



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

Unterrichtskonzepte und Schülervorstellungen zu den
Themen Energieerhaltung, Wirkungsgrad und Haupt-
sätze der Thermodynamik

verfasst von / submitted by

Attila Gerzabek

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2018 / Vienna, 2018

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

A 190 299 412

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

Lehramt UF Psychologie und
Philosophie UF Physik

Betreut von / Supervisor:

Priv.-Doz. Mag. Dr. Hildegard Urban-Woldron

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei meiner Betreuerin Mag. Dr. Hildegard Urban-Woldron bedanken! Sowohl bei der Themenfindung, als auch bei der Bearbeitung der Arbeit selbst, hatte ich völlig freie Hand. Sie ist mir bei Unklarheiten stets zur Seite gestanden und hat mir nützliche Ratschläge und Empfehlungen gegeben, wenn ich an einer Stelle nicht weiter wusste.

Des Weiteren gilt mein Dank den drei Lehrkräften, die ich für die Arbeit interviewt habe, sowie allen Schülerinnen und Schülern, welche den Multiple- Choice Test durchgeführt haben.

Ein ganz besonderer Dank gilt außerdem meiner Freundin Laura Felsperger, die mir eine enorme emotionale Stütze bei dieser Arbeit war.

Außerdem möchte ich mich noch bei meinen Eltern und Großeltern bedanken, weil sie mir mein Studium ermöglicht haben.

Inhalt

1	EINLEITUNG	5
1.1	Energieerhaltung, Hauptsätze der Thermodynamik und Wirkungsgrad auf Schulniveau	5
1.2	Was sollen Schüler/innen wissen?	7
2	THEORETISCHER HINTERGRUND.....	9
2.1	Lehrplanbezug.....	9
2.2	Lernschwierigkeiten beim Energiesatz und den Hauptsätzen der Thermodynamik	10
2.2.1	Schwierigkeiten mit dem Energieerhaltungssatz, sowie dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik	10
2.2.1.1	Bekannte Fehlvorstellungen zu der Thematik.....	10
2.2.1.2	Energieerhaltung Schritt für Schritt	10
2.2.1.3	Energieentwertung	11
2.2.2	Probleme beim zweiten Hauptsatz der Thermodynamik	12
2.3	Münchener Konzept versus „big bang“	13
3	ZIELE UND FORSCHUNGSFRAGEN	19
3.1	Über die Ziele zu den Forschungsfragen	19
3.2	Wann spricht man von einem günstigen Lernerfolg?	20
4	FORSCHUNGSDESIGN.....	22
4.1	Beschreibung der Untersuchungsmethode.....	22
4.2	Das Forschungsmaterial	22
4.2.1	Lehrerfragebögen	22
4.2.2	Schülerfragebögen.....	25
4.2.2.1	Die Fragen mit physikalischem Inhalt	25
4.2.2.2	Fragebogen zur Ermittlung des Interesses an Physik bzw. deren Relevanz für die Jugendlichen	28
5	DURCHFÜHRUNG.....	30
6	AUSWERTUNG UND DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE.....	31
6.1	Die Ergebnisse der Lehrerbefragungen.....	31
6.1.1	Lehrerfragebogen von Lehrkraft A	31
6.1.2	Lehrerfragebogen von Lehrkraft B	34
6.1.3	Lehrerfragebogen von Lehrkraft C	36

6.2	Vergleich der drei Zugänge miteinander.....	39
6.3	Darstellung der Ergebnisse des Multiple Choice Tests.....	40
6.3.1	Beschreibung der einzelnen Klassen.....	40
6.3.2	Die Antworten einzelner Schüler/innen zu den Fragen und deren Analyse	41
6.3.3	Leistungserfolge der Klassen im Vergleich	50
6.3.4	Durchschnittsergebnisse der Klassen.....	52
7	ANALYSE UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE	54
7.1	Allgemeine Bemerkungen zu diesem Kapitel.....	54
7.2	Welche Schülervorstellungen resultieren aus den Daten?	54
7.2.1	Resultierende Schülervorstellungen.....	54
7.2.2	Weitere Erkenntnisse mithilfe von Frage 4.....	55
7.3	Antworten auf die Forschungsfragen	56
7.3.1	Lernerfolg bei Anlehnung am Münchner Konzept versus big bang	56
7.3.2	Praktische Hilfsmittel versus Gedankenexperimente.....	58
7.4	Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden.....	58
7.5	Welcher der untersuchten Unterrichtszugänge bringt den größten Lernerfolg mit sich?	59
7.6	Kritik am Forschungsdesign.....	61
8	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	64
8.1	Die Arbeit.....	64
8.2	Zukünftige Forschungsarbeiten.....	66
9	VERZEICHNISSE	67
9.1	Abbildungsverzeichnis	67
9.2	Tabellenverzeichnis.....	67
9.3	Literaturverzeichnis.....	68
10	ANHANG	70
10.1	Zusammenfassung und Summary	70
10.2	Tabelle Münchner Konzept im Vergleich mit konventionellem Konzept.....	71
10.3	Detaillierte Beschreibung der Plattform Socrative.....	72
10.3.1	Wie man zu einem Socrative-Konto kommt	72
10.3.2	Erstellung des Tests aus Socrative	72
10.3.2.1	Was der Test- Urheber tun muss, um den Test frei zu geben	74
10.3.2.2	Was ein Schüler/eine Schülerin tun muss, um am Test teilzunehmen.....	76
10.3.3	Die Durchführung des Tests.....	77
10.4	Rohdaten der Multiple Choice Tests	78

1 EINLEITUNG

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einen kleinen Beitrag zur Lernforschung für den Physikunterricht zu leisten. Der Wissenszuwachs in diese Richtung ist deswegen so relevant, weil er angehenden, sowie bereits arbeitenden Lehrkräften dazu dienen kann, ihren Unterricht möglichst effektiv zu gestalten. Das bedeutet, dass der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler, die von diesen Lehrkräften unterrichtet wird, möglichst optimiert werden soll. Hierzu ist es natürlich notwendig, Daten direkt in den Schulen zu sammeln. Bei den zu untersuchenden Subjekten handelt es sich demnach einerseits um die Lehrkräfte, aber ebenso um die Schülerinnen und Schüler. In dieser Arbeit wird der Fokus auf die Themen Energieerhaltung, Wirkungsgrad und Hauptsätze der Thermodynamik gerichtet. Mithilfe eines Fragenkataloges wird erfragt, ob sich die drei befragten Lehrkräfte am Schulbuch big bang oder am Münchner Konzept der LMU orientieren. Mindestens ebenso wichtig ist die Frage, ob die Lehrkräfte Versuche oder Applets in ihren Unterricht einbauen, um die Inhalte zu veranschaulichen. Außerdem wird geprüft, wie anwendungsorientiert der Unterricht abläuft.

1.1 Energieerhaltung, Hauptsätze der Thermodynamik und Wirkungsgrad auf Schulniveau

Für Schüler soll der Einfachheit halber vom Energiesatz der Mechanik ausgegangen werden. Dieser Satz erfordert die Energieformen kinetische Energie und potentielle Energie. Kinetische Energie ist der Fachausdruck für Bewegungsenergie und potentielle Energie der Fachbegriff für Lage- oder Ruheenergie. Der Energieerhaltungssatz der Mechanik besagt, dass in einem abgeschlossenen System, in welchem Reibungsfreiheit herrscht, die Gesamtenergie erhalten bleibt. Außerdem gilt, dass sich die unterschiedlichen mechanischen Energieformen, wie die kinetische- und die potentielle Energie, beliebig ineinander umwandeln können. Dies hat die fundamentale Bedeutung, dass in einem solchen abgeschlossenen System keine Energie verloren gehen kann. Weiters besagt der Energiesatz, dass die Reduktion einer Energieform automatisch die Steigerung einer anderen Energieform erfordert, da die Energie nur umgewandelt werden und nicht verloren gehen kann. Anders könnte man den Energiesatz auch so definieren, dass ein Perpetuum Mobile der Ersten Art nicht existiert. Ein Perpetuum Mobile der Ersten Art wäre eine Maschine, die Energie erzeugen würde, ohne Energie bei diesem Prozess aufzuwenden. Die physikalischen Gesetzmäßigkeiten können aber lediglich den Stand der aktuellen empirischen Erkenntnisse wiedergeben. Auch wenn seit Jahrhunderten vergeblich danach gesucht wurde und heutzutage kein Wissenschaftler davon ausgeht, dass man jemals eine solche Maschine entdecken könnte, ist es zumindest denkbar, dass eines Tages doch ein Perpetuum Mo-

bile gefunden wird. Würde man allerdings ein Perpetuum Mobile der Ersten Art entdecken, hätte das sehr weitreichende Folgen und die gesamte Naturwissenschaft wäre auf den Kopf gestellt. Eine schulmathematische Definition des Energiesatzes der Mechanik lautet¹:

