Hammann, 2004)

Nun sollen diese Arbeitsschritte didaktisch in den Unterricht eingebettet werden (siehe Abbildung 4). Je nach Ziel oder Intention der Experimente und deren Umsetzungsmöglichkeiten, können diese möglichen Experimente folgendermaßen gegliedert werden:

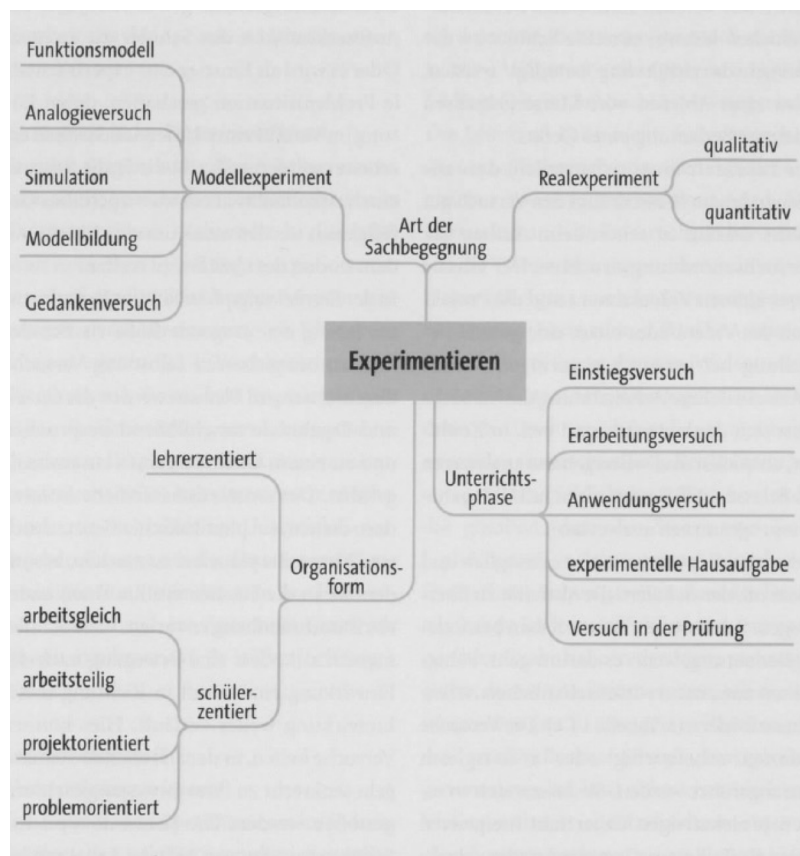


Abbildung 4: Experimentieren im Physikunterricht (Wiesner, Schecker, & Hopf, 2011, S. 109)

Dabei wird im ersten Schritt zwischen der Art der Sachbegegnung (Modellexperiment, Realexperiment) sowie der Organisationsform (lehrer- oder schülerzentriert) und der Unterrichtsphase unterschieden. Je nach Intention der Lehrperson, die dieses Experiment einsetzen möchte, kann damit eine geeignete Lernsituation bzw. Phase ausgewählt werden. Damit zeigt sich die breite Nutzbarkeit von diversen Experimenten in den unterschiedlichen Phasen des Unterrichts sowie eine kleine Vorausschau auf die Ziele der Lehrperson. Somit kann den Experimenten im Physikunterricht eine sehr wichtige Rolle zugewiesen werden. Trotzdem darf dabei nicht vergessen werden, dass diese Experimente stets

strukturiert, gut geplant und passend in den Unterricht eingebettet sein müssen. Sie sind somit nicht nur das maßgebende zentrale Instrument, sondern vielmehr ein begleitendes Instrument zum Erkenntnisgewinn in der Physik, um bestimmte Phänomene anschaulich und lebensnaher präsentieren zu können.

Die Experimente haben einen fixen Platz in der Unterrichtspraxis, den Schulbüchern und selbstverständlich auch in den Lehrplänen. Trotzdem kann allein aus der Durchführung eines Experiments kein Wissenserwerb oder eine Verbesserung der Lernwirksamkeit angenommen werden. Es bedarf für ein lernförderndes Unterrichtsexperiment eine sorgfältige Vorbereitung und Festlegung der Ziele sowie einzelner Schritte. Dabei sind die Wahl und Unterscheidung der Art des Experiments, wie in Abbildung 4 ersichtlich, die grundlegenden Problematiken. Es stehen somit in der heutigen Zeit die Lernprozesse der Schüler\*innen im Vordergrund, während es früher zumeist die sogenannte „Kunst des Demonstrierens“ war. Der sinnvolle und gezielte (nicht gezwungene) Einsatz eines Experiments in der geeigneten Form steht zur Erreichung einzelner Feinziele sowie zur Unterstützung verschiedener Lernziele. Somit werden die Wahl der Experimente sowie die Formulierung der damit einhergehenden Arbeitsaufträge sehr stark durch die Ziele und das Vorwissen der Schüler\*innen geprägt und bestimmt. (Wiesner, Schecker, & Hopf, 2011)

Dennoch kann in den meisten Fällen kein Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Experimenten und der Steigerung des Lernerfolgs gefunden werden. Die dabei genutzten Materialien werden von den Schüler\*innen durchwegs positiv angenommen und auch auf Seiten der Lehrpersonen kommt es zu einer Verbesserung der Lernumgebung und des damit einhergehenden Stundenablaufs. Trotz aller dieser Befunde gelingt es nicht, Wissen oder nicht kognitive Merkmale merklich bzw. nachhaltig zu verbessern. Es darf nicht die Gesamtheit der Unterrichtsstunden sowie deren Interventionsmöglichkeiten außer Acht gelassen werden, denn oft führen Eingriffe bzw. Veränderungen nur zu sehr kleinen Beeinflussungen, die oftmals nicht nachweisbar sind. Daher gibt es sowohl im Bereich der Experimente im Unterricht als auch im Rahmen der Umsetzungs- und Gestaltungsmöglichkeiten und Erfolgsaussichten noch eine Vielzahl an notwendigen Informationen, die das „Experimentatorenbild“ in der Schulphysik verändern können. (Hopf, Problemorientierte Schülerexperimente, 2007)

### 2.3.4. Erkenntnismethoden

In diesem Kapitel soll versucht werden verschiedene Erkenntnismethoden in unterschiedlichen Unterrichtsfächern (hier Mathematik und Physik – siehe Tabelle 2) gegenüberzustellen und zu vergleichen. Daraus resultieren soll eine Verbesserung der Problemlösungskompetenzen, die in einer Naturwissenschaft oftmals im Vordergrund stehen, welche zu einer Vernetzung von Theorie und Praxis führen.

Während es sich in der Mathematik oftmals um abstrakte Objekte handelt, die konstruiert werden müssen, kann man in der Physik von realen Objekten bzw. Sachverhalten als Grundlage ausgehen. Im nächsten Schritt geht es in beiden Fällen um eine Bewertung der vorangehenden Aussagen. Im Falle von Mathematik kann es dabei die Lösungen wahr oder falsch geben, während man in der Physik eine qualitativere Unterscheidung zwischen guter und schlechter Beschreibung vornehmen muss. Im Hinblick auf die Verifikation der Sachverhalte unterschieden sich die beiden Wissenschaften durch die Passung der Physik an die realen Ereignisse. Die Theorie und Empirie stellt sowohl in der Mathematik als auch in der Physik einen Eckpfeiler dar, wird jedoch in unterschiedlicher Weise zu Erkenntnissicherung oder Hypothesenentwicklung eingesetzt. (Militschenko & Dilling, 2019)

	<b>Mathematik</b>	<b>Physik</b>
<b>Untersuchungsgegenstand</b>	Konstruierte abstrakte Objekte	Reale Objekte/Sachverhalte
<b>Wahrheitsbegriff</b>	Wahre/Falsche Aussage	Gute/Schlechte Beschreibung
<b>Verifikation</b>	Überprüfung der inneren Konsistenz	Passung an Realität (und Überprüfung der inneren Konsistenz)
<b>Theorie</b>	Erkenntnissicherung durch deduktives Schließen	Einbezug theoretischer Begriffe
<b>Empirie</b>	Hypothesenentwicklung mit empirischer Herangehensweise	Erkenntnissicherung durch empirische Überprüfung

*Tabelle 2: Erkenntnismethoden M vs. Ph (nach Militschenko & Dilling, 2019, S. 209)*

Somit scheint, dass es sehr scharfe Grenzen zwischen den einzelnen Bereichen gibt, jedoch verschwimmen diese in den Schulfächern sehr stark. Die Unterschiedlichkeit bei der Herangehensweise und den Beweisarten ändert sich auch je nach Alters- bzw. Schulstufe. Der große Unterschied, der sich zwischen Mathematik und Physik feststellen lässt, kann

mit hoher Wahrscheinlichkeit auf deren grundlegende Verschiedenheit zurückzuführen sein. Bei der Physik handelt es sich um eine Naturwissenschaft, bei der Naturphänomene den Grundstein für Beobachtungen und Hypothesen bilden.

#### 2.4. Kompetenzmodell

Der Begriff der Kompetenz stellt im Physikunterricht sowohl im Lehrplan als auch in den Schulbüchern und der Unterrichtspraxis einen wichtigen Eckpfeiler dar. Auch deren Erreichung, Stärkung und Vertiefung wird aktuell in der Wissenschaft, Psychologie und Politik aufgrund der sich rasch verändernden Lebenssituation sowie der Lebensumstände sehr häufig diskutiert.

So sollen Schüler\*innen anstatt eines umfassenden Wissens Kompetenzen auf Basis eines Verständnisses der physikalischen Kernkonzepte entwickeln.

Im Sinne der Bildungsstandards plädiert Weinert (Weinert, 2001) dabei für eine pragmatische Konzentration auf anforderungsspezifische, erlernbare Kompetenzen und gleichzeitig für eine Ausklammerung allgemeiner kognitiver Fähigkeiten (z.B. grundlegende Fähigkeiten zum Memorieren oder allgemeine Fähigkeiten zum Problemlösen). (Schecker & Parchmann, 2006)

Diese Kompetenzen sollen die Schüler\*innen für die Erreichung bestimmter Bildungsabschlüsse nachweislich erreicht haben. Diese beziehen sich dabei auf die Lösung bestimmter Probleme sowie in der Physik erforderlichen Fertigkeiten, inklusive der notwendigen motivationalen Bereitschaft produktiv und eigenständig zu arbeiten. Die Vernetzung und der Aufbau dieser Kompetenzen sowie deren Vertiefung stehen als Konstrukt im Mittelpunkt der Lehrpläne und der Unterrichtspraxis. Damit soll erreicht werden, dass die Schüler\*innen sich über das bloße/reine Wissen einer einzelnen Domäne (bzw. eines einzelnen Teilgebiets) hinwegsetzen und stattdessen ein zentrales Konzept zustande kommt/vermittelt wird, welches sogar in mehreren bzw. allen Teilgebieten Anwendung finden kann. (Neumann, 2017)

Die eben genannten Konzepte wurden durch die Formulierung von Bildungsstandards und den dazugehörigen Kompetenzen fixiert. Sie sollen im besten Fall zu einem kumulativen Aufbau einer vernetzten Wissensbasis und der parallellaufenden Entwicklung von Kompetenz führen bzw. diese unterstützen. (Neumann, 2017)

In dieser Hinsicht bestehen Zusammenhänge bzw. Wechselwirkungen zwischen Hypothesensuche, Experimentplanung sowie deren Durchführung und der daraus resultierenden Datenanalyse. Daher spricht man in diesem Falle oft von einer aufeinander abgestimmten Förderung der zuvor genannten Aspekte. (Hammann, 2004)

Eine naturwissenschaftliche Grundbildung kann demnach in 4 Kompetenzstufen eingeteilt werden, wie die nachfolgende Tabelle 3 darstellt.

Diese zeigt die Eigenschaften der vier Ebenen der Scientific Literacy. Dabei geht es vorwiegend um die dabei auftretenden Merkmale und deren Ausprägung.

<b>Stufen von SL</b> <b>(SL= Scientific Literacy)</b>	<b>Merkmale</b>
<b>I Nominale SL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifiziert naturwissenschaftliche Begriffe/Fragen, zeigt jedoch Fehler</li> <li>- Falsche Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Konzepten und Prozessen</li> <li>- Unzureichende und unangemessene Erklärungen naturwissenschaftlicher Phänomene</li> <li>- Aktuelle Äußerungen zur Naturwissenschaft sind naiv</li> </ul>
<b>II Funktionale SL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Naturwissenschaftliches Vokabular wird verwendet</li> <li>- Es werden naturwissenschaftliche Begriffe korrekt definiert</li> <li>- Technische Ausdrücke werden auswendig gelernt</li> </ul>
<b>III Konzeptionelle und prozedurale SL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Versteht Konzepte der Naturwissenschaft</li> <li>- Versteht prozedurales Wissen und Fertigkeiten in der Naturwissenschaft</li> <li>- Versteht Beziehungen zwischen einzelnen Teilen einer naturwissenschaftlichen Disziplin und konzeptioneller Struktur</li> <li>- Versteht die grundlegenden Prinzipien und Prozesse der Naturwissenschaft</li> </ul>

<b>IV Multidimensionale SL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Versteht die Besonderheiten der Naturwissenschaft</li> <li>- Unterscheidet Naturwissenschaft von anderen Disziplinen</li> <li>- Kennt Geschichte und Wesen der naturwissenschaftlichen Disziplinen</li> <li>- Begreift Naturwissenschaft in einem sozialen Kontext</li> </ul>
--------------------------------	--

*Tabelle 3: Stufen naturwissenschaftlicher Grundbildung (nach Hammann, 2004, S. 198)*

Die Stufen der naturwissenschaftlichen Grundbildung, wie sie in Tabelle 3 abgebildet sind, bilden die Grundlage für die Arbeitsweisen in der Physik. Die Schüler\*innen sollen zwischen beschreibenden Aussagen und interpretierenden Ergebnissen unterscheiden können sowie Beziehungen/Verknüpfungen zwischen einzelnen Aspekten herstellen lernen. Das Kompetenzmodell in Österreich für den Physikunterricht im AHS-Bereich weist folgendes Schema auf:

**„Kompetenzmodell Physik“** (Bundesministerium für Bildung, 2022)

W: Fachwissen

In diesem Bereich erwerben Schülerinnen und Schüler physikalisches Fachwissen und wenden dieses Fachwissen in verschiedenen Kontexten an. Schülerinnen und Schüler zeigen Kompetenzen dadurch, dass sie

- Vorgänge und Phänomene in Natur, Alltag und Technik beschreiben und benennen,
- mit Informationen aus fachlichen Medien und Quellen umgehen,
- Vorgänge und Phänomene in Natur, Alltag und Technik in verschiedenen Formen (Bild, Grafik, Tabelle, Diagramm, formale Zusammenhänge, Modelle, ...) darstellen, erläutern und adressatengerecht kommunizieren,
- Fachwissen in unterschiedlichen Kontexten anwenden.

## E: Experimentieren und Erkenntnisgewinnung

In diesem Bereich erwerben Schülerinnen und Schüler Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit physikalischen Arbeitsweisen. Schülerinnen und Schülern zeigen Kompetenzen dadurch, dass sie

- zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Alltag und Technik naturwissenschaftliche Fragen formulieren und Hypothesen aufstellen,
- zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren,
- im Rahmen naturwissenschaftlicher Untersuchungen oder Experimente Daten aufnehmen und analysieren (ordnen, vergleichen, messen, Abhängigkeiten feststellen, Zuverlässigkeit einschätzen),
- Daten durch mathematische und physikalische Modelle abbilden und interpretieren.

## S: Standpunkte begründen und aus naturwissenschaftlicher Sicht bewerten

In diesem Bereich erwerben Schülerinnen und Schüler die Fähigkeit, naturwissenschaftlich begründet zu argumentieren und am gesellschaftlichen Diskurs teilzunehmen. Schülerinnen und Schülern zeigen Kompetenzen dadurch, dass sie

- Bedeutung, Chancen und Risiken der Anwendungen von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen auf persönlicher, regionaler und globaler Ebene erkennen, um verantwortungsbewusst handeln zu können,
- naturwissenschaftliche von nicht-naturwissenschaftlichen Argumentationen und Fragestellungen unterscheiden,
- Informationen aus unterschiedlich verlässlichen Quellen aus naturwissenschaftlicher Sicht und aus anderen Blickwinkeln (z.B. ökonomisch, ökologisch, ethisch) reflektieren,
- Entscheidungskriterien für das eigene Handeln entwickeln und aus naturwissenschaftlicher Sicht überprüfen.

Die Anforderungsniveaus (Komplexität) der Kompetenzen der drei Bereiche sind in zwei Stufen eingeteilt:

- Reproduktions- und Transferleistungen
- Reflexion und Problemlösung

Dieses Kompetenzmodell bildet einen wichtigen Eckpfeiler bei der Planung von Physikunterricht. Dabei sollen die einzelnen Kompetenzen mit unterschiedlichen Methoden aufgebaut und trainiert werden, um die notwendigen Fähigkeiten beherrschen zu können.

### 2.5. Denken in Modellen

Für die Bearbeitung einer Modellproblematik muss im ersten Schritt (Einführung) eine Sensibilisierung für die Modellproblematik angestrebt werden. Dann wird ein Übergang in die zu modellierenden Bereiche vollzogen. Diese umfassen das Sammeln der Schüler\*innenvorstellungen, Einführen der beiden Betrachtungsweisen (Erfahrungs- und Modellwelt) sowie die Fixierung eines Ausgangspunktes. Im Anschluss daran starten das Experimentieren und Modellieren. Damit einher gehen das Untersuchen verschiedener Phänomene in beiden Welten und anschließend die Präsentation und Diskussion der Ergebnisse. Den Abschluss des Prozesses bildet eine Reflexionsphase, in der über die vorgenommene Modellierung physikalischer Phänomene und das Anwenden des erlernten Wissens (auch in anderen Kontexten) Überlegungen angestellt werden. (Mikelskis-Seifert, 2005)

Die Umsetzung von forschendem Lernen ist oftmals eine große Herausforderung sowohl für Schüler\*innen als auch Lehrer\*innen. Trotzdem soll das forschende Lernen den Schüler\*innen zu einer Fähigkeit verhelfen, sich ihr ganzes Leben lang aktiv neues Wissen und neue Kompetenzen auf verschiedenste Weisen aneignen zu können. (Bell, 2006)

Im Bereich des forschenden Lernens steht eine sogenannte Modellkompetenz im Zentrum. Dieser Begriff kann sowohl in Pädagogik als auch in der Psychologie gefunden werden. Sie besteht aus drei grundlegenden Eckpfeilern:



- ❖ Deklaratives Wissen
- ❖ Prozedurales Wissen
- ❖ Selbstständigkeitsgrad

Die nachfolgende Abbildung 5 bringt diese drei Eckpfeiler in gegenseitige Verbindung und stellt einen Zusammenhang mit der physikalischen Kompetenz und deren Bestandteilen her. (Leisner-Bodenthin, 2006)

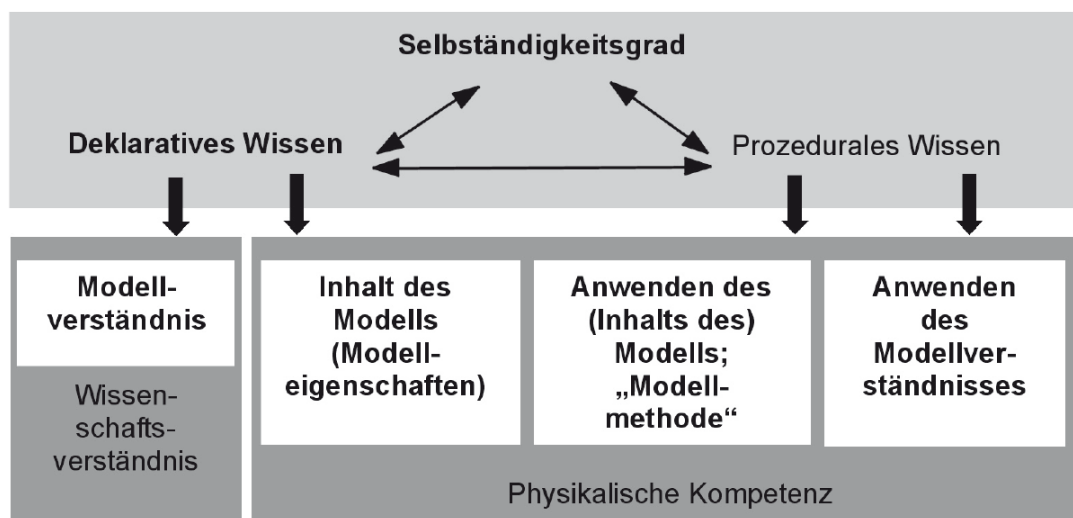


Abbildung 5: Komponenten der Modellkompetenz (Leisner-Bodenthin, 2006, S. 93)

Durch das Wechselspiel zwischen Selbstständigkeitsgrad, deklarativem Wissen und Prozeduralem Wissen soll es zu Auswirkungen auf das Modellverständnis, dessen Inhalt und deren Anwendung kommen. Diese Folgerungen gliedern sich einerseits in das Wissenschaftsverständnis und andererseits in die Physikalische Kompetenz. (Leisner-Bodenthin, 2006)

Demnach (Leisner-Bodenthin, 2006) sollen Schüler\*innen wissen, dass:

- Modelle in der Physik vom Menschen geschaffen werden (wenn Wahrnehmungsgrenzen erreicht sind oder um nicht [gänzlich] beobachtbare Objekte/Mechanismen zu erklären, veranschaulichen oder vorherzusagen).
- Spekulationen, Annahmen, Abstraktionen und Intuition zur Modellentwicklung notwendig sind.
- Modelle nicht richtig oder falsch sind, sondern zweckmäßig.
- Modelle in der Physik vorläufig und hypothetisch sind.

- Modelle sich bewähren bzw. durchsetzen müssen. (Leisner-Bodenthin, 2006)

Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt das Wechselspiel zwischen der Modellwelt und der Erfahrungswelt. Dieses ist zyklisch und wird in einen Modellierungs- sowie einen Experimentiersteil aufgliedert. Diese zwei Teile sind jeweils entweder von den Gedanken oder Wahrnehmungen der beteiligten Personen sowie deren Vorgangsweisen abhängig.

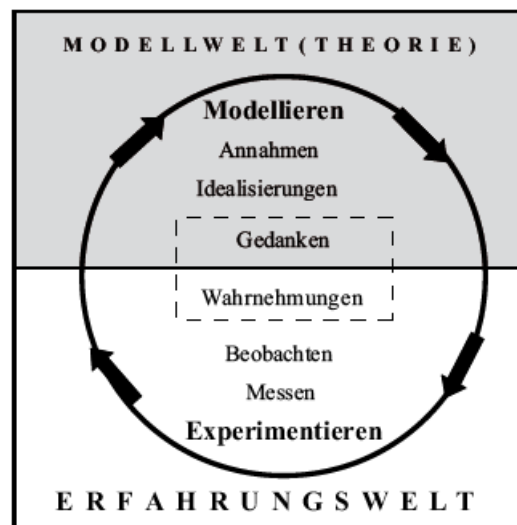


Abbildung 6: Wechselspiel im Erkenntnisprozess (Leisner-Bodenthin, 2006, S. 97)

## 2.6. Arbeitsweisen in der Physik

In der Physik sind die meisten charakteristischen Tätigkeiten jene, die eine Naturwissenschaft prinzipiell erst ausmachen. Sie beinhalten unter anderen (Krause, 2013):

- ❖ Definition von physikalischen Einheiten und Größen
- ❖ Anwenden und Erkennen physikalischer Zusammenhänge bzw. Gesetze
- ❖ Tätigkeiten wie Beobachten, Beschreiben, Messen, Vergleichen, Experimentieren, Interpretieren, Voraussagen und Erklären
- ❖ Systematisches Handeln, Intuition und etwas Zufall

In der Schule kann das konzeptionelle Verständnis in der Physik mit der dreistufigen Pyramide (siehe Abbildung 7) dargestellt werden. Sie bildet die drei Ebenen des konzeptionellen physikalischen Verständnisses ab. Auf der ersten Ebene befinden sich die Physikkenntnisse, zu welchen Gesetze oder bestimmte Phänomene zählen. Dabei tritt eine

Überschneidung mit der W-Kompetenz des Kompetenzmodells auf, wo es ebenfalls um Fachwissen in unterschiedlichen Kontexten sowie Vorgänge und Phänomene in der Natur geht. Darauf aufbauend kommt man in der zweiten Ebene zum Physikverständnis, welches die Basiskonzepte und Gesetzmäßigkeiten beinhaltet. Die Pyramide gipfelt im physikalischen Denken. Dort sind Denkprinzipien vorhanden, die zur Arbeit in der Physik unerlässlich sind. Im Übergang von der ersten zur zweiten Ebene nutzt man vorwiegend Strukturierungs- und Vernetzungsprozesse, während man beim Übergang von der zweiten zur dritten Stufe eine Verinnerlichung der physikalischen Leitideen vollführen muss. (Krause, 2013)

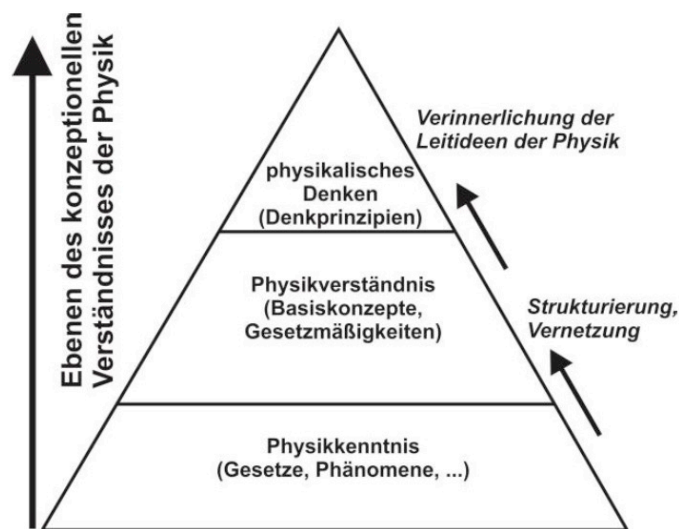


Abbildung 7: Modell zum konzeptionellen Verständnis in der Physik (Krause, 2013)

Diese Ebenen der Pyramide lassen den Schluss zu, dass ohne ein solides Fundament in Form von strukturellen Physikkenntnissen kein Physikverständnis und schon gar kein physikalisches Denken möglich sind. Man kann durch die Struktur der einzelnen Ebenen auch die Wahrscheinlichkeit bzw. die Schwere deren Erreichung ableiten, denn die Anstrengung wird beim Aufstieg in der Pyramide immer weiter zunehmen.

## 2.7. Motivation

Um Motivation beschreiben zu können, kann die Self-Determination Theory (SDT) nach Deci und Ryan genutzt werden. Diese empirisch fundierte Theorie zur menschlichen Entwicklung und Motivation befasst sich mit der Qualität eines motivierten Verhaltens und deren Auswirkungen auf die Leistung und das Wohlbefinden von Individuen. Dabei werden die sozialen Rahmenbedingungen ebenso wie die drei basalen, psychologischen Grundbedürfnisse miteinbezogen. Bei diesen Grundbedürfnissen (*basic needs*) handelt es sich um Autonomie, Kompetenz und Soziale Eingebundenheit (siehe Abbildung 8). Es wird versucht zu beschreiben, inwiefern der Grad der Selbstbestimmung bei einer Handlung erhöht oder verringert werden kann (Ryan & Deci, *Self-Determination Theory: Basic psychological needs in motivation, development and wellness*, 2017).

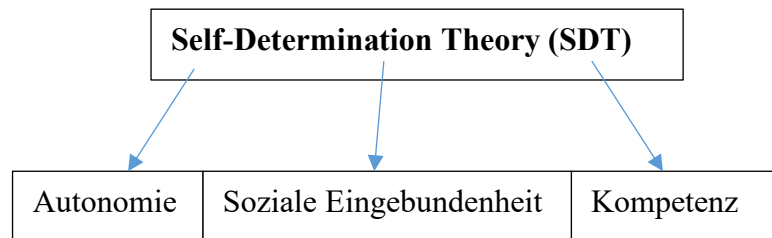


Abbildung 8: Basic Needs der Self-Determination Theory

Die Autonomie wird von Menschen meist nur dann wahrgenommen, wenn ihre Handlungen zu ihrem Selbst kongruent sind und mit ihren eigenen Interessen sowie Werten koalieren (Deci & Ryan, 2002).

Das Bedürfnis nach Kompetenz zielt auf die Interaktionen mit der Umwelt ab. Diese Kompetenz, welche den Menschen die Möglichkeit bietet, ihre Fähigkeiten unter Beweis zu stellen und diese zu erweitern, etwa in Form von passenden Herausforderungen, kann durch Rahmenbedingungen verbessert oder unterstützt werden (Niemiec, Ryan, & Deci, 2010).

Das Bedürfnis nach Sozialer Eingebundenheit bezieht sich auf das Erleben emotionaler Verbindungen mit anderen Personen. Dies ist mit der Bereitschaft verbunden, sich auf andere einzulassen und diesen zu vertrauen (Ryan & la Guardia, 2005).

Wenn es zu Defiziten in der Befriedigung eines der vorgenannten Bedürfnisse gemäß Abbildung 8 kommen sollte, würde dies das Verlangen, die fehlenden Erfahrungen auf andere Weise zu erhalten, wecken. Jedoch trägt die Reduktion der Wahrnehmung nicht dazu bei, das dringende Verlangen nach Bedürfnisbefriedigung zu reduzieren. (Sheldon & Gunz, 2009)

Zur Differenzierung von Arten motivierten Verhaltens unterscheidet man im Allgemeinen zwischen intrinsischer und extrinsischer Motivation. Unter intrinsisch motivierten Verhaltensweisen kann man interessensbestimmte Handlungen verstehen, deren Aufrechterhaltung keine externen oder intrapsychischen Versprechungen, Anstöße oder Drohungen benötigt. Sie kommt durch Neugier, Interesse sowie Spontanität in Bezug auf eine unmittelbare Gegebenheit der Umwelt zustande. Unter extrinsischer Motivation versteht man hingegen Handlungen, die mit dem Zweck der Vermeidung einer von der Handlung separierbaren Konsequenz, einhergehen. Diese werden durch Aufforderungen von externen Personen in Gang gesetzt, deren Befolgung oder Nichtbefolgung bestimmte Konsequenzen (z.B. Belohnungen, Strafen, etc.) mit sich bringen wird. (Deci & Ryan, 1993)

### 3. Black Boxes

#### 3.1. Black Boxes im Allgemeinen

Der Begriff einer Black Box ist mit großer Wahrscheinlichkeit jedem Menschen bereits einmal begegnet. Den meisten davon bestimmt im Zusammenhang mit Flugzeugen und deren beinahe unzerstörbaren Flugdatenschreibern sowie Cockpitstimmrecorder.

Tatsächlich stammt der Begriff aus der Militärtechnik. Dort wurde er in der Fernmeldetechnik verwendet, wurde aber immer gerne für Objekte verwendet, deren Inhalt sich nicht augenscheinlich offenbart (Geitz, Vater, & Zimmer-Merkle, 2020).

In der Systemtheorie steht die Black Box für die Beziehung zwischen Reiz (*input*) und Reaktion (*output*). Die tatsächliche Arbeitsweise in der Black Box kann nicht beobachtet werden. Es kann nur indirekt unter Berücksichtigung der Ein- und Ausgänge auf mögliche Inhaltselemente und deren Funktionsweisen geschlossen werden. Wichtig dabei ist zu beachten, dass es sich hierbei um einen methodischen Einsatz handelt und die Black Box nicht geöffnet werden darf. (Ludwig, Weber, & Zauzig, 2014)

In der Physik könnte das Bindeglied zwischen *input* und *output* ein mögliches Messgerät oder die genutzte Maschine darstellen. Der Experimentator bedient die Black Box, variiert dabei den möglichen Input und beobachtet den Output. Dieser wirkt mit Beobachtungs- und Variationsprozessen in das Geschehen ein, wie die nachfolgende Abbildung 9 veranschaulicht.

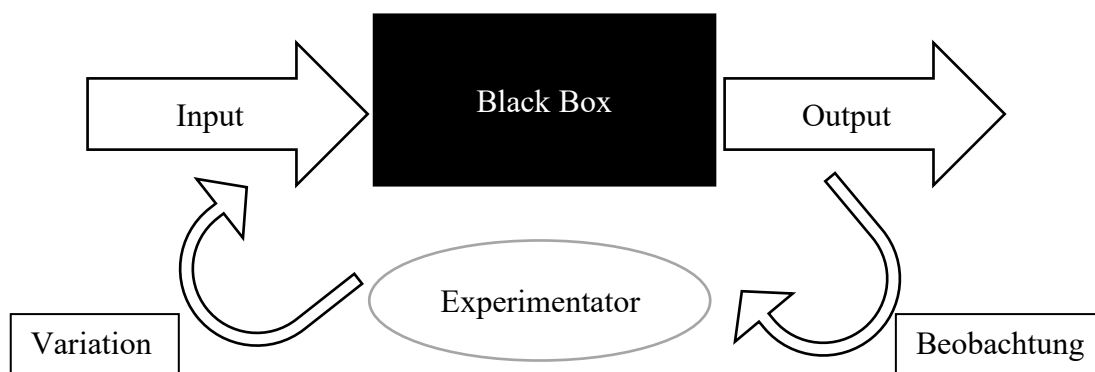


Abbildung 9: Arbeit mit Black Boxes (nach Rode & Friege, 2014, S. 1)

Ein Beispiel für diese Art von Black-Box-Problematik könnte der Streuversuch von Ernest Rutherford sein. Dabei ist es nicht möglich, in das Innere eines Atoms zu schauen, allerdings schon möglich, die Auswirkungen der auftreffenden Alphateilchen zu analysieren, obwohl man das Innere nicht genau sehen kann.

Der Aufbau des Experiments (siehe Abbildung 10) sah eine dünne Goldfolie vor, welche mit Alphateilchen beschossen werden soll. Zwar kam die Mehrzahl der Lichtblitze in gerader Richtung am Schirm an, einige wenige wurden jedoch nach rechts und links abgelenkt. (Mayer-Kuckuk, 2002)

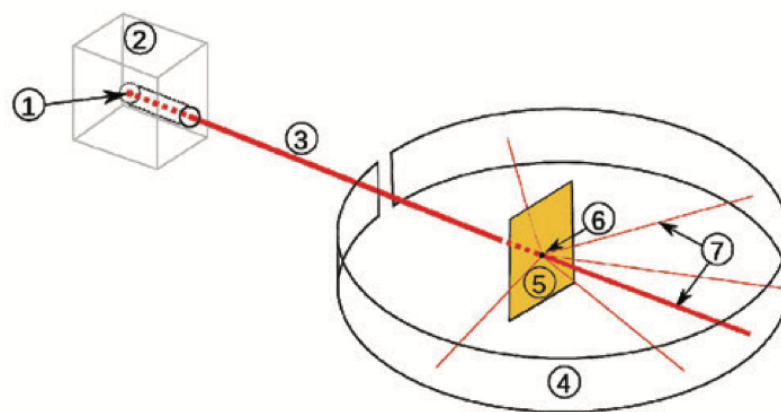


Abbildung 10: Streuexperiment von Rutherford (Leone, Robotti, & Verna, 2018, S. 2)

Daraus konnte eine Ablenkung der Alphateilchen durch die Goldfolie abgeleitet werden. In diesem Falle konnte man sich durch ein geeignetes Experiment über die Eingeschränktheit eines Sinnesorgans (Sehen) hinwegsetzen und trotzdem Schlüsse über den Aufbau der Atome im Inneren ziehen.