Tabelle 1: Energieerhaltung

$$E_{\text{Ges}} = E_{\text{Kin}} + E_{\text{Pot}}$$

E_{Ges} ... die Gesamtenergie

E_{Kin} ... Kinetische Energie

E_{Pot} ... Potentielle Energie

Es gibt mehrere Hauptsätze der Thermodynamik. In dieser Arbeit werden Lehrerkonzepte und Schülervorstellungen zum ersten Hauptsatz der Thermodynamik und zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik untersucht. Der Erste Hauptsatz der Thermodynamik erfordert einen Energiebegriff, welcher in der klassischen Mechanik nicht verwendet wird, den der inneren Energie. Geht man von einem Teilchenmodell aus, so beschreibt die innere Energie die Summe der potentiellen Energien und kinetischen Energien der betrachteten Teilchen. Der erste Hauptsatz der Thermodynamik besagt nun, dass die Änderung der inneren Energie des Systems durch Zufuhr oder Abfuhr einer Wärmemenge und/oder durch Erbringen/Verrichten von Arbeit erreicht werden kann. Bei Wärme und Arbeit handelt es sich um Prozessgrößen. Diese beiden physikalische Größen werden genutzt, wenn zwischen Systemen Energie ausgetauscht wird. In der Schule schreibt man den ersten Hauptsatz auf folgende Weise an²:

Tabelle 2: Erster Hauptsatz der Thermodynamik

$$\Delta U = W + Q$$

U ... Änderung der inneren Energie

W ... Arbeit (W für das englische Work)

Q ... Wärme³

Es hat sich empirisch gezeigt, dass der Energiesatz und der erste Hauptsatz Prozesse erlauben würden, welche in der Natur nicht anzutreffen sind. So wäre es laut Energiesatz beispielsweise möglich, dass ein Stein plötzlich abkühlt und die gewonnene thermische Energie ihn plötzlich aus seiner Ruhelage in die Luft bringt. Dieser Prozess erscheint uns natürlich als völlig absurd, weil er unseren Erfahrungen aus dem

¹ Jaros & Nussbaumer & Nussbaumer, 2011; Apolin, 2015, S.91

² Jaros & Nussbaumer & Nussbaumer, 2012; Apolin, 2015, S. 78

³ E.b.d

Alltag völlig widerspricht. Aus diesem Grund wurde eine weitere Gesetzmäßigkeit von den Physikern beschrieben, der zweite Hauptsatz der Thermodynamik, er wird auch als Entropiesatz bezeichnet. Die für Schüler/innen günstigste Formulierung wäre diejenige: Treten zwei Objekte unterschiedlicher Temperatur in Kontakt, so läuft die Wärme stets vom Objekt höherer Temperatur zum Objekt niedrigerer Temperatur. Sehr einfach ausgedrückt kann man sagen, dass die Natur bestrebt ist, die Energie auf alle Objekte im Universum gleich zu verteilen. Des Weiteren wird durch diesen Satz eindeutig festgelegt, in welche Richtung die Zeit verläuft. Die Gründe dafür sind statistischer Natur und übersteigen das Niveau, welches für die AHS gedacht ist. Ein Begriff, der hier eine große Rolle spielt, ist die Entropie. Im Schuljargon sagt man der Einfachheit halber auch Unordnung dazu. Eine alternative Formulierung des zweiten Hauptsatzes lautet dann, dass die Entropie in einem System nur zunehmen oder gleichbleiben kann. Die Entropie kann NIEMALS sinken! Schulmathematisch kann man dies nun am einfachsten auf folgende Weise anschreiben⁴:

Tabelle 3: Entropiesatz

$$\Delta S \geq 0$$

ΔS ... Änderung der Entropie⁵

Um bei einem physikalischen Prozess anschaulich zu beschreiben, in welchem Ausmaß eine bestimmte Energieform in eine andere umgewandelt werden kann, wurde der Wirkungsgrad eingeführt. Er beschreibt äußerst anschaulich das Verhältnis zwischen Energie, welche in den Prozess investiert wird und Energie, welche dann tatsächlich für den Prozess aufwendet wird. Eine günstige Definition lautet⁶:

Tabelle 4: Wirkungsgrad

$$\frac{\text{Nutzenergie}}{\text{investierte Energie}} = \text{Wirkungsgrad}$$

1.2 Was sollen Schüler/innen wissen?

Im vorhergehenden Kapitel wurden die schulphysikalischen Inhalte der Themen Energiesatz, Hauptsätze der Thermodynamik und Wirkungsgrad wiedergegeben. In diesem Kapitel wird beschrieben, wie jede/r Schüler/in nach dem Unterricht diese Themen verstanden haben sollte. In Kapitel 3.2 wird später noch einmal genau definiert, auf welchem Lernstand sich ein/e Schüler/in bei einem günstigen Lernerfolg befinden sollte. Selbstverständlich macht es keinen Sinn, dass Schüler/innen genau diese Inhalte rezitiert wiedergeben können. Es ist auch nicht notwendig, dass Schüler/innen die exakten Definitionen dieser physikalischen Sätze kennen, es ist ledig-

⁴ Jaros & Nussbaumer & Nussbaumer, 2012

⁵ E.b.d

⁶ Apolin, 2015, S.95

lich von Vorteil. Vielmehr ist von Bedeutung, dass die Schüler/innen eine intuitive Vorstellung von diesen Konzepten entwickeln. Die Schüler/innen sollen verinnerlichen, dass es in der Physik eine abstrakte Größe mit dem Namen Energie gibt, welche in sämtlichen naturwissenschaftlichen Modellen eine tragende Rolle spielt. Und in diesem Sinne ist es auch wichtig, dass die Energie sehr viele unterschiedliche Formen aufweist und insgesamt nicht verloren gehen kann. Ganz wichtig ist es, bei Schüler/innen die Vorstellung zu wecken, dass die Energie ständig im Wandel von einer Form in eine andere ist, dabei aber insgesamt den gleichen Betrag beibehält. Wichtige Energieformen sollten Schüler/innen kennen, wie die kinetische oder potentielle Energie. Etwas abgegrenzt davon wäre es günstig, wenn Schüler/innen eine Vorstellung von Arbeit und Wärme hätten. Hierbei wäre es wünschenswert, dass den Schüler/innen geläufig ist, dass es sich hierbei um Prozessgrößen handelt. Es wäre also wichtig, darauf zu achten, ob Schüler/innen falsche Aussagen formulieren, wie z.B.: „Ein Körper besitzt 300 Joule Arbeit.“ Eine passende Aussage wäre in diesem Fall etwa: „Ein Körper hat 300 Joule kinetische Energie inne.“ Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik ist ein ziemlich schwieriges Thema. Schüler/innen sollten hier zumindest verstehen, dass er eine Art Beschränkung der Energieumwandlung von einer Energieform in eine andere Form darstellt. Außerdem sollten Schüler/innen ein stärkeres Gefühl dafür bekommen, in welche Richtung Prozesse ablaufen. Zur Beschreibung der Effizienz der Umwandlung der Energieformen bei einem Prozess, brauchen die Schüler/innen ein Grundverständnis vom Wirkungsgrad. Bei diesem kommen Schüler/innen nicht darum herum, die Definition auswendig zu kennen. Das erleichtert das Argumentieren. Für all diese Inhalte gilt allerdings, dass die Schüler/innen Verknüpfungen zwischen den einzelnen Themen bilden können sollten. So sollte Schüler/innen z.B. klar sein, dass der Wirkungsgrad bei einem realen Prozess niemals 100% erreichen wird, weil außer dem Energieerhaltungssatz auch noch der zweite Hauptsatz der Thermodynamik Gültigkeit besitzt.⁷

⁷ Bader, 2001;

2 THEORETISCHER HINTERGRUND

2.1 Lehrplanbezug

In diesem Kapitel wird beschrieben, welche Inhalte die Schüler/innen aus der Sicht des Lehrplans beherrschen sollten. Zuerst erfolgt diese Beschreibung allgemein und im Anschluss daran speziell für den Energiesatz, die Hauptsätze der Thermodynamik und den Wirkungsgrad. Schüler/innen sollen im Physikunterricht die Relevanz der Physik für unsere moderne Gesellschaft verstehen lernen. Um verantwortungsbewusste Erwachsene zu werden, ist es notwendig, sich mit den Inhalten aus der Physik auseinander zu setzen, da diese viele Antworten für gesellschaftliche Probleme geben kann, besonders im Bereich der Umwelt oder in technischen Angelegenheiten. Die Kinder sollen lernen, dass die Physik Erklärungsweisen für ihre alltägliche Umgebung bietet. Da Physik als Grundlagenwissenschaft für viele andere Disziplinen dient, wie etwa das Ingenieurwesen, soll auch ihre Relevanz in diese Richtung im Unterricht herausgestrichen werden. Physik ist eine Naturwissenschaft, als solche entwickelt sie Modelle, mit welcher die Natur beschrieben wird. Ferner tragen diese physikalischen Modelle zur Bildung der Schülerinnen und Schüler bei. Der Unterricht soll möglichst lebensnah gestaltet werden, um das Niveau der Abstraktion nicht allzu hoch zu halten. Als Lehrkraft soll man möglichst viele Analogien und vereinfachte Modelle einbringen, um den Schwierigkeitsgrad der physikalischen Inhalte zu senken. Im Unterricht soll darüber hinaus die Arbeitsweise der Physik aufgezeigt werden. Dies soll in einem ausgeglichenen Ausmaß zwischen instruierter, wie selbstständiger Arbeit geschehen. Auch auf Aufgaben, die Schüler/innen in Kooperation mit ihren Kommilitonen/innen ausführen, soll Wert gelegt werden. Auf unterschiedliche Interessensgebiete von Mädchen und Burschen ist zu achten.