### 3.2. Bereits bekannte Black Boxes für den Unterricht

Es wurden schon einige Versuche unternommen, verschiedene Modelle von Black Boxes für den Physikunterricht zu konstruieren und sie einzusetzen. Im Zuge dieses Kapitels sollen ein paar dieser Modelle präsentiert und analysiert werden. Der Kreativität sind bei der Konstruktion einer Black Box beinahe keine Grenzen gesetzt, sofern es technisch oder materiell machbar ist.

a) Eine mechanische Black Box

Eine mechanische Black Box kann einerseits eine Art von Labyrinth oder andererseits einen Hindernisparcours darstellen. Sie besteht aus einzelnen Hindernissen [siehe Abbildung 11] für ein sich durch die Box bewegendes Objekt (beispielsweise eine Kugel). Vergleichbar wäre ein derartiges Modell mit einem Kinderspielzeug bzw. einem Geschicklichkeitsspiel, wo eine Kugel durch ein Labyrinth geführt oder an eine bestimmte Stelle gebracht werden muss. Andererseits könnte die Box auch ein mit Federn und Massenstücken ausgerüstetes PVC-Rohr sein (siehe Abbildung 12). Dabei kann man eine Kombination von verschiedenen Federn und Massen vorgeben, um Federkonstanten oder einzelne Massen bestimmen zu können. Dabei sind jedoch einige Vorkenntnisse über Federn und deren Auslenkungen notwendig, daher sollte die Arbeit damit bei den mechanischen Kräften in der passenden Jahrgangsstufe stattfinden. Qualitative Auswertungen können in der Unterstufe durchgeführt werden, in der Oberstufe können diese auch expliziter ausfallen und mehr Details abbilden.

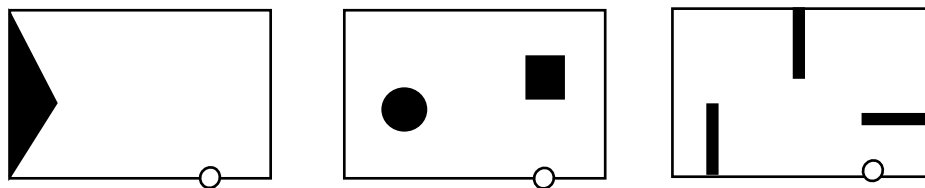


Abbildung 11: mögliche mechanische Black Boxes

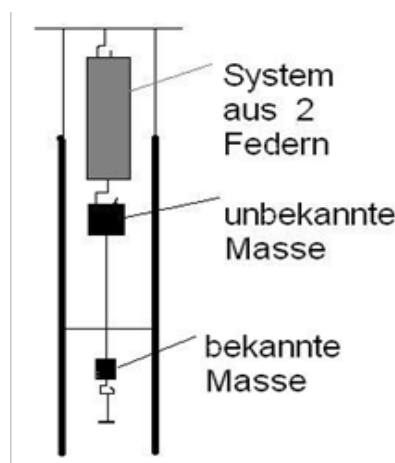


Abbildung 12: Mechanische Black Box (Stütz, Mechanik Experimentell, 2016)



Die mechanischen Boxen setzen oft Vorwissen im Bereich von Bewegungen oder allgemeinen Eigenschaften von Materialien voraus. Sie können jedoch grundsätzlich in allen Jahrgängen verwendet werden und in weiterer Folge sehr viele verschiedene Schwierigkeitsgrade sowie Inhaltsbauteile aufweisen.

b) Eine elektrische Black Box

Eine mögliche elektrische Black Box (siehe Abbildung 13) kann aus diversen elektrischen Bauteilen bestehen, wie zum Beispiel verschiedene ohmsche Widerstände, Dioden, Kondensatoren.

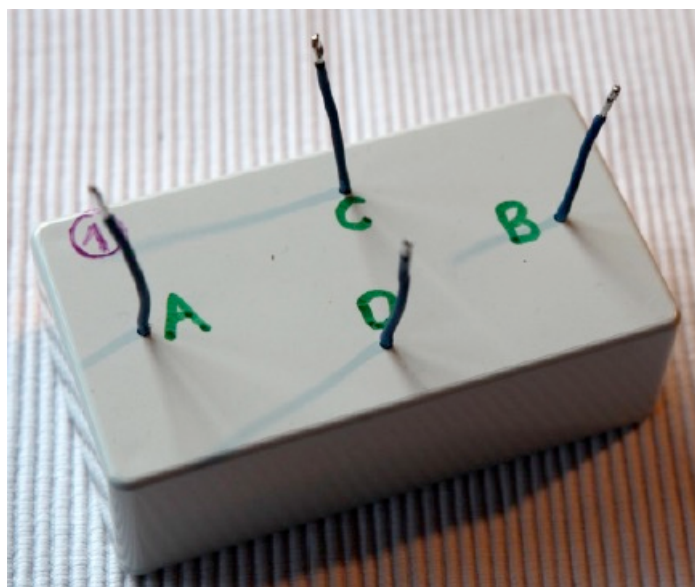


Abbildung 13: Elektrische Black Box (Stütz, Eine elektrische Black Box, 2016)

Bei einer elektrischen Black Box müssen zunächst alle vorhandenen Bauteile und deren Auswirkungen auf einen Stromkreis besprochen worden sein, bevor die Nutzung derselbigen im Unterricht möglich ist. Die Elektrizitätslehre und damit die Nutzung einer einfachen elektrischen Black Box würde demnach in die dritte Klasse der AHS Unterstufe passen. Die hier abgebildete Box ist jedoch für eine Begabungsförderung, beispielsweise die Physikolympiade, konzipiert. Bei der elektrischen Black Box sind ebenfalls sehr viele Varianten und Schwierigkeitsstufen möglich. Es kann sich entweder um eine Schaltung einzelner unbekannter Widerstände handeln oder noch weitere elektrische Bauteile wie einen Kondensator, eine Spule oder eine Diode beinhalten.

### c) Eine optische Black Box

Bei einer optischen Black Box (siehe Abbildung 14) besteht der Inhalt aus optischen Geräten wie beispielsweise Spiegeln, Linsen oder anderen verschiedenen reflektierenden Oberflächen sowie Farbfilter.



Abbildung 14: Optische Black Box (Rode & Friege, 2014)

Die optische Black Box setzt Inhalte wie die Ausbreitung von Licht sowie verschiedene optische Geräte voraus. Daher würde die Nutzung dieser Box am besten in die 4. Klasse einer AHS Unterstufe passen, in der man sich sehr ausführlich mit dem Thema Optik auseinandersetzt. Es sind auch hier viele Schwierigkeitsgrade (je nach Wahl der Bestandteile) möglich, denn dem Erfinderreichtum beim Bau einer derartigen Box sind keine Grenzen gesetzt.

### d) Eine hydromechanische Box

Bei einer derartigen Black Box geht es um die Erforschung des mechanischen Verhaltens von Fluiden. Dabei könnte es eine Aufgabe geben, in der die Black Box aus einem Schlauch besteht, der in ein Wasserbad getaucht ist. Bei einem Hineinblasen in den herausstehenden Schlauch soll das Wasser auf einer anderen Seite herausbefördert werden, Dieses Prinzip soll die Schüler\*innen an einen Zerstäuber erinnern. (Sinus, 2004)

Die auftretenden Skizzen der Schüler\*innen könnten dabei folgendermaßen aussehen, siehe Abbildung 15:

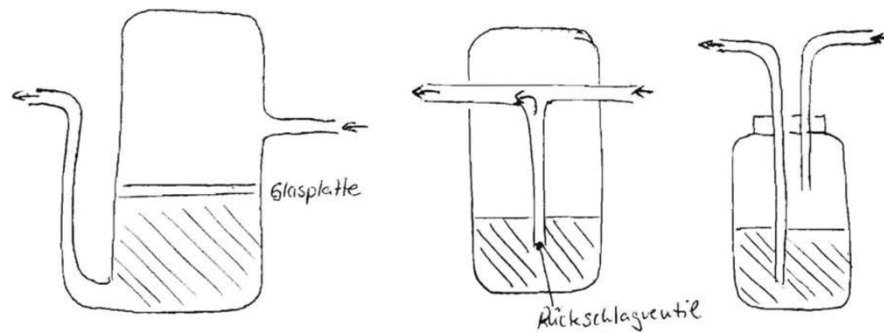


Abbildung 15: mögliche Skizzen der Schüler\*innen (Sinus, 2004)

Dabei geht es um die verschiedenen Möglichkeiten, wie das Wasser wieder bei der anderen Öffnung herauskommen kann bzw. was für Gegebenheiten dafür notwendig sein müssten. Es kommt dabei zu einer Zusammenführung von Eigenschaften von Flüssigkeiten und deren mechanischem Verhalten. Die zu bearbeitende Frage lautet dabei, wie es passieren kann, dass das Wasser bei einer Öffnung herauskommt bzw. ob dieses Phänomen nur in eine Richtung funktioniert.

Teilweise lassen sich sogar fertig gebaute Black Boxes kaufen. In vielen dieser Fälle kann vorab der Aufbauplan nur nach Rücksprache mit den Verkäufern oder Erfindern eingesehen werden. Leider sind gerade derartige Boxen zumeist sehr teuer, zum Beispiel eine Black Box auf der Conatex-Lehrmittel-Website. Dort ist kein Hinweis auf den Inhalt angegeben, und das Set beinhaltet einige Hilfsmittel zur Untersuchung der Box. Der Preis des ganzen Sets liegt allerdings bei etwa 85 Euro. (Conatex Lernsysteme, 2022)

### 3.3. Eine selbstentwickelte Black Box

Im Zuge dieser Arbeit war der erste Schritt die Konstruktion einer eigenen Black Box. Zunächst wurde allerdings das Themengebiet festgelegt, in welchem sich die Bauteile sowie die zu erforschenden Inhalte der Black Box bewegen sollen

#### 3.3.1. Vorüberlegungen

In dem hier vorliegenden Fall soll es sich um eine mechanische Black Box handeln, deren Aufbau verschiedene Hindernisse bereithält und durch eine weitestgehend mechanische Erforschung vonstattengeht. Für den Bau der Box wurden hauptsächlich alltägliche Utensilien verwendet.

#### 3.3.2. Materialien

Es wurden für diese Arbeit drei baugleiche Boxen zur Erforschung für die Schüler\*innen gebaut. Nachfolgend finden sich die Materialien, die zum Bau einer einzelnen Box notwendig sind.

Materialien pro Box:

- Holzkiste (Maße in cm – LxBxH: 25x14x6)
- Bohrer für die Bohrung zweier Löcher (X), Schleifpapier
- Pattex-Superkleber
- Goldpapier (1), bunter Stern (2)
- Zierborte (unebene Fläche, (3))
- 3 gerade Kartonhindernisse (4)
- weiches weißes rechteckiges Vliesstück (5)
- 1 rundes Hindernis aus Karton (6)
- 4 bunte Zier- bzw. Dekosteine (7)

Die Holzkisten wurden gekauft und im ersten Schritt mit zwei Löchern versehen. Dies geschah mittels eines Bohrers. Dann wurden die Löcher zur Verminderung der Verletzungsgefahr sorgfältig mit Schleifpapier abgeschliffen. Die oben genannten Hindernisse wurden mit Pattex-Superkleber in der Kiste befestigt und einige Stunden getrocknet. Die zu erforschenden Boxen wurden außen mit rotem Isolierband versiegelt, damit die Schüler\*innen diese keinesfalls öffnen können.

### 3.3.3. Aufbau

Die nachfolgenden Abbildungen 16 und 17 zeigen jeweils in Vogelperspektive einerseits einen schematischen Aufbau der Box und andererseits ein Foto des eingebauten Inhaltes der Black Box. Die Nummern zeigen die jeweils verbauten Materialien, wie sie in Kapitel 3.3.2. genannt wurden.

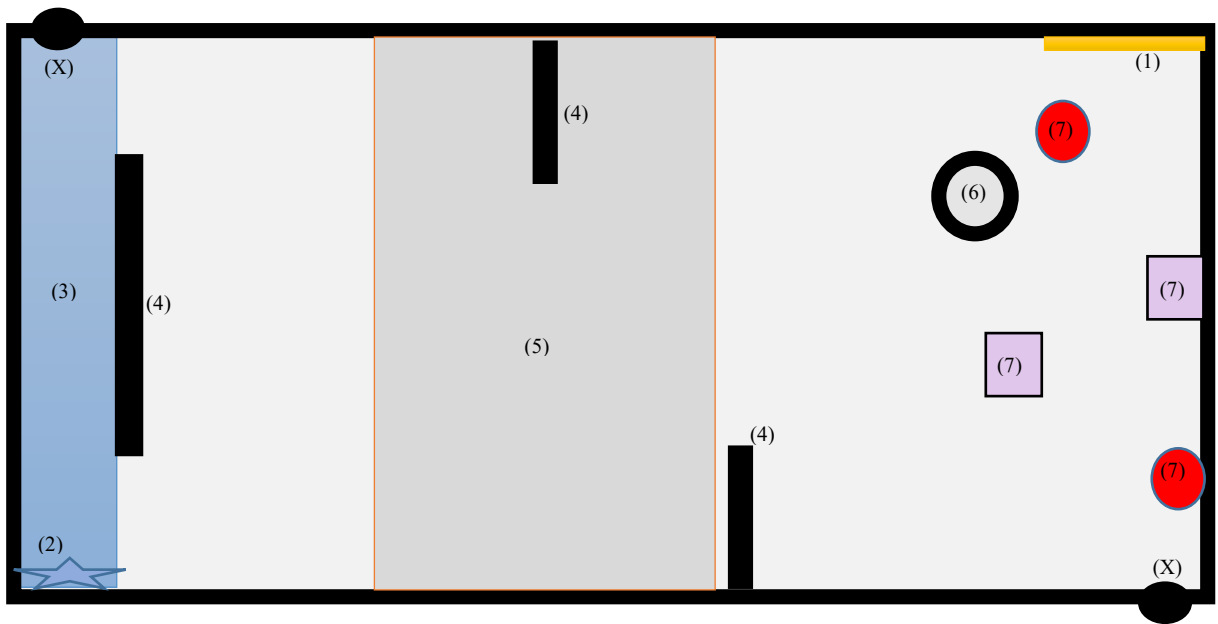


Abbildung 16: Schematischer Aufbau der Black Box



Abbildung 17: Foto vom Inhalt der Black Box

## 4. Forschungsfragen und Forschungsdesign

### 4.1. Forschungsfragen und Hypothesen

Im Zuge dieser Arbeit wird versucht, einen Zusammenhang zwischen dem Arbeiten mit Black Boxes und der Motivation sowie der Erkenntnisgewinnung der Schüler\*innen herzustellen. Daraus sollen in weiterer Folge Aussagen über eine mögliche physikalische Arbeitsweise abgeleitet werden.

#### **a) Wie motivierend wird das Arbeiten mit Black Boxes von den Schüler\*innen empfunden?**

Die Motivation der Schüler\*innen stellt für den Unterricht einen sehr wichtigen Eckpfeiler dar und ist in vielen Fällen oft schwer zu erreichen. Mit einer handwerklichen oder „naturwissenschaftlichen“ Arbeitsweise, bei der die Schüler\*innen aktiv agieren müssen und in Gruppen arbeiten sollen, könnte es zu einer Steigerung ihrer Motivation kommen.

#### **b) Wie funktioniert die Erkenntnisgewinnung bei den Schüler\*innen?**

Es soll untersucht werden, wie der Prozess der Erkenntnisgewinnung bei den Schüler\*innen vonstatten geht und welche Denkprozesse abseits des praktischen Handelns ablaufen.

#### **c) Führt die Arbeit mit Black Boxes im Unterricht zu einer Einsicht in Bezug auf eine mögliche physikalische (wissenschaftliche) Arbeitsweise?**

Die grundlegende Frage der physikalischen Arbeitsweise scheint schwer zu ergründen bzw. zu begreifen. Die experimentellen Methoden stehen dabei für die meisten Menschen im Mittelpunkt, allerdings kommt es dabei immer auf die geeignete Wahl bzw. Planung des Experiments sowie die weitere Vorgehensweise mit den gewonnenen Erkenntnissen oder Daten an. Hier soll untersucht werden, ob die Arbeit mit Black Boxes zu Erkenntnissen führt, wie sie in der Physik generiert werden.

## 4.2. Forschungsdesign und Durchführung

Bei der teilnehmenden Klasse handelte es sich um eine vierte Klasse einer AHS Unterstufe. Der Autor der Arbeit unterrichtet die Klasse im Regelunterricht, daher handelt es sich hier strenggenommen um Aktionsforschung (Altrichter, Posch, & Spann, 2018). Den Schüler\*innen wurde mitgeteilt, dass die Mitarbeit an diesem Projekt zu keinerlei Benotung oder Beeinflussung ihrer Schulnote führen wird. Trotzdem war die Begeisterung über die Ankündigung des Projekts groß und der Großteil der Klasse nahm freiwillig und mit voller Vorfreude teil.

In dieser Klasse befanden sich 25 Schüler\*innen (22 Mädchen, 3 Buben, Durchschnittsalter: 14). Die Eltern wurden zunächst um ihre Zustimmung gebeten, und die Mehrheit der Klasse durfte am Projekt teilnehmen.

Die Stichprobe für die Auswertung der Motivationsfragebögen besteht aus 9 Mädchen und 3 Burschen (siehe Abbildung 18). Von diesen haben 2 Deutsch und die anderen 10 eine andere Sprache als Muttersprache (siehe Abbildung 19).