Der Energieerhaltungssatz ist ein verpflichtendes Themengebiet im Bereich der Mechanik und der Energielehre. Auch der nachhaltige Umgang mit der Energie, das Aufklären über die Grundgrößen der Thermodynamik und deren Eigenschaften, sowie die Einführung in das Teilchenmodell sind Kernpunkte im Lehrplan für die 9. bzw. 10. Schulstufe in einem österreichischen Gymnasium. Außerdem steht im Lehrplan, dass bei einer intensiveren Beschäftigung mit der Thematik bei den Schülern/innen ein grundlegendes Verständnis von den Hauptsätzen der Thermodynamik hervorgerufen werden kann. Darunter fällt dann auch die Beschäftigung mit dem Wirkungsgrad. Dieser kann allerdings ebenso gut dem Themenbereich Mechanik zugeordnet werden.

2.2 Lernschwierigkeiten beim Energiesatz und den Hauptsätzen der Thermodynamik

2.2.1 Schwierigkeiten mit dem Energieerhaltungssatz, sowie dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik

2.2.1.1 Bekannte Fehlvorstellungen zu der Thematik

Die wohl gravierendste Fehlvorstellung ist die, wenn Schüler/innen meinen, Energie ginge bei einem Prozess verloren. Hierbei ist manchmal nicht exakt zu eruieren, ob ihnen grundsätzlich nicht bekannt ist, die Energie sei erhalten oder ob sie sich nur fälschlich darin ausdrücken, „die Energie ginge verloren“ und in Wahrheit aussagen wollen, dass die Energie z.B. teilweise in Reibungswärme umgewandelt wird.⁸

Sehr viele Schüler/innen sehen mechanische Arbeit und Wärme als Energieformen an. Sie ignorieren die Tatsache, dass es sich bei diesen Größen um Austauschgrößen oder Prozessgrößen der Energie handelt. Diese Größen sorgen dafür, dass unterschiedliche Systeme Energie austauschen können.

Eine sehr tiefliegende Fehlvorstellung liegt darin, eine Energieform mit ihrer Quelle zu identifizieren. So wird beispielsweise die Wärme mit der Temperatur identifiziert oder die Arbeit mit der wirkenden Kraft selber. Es kommt des Öfteren zu einer Gleichsetzung von Kraft und Energie.

Viele Schüler/innen haben grundsätzlich eine Ahnung oder vage Vorstellung von der Energieerhaltung, wenden dieses Wissen allerdings nicht an, wenn es darum geht, bestimmte Phänomene in der Physik zu beschreiben. Es kommt besonders selten vor, dass Schüler/innen die Veränderung oder die Entwertung der Energie bei einem Prozess beschreiben können. Umgekehrt geschieht es des Öfteren, dass Schüler/innen die Energie einfach nur als ein Fluid betrachten, welches bei einem Prozess einfach übertragen wird.⁹

2.2.1.2 Energieerhaltung Schritt für Schritt

Grundsätzlich sollte bei der Behandlung des Themas Energie im Fokus stehen, dass die Energie in sämtlichen Bereichen der Physik (genau genommen natürlich in allen Bereichen der Naturwissenschaft) erhalten ist.

Das erreicht man dadurch, dass man zunächst Prozesse betrachtet, bei welchen eine spezielle Energieform erhalten ist, so in etwa die kinetische Energie. Stößt man dann auf einen Vorgang, bei welchem die vorher betrachtete Energieform nicht mehr er-

⁸ Duit, 1995

⁹ Solbes & Guisasola & Tarin, 2009

halten bliebe, so fasst man die fehlende Energie unter einen neuen Begriff, z.B. potentielle Energie. Summiert man die ursprüngliche Energieform und die neu definierte, so ist die Gesamtenergie erhalten.

Alternativ dazu kann man die Energie auch mithilfe eines Kompensationsdenkens einführen. Geht man von einem mechanischen und reibungsfreien System aus, so ergänzen sich kinetische und potentielle Energie bei einem Prozess gegenseitig. Auch bei dieser Art der Einführung werden die einzelnen Energieformen Schritt für Schritt erarbeitet.¹⁰

Solbes & Guisasola & Tarin (2009) betonen in ihrer Publikation, dass es zur tatsächlichen Erfassung der Energieerhaltung notwendig ist, sich viele physikalische Prozesse vor Augen zu führen. Bei diesen Prozessen sollen sich die Schüler/innen selbstständig überlegen, welche Energieform auf welche Weise in eine andere Form umgewandelt wird und inwiefern bei diesem Prozess eine Energieentwertung stattgefunden haben könnte.¹¹

2.2.1.3 *Energieentwertung*

Im Alltag hört man laut Wiesner et al. (2013) häufig vom Begriff Energiekrise. Sie sprechen an, dass man wirtschaftlich davon ausgeht, dass unsere energetischen Ressourcen beschränkt sind. Für viele Kinder ist es beim ersten Hören des Energiesatzes ziemlich widersprüchlich, zu erfahren, dass die Energie trotz dieser „Energiekrise“ grundsätzlich erhalten bleibt. Verständlicher Weise könnte sich ein Kind daher fragen: Wie kann die Welt eine Energiekrise haben, wenn die Energie doch grundsätzlich erhalten bleibt?¹²

Wiesner et al. (2013) haben hierbei eine Methode erdacht, wie mit diesen scheinbar widersprüchlichen Statements im Unterricht umgegangen werden kann. Didaktisch betrachtet kann man hierbei auf den Aspekt der Energieentwertung eingehen. Man bespricht, dass bestimmte Energieformen höherwertiger sind, als andere Energieformen und dass daher bei den meisten Umwandlungen von einer Form in eine andere mit Verlusten in Form von Wärme zu rechnen ist. In dem Sinne wird die Energie immer weiter entwertet, weil sie von einer praktischen höherwertigen Energieform in eine niederwertige übergeht. Die niederwertigen Energieformen, wie Wärme bzw. thermische Energie sind nur sehr schwer nutzbar und aus diesem Grund kann man sagen, dass die Energie zwar grundsätzlich erhalten geblieben ist, aber eben entwertet wurde und nicht mehr nützlich ist. Ferner sollte im Unterricht aufgezeigt werden, dass energetische Ressourcen, wie Erdöl, Kohle oder Erdgas limitiert sind und in einer gewissen Zeit aufgebraucht sein werden. Wiesner et al. betonen hierbei, dass es

¹⁰ Wiesner et al, 2013

¹¹ Solbes & Guisasola & Tarin, 2009

¹² Wiesner et al, 2013

derzeit keine empirischen Belege für die Lernerleichterung durch die Energieentwertung gibt.¹³

2.2.2 Probleme beim zweiten Hauptsatz der Thermodynamik

Lernschwierigkeiten bei diesem Thema liegen laut Fedra (1989) einerseits an der problematischen Darstellung der fachlichen Konzepte im Unterricht und andererseits auch an den vorunterrichtlichen Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler, mit denen sie den Unterricht betreten.

Als fachlich weniger geeigneter Zugang zur Vermittlung sei das Beispiel genannt, bei dem der Begriff Wärme als Zustandsgröße eingeführt wird. Daraus resultiert eine Beschreibung von Prozessen durch Betrachtung der Unterschiede von Anfangs- und Endzustand, wobei außer Acht gelassen wird, dass gleiche Zustandsänderungen durch völlig unterschiedliche Prozesse erreicht werden. Der zweite Hauptsatz behauptet, dass die Umwandlung von Wärme oder Innerer Energie in mechanische Energie grundsätzlich limitiert ist, also nur bis zu einem gewissen Grad möglich ist.

Es erscheint sinnvoll, Wärme als Analogon zur Arbeit aus der klassischen Mechanik einzuführen. Man bezeichnet sie als Prozessgröße im Gegensatz zur inneren Energie, welche als Zustandsgröße bezeichnet wird. Dieses Konzept ist durch eine Reihe geeigneter Phänomene zu stützen. Dies hat aber auch Auswirkungen auf die klassische Mechanik: Hier muss Arbeit als Prozessgröße eingeführt werden und Energie als Zustandsgröße.

Ein weiteres Problem in der fachlichen Einführung besteht darin, dass man den Begriff der inneren Energie bei der Formulierung des zweiten Hauptsatzes außer Acht lässt. In den meisten Lehrbüchern wird nur die Einschränkung der Umwandlung von Wärme in mechanische Energie angesprochen. Wenn nun der Begriff der inneren Energie nicht von der Wärme unterschieden wird, so wird der zweite Hauptsatz missverständlich oder gar unvollständig erarbeitet.

Ein anderes Problem liegt darin, dass sich Schüler/innen Wärme ausschließlich als Produkt eines Reibungsvorganges vorstellen. Sie glauben, Energie geht ausschließlich in die Form von Wärme über. Es ist sehr wohl auch umgekehrt möglich, dass Wärme teilweise in mechanische Energie umgewandelt werden kann. Diese Fehlvorstellung wird auch dadurch verstärkt, dass die Thermodynamik häufig als „Energiearten-Konzept“ eingeführt wird.