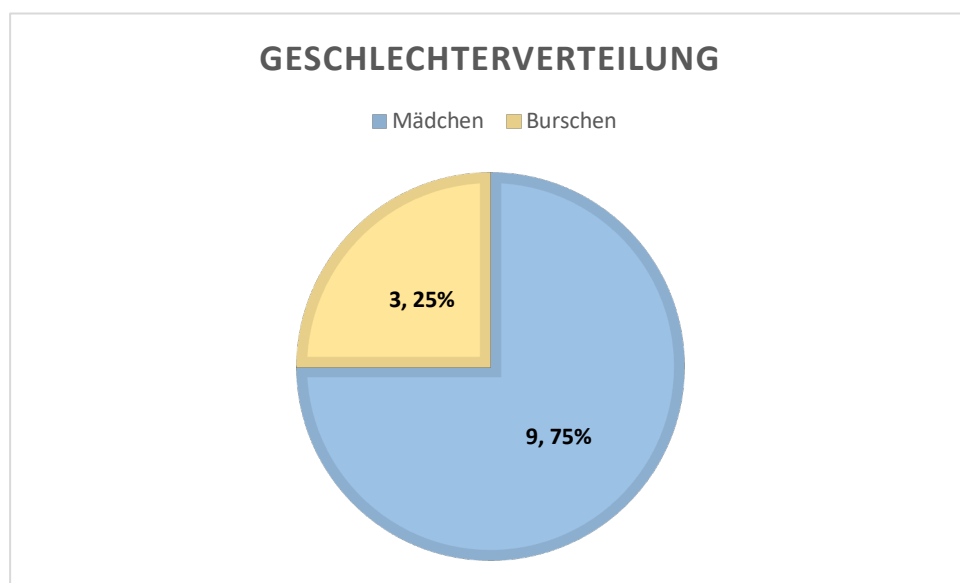


Abbildung 18: Geschlechterverteilung der Stichprobe

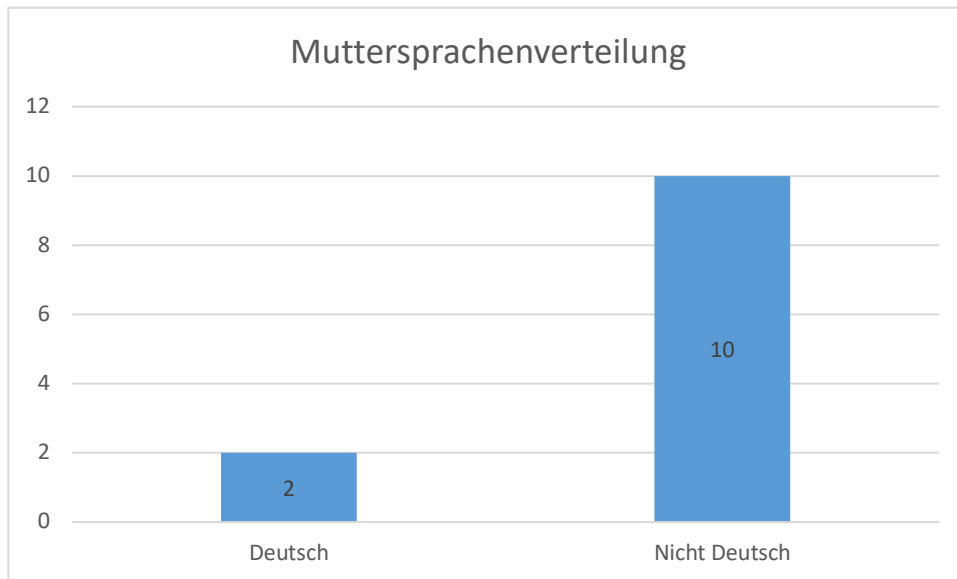


Abbildung 19: Muttersprachenverteilung der Stichprobe

Den Forschungstag bildete der Schultag des 08. Juni 2022 von 10:00 bis 14:00 Uhr (inklusive Zeit für Pausen, unvorhersehbare Probleme oder technische Störungen, usw.). Die Bearbeitung der Black Box ging in Dreiergruppen vonstatten, in welche sich die teilnehmenden Schüler\*innen selbst einteilen konnten. Diese Gruppen konnten jeweils von den anderen Schüler\*innen isoliert die Bearbeitung des Arbeitsauftrags aufnehmen. Der zeitliche Rahmen betrug für alle Gruppen zirka 20 Minuten, je nachdem wie schnell sie Erkenntnisse gewonnen hatten oder noch weitere Ideen für die Untersuchung kreierten. Jede Gruppe bekam ein Aufgabenblatt (siehe Anhang B) und pro Schüler\*in einen Motivationsfragebogen (Pusch, 2021) (siehe Anhang B) sowie eine Reihe von Materialien. Die Liste der zur Verfügung stehenden Materialien findet sich hier im Anschluss.

#### Materialliste zur Erforschung der Black Box:

- Waage
- Maßband (3m)
- Stoppuhr
- 2 Holzstäbe mit unterschiedlichen Längen
- 1 Laserpointer bzw. Minitaschenlampe
- 1 Schere
- Kupferdraht
- Hufeisenmagnet



- Stabmagnet
- Styroporball
- 6 Eisenkugeln
- 1 Glasmurmel
- 1 Gummikugel
- 1 kleiner Fußball
- 1 Holzbrett

Die Materialien wurden auf dem Tisch verteilt und so den Schüler\*innen zur freien Auswahl zur Verfügung gestellt. Jedoch waren nicht alle Materialien sinnvoll für die Erforschung der Black Box geeignet. Diese stellten somit also eine kleine Verwirrung dar bzw. sollten diese zu einem möglichen Autonomieerleben führen, indem sie selbst entscheiden können, was sie wählen bzw. machen.

Während der Arbeitsphase wurden die Gespräche der Schüler\*innen mittels Handys aufgezeichnet. Die Schüler\*innen wurden zuvor angehalten/gebeten, alle ihre Tätigkeiten und Überlegungen laut auszusprechen bzw. diese zu beschreiben. Zum Abschluss der jeweiligen Arbeitsphase wurden die Motivationsfragebögen (Pusch, 2021) von den teilnehmenden Schüler\*innen ausgefüllt. Dann wurden die Arbeitsblätter und die Motivationsfragebögen eingesammelt.

Bei der teilnehmenden Beobachtung der Lehrperson handelt es sich um eine grundlegende sozialwissenschaftliche Methode. Ihre Besonderheit ist, dass diese Form der Beobachtung in der natürlichen Lebenswelt der Schüler\*innen eingesetzt wird. Damit bekommt der Beobachter zusätzlich einen Einblick in das Alltagsleben der Lernenden. Diese Beobachtungsmethode ist außerdem pragmatisch und emotional-teilnehmend, während es in wissenschaftlichen Beobachtungen zumeist kognitiv und analytisch abläuft (Lamnek & Krell, 2016).

Im Zuge einer Audiografie werden die Stimmen der Schüler\*innen während der Arbeitsphase aufgezeichnet und in weiterer Folge wesentliche Teile davon transkribiert. Zunächst werden die einzelnen Gruppen analysiert und im Anschluss daran ein Vergleich zwischen den diversen Gruppen angestrebt. Trotz neuer Studien, die der Videografie eine größere Aussagekraft zuschreiben, wird hier mit Absicht nur die Stimme der Schüler\*innen verwendet und ausgewertet, um nicht durch mögliche bzw. vorhandene Videoanalysen die

gesprochenen Worte unbeabsichtigt zu verfälschen oder anhand von mimischen Darstellungen unbewusst in subjektive und eventuell sogar falsche Schlussfolgerungen verleitet zu werden (Lamnek & Krell, 2016).

Die Auswertung der aufgenommenen und erhaltenen Daten soll zunächst in einer Zusammenfassung der Audio-Aufnahmen, den dazugehörigen Arbeitsblättern der Gruppen und den Beobachtungen der betreuenden Lehrperson vonstatten gehen. In weiterer Folge sollen dann die Motivationsfragebögen im Hinblick auf bestimmte Merkmale, wie zum Beispiel die Muttersprachen der Schüler\*innen sowie deren motivationalen Faktoren beim Arbeiten mit der Black Box analysiert werden. Die Auswertungen werden mittels Microsoft Excel und IBM SPSS Statistics 26 durchgeführt.

### 4.3. Unterrichtsplanung für die Nutzung der Black Box


#### **Unterrichtsplanung (Verbund, 2021) Erkenntnisgewinn in der Physik am Beispiel von Black Boxes, 4.Klasse**

##### **Rahmenbedingungen:**

AHS, 4. Klasse, Zugang zu Experimentierausstattung (vorangehende Auswahl durch Lehrperson), 25 SuS (22w, 3m)

**Thema der Unterrichtsstunde:** Wie werden in der Physik Erkenntnisse gewonnen?

**Schlüsselbegriffe** (zentrale Begriffe im Zusammenhang mit dem fachlichen Unterthema bzw. relevanten Arbeitsweisen): Black Box, Forschen, Erkenntnisgewinn, Naturwissenschaft, Arbeitsweisen, verschiedene Materialien

	<p><b>Leitziele fundiert in Lehrplan &amp; Kompetenzmodell (Bifie, 2011):</b></p> <p><b>Lehrplan:</b></p> <p>Der Unterricht hat das Ziel, den Schüler*innen das <b>Modelldenken der Physik</b> (Realwelt – Modell – Modelleigenschaften – Realwelt) zu vermitteln und physikalisches Wissen in größere Zusammenhänge zu stellen.</p> <p>Physik bestimmt unser Leben:</p> <p><b>Ausgehend von Alltagserfahrungen</b> sollen die Schüler*innen ein immer tiefergehendes Verständnis von der Arbeitsweise in der Physik erlangen, <b>Einsicht in den Zusammenhang zwischen den verschiedenen Sinnen beim Erforschen eines unbekanntes Gegenstandes; Anwendung von bereits gelernten Inhalten.</b></p> <p><b>Kompetenzmodell (Bundesministerium für Bildung, 2022):</b></p> <p>E: Experimentieren und Erkenntnisgewinnung:</p> <p>In diesem Bereich erwerben Schüler*innen Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit physikalischen Arbeitsweisen. Schüler*innen zeigen Kompetenzen dadurch, dass sie</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Alltag und Technik naturwissenschaftliche Fragen formulieren und Hypothesen aufstellen</li><li>• zu Fragestellungen eine passende Untersuchung oder ein Experiment planen, durchführen und protokollieren</li><li>• im Rahmen naturwissenschaftlicher Untersuchungen oder Experimente Daten aufnehmen und analysieren (ordnen, vergleichen, messen, Abhängigkeiten feststellen, Zuverlässigkeit einschätzen)</li><li>• Daten durch mathematische und physikalische Modelle abbilden und interpretieren</li></ul>
---	---

E	<p><b>Elementare Grundideen</b> (fachliche Konzepte und/oder naturwissenschaftliche Arbeitsweisen):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine Black Box ist ein Objekt, in das man nicht hineinschauen kann.</li> <li>• Dennoch kann man durch verschiedene Analysen über ihren Aufbau verschiedene Dinge in Erfahrung bringen.</li> <li>• Die Schüler*innen können selbstständig Experimente planen und entscheiden, welche Materialien und Strategien sinnvoll sind.</li> </ul>
S	<p><b>Schülerperspektive</b> (Lernendenvorstellungen und Interessen zum Themenbereich):</p> <p><b>Lernendenvorstellungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenn ich etwas nicht sehen kann, kann ich auch nichts erforschen bzw. herausfinden. (Sinus, 2004)</li> </ul> <p><b>Interesse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei dieser Stunde können sich alle Schüler*innen wie ein Wissenschaftler fühlen, der eine neuartige Gegebenheit/Situation untersuchen soll.</li> <li>• Möglichkeit, selbstständig zu untersuchen</li> </ul>
S	<p><b>SMARTe</b> (operationalisierte) <b>Lernziele und Indikatoren</b> (angestrebtes, beobachtbares Endverhalten):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Schüler*innen können selbstständig passendes Material wählen und bestimmte Aspekte untersuchen</li> <li>❖ Schüler*innen können Schlüsse aus Geschehnissen ziehen</li> <li>❖ Schüler*innen können Vermutungen über mögliche Black Box Inhalte aufstellen und untersuchen.</li> </ul>

**Welche Basismodelle und daraus resultierende Lernschritte wähle ich, um das Thema basierend auf den Überlegungen zum LESS-Raster zu vermitteln? Wie begründe ich diese?**



**Unterrichtsplanung Stunde**

## Die wichtigsten Basismodelle (Verbund, 2021) im Unterrichtsfach Physik und die dazugehörigen Lernschritte zur Planung der Tiefenstruktur

		Konzept- oder Begriffs- bildung	Problemlösen	Lernen durch Eigener- fahrung	Routinebildung / Training von Fertigkeiten
<b>Lernschritte</b>	<b>1</b>	Vorwissen aktivieren	Problem erkennen	Handlung planen	Handlungsschritte und Handlungs- ziel kennenlernen
	<b>2</b>	Prototyp durcharbeiten	Problemstellung formulie- ren	Handlung durchführen	Handlungsablauf und Regeln festle- gen
	<b>3</b>	Neue Aspekte aufzeigen	Lösungswege entwickeln	Handlung reflektieren / einordnen / zusammen- fassen	Handlungsablauf schrittweise durchführen, abgleichen und ggfs. korrigieren
	<b>4</b>	Üben und Anwenden	Lösungswege prüfen	Verallgemeinern	Handlungsablauf üben / Routine entwickeln
	<b>5</b>	Vernetzen / Transferie- ren	Lösungswege auf ähnliche Probleme anwenden	Mit bisherigen Erfah- rungen vernetzen	Routine transferieren

Tiefenstruktur		Sichtstruktur		
Lernschritt Bezeichnung des Lernschrittes	Kognitiver Prozess Beschreibung des angestrebten Denkprozesses der Schüler*innen mithilfe von Operatoren	Lehrer*innenaktivität Beschreibung der Tätigkeit inklusive des Einsatzes von Methodenbausteinen und der Nutzung von Medien	Schüler*innenaktivität Beschreibung der Tätigkeiten inklusive der Beschreibung von Sozialformen und der Nutzung von Medien	Dauer /Zeit geschätzt
Vorwissen aktivieren	Brainstorming	Einleitung, Anleiten des Brainstormings	Was stellen sie sich unter dem Begriff einer Black Box vor? Was könnte darin versteckt sein? → Ideen sammeln (Plenum)	10min
Prototyp durcharbeiten	Überlegung welche Materialien zu welcher Erkenntnis führen (skizzieren, planen, protokollieren)	Begleitung der Experimentierphase	Experimentierphase anhand der Anleitung (vorangehende Besprechung des Arbeitsauftrags) - Gruppenphase	30min
Neue Aspekte aufzeigen	Sortieren und Clustern der Ergebnisse (beschreiben, zusammenfassen → darstellen)	Sammlung der Ergebnisse	Gruppen vergleichen ihre Ergebnisse und finden Gemeinsamkeiten/Unterschiede	10min
Üben und Anwenden	(anwenden, weiterentwickeln)	Begleitung der Arbeitsphase	Auf andere Kontexte anwenden (Strategie entwickeln) und eventuell eine Idee für eine eigene Box machen	15min
Vernetzen und Transferieren	Wissenschaftliche Denkweise	Diskussionsleitung und Präsentation der wissenschaftlichen Sichtweise	Fragestellung bearbeiten: wie kann man in einer Naturwissenschaft Erkenntnisse gewinnen – zuerst jeder für sich dann Sitznachbar*in und dann Plenum → Endaussage kreieren	15min

Details zur Stundenplanung:

Das Planungsraster nach dem LESS-Schema (Verbund, 2021) wurde gewählt, weil die geplanten Unterrichtsphasen in diesem Planungstool am besten Platz finden und die Eingliederung in die einzelnen Zwischenschritte optimal umgesetzt werden kann.

Die Schüler\*innen werden zu Beginn der Stunde auf das neue Thema eingestimmt. Dazu wird ihnen die Frage nach dem Begriff einer Black Box gestellt und ob bzw. was sie sich darunter vorstellen können. Dabei sollen Ideen sowie Vorschläge zu einem möglichen Aufbau gemeinsam gesammelt und diskutiert werden. Auch in Bezug auf eine mögliche naturwissenschaftliche Arbeitsweise und dem hierbei notwendigen Experimentieren werden erste Gedanken und Anmerkungen eingebracht.

Den Start der Experimentierphase bildet die Übergabe der zu untersuchenden Black Box. Die Schüler\*innen haben dabei in Gruppen zu je 3 Personen die Möglichkeit, die Box zu untersuchen und dabei die ihnen vorgegebenen Materialien zu nutzen. Unterstützend steht ihnen dabei die Lehrperson zur Seite. Die notwendige Anleitung steht auf dem dazugehörigen Arbeitsblatt (siehe Anhang B). Bei Zwischenfragen, die nicht in der Kleingruppe zu lösen sind, kann die Lehrperson zu Rate gezogen werden.

Im Anschluss daran werden die Ergebnisse der einzelnen Gruppen verglichen und im Plenum diskutiert. Dabei soll jede Gruppe kurz ihre Erkenntnisse präsentieren und auf bereits vorgestellte reagieren, sollten andere Meinungen dazu schon vorliegen.

Diese Diskussion stellt den Übergang zur Ideensammlung der Schüler\*innen sowie die Planung einer eigenen Black Box und deren möglichem Aufbau dar. Dazu soll entweder eine Beschreibung oder Skizze des angedachten Inhalts gemacht werden. Zum Abschluss der Stunde wird die Frage nach der Arbeitsweise im naturwissenschaftlichen Bereich und dem dabei notwendigen Experimentieren erneut aufgegriffen. Die Schüler\*innen sollen zunächst ihre Gedanken schriftlich festhalten und sich dann mit den Sitznachbar\*innen darüber austauschen. Am Ende soll versucht werden, eine Abschlusssatzung betreffend die Methodik sowie die Erkenntnisgewinnung in einer Naturwissenschaft (am Beispiel Physik) im Plenum der gesamten Klasse zu finden.

## 5. Ergebnisse und erste Interpretation

Zunächst wurden die ausgefüllten Arbeitsblätter, eigene Beobachtungen und die Audioaufnahmen der einzelnen Gruppen betreffend den Aufbau der Black Box zusammengeführt und analysiert. Die Länge der jeweiligen Audiofiles variiert, je nach Arbeitsfortschritt und Arbeitstempo. Die Dauer ist bei den transkribierten Ausschnitten der Audiofiles der einzelnen Kapitel notiert. Auf diese Ausschnitte wird im Text durch Zahlen in Klammern verwiesen.

In weiterer Folge werden die Motivationsfragebögen der teilnehmenden Schüler\*innen ausgewertet und deren Aussagekraft interpretiert.

### 5.1. Ergebnisse der Gruppe 1

*Beobachtungsprotokoll aus teilnehmender Beobachtung:*

In Gruppe 1 befanden sich drei Mädchen. Zu Beginn war ihnen etwas Nervosität anzumerken. Sie begutachteten die auf dem Tisch liegenden Materialien und versuchten durch die beiden Löcher einzelne Bestandteile zu erspähen. Dabei waren sie sich allerdings nicht sicher, obwohl sie die Box sehr viel gedreht hatten und verschiedene Blickwinkel ausprobiert hatten. Die Gruppe verwendete dann die Waage zur Massenbestimmung der Box und schrieb diese mit 230 Gramm (4)-(6) nieder. Sie schlossen daraus, dass es sich um einen leichten Inhalt handeln musste. Mithilfe des Holzstabes wurden im Inneren der Box die weiche Watte und kleinere Hindernisse entdeckt (1)-(2). Diese wurden im Anschluss versucht mit dem Laserpointer bzw. der Mini-Taschenlampe genauer zu identifizieren. Im Zuge dessen fanden die Schüler\*innen eine klebende Klopapierrolle bzw. kleine klebende Strasssteine sowie den Stern und das Goldpapier (9)-(14). Die Box wurde dabei in viele Kipprichtungen bewegt und auch der Blickwinkel der Schüler\*innen wurde sehr stark variiert. Des Weiteren wurde mittels des Stabmagneten und einer der Eisenkugeln versucht, den Inhalt genauer zu erkunden, indem man die Kugel mit Hilfe des Magneten durch die Box bewegte (3). Dabei wurde in der Mitte der Box ein großer Gegenstand angenommen, der die Gruppe etwas verunsicherte. Danach wurde die Murmel noch ohne den Magnet durch die Box bewegt, indem man diese in bestimmte Richtungen kippt. Dabei fand die Gruppe die Kartonhindernisse an den Seiten der Box, weil die Kugel an den jeweiligen Stellen steckengeblieben war.

### Interpretation:

Das Teamwork der Gruppe funktionierte gut und sie nahmen viele verschiedene Materialien zu Hilfe. Gegen Ende der Untersuchung kamen sie dann noch auf die Idee, durch das Loch in die Box hineinzugreifen und so noch die nähere Umgebung zu erkunden bzw. deren Bestandteile zu fühlen (15)-(19). Zu Beginn schien sie die laufende Aufnahme noch etwas zu hemmen, dieser Eindruck verschwand jedoch im Laufe ihrer weiteren Arbeit. Der gefundene Zusammenhang zwischen Magnet und Eisenkugel half ihnen, die Kugel kontrolliert durch die Box zu bewegen und deren Position genauer zu kennen. Trotzdem ist es oftmals in der menschlichen Natur sich sehr stark auf das Sehen zu verlassen, so auch Gruppe 1. Erst als sie bemerkt hatten, dass sie damit an die Grenzen des Sinnesorgans stießen, nutzten sie weitere Möglichkeiten, um den Inhalt der Box genauer erkunden zu können.

Die Skizze der Gruppe (siehe Abbildung 20) ist sehr ausführlich und beinhaltet tatsächlich alle Bestandteile, die im Vorfeld eingebaut wurden. Einzig die Größe des weichen Gegenstandes konnte nicht exakt bestimmt werden.

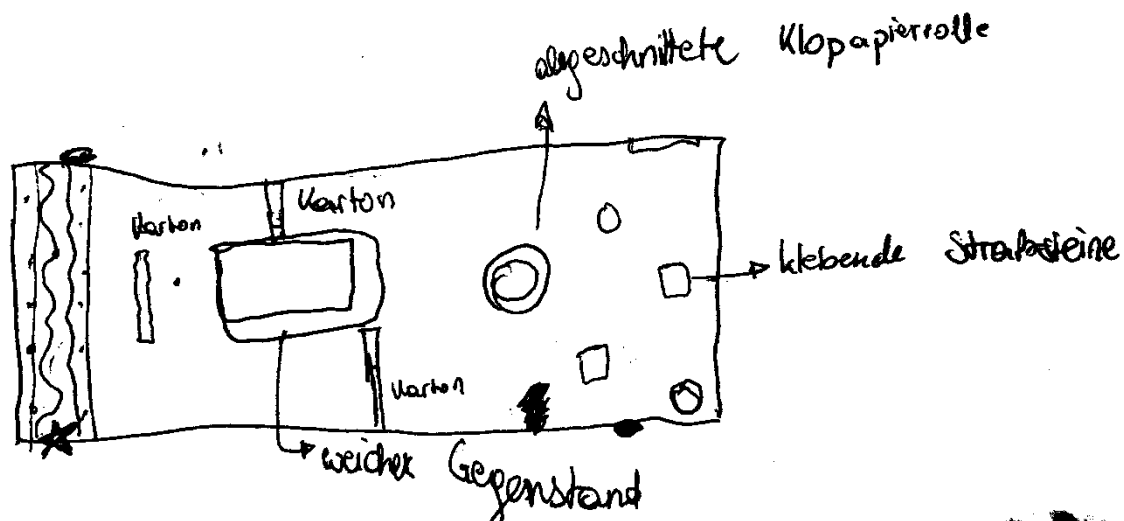


Abbildung 20: Skizze der Gruppe 1

### Audiofile (Gesamtlänge $\approx$ 25 min) – Ausschnitte:

- (1) S1: Kannst du das vielleicht beschreiben?
- (2) S2: Nein! Oder doch - Styropor! Ich sehe es zwar nicht, aber es fühlt sich so an!
- (3) S1: Vielleicht können wir die Kugel hineingeben und mit dem Magneten führen!
- (4) S1: Ah, wir können die Box abwägen, um zu sehen, wie schwer die Box ist.



- (5) S2: 23,1 Gramm.  
 (6) S1: Nein da steht 231 Gramm.
- (7) S1: Da ist ein Stern!  
 (8) S2: Was ein Stern? Ich will auch hineinschauen!
- (9) S1: Möchtest du beschreiben, was du siehst?  
 (10) S2: Lass mal messen, wie groß die Box ist, bevor wir weiterarbeiten!  
 (11) S1: Ca 25cm.  
 (12) S2: Ich schaue jetzt wieder in die Box mit Hilfe des Laserpointers. Ah stimmt, auf dieser Seite ist keine Rolle, aber da ist so ein Karton, der so waagrecht an die Kante geklebt wurde, wenn ihr versteht, was ich meine.  
 (13) S1: Ja! So kleingeschnitten!?  
 (14) S2: Ja genau
- (15) S1: Kann ich reinfassen!?  
 (16) S2: Ja bestimmt!  
 (17) S3: Wir können die Struktur von dem Band beschreiben – die Oberfläche von dem Schlangenband beschreiben – am Eingang.  
 (18) S1: Es ist rau!  
 (19) S1: Ja es fühlt sich pelzig an!

## 5.2. Ergebnisse der Gruppe 2

### *Beobachtungsprotokoll aus teilnehmender Beobachtung:*

Die Gruppe 2 bestand aus drei Mädchen. Sie starteten mit der Murmel und ließen diese durch die Box rollen. Sie schlussfolgerten durch das Hängenbleiben der Kugel an verschiedenen Stellen, dass es dort Hindernisse geben musste. Zu deren genauere Identifikation wurde die Kugel sehr langsam bewegt und versucht durch die beiden Löcher mit Hilfe der Taschenlampe einzelne Details sehen zu können (7)-(11). Im Zuge dessen fand die Gruppe den Stern und die Goldfolie an den Ecken der Box. Das Hindernis in der Mitte der Box wurde als etwas Weiches beschrieben mit dem Hinweis, es würde sich um Watte handeln. Dann wurde noch der Magnet verwendet, um die Kugel durch die Box zu bewegen (12)-(17). So wurde festgestellt, dass die Kugel an manchen Stellen nicht weiterbewegt werden konnte bzw. steckengeblieben war.

*Interpretation:*

Die Zusammenarbeit der Gruppe 2 funktionierte gut, allerdings beschränkte sich ihre Arbeit auf wenige vorhandene Materialien. Die Gruppe startete sofort mit der Murmel, ohne vorher hineinzusehen (1)-(6). Erst danach nahmen sie die Taschenlampe zu Hilfe. Dann verließ sich die Gruppe auch sehr stark auf das Sehen des Inhaltes, stellten jedoch fest, dass es dabei Grenzen gab und sie andere Wege finden müssten, um mehr zu erfahren. Dies bezieht sich entweder auf eine neue Art der Betrachtungsweise oder andererseits auf eine Änderung der verwendeten Materialien.

Die Skizze der Gruppe 2 (siehe Abbildung 21) ist ebenfalls sehr ausführlich, lediglich die Abschätzungen der Abstände der einzelnen Hindernisse im rechten Teil der Box stimmen nicht ganz überein.

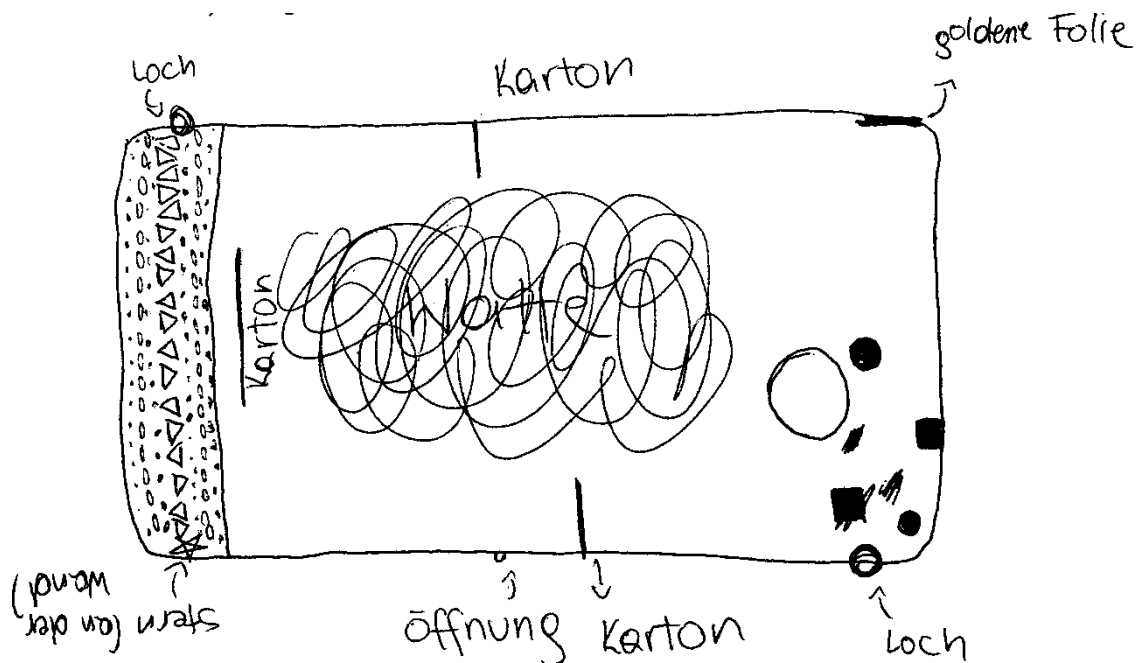


Abbildung 21: Skizze der Gruppe 2

Audiofile (≈21Min) – Ausschnitte:

- (1) S1: Ich würde sagen wir nehmen eine Murmel!
- (2) S2: Okay die hier?
- (3) S1: Ja und dann schauen wir mal, wo sie so anstößt, wenn wir mal gerade machen!
- (4) S2: Da ist ne Wand! – Ich glaube wir haben da was!
- (5) .....
- (6) S1: In der Mitte bleibt es irgendwie hängen!
- (7) S1: Das sieht aus wie ein Teppich!

- (8) S2: Ja es sieht aus wie ein Weg!
- (9) S1: So parcoursmäßig! Oder wie ein Gehweg!
- (10) S3: Es sieht aus, wie wenn man am Strand geht.
- (11) S2: Daneben ist noch eine Trennwand.
  
- (12) S1: Wenn da Magnete sind, vielleicht ist dann drinnen etwas magnetisches.
- (13) S2: Oder die Kugeln sind es!?
- (14) S1: Ah, aber einer muss dann hineinschauen.
- (15) .....
- (16) S1: Bei manchen Hindernissen ist die Kugel stehengeblieben und der Magnet hat sie nicht mehr bewegen können.
- (17) S2: Ihr müsst mir erst mal sagen von welcher Seite wir ausgehen.

### 5.3. Ergebnisse der Gruppe 3

#### *Beobachtungsprotokoll aus teilnehmender Beobachtung:*

Die Gruppe 3 bildeten drei Mädchen. Bei dieser Gruppe handelt es sich um eine eher zurückhaltende und ruhige Gruppe. Sie starteten mit dem Stab und versuchten damit einzelne Details zu ertasten. Die Entscheidung für den Stab wurde getroffen, weil sie meinten, damit weiter in die Box vordringen zu können als mit einem Stift. Es wurde in diesem Projekt erstmalig entdeckt, dass man mit dem Holzstab quer durch die Box von einem zum anderen Loch fahren konnte (1)-(4). Des Weiteren wurden harte Hindernisse gefunden, die mit Hilfe der Murmel genauer untersucht wurden. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Kugel an manchen Stellen steckenblieb bzw. sich nicht weiterbewegen ließ. Es wurde auch versucht die Kugel an der Bande entlangzurollen, damit die Hindernisse und deren Position am Rand gefunden werden konnten (9)-(11). Dann wurde die Box noch mit der Taschenlampe durchleuchtet, wodurch die angeklebten Steine, das Goldpapier und der Stern entdeckt werden konnten, sowie ein Zipfel von der Watte in der Mitte der Box (5)-(8).

#### *Interpretation:*

Das Teamwork der Gruppe funktionierte gut und sie verwendeten einige verschiedene Materialien, die zur Verfügung standen. Die Gruppe startete, ohne in die Box zu blicken, allerdings mithilfe der Lampe versuchten sie dann, viel mit ihren Augen wahrzunehmen, bemerkten in weiterer Folge jedoch, dass dies nur bedingt funktionierte.

Die Skizze der Gruppe 3 (siehe Abbildung 22) wurde verkehrt gezeichnet. Die seitlichen Hindernisse in der Box beim weichen Gegenstand wurden nicht identifiziert und die Watte relativ klein eingezeichnet.

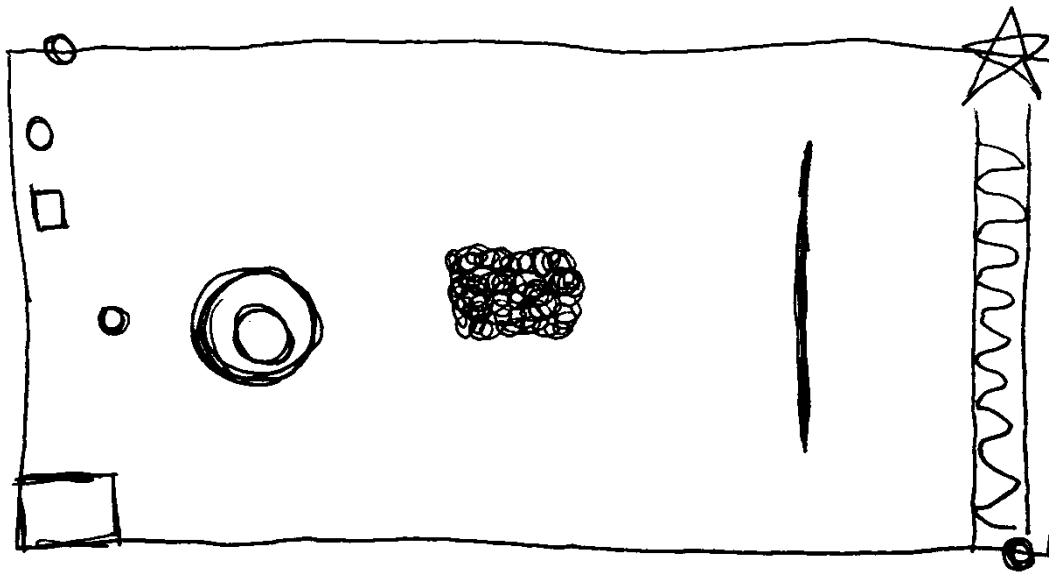


Abbildung 22: Skizze der Gruppe 3

Audiofile (≈12Min) – Ausschnitte:

- (1) S1: Da ist etwas?
- (2) S2: Was?
- (3) S1: Ich weiß es nicht genau! Es (der Holzstab) geht bis ans andere Ende!
- (4) S3: Erkenntnis – da ist nichts im Weg.
  
- (5) S1: Siehst du was?
- (6) S2: Ja aber weiß nicht was!
- (7) S1: Da ist irgendwas aus Pappe!
- (8) S2: Ich glaub nicht, dass es Pappe ist.
  