Fedra hat in seinen Arbeiten gezeigt, dass durch Versuche mit einem Peltierelement der 2. Hauptsatz gut erarbeitet werden kann. Mit solchen Versuchen konnten sich die Lernenden selber davon überzeugen, dass auch die Wärme in mechanische Energie

¹³ Wiesner et. al., 2013

umgewandelt werden kann. Dadurch ist eine korrekte Ausformulierung des 2. Hauptsatzes geglückt und sogar der Carnot- Prozess konnte vermittelt werden.¹⁴

Bei Duit und Kesidou (1988), sowie Frederik et al (1999) hört man noch von weiteren Lernender- Vorstellungen zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik. Schüler/innen stellen sich Wärme und Kälte als zwei separate Größen vorstellen. Sind beispielsweise zwei Objekte unterschiedlicher Temperatur in Kontakt, so heben sich Wärme und Kälte auf. Eine etwas andere Vorstellung sieht so aus, dass Kinder die Abkühlung von Objekten durch die Luft nachvollziehen können. Allerdings fällt es ihnen ziemlich schwer, nachzuvollziehen, dass Luft, sofern sie eine höhere Temperatur aufweist, als ein Objekt, welches mit ihr in Kontakt ist, dieses ebenso erwärmen kann. Ebenso ist der Gedanke bei Kindern anzutreffen, dass Wärme einfach weitergegeben wird. Diese Weitergabe der Wärme sehen sie unabhängig von der Temperatur der betrachteten Objekte an.¹⁵

2.3 Münchner Konzept versus „big bang“

In dieser Untersuchung wurden drei Lehrkräfte zu ihrem Unterrichtskonzept befragt. Es stellte sich heraus, dass genau eine Lehrkraft ihren Unterricht am sogenannten Münchner Konzept anlehnt. Die anderen beiden Lehrkräfte arbeiteten mit dem Schulbuch big bang. Deswegen wird in diesem Kapitel das Münchner Konzept dem Schulbuch big bang gegenübergestellt. (Ergänzend findet sich im Anhang eine Tabelle aus der Dissertation von Bader, in welcher grob die Unterschiede vom Münchner Konzept zu konventionellen Unterrichtskonzepten aufgezeigt werden.)

Beim Münchner Unterrichtskonzept handelt es sich prinzipiell um eine neuartige Variante, Inhalte aus der Schulphysik zu lehren. Das Konzept wurde bewusst so entwickelt, dass es auf bekannte Schülervorstellungen eingehen soll. Außerdem sollen Mädchen durch einige biologische Anwendungen stärker für den Physikunterricht gewonnen werden. Das Konzept wurde an der Ludwig-Maximilians-Universität entwickelt.

Bei big bang handelt es sich um ein österreichisches Schulbuch, welches von Martin Apolin verfasst wurde. In diesem Buch werden physikalische Inhalte auf leicht verständliche Weise dargestellt und ein Bezug zum Alltagsleben hergestellt. Die Anwendungen stammen vorwiegend aus dem Sport, aber auch aus der Biologie und der Medizin.

Das Thema „Abgeschlossene Mechanische Systeme und Energieerhaltung“ wird basierend auf dem Thema „Reibungskräfte“ besprochen. Zunächst wird hierbei erörtert, was ein mechanisches System überhaupt ist und dass die Reibung zumeist außer

¹⁴ Fedra, 1989

¹⁵ Duit & Kesidou, 1988

Acht gelassen wird. Der Energieerhaltungsgedanke wird dann im Folgenden anhand eines Beispiels erörtert.¹⁶ Man betrachtet einen vollkommen elastischen Gummiball, welcher aus einer bestimmten Höhe reibungsfrei zu Boden fällt und eben wegen der Reibungsfreiheit wieder in dieselbe Höhe zurückprallt. Dieser Prozess wiederholt sich fortlaufend immer so weiter. Nun wird erklärt, dass es in diesem System eine Erhaltungsgröße gibt, die Energie. Es erfolgt danach die Definition des Energiesatzes: „In einem abgeschlossenen mechanischen System ist die Gesamtenergie E eine Erhaltungsgröße (d.h. sie ist konstant).“¹⁷

Auf diese Definition folgen weitere Beispiele an abgeschlossenen reibungsfreien Systemen, mithilfe welcher der Energieerhaltungsgedanke demonstriert werden soll. Betrachtet werden das Fadenpendel, die Kugel auf der Rennbahn, die Schraubenfeder und eine bewegte Kugel, bei welcher die Summe aller Kräfte gleich 0 ist. In all diesen Fällen wird erläutert, dass sich die Energie stets von einer Form in eine andere Form umwandelt, aber insgesamt konstant bleibt. Nachdem die einzelnen Energieformen behandelt wurden, wird der Energiesatz noch einmal detaillierter formuliert:

„In einem abgeschlossenen mechanischen System gilt $E = E_k + E_p$ ist konstant bzw. $E = E_k + (E_h + E_s)$ ist konstant. Die einzelnen Energiearten können ineinander umgewandelt werden.“¹⁸

Die Herangehensweise im fünften Band von big bang an das Thema erfolgt über das Perpetuum Mobile. Es wird allgemein beschrieben, worum es sich bei einem Perpetuum Mobile handelt und anschließend erklärt, dass es ein solches nicht geben kann, weil es dem Energiesatz widerspricht. Zusätzlich dazu finden sich folgende aktivierende Denkaufgaben vor:

- Im Film „Flubber“ erfindet ein verrückter Professor einen superelastischen Stoff, der nach jedem Aufprall noch höher springt. Was sagt die Physik dazu?
- Das älteste Perpetuum Mobile (Indien um 1150) mit wassergefüllten Kammern und eine spätere Variante mit Kugeln siehst du in Abbildung 2. Die Idee: Durch das Übergewicht auf der einen Seite sollten sich die Räder ewig drehen! Bloß: Das funktioniert nicht! Was ist der Überlegungsfehler?
- Ist die Bildfolge von Abbildung 3 möglich? Verletzt sie den Energieerhaltungssatz?



Abbildung 1: Perpetuum Mobile aus Indien¹⁹

¹⁶ Bader, 2001, S.53

¹⁷ E.b.d., S.53

¹⁸ E.b.d., S.61



© Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG | Big Bang 5 

Abbildung 2: Bildfolge²⁰

In weiterer Folge wird beschrieben, dass der Arzt Robert Mayer als erster die Einsicht hatte, die Energie bliebe erhalten. Außerdem erfährt man, welche Gründe dieser für seine Behauptung hatte. Erklärt wird darüber hinaus, dass Helmholtz den Energiesatz 1848 definierte. Die Definition steht folgendermaßen in big bang 5: „In einem abgeschlossenen System ist die Gesamtenergie konstant. Energie kann weder erzeugt noch vernichtet, sondern nur in eine andere Form umgewandelt werden.“ Man erfährt auch, was man unter einem abgeschlossenen System versteht.²¹

Der Unterschied zum Münchner Konzept ist somit der, dass in big bang 5 eine allgemeine Energieerhaltung für abgeschlossene Systeme postuliert wird. Das Münchner Konzept beschreibt die Energieerhaltung ausschließlich für ein abgeschlossenes mechanisches System. Der Unterschied ist physikalisch gesehen gewaltig, denn im allgemeinen Energiesatz sind sämtliche bekannte Energieformen enthalten und im Energiesatz der Mechanik natürlich nur die mechanischen. Man kann an dieser Stelle allerdings nicht sagen, welcher Zugang der „bessere“ ist. Das Münchner Konzept geht wohl physikalisch exakter vor, wohingegen der Autor von big bang 5 anstrebt, ein allgemeines Gefühl für die Energieerhaltung im Universum zu vermitteln.

Die Erörterung des Themas Wirkungsgrad wird beim Münchner Konzept in Kombination mit der Thematik Kraftwandler vorgenommen, basierend auf dem Themenfeld Energie. Zunächst werden einzelne Kraftwandler, wie Hebel und Flaschenzug unter den Aspekten Arbeit und Energie betrachtet. Dabei werden die einzelnen Energieumwandlungen veranschaulicht. Das Modell berücksichtigt, dass ein Teil der Energie nun auch in Wärme umgewandelt wird. Wegen des Energieerhaltungssatzes folgt, dass nach dem Prozess nicht mehr Energie vorhanden sein kann, als zuvor. Es wurde nur ein Teil der Energie genutzt und der restliche Anteil wurde zu Wärme. Das bedeutet die Nutzenergie war geringer, als die aufgewendete Energie. Die Defi-

¹⁹ Apolin, 2015, S.91

²⁰ E.b.d

²¹ E.b.d

inition lautet: „Zur Beurteilung der Güte einer Maschine dient der Wirkungsgrad η . Wirkungsgrad = $W_{\text{nutzt}}/W_{\text{aufgewendet}}$ $\eta = W_n/W_a$ Es gilt stets: $\eta \leq 1$.“²²

In big bang 5 wird der Wirkungsgrad mithilfe eines anderen Beispiels erläutert, einem Menschen, der eine Treppe hinaufsteigt und somit Lageenergie gewinnt. Es wird hierbei nicht exakt beschrieben, welche Energieformen bei diesem Beispiel eine Rolle spielen, lediglich, dass die gewonnene Lageenergie ausschließlich die Nettoenergie des Prozesses ist und dass die aufgewendete Bruttoenergie etwa fünf Mal so groß sei. Der Wirkungsgrad wird als $\eta = \frac{\text{Nettoenergie}}{\text{Bruttoenergie}}$. $[\eta] = [J/J] = 1$.²³

Es wird darauf hingewiesen, dass der Wirkungsgrad beim Menschen allerdings sehr davon abhängig sei, welche Tätigkeit dieser ausüben würde. Für Dauerleistungen wird ein Wirkungsgrad von 15 – 25 % angegeben. Es wird erneut das Beispiel des Treppensteigens aufgegriffen und besprochen, dass die entsprechende Person 50 kJ investieren müsse, um eine Lageenergie von 10 kJ zu gewinnen. Die restlichen 40 kJ an investierter chemischer Energie würden verloren gehen.