- (9) S1: Wir können diese Kugel hineinzugeben!
- (10) S2: Versuch sie mal bis zum Ende zu rollen!
- (11) S1: Da ist irgendwas und es geht nicht bis ganz zum Ende.

#### 5.4. Ergebnisse der Gruppe 4

*Beobachtungsprotokoll aus teilnehmender Beobachtung:*

In Gruppe 4 sind drei Mädchen. Diese Gruppe legte eine sehr ruhige Herangehensweise an den Tag. Sie starteten sofort mit der Taschenlampe und drehten die Box in alle möglichen Richtungen, um viele verschiedene Blickwinkel zu haben. Dabei konnten sie bereits einige

Hindernisse identifizieren, wie unter anderem die bunten Steine, den Stern, die Goldfolie und einen Teil der Watte (1)-(3). Durch die Nutzung des Holzstabs konnten harte Widerstände gefunden werden. Daraus schlussfolgerten die Schülerinnen, dass die Hindernisse nicht bewegt werden konnten, da diese am Boden festgeklebt waren. Mit der Waage bestimmte die Gruppe die Masse der Box. Diese wurde mit 852 Gramm angegeben, wodurch die Gruppe vermutete, dass die Box keinen schweren Inhalt besitzen dürfte. Mit einer kleinen durch die Box rollenden Kugel wurden die Seitenhindernisse und die Watte in der Mitte der Box genauer identifiziert (10)-(12). Sie kamen darauf, dass es sich um keine besonders harte Watte handelt, da diese nicht wie erwartet der Kugel Platz machte bzw. eingesunken war. Die Gruppe versuchte die Kugel durch die Kiste mithilfe des Magneten zu bewegen, verwarf diese Idee dann aber im weiteren Verlauf wieder, weil die Kugel ständig irgendwohin rollte (10)-(12). Für einzelne Hindernisse wurden mögliche reale Darstellungsmöglichkeiten gesucht, beispielsweise Mauern oder eine Kinotafel (4)-(6). Sie versuchten auch die Innenseite des Deckels zu untersuchen, dort konnten sie allerdings erwartungsgemäß keinerlei Dinge finden.

*Interpretation:*

Die Zusammenarbeit der Gruppe war gut, allerdings verfolgten die Schülerinnen oft verschiedene Ansätze und wollten diese auch ausprobieren. Dadurch kam es des Öfteren zu Szenarien, in denen sie sich gegenseitig die Box aus den Händen genommen hatten, um ihre eigene Idee ausprobieren zu können. Sie nutzten eine Vielzahl an Materialien (überlegten bei allen, ob diese verwendbar sind), bei der Waage schien es jedoch zu einem Messproblem (z.B. Niederdrücken auf der Waage) oder einem Irrtum beim Ablesen des Messwerts gekommen zu sein.

Die Skizze der Gruppe 4 (siehe Abbildung 23) wurde korrekt und detailliert gezeichnet. Es wurden alle Hindernisse richtig identifiziert.

3) Fertige nun eine Skizze an, wie die Black Box im Inneren aussehen könnte

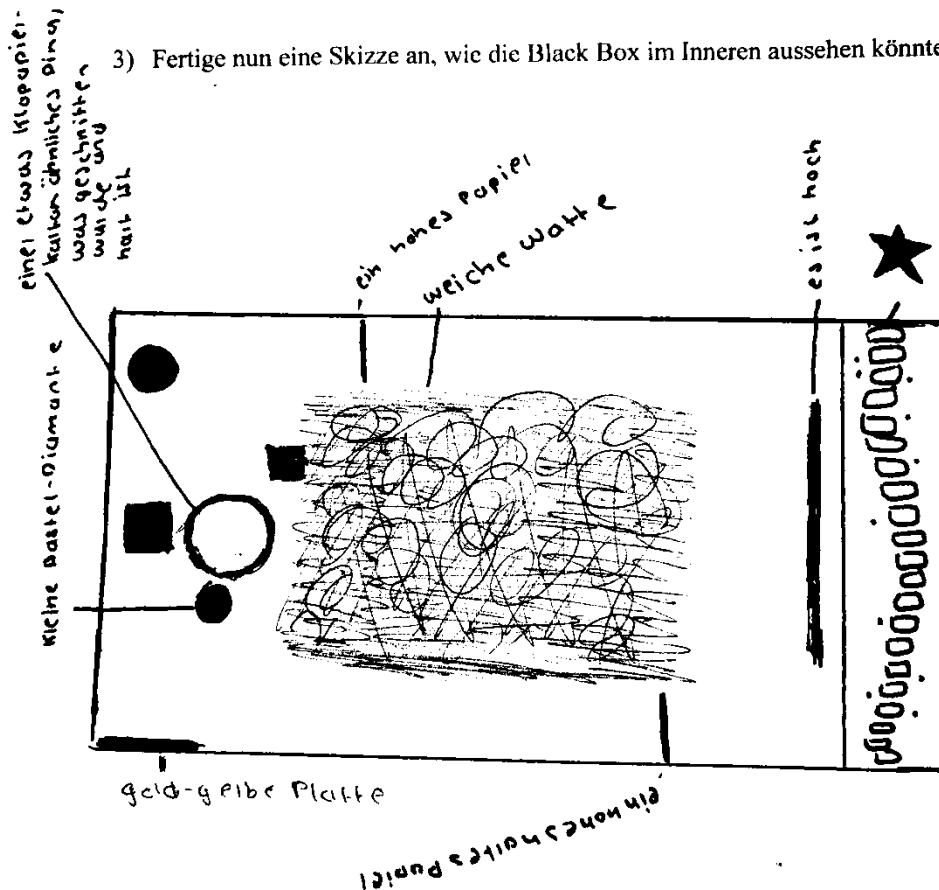


Abbildung 23: Skizze der Gruppe 4

Audiofile (≈25Min) – Ausschnitte:

- (1) S1: Siehst du etwas?
- (2) S2: Nein, nicht wirklich!
- (3) S1: Lila Perlen sind drinnen. Sie sehen etwas aus wie Diamanten, aber es sind keine. Und da ist noch irgendetwas aus Pappe.
- (4) S1: Ein Kino vielleicht.
- (5) S2: Wie kommst du auf Kino?
- (6) S3: Es erinnert mich voll daran.
- (7) S1: Da gleich gegenüber auf dieser, äh, ist etwas. Es ist halt schon so wie ein, es sieht schon aus wie ein Spiegel, aber es ist halt kein echter Spiegel.
- (8) S2: Siehst du es.
- (9) S1: Ein kleiner Teppich. Gleich hier am Eingang. Mit dem Muster.
- (10) S1: Leute, versucht eine Murmel reinzugeben und diese zu bewegen!
- (11) S2: Was kann man mit denen machen?
- (12) S1: Reinwerfen und schauen oder hören, wo sie anstößt.

## 5.5. Ergebnisse der Gruppe 5

### *Beobachtungsprotokoll aus teilnehmender Beobachtung:*

Die Gruppe 5 setzte sich aus drei Burschen zusammen. Die Gruppe startete mit einer genauen Betrachtung der Box und der zu ihrer Verfügung stehenden Materialien. Dann wurde mit Hilfe des Magneten die Eisenkugel durch die Box bewegt. Die Gruppe schlussfolgerte, dass der Boden der Box sehr dünn sein musste, weil der Magnet die Kugel trotzdem immer noch magnetisch angezogen hatte. Die aufgeklebte Unebenheit wurde von der Gruppe als eingeritztes Muster interpretiert (5)-(13). Mit Hilfe der Waage wurde die Masse mit 229 Gramm angegeben. Dann wurden mit dem Maßband die Länge und Breite der Box bestimmt. Diese wurden mit 25,5 cm und 14 cm notiert. Durch die Nutzung der Taschenlampe wurden der Stern, das Goldpapier, die bunten Steine sowie ein zylinderförmiges Objekt gefunden, welches in der Mitte ein Loch aufweisen müsste. Dann wurde mit dem Holzstab der Innenraum der Box erkundet und festgestellt, dass dieser quer durch die Box (von Loch zu Loch) ohne Hindernis positioniert werden konnte.

### *Interpretation:*

Das Teamwork der Gruppe 5 war gut, allerdings hatten sie sich in einzelnen Details verrannt, als sie versucht hatten, den Eintrittswinkel und die Distanz einzelner Objekte zu schätzen oder messen. Beim Goldpapier war sich die Gruppe nicht einig, ob es sich um Silber oder Gold handelte. Die Gruppe verließ sich auch weitestgehend auf das Hineinschauen, versuchte allerdings auf Umwegen auch nähere Details über einzelne Hindernisse und deren Positionierung herauszufinden (14)-(18).

Die Skizze der Gruppe 5 (siehe Abbildung 24) wurde mit Größenangaben gezeichnet. Die seitlichen Hindernisse in der Box beim weichen Gegenstand wurden nicht gefunden und die Watte relativ unklar eingezeichnet.

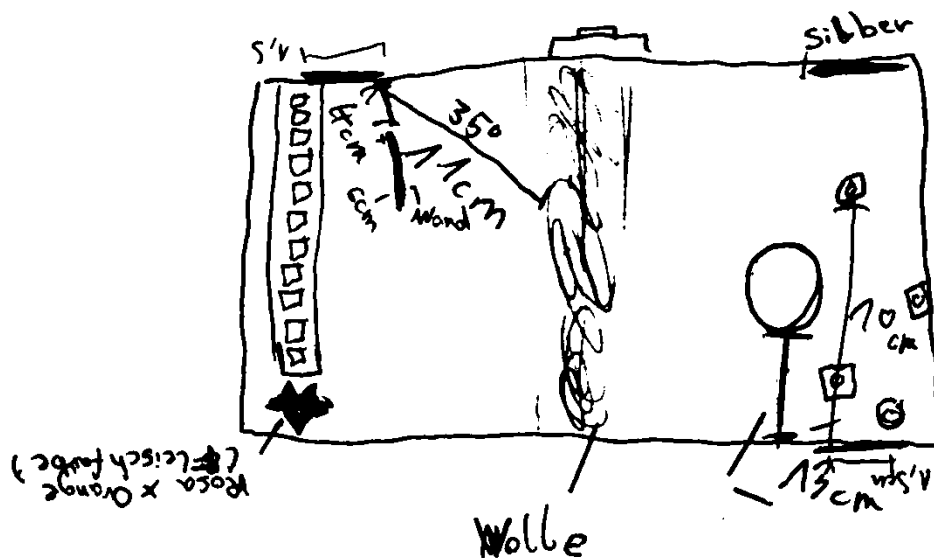


Abbildung 24: Skizze der Gruppe 5

Audiofile (≈31Min) – Ausschnitte:

- (1) S1: Womit wollen wir anfangen?
- (2) S2: Mit dem Laser Pointer!
- (3) S1: Ändert sich etwas?
- (4) S2: Nein vielleicht können wir es auf der anderen Seite probieren.
- (5) S1: Ich nehme kurz eine kleine Metallkugel zur Hand und gebe sie in die Black Box hinein. Oh! Wie es scheint, wurde in der Black Box am Boden etwas hineingeritzt. Ein bestimmtes Muster sozusagen.
- (6) S2: Wie bewegt sie sich denn?
- (7) S1: Sie springt sehr oft auf und ab!
- (8) S2: Geht die Kugel auf der anderen Seite wieder hinaus?
- (9) S1: Es ist sozusagen fast sowas wie ein Labyrinth.
- (10) S1: Soll ich mal probieren mit dem Magneten, ob etwas in der Box magnetisch ist!? ... Ich habe eine Idee. Ich lege die Kugel in die Box hinein und steuere die Kugel mit dem Magnet von außen!
- (11) S2: Ist die Kugel überhaupt magnetisch?
- (12) S1: Ja aber ob es durch die Wand auch funktioniert!?
- (13) S2: Die Kugel wird angezogen und bewegt! Es ist sehr schwer die Kugel durch die Box zu bewegen.
- (14) S1: Wir haben gerade durch eines der Löcher in einem 35 Grad Winkel geleuchtet und konnten erkennen, dass sich in der Mitte der Black Box ungefähr ein weißer Stoff befindet. Wenn man ganz genau schaut, wirkt es so, als ob es sich dabei um Schafswolle handelt, die man zum Füllen für Kopfpölster verwendet.



- (15) S2: Ich werde versuchen mit einem Holzstab von einem Loch zum anderen zu gelangen!
- (16) S1: Wie lange ist der Stab?
- (17) S2: 64cm!
- (18) S1: Ja es funktioniert!

## 5.6. Ergebnisse bzw. Auswertung der Motivationsfragebögen

Die Stichprobe für die Auswertung der Motivationsfragebögen besteht aus 9 Mädchen und 3 Burschen. Von diesen haben 2 Deutsch und die anderen 10 eine andere Sprache als Muttersprache.

Der Fragebogen gliedert sich in folgende Subskalen und den dazugehörigen Fragen (items) zur Motivation und deren Erleben:

- interest and enjoyment – Interesse und Vergnügen (7 Items)
  - perceived choice – wahrgenommene Wahlfreiheit (7 Items)
  - perceived competence – (selbst) wahrgenommene Kompetenz (6 Items)
  - effort and importance – Einsatz und Wichtigkeit (5 Items)
  - value and usefulness – Nützlichkeit und Wert (7 Items)
  - (social) relatedness - Eingebundenheit (8 Items)
  - felt pressure and tension – wahrgenommener Druck und Anspannung (5 Items)
- (Pusch, 2021)

Die nachfolgende Abbildung 25 zeigt die Durchschnittswerte der Motivation anhand eines Schulnotenprinzips. Eine Eins wäre demnach das beste Ergebnis. Sie verdeutlicht das Erleben von Motivation beim Arbeiten mit der Black Box. Die Schüler\*innen hatten dabei eine Durchschnittsmotivation von 1,76.

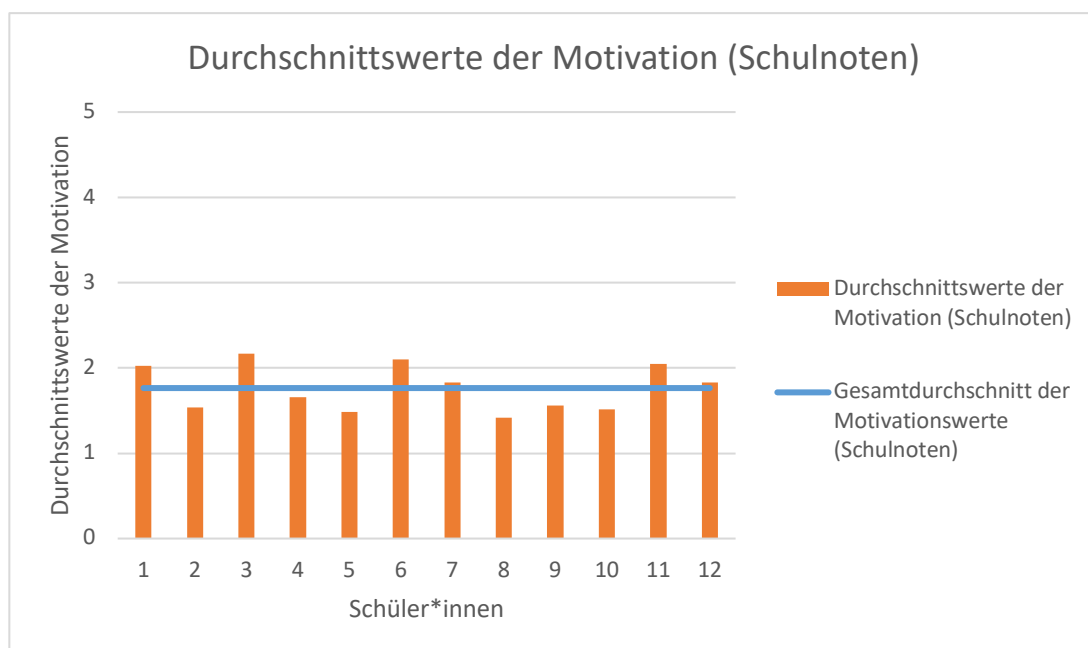


Abbildung 25: Durchschnittswerte der Motivation nach Schulnoten

In der folgenden Abbildung 26 ist der Wert für den Gesamtdurchschnitt der gefühlten Erfolgsdruckwerte (wahrgenommener Leistungsdruck) auf Seiten der Schüler\*innen abgebildet. Diese zeigen an, wie sehr sich die einzelnen Schüler\*innen bei der Bearbeitung des Themas und bei der Erforschung der Black Box unter Druck gesetzt gefühlt haben.