Der Unterschied zwischen Münchner Konzept und big bang 5 ist wieder ähnlich. In big bang 5 werden die Inhalte salopper formuliert und erörtert, wohingegen im Münchner Konzept exakt besprochen wird, welche Energieformen bei den Prozessen eine Rolle spielen und in welche Formen sie umgewandelt werden und weshalb am Schluss eine bestimmte Menge an Energie in Wärme umgewandelt wird.

Im Münchner Konzept wird der erste Hauptsatz der Wärmelehre basierend auf die Änderung der inneren Energie betrachtet. Zunächst wird die Änderung der inneren Energie durch Verrichten von Arbeit betrachtet und anschließend durch den Wärmeaustausch. Hierbei wird detailliert auf die 3 Formen von Wärmeaustausch eingegangen: Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung. Im Anschluss daran folgt der erste Hauptsatz:

„Die innere Energie ΔE_i eines Körpers kann durch Arbeit W und Wärme Q verändert werden. $\Delta E_i = W + Q$ Ein Körper hat Energie; er hat weder Arbeit noch Wärme. Unter Arbeit und Wärme versteht man die übertragene Energiemenge.“²⁴

Zu Beginn findet man in big bang 7 folgende Fragen zur Aktivierung vor:

- a) Was besagt der Energiesatz? Schau nach in Kapitel 9.1, „big bang 5“.
- b) Arbeit und Energie haben die Einheit Joule. Es ist nicht ganz leicht zu verstehen, aber Arbeit und Energie sind nicht dasselbe. Was ist der Unterschied? Schlag nach in Kap. 9.1, „big bang 5“!

²² Bader, 2001, S.71

²³ Apolin, 2015, S.95

²⁴ Bader, 2001, S.86

- c) Früher dachte man, Wärme sei eine Art Flüssigkeit, die von einem wärmeren in einen kälteren Gegenstand fließt. Versuche mal, Argumente gegen diese Theorie zu finden.²⁵

Fortgesetzt wird der erste Hauptsatz mit einer Beschreibung der Entwicklung des Wärmebegriffes. Es wird hierbei beschrieben, dass man zunächst von der Annahme ausging, Wärme würde als Flüssigkeit von einem Objekt in ein anderes übergehen, welche man unter den Namen Caloricum fassen würde. Einzig und allein die Wärme durch Reibung würde dadurch schwer erklärbar sein. Mithilfe des Energiesatzes gelangte man schließlich zum ersten Hauptsatz. Der erste Hauptsatz wird hier zunächst auf sehr einfache Weise definiert: „Man kann die Temperatur eines Stoffes durch Wärme oder Arbeit erhöhen.“²⁶ In einem Exkurs wird die innere Energie als Bindungsenergie von Molekülen und deren ungeordnete Bewegungsenergie beschrieben. Anschließend wird der erste Hauptsatz in seiner gewohnten Form definiert: „Die innere Energie (U) eines Objektes kann durch Zufuhr von Arbeit (W) und Wärme (Q) erhöht werden. $\Delta U = W + Q$ “²⁷

Anschließend wird erörtert, dass man die innere Energie eines Tonklumpens auf mehrere Arten erhöhen kann.²⁸ Einerseits kann dies durch Zufuhr von Arbeit geschehen, indem man den Klumpen aufhebt und aus einer gewissen Höhe wieder fallen lässt. Andererseits kann man die innere Energie des Klumpens auch erhöhen, indem man ihn erwärmt, ihm also Wärme zuführt.

Schließlich wird dem Leser eröffnet, dass der erste Hauptsatz eine Art Erweiterung des Energiesatzes um den Begriff der Wärme ist.

Der zweite Hauptsatz wird im Münchner Konzept unter dem Gesichtspunkt der Temperatur betrachtet. Es wird erläutert, dass empirisch einfach niemals beobachtet wurde, dass Wärme von einem Körper niedrigerer Temperatur auf einen Körper höherer Temperatur übergegangen ist. Es wird immer nur Wärme von einem Körper höherer Temperatur auf den Körper niedrigerer Temperatur übertragen. Festgehalten wird dies durch folgenden Satz: „Wärme kann von selbst nur von einem Körper höherer Temperatur auf einen Körper geringerer Temperatur übergehen.“²⁹

Dabei wird noch angemerkt, dass Wärmeaustausch zwischen zwei Körpern demnach immer so lange stattfinden kann, bis beide Körper dieselbe Temperatur aufweisen. Außerdem wird noch erörtert, dass der Kühlschrank scheinbar einen Widerspruch zum zweiten Hauptsatz darstellt. Allerdings kann dieser Widerspruch dadurch aufge-

²⁵ Apolin, 2015, S. 78

²⁶ Apolin, 2015, S.78

²⁷ E.b.d.

²⁸ E.b.d.

²⁹ Bader, 2001, S.87

hoben werden, dass der Kühlschrank Arbeit verrichtet, damit die Wärme vom Körper niedrigerer Temperatur auf den Körper höherer Temperatur übertragen wird.³⁰

Das Thema zweiter Hauptsatz wird in big bang 7 mit nachfolgenden aktivierenden Fragen begonnen:

- a) Wärme fließt nur selbstständig vom wärmeren zum kälteren Körper. Warum ist das so?
- b) Was spricht dagegen, dass man eine Szene wie in Abbildung 3 in der Realität beobachten kann? Der Energiesatz? Etwas anderes?
- c) Warum vergeht die Zeit nur in eine Richtung? Warum kann man sie nicht umkehren? Warum erkennt man sofort, ob ein Film zurückgespielt wird oder nicht?³¹

Fortgesetzt wird mit dem klassischen Gedankenexperiment vom Teilchen in der Box. Es wird anschaulich gemacht, wie unwahrscheinlich es ist, dass sich von Natur aus geordnete Zustände einstellen. Im Anschluss daran wird wieder der Begriff der Entropie aufgegriffen und anschaulich gemacht, dass die Unordnung stets ansteigen muss. Nun wird der zweite Hauptsatz ausformuliert: „Ein System nimmt von selbst immer den wahrscheinlichsten Zustand an, nämlich den der größten Unordnung bzw. der größten Entropie.“³² In einem kurzen Unterkapitel wird nun beschrieben, dass das Universum bei seiner „Geburt“, dem Urknall, die größte Ordnung hatte und die Unordnung von da an mit der Zeit immer weiter zunahm. Nun wird in einfachen Worten erläutert, wie bei einem fallenden Stein, welcher der Einfachheit halber keine Wärme nach außen abgibt, die Entropie zunimmt. Bei dem Beispiel nimmt die Unordnung aufgrund dessen zu, weil die geordnete kinetische Energie des Steins beim Aufprall in Unordnung gerät und sich seine Temperatur erhöht. Der umgekehrte Prozess wäre theoretisch auch denkbar, ist aber unglaublich unwahrscheinlich, weil so viele Teilchen am Prozess beteiligt sind und dieser Prozess aufgrund dessen eine Erhöhung der Ordnung bedeuten würde.³³ Zuletzt wird hier noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei dem Begriff „Energieverbrauch“ aus dem Alltag um eine sogenannte „Energieentwertung“ handelt.³⁴

³⁰ E.b.d.

³¹ Apolin, 2015, S.79

³² E.b.d., S.80

³³ E.b.d., S.

³⁴ E.b.d.

3 ZIELE UND FORSCHUNGSFRAGEN

3.1 Über die Ziele zu den Forschungsfragen

Mithilfe dieser Arbeit soll untersucht werden, wie sich die unterschiedlichen Zugänge dreier Lehrkräfte beim Unterrichten des Energiesatzes, den thermodynamischen Hauptsätzen und dem Wirkungsgrad auf das Wissen und Verstehen der Schüler/innen auswirken. Hier stellt sich insbesondere die Frage, welche (experimentellen) Hilfsmittel die Lehrkräfte verwenden, um den Schülerinnen und Schülern zu verdeutlichen, dass die Energie erhalten ist und dass die Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie grundsätzlich limitiert ist. Außerdem soll erörtert werden, ob im Unterricht besprochen wurde, was man unter dem Wirkungsgrad versteht. Es soll insbesondere abgefragt werden, ob sich die Lehrkräfte in Richtung des Münchner Unterrichtskonzepts orientieren oder in Richtung der Schulbuchreihe big bang.

Ferner soll eine grundsätzliche Analyse erfolgen, wie gut die Schülerinnen und Schüler den Energiesatz und die Hauptsätze der Wärmelehre, sowie den Wirkungsgrad verstanden haben. Ebenfalls soll dabei erfasst werden, ob die Schüler/innen den Begriff des Perpetuum Mobile kennen und die beiden Typen unterscheiden können. Darüber hinaus soll ergründet werden, ob die Schüler/innen den Energiesatz, den Entropiesatz und den Wirkungsgrad auch auf Phänomene im Alltag und der Umwelt anwenden können, sie dieses Wissen also auch verknüpfen können. Dabei ist besonders wichtig zu ergründen, ob es hierbei Unterschiede zwischen den einzelnen Schulklassen gibt. Mithilfe der Daten soll abgeschätzt werden können, welches Unterrichtskonzept besonders effektiv war.

Aus den Daten soll außerdem herausgearbeitet werden, an welchen Stellen sich besonders viele Schüler/innen schwergetan und bei welchen Modellen Jugendliche viele Verständnisschwierigkeiten haben. Aus diesen Schwierigkeiten soll auf mögliche Fehlvorstellungen der Schüler/innen geschlossen werden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass mit dieser Arbeit Erkenntnisse darüber gewonnen werden sollen, welche Hilfsmittel und Arbeitsweisen gut geeignet sind, um die Energieerhaltung zu besprechen, sowie die Hauptsätze der Wärmelehre und den Wirkungsgrad.