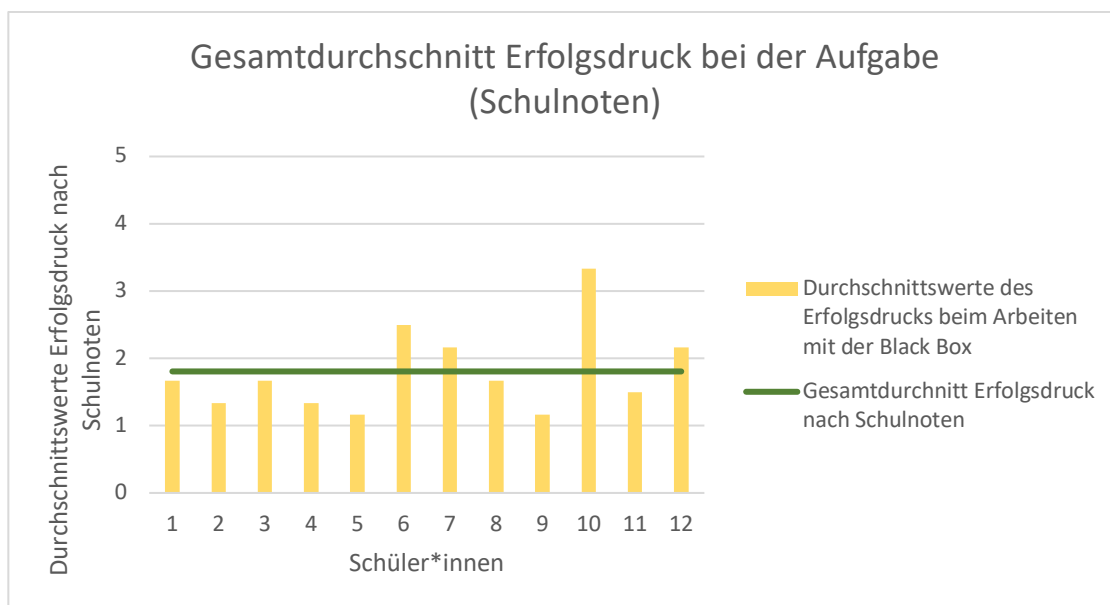


Abbildung 26: Gesamtdurchschnittswerte Leistungsdruck nach Schulnoten

Im Vergleich verschiedener Schulen zeigt die nachfolgende Abbildung 27 die Unterschiede beim Gesamtergebnis über alle Fragen. Dabei handelt es sich um den Mittelwert über alle Schüler\*innen der jeweiligen Klasse für die Gesamtskala der Summenscores. Die Schule dieser Arbeit (=Schule 4) schneidet demnach am besten ab. Es handelt sich bei allen vier Schulen um Klassen der 8.Schulstufe.

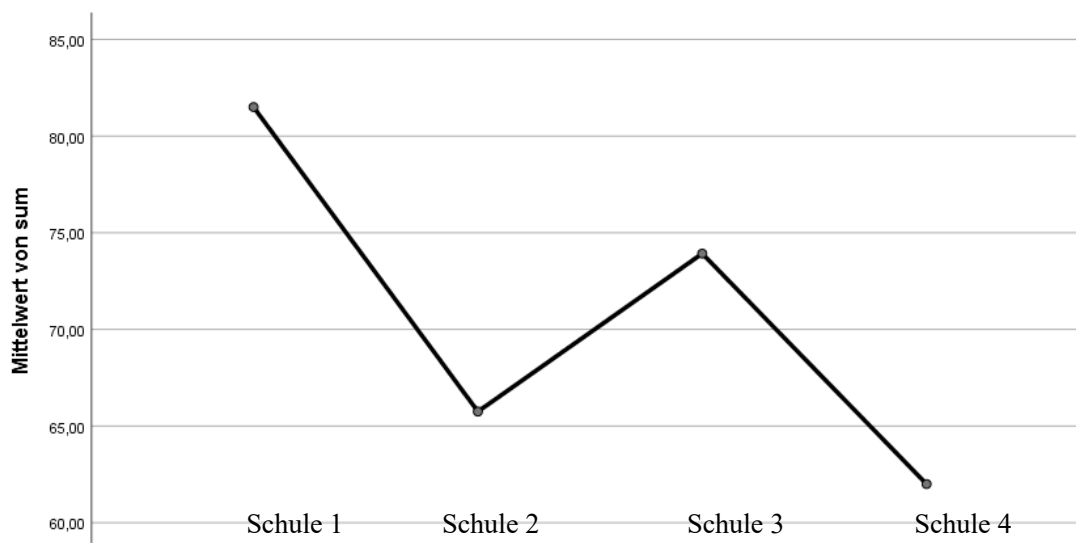


Abbildung 27: Schulvergleich (8.Schulstufe)

## 6. Schlussfolgerung und Beantwortung der Forschungsfragen

### 6.1. Reflexion der Stundenplanung

Die Stunde wurde von der Klasse gut angenommen. Die Schüler\*innen haben für einzelne Arbeitsschritte jedoch viel länger gebraucht als zunächst angenommen wurde. Viele haben den Begriff Black Box mit Flugzeugabstürzen und Meldungen über die Findung von deren Flugdatenschreiber bereits gekannt. Zu einem möglichen Aufbau konnten sich die Schüler\*innen nicht mehr so viel vorstellen. Die Experimentierphasen der Gruppen waren sehr unterschiedlich in Bezug auf ihre Strategie und ihre Dauer. Im Plenum kam eine große Diskussion zustande und gerade im Hinblick auf unterschiedliche Sichtweisen oder vermutete Bestandteile des Innenraums der Black Box. Viele Schüler\*innen gaben zu, sich im ersten Moment viel auf das Hineinschauen verlassen zu haben, bis sie bemerkt haben, dass dies für bestimmte Details beschränkt war. Dann erst wurden die zur Verfügung stehenden Materialien genauer geprüft und auf ihre Einsetzbarkeit hin analysiert. Daraus schlussfolgerten sie auch ein wesentliches Detail zu der wissenschaftlichen Arbeitsweise. Sie argumentierten mit der Sichtbarkeit von einzelnen Aspekten und anderen, die verborgen sind und daher auf Umwegen oder auf andere Weise untersucht werden müssen.

Die Schüler\*innen selbst hatten sehr viele eigene Ideen für den Bau einer Black Box, zum Beispiel ein Katapult, elastische Teile wie bei einem Trampolin und vieles mehr. Einige kamen auch auf Ideen mit mehreren Spiegeln oder Linsen sowie eine Black Box mit Strom zu versorgen, damit man im Inneren eine Lampe einschalten könnte. Der Kreativität sind dabei keine Grenzen gesetzt, doch darf bei aller Ideenfreude der wesentliche Teil der Arbeit mit Black Boxes nicht vergessen werden, nämlich die Notwendigkeit zur unterschiedlichen experimentellen Überprüfung, um zu Erkenntnissen gelangen zu können.

Viele Schüler\*innen haben im Vorfeld bestimmte Vorstellungen bzw. Meinungen zum Thema Experimentieren, dessen Zielen und der Wissenschaft im Allgemeinen:

- „Experimentieren ist Ausprobieren“: es kann bzw. soll so lange probiert werden, bis das gewünschte Ergebnis erreicht wird.
- „Experimente sind spannend, abenteuerlustig, nicht langweilig“: die Erwartung nach Spannung und das Entkommen der Langeweile werden auf die Experimente projiziert.
- „Experimente werden durchgeführt, um etwas herauszufinden“: Fragestellung steht dabei oft im Hintergrund.

- „Wissenschaftler sind crazy“: stereotype Sichtweise einer forschenden Person im weißen Kittel mit Brille. (Höttecke & Hopf, 2018)

Im Zuge dieser Voreinstellungen auf Seiten der Schüler\*innen muss darauf geachtet werden, dass sie erkennen, dass die Physik sich nicht immer auf dieselbe Art und Weise präsentiert, sondern vielfältige Methoden, Arbeitsweisen und Ideen benötigt.

## 6.2. Erkenntnisprozess

Die Erkenntnisse auf Seiten der Schüler\*innen kamen auf die verschiedensten Weisen zustande. Für einige stellte das Autonomieerleben sowie die selbstständige Bearbeitung den wesentlichen Teil der Gruppenarbeit dar. Die Gruppendynamik war dabei auch besonders erfolgsfördernd, weil sie durch ihre verschiedenen Ideen und Zugänge immer neue Wege zur Erforschung gefunden haben. Dabei war es wichtig, aus möglichen Fehlschlägen trotzdem etwas zu lernen und eventuelle Verbesserungen an der experimentellen Herangehensweise vorzunehmen, um die Ergebnisse verbessern zu können. Die Schüler\*innen versuchten unterschiedliche Strategien und nutzten verschiedene Sinne zur Erkundung der Black Box. Dabei waren ihre unterschiedlichen Zugänge sowie die Reihenfolge der verwendeten Materialien sehr spannend. Trotz einzelner Probleme im Erkundungsprozess (z.B. verschiedene Meinungen in der Gruppe, falsche Materialienwahl, usw.) ließen sich die einzelnen Gruppen nicht vom Ziel einer genauen Untersuchung bzw. Bestimmung der einzelnen Bestandteile der Black Box abbringen. Mit der Anwendung neuer Methoden bzw. Strategien haben die Schüler\*innen selbst eine naturwissenschaftliche Herangehensweise an Probleme bzw. aufgestellte Hypothesen erprobt. Die Schüler\*innen lernen dabei eine Strategie kennen, die auf vielerlei Probleme anwendbar ist und nicht rein auf den Physikunterricht beschränkt ist. Damit können sie in verschiedenen Lebenssituationen einen Strategiewechsel bzw. eine Änderung der Sichtweise vornehmen, um über einen neuen/anderen Weg weiterzukommen oder neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Die durchschnittlichen Motivationswerte der Schüler\*innen liegen unter 2. Demnach haben sie sich gut motiviert gefühlt, und anhand der durchschnittlichen Leistungsdruckwerte (ebenfalls knapp unter 2) kann auch ein druckvoller Umgang mit der Experimentierphase nicht bestätigt werden.

Durch eine selbstständige Erarbeitung bzw. Erforschung einer vorgegebenen Black Box führt diese Forschung zu einer Steigerung der Motivation sowie dem Schaffen einer stress- und druckfreien Umgebung.

### 6.3. Beantwortung der Forschungsfragen

#### **a) Wie motivierend wird das Arbeiten mit Black Boxes von den Schüler\*innen empfunden?**

Die Arbeit mit Black Boxes wird von den Schüler\*innen als sehr motivierend empfunden. Der Durchschnittswert der Motivation zeigt dabei mit einem Wert knapp unter 2 (in Schulnoten) ein gutes Ergebnis. Der fehlende Notendruck sowie die Möglichkeit im Team eigenständig zu arbeiten, stützen und fördern dieses Ergebnis. Die Schüler\*innen sagten im Anschluss, dass es ihnen großen Spaß gemacht hat und fragten, ob wir sowas in Zukunft öfter machen können.

#### **b) Wie funktioniert die Erkenntnisgewinnung bei den Schüler\*innen?**

Die Schüler\*innen arbeiteten in Gruppen und sie testeten unterschiedliche Strategien (Reihenfolge der Wahl der Hilfsmittel), um Dinge über den Aufbau der Black Box herauszufinden. Sie nutzen dabei diverse individuelle Ideen der einzelnen Gruppenmitglieder und entwickelten diese gemeinsam weiter, um zusätzliche Aspekte in Erfahrung bringen zu können. So wählten die Schüler\*innen in unterschiedlicher Reihenfolge die zur Verfügung stehenden Hilfsmittel, um mit ihrer Untersuchung erfolgreich zu sein. Beispielsweise startete eine Gruppe sofort mit der Taschenlampe, während eine andere Gruppe zuerst versuchte ohne diese einzelnen Details in der Box wahrnehmen zu können.

#### **c) Führt die Arbeit mit Black Boxes im Unterricht zu einer Einsicht in Bezug auf eine mögliche physikalische (wissenschaftliche) Arbeitsweise?**

Diese Frage kann im Zuge dieser Arbeit nur teilweise beantwortet werden. Es gibt unterschiedliche Strategien, um in der Naturwissenschaft zu einer möglichen Erkenntnis zu gelangen. Die Arbeit mit den Black Boxes gibt dafür nur eine Möglichkeit an, wie diese Arbeitsweise aussehen kann, zeigt jedoch keine alternativen Optionen auf. Daher ist hier auch kein Vergleich möglich bzw. kann nur von einer einseitigen Sicht auf eine mögliche physikalische Arbeitsweise gesprochen werden. Dazu müsste man eine noch stärker reflektierte Ebene erreichen, um stärkere Querverbindungen herstellen zu können.

## 7. Zusammenfassung und Ausblick

Die Arbeit und das Experimentieren mit Black Boxes stellt ein spannendes und interessantes Thema für die Unterrichtsgestaltung dar. Dabei steht ein großes Ausmaß an Selbstbestimmung und Erfindungsreichtum im Mittelpunkt. Die meisten Schüler\*innen haben individuelle Ideen und Gedanken zum Aufbau bzw. für die Erforschung der Black Box und bringen diese im Zuge der Gruppendynamik in das Experiment ein. Daher arbeiten sie bzw. sollen sie in Teams arbeiten, um ihr volles Potenzial nutzen zu können. Ebenso wie der experimentellen Erforschung viele Möglichkeiten offenstehen, gibt es bei der Konstruktion einer möglichen Black Box ungeahnte Möglichkeiten und der Kreativität kann dabei freien Lauf gelassen werden. Die Einsatzmöglichkeiten für den Unterricht sind dabei sehr flexibel und können sehr individuell (je nach Alters- bzw. Schulstufe oder Zielvorstellung) abgestimmt werden.

Eine wichtige Entscheidung, die im Vorfeld getroffen werden muss, ist eine mögliche Vorgabe an Untersuchungsmaterialien oder eine gänzlich freie Wahl der Mittel. Im Zuge dieser Arbeit wurde eine Auswahl an Materialien vorgegeben, allerdings auch solche, deren Verwendung keinen Sinn machte und daher auch zu keinerlei Erkenntnis führen konnte. Eine derartige experimentelle Arbeit würde eine Kooperation mit anderen Unterrichtsfächern möglich machen. Dies könnte zum Beispiel der Werkunterricht sein, wo eine eigene Box von Schüler\*innen konstruiert werden sollte. Eine andere Option wäre eine Verbindung mit Mathematik, Geometrischem Zeichnen oder Bildnerischer Erziehung, um die Dimensionen und die Skizzen der Box zu verfeinern und auf eine neue Ebene heben zu können sowie der Kreativität das Feld zu bereiten. Somit könnten alle eine eigene Box zeichnen und konstruieren und in weiterer Folge bauen. Im Physikunterricht würde es dann zu einer Durchmischung der Boxen kommen, worauf die Erkundung einer „fremden“ Box folgen sollte. Damit könnte man eine größere Bandbreite an Ideen und Erkundungsmöglichkeiten schaffen, bräuchte dann aber im Gegenzug auch wesentlich mehr Zeit zur Bearbeitung der Thematik. Bei der Konstruktion der Box kann zunächst ein Themengebiet vorgegeben werden und dann in einer Brainstorming-Phase Ideen zu einer möglichen Umsetzung gesammelt werden.

Bei der hier verwendeten Box sollen nun auch einige Dinge diskutiert werden, ob es da Ideen zu einer möglichen Verbesserung beim Aufbau oder der stattgefundenen Erforschung gibt. So könnten z. B. die Öffnungen kleiner gemacht werden, um weniger Möglichkeiten für die visuelle Erforschung zu bieten, um gleichzeitig der Fantasie, der Imagination und Vorstellung, mehr Raum zu bieten. Dadurch würde der Schwierigkeitsgrad allerdings

zunehmen, und möglicherweise die Ergebnisse und die Motivation wieder beeinflussen. Die verwendeten Materialien zum Bau der Box entsprangen den üblichen Haushaltsutensilien, sollten also den Schüler\*innen bekannt sein. Auch in diesem Bereich kann eine Auswahl von technisch versierteren Materialien genutzt werden, um Materialeigenschaften sowie Stoffeigenschaften noch stärker in die Erforschung einzubauen. Der innere Aufbau war eher schlicht gehalten, um den Schwierigkeitsgrad und die Dauer der Erforschung nicht allzu groß werden zu lassen.

Um tiefgreifendere Schlüsse zwischen der Arbeit mit Black Boxes und dem Erkenntnisgewinn in einer Naturwissenschaft ziehen zu können, bedarf es einer intensiveren Auseinandersetzung und großflächigeren Aufstellung im Rahmen des Experimentes sowie der Möglichkeit, Vergleiche zwischen den einzelnen Methoden anzustellen, zum Beispiel anhand eines breit aufgestellten Projekts, welches sich durch verschiedene Schulstufen und Fachebenen zieht. In diesem Sinne wäre eine interdisziplinäre Abarbeitung eines derartigen Experimentes gewiss eine erfolgversprechende Methode. Hierfür war der Rahmen dieses Projekts jedoch nicht ausreichend und hätte den Umfang der Masterarbeit überschritten. Dies könnte eventuell in Zukunft umgesetzt werden.

Es bieten sich hier also einige bis viele Ansätze, um der Eigeninitiative und Kreativität mit etwaigen Erfolgserlebnissen für die Schüler\*innen im Rahmen dieses Themenkomplexes Erfolg versprechende Perspektiven und Chancen zu bieten.