In der Arbeit wird den Forschungsfragen (1) und (2) nachgegangen werden.

- 1) Ist der Lernerfolg der Schüler/innen bei einer Unterrichtsorientierung in Anlehnung an das Münchner Konzepts größer oder bei der Anlehnung an die Schulbuchreihe big bang?

In Zusammenhang mit Forschungsfrage (1), ist das wichtigste Ziel, zu ergründen, welches der drei in dieser Arbeit untersuchten Unterrichtskonzepte den größten Lernerfolg für die Schüler/innen mit sich bringt. Auch die Methoden sollen erfasst werden, die hilfreich sind, um Schüler/innen ein nachhaltiges Verständnis der behandelten Themen zu vermitteln.

- 2) Ist eher die Verwendung von praktischen experimentellen Hilfsmitteln bzw. anderen Medien von Vorteil für den Lernerfolg oder die Zuhilfenahme von Gedankenexperimenten?

3.2 Wann spricht man von einem günstigen Lernerfolg?

Als Grundlage eines guten Lernerfolges wäre zunächst einmal zu nennen, dass die Schüler/innen den Energieerhaltungssatz und in weiterer Folge den ersten und zweiten Hauptsatz der Thermodynamik kennen. Zu den beiden Hauptsätzen ist in weiterer Folge eine Kenntnis der beiden Typen von perpetuum Mobile wichtig. Außerdem sollen die Schüler/innen diese wichtigen physikalischen Sätze auch anwenden können und erklären können, welche Folgen diese Sätze haben. So folgt etwa aus dem ersten Hauptsatz bzw. dem Energiesatz, dass die Energie innerhalb des Universums konstant bleibt. Aus dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, auch Entropiesatz genannt, folgt, dass bestimmte Umwandlungen von Energieformen in andere Energieformen, wie etwa von Wärme in mechanische Energie, grundsätzlich limitiert sind. Um diese Limitierung von Energieumwandlungen anschaulich beschreiben zu können, ist eine Kenntnis des Wirkungsgrades erforderlich. Für die Vollständigkeit des Lernprozesses ist es also auch relevant, die Definition des Wirkungsgrades zu kennen.

In weiterem Sinne ist ein Unterrichtskonzept zu diesem Thema dann als erfolgreich anzusehen, wenn die Bedingungen von vornherein erfüllt sind. Es werden drei unterschiedliche Konzepte untersucht. In dieser Arbeit wird überprüft, welches der Konzepte die Bedingungen erfüllt. Darüber hinaus wird untersucht werden, welches Konzept Kenntnisse bei den Schüler/innen hervorbringt, die über diese Bedingungen hinausgehen.

Im Vorfeld wird an dieser Stelle festgelegt, dass eine ganze Klasse bei einer Frage genau dann einen günstigen Lernerfolg erbracht hat, wenn zumindest $\frac{2}{3}$ also rund 66,6% aller Schüler/innen dieser Klasse diese entsprechende Frage korrekt beantwortet haben. Wie im späteren Verlauf nachlesbar ist, sind bei Frage 4 alle Antwortmöglichkeiten der Fragestellung korrekt. Insgesamt gibt es demnach vier Antwortmöglichkeiten zu erkennen. Das bedeutet, bei dieser Frage vier gilt es bereits als günstiger Lernerfolg, wenn $\frac{2}{3}$ bzw. 66,6% der Klasse zumindest $\frac{3}{4}$ bzw. 75% aller korrekten Antwortmöglichkeiten als solche erkannt hat. Bei Frage 5 sind hingegen zwei

der vier Antwortmöglichkeiten korrekt. Bei dieser Frage hat ein günstiger Lernerfolg bei einer Klasse genau dann stattgefunden, wenn mindestens 60% aller Schüler/innen beide Antwortmöglichkeiten als richtig erkannt haben.

Entsprechend der didaktischen Grundlagen für diese Arbeit beinhaltet ein Unterrichtskonzept, das einen günstigen Lernerfolg mit sich bringt, folgende Punkte:

- Es wird bei den zugrundeliegenden Schülervorstellungen angesetzt.
- Es werden möglichst viele Versuche gemacht oder Applets verwendet, welche die Versuche simulieren. Diese Versuche und Applets sind auf sinnvolle Weise in den Unterricht eingebettet und erfolgen nicht willkürlich.
- Um auch Mädchen für den Physikunterricht zu begeistern, werden vermehrt Anwendungen aus der Biologie in den Unterricht einbezogen, dafür werden die Anwendungen aus der Technik vermindert auf ein ausgeglichenes Maß.
- Wichtige Begriffe fallen nicht einfach vom Himmel, sondern werden durch Versuche, Applets oder Anwendungen motiviert und gestützt.
- Wenn Schüler/innen einen Lernerfolg aufzeigen sollen, müssen sie im Unterricht im Mittelpunkt des Geschehens stehen, nicht die Lehrkraft. Demnach ist ein schülerzentrierter Unterricht das Ziel.

Man möchte annehmen, dass ein Unterricht, der am Münchner Konzept orientiert ist, einen günstigen Lernerfolg mit sich bringen wird, da das Konzept dazu entwickelt wurde. Ein vollständiger Unterricht in Abstimmung auf das Münchner Konzept wird in Österreich selten stattfinden, weil der österreichische Lehrplan diese Form von Unterricht auf den ersten Blick nicht unbedingt fördert. Dennoch wäre zu erwarten, dass Unterricht, der zumindest an dem Münchner Konzept angelehnt ist, die oben angesprochenen Kriterien weitgehend erfüllen wird.³⁵

³⁵ Bader, 2001

4 FORSCHUNGSDESIGN

4.1 Beschreibung der Untersuchungsmethode

Die Untersuchung wird als Querschnitts-Verfahren durchgeführt, das bedeutet die Datenerhebung findet pro Lehrkraft und Klasse ein Mal statt. Zuerst wurden Lehrkräfte befragt, wie sie die Themen im Unterricht einführten. Anschließend bekamen die Schülerinnen und Schüler Multiple Choice Tests vorgelegt. Die Daten wurden nach der Durchführung aufgeschlüsselt und im Anschluss analysiert.

4.2 Das Forschungsmaterial

4.2.1 Lehrerfragebögen

Der Fragebogen wurde so angelegt, dass man damit mehrere Dinge abfragen kann. Einerseits gibt es Fragen, welche sich auf das Unterrichtskonzept der Lehrkraft beziehen. Unter diesen Fragen findet man solche, die abhandeln, wie viel Anwendung der Theorie in Natur und Technik in den Unterricht eingeflossen ist. Andererseits zielt der Fragebogen darauf ab, herauszufinden, welche Inhalte im Unterricht durchgenommen wurden. Hier wird auch darauf eingegangen, ob mit Formeln gerechnet wurde oder ob man Experimente gemacht hat. Bei den meisten Fragen finden sich Anmerkungen, die erklären und begründen, weshalb diese Frage gestellt wird und welche Bedeutung sie für diese Arbeit haben. Es wird des Weiteren auch angemerkt, wenn eine Frage lediglich gestellt wurde, um herauszufinden, ob die Schüler/innen überhaupt in der Lage sind, bestimmte Fragen aus dem Schülerfragebogen zu beantworten:

- a) Haben Sie sich beim Unterrichten der Energieerhaltung, der Hauptsätze der Wärmelehre und dem Wirkungsgrad in Richtung des Münchner Unterrichtskonzepts orientiert oder aber an der Schulbuchreihe big bang?

Ziel dieser Arbeit ist es, herauszufinden, ob und welchen Einfluss unterschiedliche Unterrichtskonzepte auf das Verständnis der Schülerinnen und Schüler hatten. Wie bereits in Kapitel 2.3 beschrieben, wurde das Münchner Konzept entwickelt, um den Schülerinnen und Schülern das Erlernen der Thematiken „Reibung“, „Mechanische Energie/Arbeit“ und „Wärmelehre“ zu erleichtern. Die Schulbuchreihe big bang hingegen zielt darauf ab, Physik möglichst lebensnah, mit Alltagsbezug und einfach zu vermitteln.

- b) Wie haben Sie den Energieerhaltungssatz eingeführt? Welche (experimentellen) Hilfsmittel wurden verwendet?

Die Energieerhaltung ist ein verbindlicher Punkt im Lehrplan der Oberstufe für Physik. Das bedeutet, Lehrkräfte sind somit verpflichtet dieses Thema an irgendeiner Stelle anzusprechen. Das hat den Grund, dass der Energieerhaltungssatz wohl eine der wichtigsten empirischen Erkenntnisse überhaupt darstellt. Allerdings gibt es sehr viele Möglichkeiten, den Energieerhaltungssatz in der Schule zu lehren. Es ist durchaus auch möglich, den Energieerhaltungssatz experimentell oder mithilfe eines Applets zu veranschaulichen, deswegen gibt es ergänzend die zweite Frage. In dieser Arbeit sollen ja die drei unterschiedlichen Unterrichtskonzepte miteinander verglichen werden, dabei ist es relevant zu erfahren, ob etwaige Hilfsmittel den Lernprozess fördern.³⁶

- c) (Auf welche Weise) Haben Sie den 2. Hauptsatz besprochen? Welche (experimentellen) Hilfsmittel haben Sie hier hinzugezogen?