## 8. Literaturverzeichnis

- Altrichter, H., Posch, P., & Spann, H. (2018). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Bell, T. (6. Januar 2006). Piko-Brief Nr. 6. *Forschendes Lernen*. Kiel: IPN-Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Bifie. (2011). *Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe*. Wien: Bifie.
- Bundesministerium für Bildung, W. u. (16. August 2022). *Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen*. Von RIS:  
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568> abgerufen
- Conatex Lernsysteme. (27. August 2022). Von  
[https://www.conatex.com/catalog/physik\\_lehrmittel/elektrik/analogie\\_serien\\_energieumwandlung/product-modellbildung\\_mit\\_der\\_blackbox\\_die\\_naturwissenschaftliche\\_arbeitsweise\\_nach\\_std\\_horst\\_petrich/sku-1091130](https://www.conatex.com/catalog/physik_lehrmittel/elektrik/analogie_serien_energieumwandlung/product-modellbildung_mit_der_blackbox_die_naturwissenschaftliche_arbeitsweise_nach_std_horst_petrich/sku-1091130) abgerufen
- Deci, E., & Ryan, R. (März 1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik* 39, S. 223-238.
- Deci, E., & Ryan, R. (2002). The paradox of achievement: The harder you push, the worse it gets. In J. Aronson, *Improving Academic Achievement Impact of Psychological Factors on Education* (S. 61-87). San Diego: Elsevier Science.
- Duden. (25. April 2022). *Duden*. Von  
[https://www.duden.de/rechtschreibung/Erkenntnis\\_Einsicht\\_Vernunft](https://www.duden.de/rechtschreibung/Erkenntnis_Einsicht_Vernunft) abgerufen
- Duit, R., & Wodzinski, C. T. (2010). Piko-Brief 4. In R. Duit, *Piko-Briefe - Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst* (S. 19-23).
- Geitz, E., Vater, C., & Zimmer-Merkle, S. (2020). Einleitung: Black Boxes. In E. Geitz, C. Vater, & S. Zimmer-Merkle, *Black Boxes-Versiegelungskontexte und Öffnungsversuche* (S. 3-18). Berlin: De Gruyter.
- Höttecke, D., & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In D. Höttecke, & M. Hopf, *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 259-261). Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 57, S. 196-203.
- Hopf, M. (2007). Problemorientierte Schülerexperimente. In H. Niedderer, H. Fischler, & E. Sumfleth, *Studein zum Physik- und Chemielernen* (S. 197-234). Berlin: Logos.
- Hopf, M., & Wilhelm, T. (2018). Conceptual Change - Entwicklung physikalischer Vorstellungen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit,

- Schülervorstellungen im Physikunterricht* (S. 23-37). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (2015). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3.Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Konrad, K. (2020). Lautes Denken. In G. Mey, & K. Mruck, *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 373-393). Wiesbaden: Springer.
- Krause, E. (2013). *Physikalisches Denken - Wege zur Vermittlung konzeptionellen Verständnisses der Physik*. Siegen: Universität Siegen.
- Kuhn, W. (1983). Das Wechselspiel von Theorie und Experiment im physikalischen Erkenntnisprozess. In *DPG-Didaktik-Tagungsband* (S. 416-438). Gießen: Justus-Liebig-Universität.
- Kuhn, W. (2016). *Ideengeschichte der Physik*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Lamnek, S., & Krell, C. (2016). Qualitatives Interview. In S. Lamnek, & C. Krell, *Qualitative Sozialforschung* (S. 313-383). Weinheim: Beltz.
- Lamnek, S., & Krell, C. (2016). Teilnehmende Beobachtung. In S. Lamnek, & C. Krell, *Qualitative Sozialforschung 6.Auflage* (S. 515-607). Weinheim: Beltz.
- Leisner-Bodenthin, A. (2006). Zur Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften Jg.12*, S. 91-108.
- Leone, M., Robotti, N., & Verna, G. (2018). Rutherford's experiment on alpha particles scattering: the experiment that never was. *Physics Education* 53/3.
- Ludwig, D., Weber, C., & Zauzig, O. (2014). *Das materielle Modell*. Paderborn: Wilhelm Fink.
- Mayer-Kuckuk, T. (2002). *Kernphysik: eine Einführung 7.Auflage*. Stuttgart: Teubner.
- Mikelskis-Seifert, S. (5. Februar 2005). Piko-Brief Nr. 5. *Denken in und mit Modellen - die oft vernachlässigte Arbeitsweise der Physik*. Kiel: IPN-Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Militschenko, I., & Dilling, F. (2019). *Erkenntnisgewinnung im Mathematik- und Physikunterricht*. Aachen: Universität Siegen.
- Neumann, K. (20. Juni 2017). Die Entwicklung physikalischer Kompetenz - Stand der Forschung und Desiderata. *Plus Lucis*, S. 4-8.
- Niemiec, C., Ryan, R., & Deci, E. (2010). Self-Determination Theory and the relation of autonomy to self-regulatory processes and personality development. In R. H. Hoyle, *Self-Determination Theory and the relation of autonomy to self-regulatory processes and personality development* (S. 169-191). West Sussex: Wiley-Blackwell.

- Pusch, J. (2021). Weiterentwicklung eines ökonomischen, validen Erhebungsinstruments zur Bestimmung der intrinsischen Motivation von Schülerinnen und Schülern. *Masterarbeit*. Wien: Universität Wien.
- Reitinger, J. (2014). Selbstbestimmung und Wirksamkeitserwartung im Kontext der Organisation forschender Lernarrangements. In G. Höhle, *Was sind gute Lehrerinnen und Lehrer* (S. 184-199). Kassel: Prolog Verlag.
- Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In D. Krüger, & H. Vogt, *Theorien in der biomedizinischen Forschung* (S. 69-79). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Rode, H., & Friege, G. (2014). *Optische Blackboxes im Optik-Anfangsunterricht*. Hannover: Institut für Didaktik der Mathematik und Physik. Von <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/523> abgerufen
- Rott, D., Schulte ter Hardt, S. G.-S., & Fischer, C. (1. Januar 2021). Lernbiographiekurven, Lerntagebücher, Lernlandkarten: Reflexionsinstrumente für Schüler im Kontext selbstregulierten Lernens. *Pädagogische Rundschau Vol. 75 Nr. 6*, S. 659-675.
- Ryan, R., & Deci, E. (2017). *Self-Determination Theory: Basic psychological needs in motivation, development and wellness*. New York: The Guilford Press.
- Ryan, R., & la Guardia, J. (27. Januar 2005). On the interpersonal regulation of emotions: Emotional reliance across gender, relationships and cultures. *Personal Relationships 12*, S. 145-163.
- Schecker, H., & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 12*, S. 45-66.
- Schwerdtfeger, A. (25. April 2022). *Lehrerinnenfortbildung Baden-Württemberg*. Von [https://lehrerfortbildung-bw.de/st\\_kompetenzen/weiteres/projekt/projektkompetenz/methoden/erkenntnis.htm](https://lehrerfortbildung-bw.de/st_kompetenzen/weiteres/projekt/projektkompetenz/methoden/erkenntnis.htm) abgerufen
- Sheldon, K., & Gunz, A. (2009). Psychological needs as basic motives, not just experiential requirements. *Journal of Personality*, S. 1467-1492.
- Sinus, N. (2004). Black Box. Vermutungen über ein hydromechanisches Rätsel. *Lernchancen 42*, S. 48-50.
- Stütz, E. (2016). *Eine elektrische Black Box*. Zell am See: Österreichische Physikolympiade.
- Stütz, E. (2016). *Mechanik Experimentell*. Zell am See: Österreichische Physikolympiade.
- Strasser, P. (2021). *Die gesellschaftliche Dimension des Physikunterrichts*. Delta Phi B.
- Terhart, E. (1999). Konstruktivismus und Unterricht. *Zeitschrift für Pädagogik 45*, S. 629-647.

Thom, R. (1983). *Mathematical models of morphogenesis*. Michigan: Ellis Horwood.

Verbund, S.-O. (2021). *Planungsraster zur Stundenplanung*. Graz: Universität Graz.

Weinert, F. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. Weinert, *Leistungsmessung in Schulen* (S. 17-31). Weinheim und Basel: Beltz.

Wiesner, H., Schecker, H., & Hopf, M. (2011). Experimentieren. In H. Wiesner, H. Schecker, & M. Hopf, *Physikdidaktik kompakt* (S. 106-114). Freising: Aulis-Verlag.

## 9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beschreibung eines Lernprozesses aus moderater konstruktivistischer Sicht (nach Riemeier, 2007, S. 70).....	10
Abbildung 2: Arbeitsweise eines Naturwissenschaftlers (nach Schwerdtfeger, 2022) .....	12
Abbildung 3: Merkmale guten (Physik-)Unterrichts (Duit & Wodzinski, 2010, S. 20)....	14
Abbildung 4: Experimentieren im Physikunterricht (Wiesner, Schecker, & Hopf, 2011, S. 109) .....	17
Abbildung 5: Komponenten der Modellkompetenz (Leisner-Bodenthin, 2006, S. 93).....	25
Abbildung 6: Wechselspiel im Erkenntnisprozess (Leisner-Bodenthin, 2006, S. 97).....	26
Abbildung 7: Modell zum konzeptionellen Verständnis in der Physik (Krause, 2013) ....	27
Abbildung 8: Basic Needs der Self-Determination Theory .....	28
Abbildung 9: Arbeit mit Black Boxes (nach Rode & Friege, 2014, S. 1) .....	30
Abbildung 10: Streuexperiment von Rutherford (Leone, Robotti, & Verna, 2018, S. 2)..	31
Abbildung 11: mögliche mechanische Black Boxes .....	32
Abbildung 12: Mechanische Black Box (Stütz, Mechanik Experimentell, 2016).....	32
Abbildung 13: Elektrische Black Box (Stütz, Eine elektrische Black Box, 2016).....	33
Abbildung 14: Optische Black Box (Rode & Friege, 2014).....	34
Abbildung 15: mögliche Skizzen der Schüler*innen (Sinus, 2004) .....	35
Abbildung 16: Schematischer Aufbau der Black Box .....	37
Abbildung 17: Foto vom Inhalt der Black Box .....	37
Abbildung 18: Geschlechterverteilung der Stichprobe .....	39
Abbildung 19: Muttersprachenverteilung der Stichprobe.....	40
Abbildung 20: Skizze der Gruppe 1 .....	48
Abbildung 21: Skizze der Gruppe 2.....	50
Abbildung 22: Skizze der Gruppe 3.....	52
Abbildung 23: Skizze der Gruppe 4.....	54
Abbildung 24: Skizze der Gruppe 5.....	56
Abbildung 25: Durchschnittswerte der Motivation nach Schulnoten.....	58
Abbildung 26: Gesamtdurchschnittswerte Leistungsdruck nach Schulnoten.....	59
Abbildung 27: Schulvergleiche (8.Schulstufe) .....	59

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Experimentelle Kompetenz (nach Hammann, 2004, S. 205).....	16
Tabelle 2: Erkenntnismethoden M vs. Ph (nach Militschenko & Dilling, 2019, S. 209)..	19
Tabelle 3: Stufen naturwissenschaftl. Grundbildung (nach Hammann, 2004, S. 198).....	22

## 10. Anhänge A

### 10.1. Zusammenfassung (Deutsch)

Mit dieser Masterarbeit wurde der Einfluss der Arbeit mit Black Boxes im Physikunterricht in Bezug auf die Motivation der Schüler\*innen und deren Art der Erkenntnisgewinnung untersucht.

Am Ausgangspunkt standen diverse theoretische Konzepte zum Unterricht über das Arbeiten mit Modellen, zur physikalischen Arbeitsweise im Allgemeinen sowie Beispiele für die Bedeutung von Experimenten im Physikunterricht. Des Weiteren wurden einige bereits bekannte und konstruierte Black Boxes auf deren Einsetzbarkeit im Unterricht hin analysiert.

Es wurde ein Konzept für eine mögliche mechanische Black Box erarbeitet und nach ihrer Konstruktion mit einer Schulklasse getestet. Damit konnte dem Einsatz von Black Boxes im Physikunterricht (naturwissenschaftlichen Unterricht) eine motivationssteigernde und gleichzeitig eine erfolgsdruckminimierende Wirkung zugeschrieben werden. Als Untersuchungsmethode wurde die Think-Aloud-Methode sowie Audioaufzeichnungen und ein Motivationsfragebogen verwendet. Im Rahmen dieser Arbeit gelang es eine positive Auswirkung auf die Motivation der Schüler\*innen zu ermitteln, wenn diese sich mit der Erforschung einer Black Box beschäftigen. Im Vergleich mit anderen Interventionen an Schulen konnten in der teilnehmenden Klasse dieser Arbeit die besten Ergebnisse erzielt werden.

## 11. Anhänge B

### Anleitung zur Erforschung der Black Box



Eine Black Box ist ein Objekt, in das man nicht hineinschauen kann. Dennoch möchte man etwas über ihren Aufbau erfahren. Ziel eurer Untersuchungen ist es, eine Skizze über ihren möglichen Aufbau zu erstellen.

#### **Aufgabenstellung:**

Versucht so viel wie möglich über die gegebene Box in Erfahrung zu bringen!

- 1) Unterhaltet euch / kommentiert /beschreibt? während der gesamten Untersuchung über eure Tätigkeiten/Arbeitsschritte! Stellt euch dabei gegenseitig Fragen (z.B. „Was machst du da?“, „Warum machst du das?“, „Was siehst du da?“, usw.) und „moderiert“ sozusagen eure Arbeit!
- 2) Macht eine Liste an verwendeten Materialien und deren erbrachten Erkenntnissen!

<b>Material</b>	<b>Beobachtung</b>	<b>Erkenntnis</b>

**HINWEIS:** Die Black Box darf weder geöffnet noch zerstört werden!

3) Fertige nun eine Skizze an, wie die Black Box im Inneren aussehen könnte

4) Füllt nun bitte zum Abschluss (jede\*r für sich!) den Motivationsfragebogen aus und notiert hier gerne noch eine kurze Rückmeldung!



Motivationsfragebogen (Pusch, 2021): Liebe Schülerin, lieber Schüler!

Mit dem Beantworten dieser Fragen hilfst du mir bei der Datenerhebung der **Motivation** in Bezug auf die Erforschung einer **Black Box** und deren Aufbau.

Versuche die einzelnen Fragen bitte möglichst genau zu beantworten.

Bitte kreuze bei **JEDER** Frage **EINE** Möglichkeit an. Die Fragen beziehen sich auf die eben gemachte Arbeit.

Alle Antworten werden **anonym** behandelt und **nicht benotet**.

1) Schulform: .....

2) Schulstufe: .....

3) Unterrichtsfach: .....

4) Muttersprache: .....

		stimmt völlig	stimmt eher	stimmt teilweise	stimmt eher nicht	stimmt gar nicht
1	Meine Fragen werden im Unterricht ernst genommen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	Durch die Aufgabe lerne ich etwas für die Zukunft.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	Wenn ich angesprochen werde, sind meine Antworten unsicher.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	Ich habe sogar auf etwas Freizeit (oder Pause) verzichtet, um bei dieser Aufgabe gut zu sein.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	Ich habe in dieser Unterrichtsstunde gerne mitgemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	Ich habe Angst zu versagen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	Mir stehen bei der Bearbeitung einer Aufgabe unterschiedliche Hilfsmittel zur Verfügung.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	Wir akzeptieren einander in der Klasse, auch wenn wir unterschiedlich sind.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	Durch das Erlernete kann ich meine FreundInnen beeindrucken.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	Ich rede leise, weil ich Angst habe, etwas Falsches zu sagen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11	Die Lehrperson gibt mir genügend Zeit zum Nachdenken / Überlegen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12	Ich habe weitergearbeitet, bis ich mit dem Ergebnis zufrieden war.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13	Ich fand das Thema spannend.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14	Auch wenn ich gut vorbereitet bin, habe ich Angst, dass ich die Aufgabe nicht schaffen kann.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
15	Bei Gruppenarbeiten überlasse ich die Aufgabe den anderen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bitte umblättern!

		stimmt völlig	stimmt eher	stimmt teilweise	stimmt eher nicht	stimmt gar nicht
16	Ich kann selbst entscheiden, wie genau ich die Aufgabe bearbeite.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
17	In meiner Freizeit spreche ich über den Inhalt des Unterrichts mit meinen FreundInnen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18	Ich arbeite im Unterricht viel mit.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
19	Durch die Aufgabe lerne ich über aktuelle Themen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20	Ich kann zwischen mehreren Themen wählen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
21	Ich hoffe, es sieht mich niemand und ich muss die Aufgabe nicht behandeln.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22	Ich habe da viel Energie hineingesteckt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
23	Die Lehrperson unterstützt mich, meine Sicht / Meinung zu formulieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
24	Wenn ich eine Aufgabe bekomme, schaue ich zuerst was die Anderen machen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
25	Ich freue mich auf den nächsten Unterricht mit diesem Thema.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
26	Die Aufgabe fordert mich und bringt mich zum Nachdenken.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
27	Ich kann wählen, ob ich die Aufgabe alleine oder mit MitschülerInnen bearbeite.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
28	Ich spüre, dass ich mich bei dieser Aufgabe verkrampfe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
29	Die Aufgabe ist wichtig, um meine beruflichen Aussichten zu verbessern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
30	Zusammen mit anderen kann ich bessere Ergebnisse erzielen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
31	Ich kann mir frei einteilen, wann ich eine Aufgabe erledige.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
32	Ich weiß, dass ich Aufgaben aus dem Unterricht gut lösen kann.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
33	Ich finde die Arbeitsaufträge/ Aktivitäten haben Spaß gemacht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
34	Es war wichtig für mich diese Aufgabe gut zu bewältigen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Bitte umblättern!

		stimmt völlig	stimmt eher	stimmt teilweise	stimmt eher nicht	stimmt gar nicht
35	Ich bin bereit, so etwas wieder zu machen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
36	Ich beantworte Aufgabenstellungen/Fragen schnell.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
37	Ich schaue mich in der Klasse um, ob mir jemand bei der Aufgabe helfen kann.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
38	Die Aufgabe ist realitätsnahe und hat Bezug zu meinem Leben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
39	Ich kann unterschiedliche Lösungswege wählen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
40	Ich habe versucht offenen Fragen auf den Grund zu gehen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
41	Wir hören einander zu.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Danke vielmals für die Beantwortung aller Fragen!

### Infoblatt zum Motivationsfragebogen (lang – 41 Items)

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Itemnummerierung des Motivationsfragebogens (Anhang 10.1).

Dabei ist zu sehen, zu welcher Skala jedes der Items gehört.

Item / Subskala	FB Motivation	Item / Subskala	FB Motivation
eff 4	22	val 13	29
eff 6	12	val 14	9
eff 7	4	pch 2	31
eff 8	40	pch 5	39
eff 9	34	pch 10	16
rel L1	1	pch 11	20
rel L6	23	pch 12	7
rel L15	11	pch 13	27
rel S2	41	pco 3	18
rel S4	8	pco 5	36
rel S16	30	pco 7	32
int 2	35	pco 9	3
int 3	13	pco 10	24
int 5	25	pco 11	15
int 6	5	pres 3	10
int 20	33	pres 4	37
int 21	17	pres 9	21
val 4	38	pres 13	28
val 6	2	pres 14	6
val 7	26	pres 15	14
val 9	19		