Der zweite Hauptsatz ist nicht zwingender Bestandteil des Lehrplans Physik, daher darf im Vorfeld nicht davon ausgegangen werden, dass er auch unterrichtet wird. Dieses Thema im Unterricht zu veranschaulichen ist laut Fedra (1989) überhaupt kein Zuckerschlecken. Fedra (1989) empfiehlt in seiner Arbeit, um den 2. Hauptsatz auf furchtbare Weise erklären zu können, die Wärme als Prozessgröße einzuführen und dies in der klassischen Mechanik mit der Arbeit ebenso zu halten. Die innere Energie hingegen solle man als Zustandsgröße betrachten. Dass die Lehrkräfte eben diesen Pfad einschlagen, ist eher unwahrscheinlich, daher soll an dieser Stelle erfasst werden, welche Zugänge die Lehrkräfte an dieser Stelle gewählt haben, sofern sie den 2. Hauptsatz überhaupt unterrichtet haben. Es wäre ja möglich, dass sich auch andere Unterrichtskonzepte als günstig erweisen, diesen unanschaulichen Satz zu erlernen. Ist dies der Fall, so soll das in der Arbeit dargestellt werden.³⁷

- d) Haben Sie den Wirkungsgrad besprochen? Wurde den Schülerinnen und Schülern eine genaue Definition gegeben? Haben Sie mit den Jugendlichen dann auch ein paar Rechenbeispiele gemacht?

Auch der Wirkungsgrad ist kein zwingender Bestandteil des österreichischen Lehrplans in Physik, daher wurde diese Frage gestellt. Die Frage ist deswegen sehr wichtig, weil konkret die Definition des Wirkungsgrades beim Multiple Choice Test gefragt ist. Ebenso ist es sehr wichtig zu ergründen, ob die Schüler/innen mit der Formel des Wirkungsgrades gerechnet haben, da sie bei einer Frage vom Multiple Choice Test ebenfalls mit der Formel rechnen müssen.

- e) Haben Sie die Grundgleichung der Wärmelehre besprochen? Haben Sie anschließend damit gerechnet oder in einer anderen Form damit gearbeitet?

³⁶ Bader, 2012

³⁷ Fedra, 1989

Auch diese Frage zielt konkret darauf ab, zu erfassen, ob die Schülerinnen und Schüler ein bestimmtes Rechenbeispiel bei dem Multiple Choice Test lösen können. Die Grundgleichung der Wärmelehre wird bei dieser Multiple-Choice-Frage nämlich vorausgesetzt.

f) Wie sehr haben Sie die Anwendung des Themas in Natur, Technik oder Alltag angesprochen?

Diese Frage ist wieder auf das Unterrichtskonzept der Lehrkraft ausgerichtet. Wenn die Unterrichtsweisen hier Unterschiede aufweisen, soll ermittelt werden, was für Anwendungen im Unterricht Lernerfolge hervorrufen können. Laut Bleichroth (1999) kann ein anwendungsorientierter Physikunterricht zu besseren Lernerfolgen bei den Schülern/innen führen, wenn man ihn richtig auf sie abstimmt.³⁸ Bader (2001) gibt hierzu detailliertere Information, er schreibt, dass das Interesse der Mädchen leichter zu wecken ist, wenn man Anwendungen aus der Biologie in den Physikunterricht einfließen lässt.³⁹

g) In wie weit haben Sie mit Schülervorstellungen gearbeitet?

Diese Frage ist insofern äußerst relevant, weil wissenschaftlich erwiesen ist, dass Schülerinnen und Schüler mit gewissen Vorstellungen in den Unterricht kommen, die mitunter in großem Widerspruch zu physikalisch adäquaten Vorstellungen stehen.⁴⁰ Um den Schülerinnen und Schülern die physikalisch korrekten Modelle zu vermitteln, ist es als Lehrkraft notwendig, sich dieser Vorstellungen bewusst zu sein, um die Jugendlichen in die richtigen Modelle überleiten zu können. Aus diesem Grund seien an dieser Stelle einige der für die Themen relevanten Vorstellungen genannt und es sei beschrieben, worin die Problematik beim Unterrichten liegt:

Die Größen Temperatur und Wärme werden in vielen Fällen nicht ausreichend getrennt oder als Synonyme füreinander verwendet. Die Aufgabe der Lehrkraft liegt darin, diese beiden Begriffe zu differenzieren und den Schülern/innen zu lehren, dass eine Wärmemenge im Gegensatz zur Temperatur eine Energieform darstellt.⁴¹

Die Vorstellungen vieler Schüler/innen steht vor dem Unterricht im krassen Widerspruch zum Energieerhaltungssatz: Schüler/innen glauben nämlich, dass Energie sowohl verbraucht, als auch erzeugt werden kann. Für sie ist Energie eine Art universeller Treibstoff. Unterstützt wird dieses Phänomen wohl auch durch Aussagen vom Familienkreis aus dem Alltag. Der Vorschlag liegt also darin, dass man bei der Einführung des Energiebegriffes bereits sehr früh an diese Vorstellung als Treibstoff

³⁸ Bleichroth, 1999

³⁹ Bader, 2001

⁴⁰ Wiesner et al., 2013

⁴¹ Meyn, 2006

anknüpft und den Begriff mit der Zeit immer weiter vertieft. Der Begriff sollte außerdem von der klassischen Mechanik losgelöst werden.⁴²

Des Weiteren existiert bei Jugendlichen die Vorstellung, dass Abkühlung eines Stoffes sozusagen ein automatischer Prozess ist und keine weiteren Voraussetzungen benötigt. Laut den Aussagen von Schülerinnen und Schülern in einer Studie, schließen Duit & Glynn (1995), dass die Kinder die Anwesenheit eines kühleren Stoffes im Kontakt mit dem wärmeren abzukühlenden Stoff nicht als Notwendigkeit sehen. Um dieser Vorstellung angemessen zu begegnen, sollte im Unterricht aufgezeigt werden, dass warme Stoffe, welche ausgezeichnet isoliert sind, (fast) nicht abkühlen.

⁴³

4.2.2 Schülerfragebögen

Der Fragebogen an die Schülerinnen und Schüler ist als Multiple-Choice Test gestaltet. Bei einer Frage sind vier Antwortmöglichkeiten gegeben und es ist immer mindestens eine dieser Antwortmöglichkeiten korrekt. Die Fragen sind so ausgelegt, dass nachgeprüft werden kann, ob bei den jeweiligen Jugendlichen ein günstiger Lernerfolg stattgefunden hat. Im Folgenden sind sämtliche Fragen aufgelistet. Anschließend findet sich die Multiple-Choice Frage zur Überprüfung des Interesses der Kinder an Physik, sowie die Frage über die Relevanz der Physik für sie. Im Wissenstest wurden die als richtig gewerteten Antwortmöglichkeiten grün markiert. Grundsätzlich wurde bei der Zusammenstellung der Fragen versucht darauf Acht zu geben, dass die korrekte(n) Antwortmöglichkeit(en) weder wie im Münchner Unterrichtskonzept formuliert werden, noch, wie im Schulbuch Big Bang.

4.2.2.1 Die Fragen mit physikalischem Inhalt

Tabelle 5: Fachliche Fragen

Frage 1	Was ist ein Perpetuum Mobile der ersten Art? a) Eine Maschine, die auf Rädern rollt. b) Eine Maschine, welche Energie aus dem Nichts erzeugt. c) Ein Mensch wäre ein Beispiel für ein perpetuum Mobile der ersten Art. d) Das Perpetuum Mobile der ersten Art wäre eine gleiche Maschine, wie ein Perpetuum Mobile der zweiten Art. ⁴⁴
Frage 2	Was bedeutet der erste Hauptsatz der Thermodynamik? a) Während der Wirkung einer Kraft wird eine Bewegungsänderung hervorgerufen. b) Die elektrische Spannung fällt an einem Widerstand ab. c) Die Energie bleibt im Universum erhalten. d) Große Massen krümmen den Raum. ⁴⁵

⁴² Crossley & Hirn & Starauschek, 2009

⁴³ Duit & Glynn, 1995

⁴⁴ Reischl & Steiner & Wagner, 2010

Frage 3	<p>Kennst du die Definition des Wirkungsgrades?</p> <p>a) $\frac{\text{Nutzenergie}}{\text{investierte Energie}} = \text{Wirkungsgrad}$</p> <p>b) Der Wirkungsgrad hat überhaupt keine Definition.</p> <p>c) $\frac{\text{Spannung}}{\text{Stromstärke}} = \text{Wirkungsgrad}$</p> <p>d) $\frac{\text{Arbeit}}{\text{Weg}} = \text{Wirkungsgrad}$⁴⁵</p>
Frage 4	<p>Was würde es bedeuten, wenn du bei einem Gerät einen höheren Wirkungsgrad als 100% erzielen könntest?</p> <p>a) Dieses Gerät würde mehr Energie erzeugen, als es genutzt hat, um seinen Vorgang einzuleiten.</p> <p>b) Dieses Gerät würde den DERZEITIGEN Gesetzen der Physik widersprechen.</p> <p>c) Dieses Gerät würde Energie aus dem Nichts erzeugen.</p> <p>d) Dieses Gerät würde Energieerhaltungssatz verletzen.</p>
Frage 5	<p>Was trifft auf den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik zu?</p> <p>a) Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass Wärme Energie grundsätzlich nicht zu 100 % in mechanische Energie umgewandelt werden kann.</p> <p>b) Laut dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik ist es so, dass eine Kraft Urheberin einer Geschwindigkeitsänderung ist.</p> <p>c) Bei einem Prozess wird in sehr vielen Fällen Energie in Form von Wärme abgegeben. Der Prozess selber nutzt nur einen Teil der Energie, die für ihn aufgewandt wurde.</p> <p>d) Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik widerspricht dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik.⁴⁷</p>
Frage 6	<p>Was bedeutet der zweite Hauptsatz in deinem Alltag beispielsweise?</p> <p>a) Wenn ich meine Haare föhne, wird nur ein Teil der elektrischen Energie, die in meinen Föhn gelangt, dazu aufgewandt, um meine Haare zu trocknen. Ein beachtlicher Teil wird in Wärme umgewandelt, sodass mein Föhn sich z.B. erhitzt.</p> <p>b) Wenn ich beim Fußball-Spiel einen ruhenden Ball stoße, beginnt er zu rollen.</p> <p>c) Wenn ich meinen Laptop an eine Steckdose anschließe fließt Strom durch den Laptop. Das bedeutet, sämtliche Energie die aus der Steckdose kommt, wird auf den Laptop übertragen.</p> <p>d) Wenn ich ein Sandwich esse, wird sämtliche Energie, die mein Körper dadurch umsetzt, dazu aufgewandt, dass ich im Sport Unterricht mitlaufen kann.</p>
Frage 7	<p>Welche Bedeutung hat der zweite Hauptsatz der Thermodynamik für die Biologie?</p> <p>a) Ein Hund kann mit seinem Magen mehr Energie aus seinem Futter schöpfen, als jedes andere Tier.</p> <p>b) Wenn die Pflanze Fotosynthese betreibt, wandelt sie Sonnenenergie vollständig in Nutzenergie um.</p> <p>c) Auch Tiere können bei ihren physiologischen Prozessen nur einen gewissen Anteil an Energie, die sie in Form von Nahrung zu sich nehmen, in Bewegungsenergie umwandeln.</p> <p>d) Pilze sind Beispiele für ein perpetuum Mobile der ersten Art.</p>
Frage 8	<p>Wir nehmen einmal an, ein Wasserkocher habe einen Wirkungsgrad von 72%. Du steckst nun die Energie von etwa 444 400 Joule in das System. Wie viele Joule wird der Wasserkocher dafür aufwenden, um den einen Liter Wasser in seinem inneren zu erhitzen?</p> <p>a) Rund 130 000 Joule werden vom Wasserkocher zum Erhitzen des Wassers aufgewandt. Die restlichen 190 000 Joule werden in Wärme umgewandelt.</p> <p>b) Sämtliche 444 400 Joule werden vom Wasserkocher zum Erhitzen des Wassers aufgewandt. Es geht keine Energie in Form von Wärme verloren.</p> <p>c) Rund 50 000 Joule werden vom Wasserkocher zum Erhitzen des Wassers aufgewandt.</p>

⁴⁵ E.b.d⁴⁶ E.b.d⁴⁷ Kowalczyk & Lauth, 2015

	<p>Die restlichen 270 000 Joule werden in Form von Wärme verloren gehen.</p> <p>d) Rund 320 000 Joule werden vom Wasserkocher dazu aufgewandt, um das Wasser zu erhitzen. Der Rest von rund 124400 Joule wird in Wärme umgewandelt.⁴⁸</p>
Frage 9	<p>Auf welche Weise könnte ich den Wirkungsgrad eines Herdes in Bezug auf eine Suppe in einem geschlossenen Topf ermitteln?</p> <p>a) Ich ermittle die Temperatur T1, auf welche er die Suppe erhitzt. Anschließend messe ich die Zimmertemperatur T2. Nun dividiere ich $\frac{T2}{T1}$. Das Ergebnis ist der Wirkungsgrad des Herdes.</p> <p>b) Ich messe die Zeitdauer, die ich brauche, um die Suppe zu erhitzen. Außerdem bestimme ich die Masse der Suppe. Ablesen muss ich auch noch die Leistung des Herdes. Ich setze meine Werte nun in die Formel $\frac{m}{P \cdot t}$ ein und habe meinen Wirkungsgrad.</p> <p>c) Ich untersuche die Temperatur T1 der Suppe zu Beginn der Erhitzung. Wenn ich die Herdplatte aufdrehe, beginne ich mit der Stoppuhr die Zeit t zu ermitteln. Ist die Suppe vollständig erhitzt, beende ich die Zeiterfassung. Ich messe nun erneut die Temperatur T2 der Suppe. Ich setze nun in die Formel $\frac{T2-T1}{t}$ ein und habe den Wirkungsgrad.</p> <p>d) Mir ist bekannt, dass die spezifische Wärmekapazität von Wasser $c = 4184 \text{ [J/(kg \cdot K)]}$ beträgt, sie ist sehr ähnlich derer der Suppe. Ich lese die Leistung P des Herdes auf dem Gerät selber ab. Außerdem bestimme ich die Masse m der Suppe. Ich ermittle die Temperatur T1 der Suppe zu Beginn der Erwärmung. Wenn ich den Herd nun anschalte, starte ich meine Stoppuhr. Ist die Suppe erhitzt, stoppe ich die Zeiterfassung. Ablesen kann ich die Zeitspanne t. Ich messe die neue Temperatur der Suppe T2. Meine Werte setze ich nun in die Formel $\frac{m \cdot (T2-T1) \cdot c}{P \cdot t}$ ein und habe den Wirkungsgrad.</p>
Frage 10	<p>Bei dieser Frage gehen wir davon aus, dass KEINE Reibung herrscht: Der Wagen besitzt am Punkt A die Geschwindigkeit v. Welche Geschwindigkeit besitzt er am Punkt B? (Frage 10 bezieht sich auf Abbildung 3.)</p> <p>a) Er besitzt die Geschwindigkeit 2.v im Punkt B, da sich die Kinetische Energie bei der Abfahrt vom Hügel verdoppelt hat.</p> <p>b) Er besitzt die Geschwindigkeit $\frac{v}{2}$ im Punkt B, weil sich die Kinetische Energie nach der Abfahrt halbiert hat.</p> <p>c) Er besitzt die Geschwindigkeit v im Punkt B, weil die Kinetische Energie im Punkt B ebenso groß ist, wie im Punkt A.</p> <p>d) Der Wagen kommt in Punkt B zur Ruhe, weil er seine gesamte Kinetische Energie verbraucht hat.⁴⁹</p>

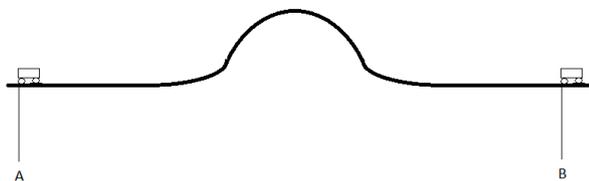


Abbildung 3: Der Wagen fährt reibungsfrei über den Hügel⁵⁰

Anmerkung: Die Frage 10 wurde 1:1 von Dahncke (1973) übernommen. Um diese Frage beantworten zu können, muss man den Energieerhaltungsgedanken verinner-

⁴⁸ Sprockhoff, 1980

⁴⁹ Dahncke, 1973, S.81 + 82

⁵⁰ E.b.d.

licht haben. Des Weiteren kann es der Beantwortung sehr dienlich sein, wenn man die mechanischen Energieformen kennt. Bei dieser Frage ist es besonders wichtig hervorzuheben, dass die Antwort nicht durch die symmetrische Anordnung des Hügels resultiert, sondern aufgrund der Höhe, in welcher sich der Wagen jeweils befindet. Für die mechanische Energie ist hier wirklich nur relevant, auf welchem Potentialniveau sich der Wagen zu Beginn und gegen Ende der Bewegung befindet. Wiesner et al (2013) sind der Ansicht, dass sich ein Erhaltungsgedanke beim Menschen viel eher bei symmetrischen Gebilden einstellt, als bei asymmetrischen.⁵¹ Für diese Untersuchung wurde dennoch diese Anordnung gewählt, weil auch Dahncke (1973) sie damals gewählt hat. Die Skizze wurde allerdings nicht von Dahncke (1973) übernommen.

4.2.2.2 Fragebogen zur Ermittlung des Interesses an Physik bzw. deren Relevanz für die Jugendlichen

Mit ihrer Hilfe soll auf der einen Seite der Einfluss von Interesse an Physik und der Intensität der Kenntnisse über den Energiesatz, die Hauptsätze, sowie den Wirkungsgrad geprüft werden, also die intrinsische Motivation der Kinder bezüglich der Themen. Andererseits soll die Beziehung zwischen der Relevanz der Physik für das Leben der Kinder und deren Kenntnisse bezüglich dieser Themen untersucht werden. Relevanz der Physik kann hier z.B. folgende Dinge bedeuten: Physik ist für die Jugendlichen in dem Sinne relevant, als dass sie gute Noten anstreben und sich aus diesem Grund für das Fach anstrengen. Oder aber sie benötigen Physik in ihrem späteren Beruf, sie wollen z.B. Ingenieure werden. Es könnte auch sein, dass sie etwas studieren wollen, wie z.B. Medizin und sie benötigen physikalische Kenntnisse bei etwaigen Prüfungen. Mit anderen Worten könnte man sagen, dass erfasst werden soll, welche Kinder eine extrinsische Motivation aufweisen, sich mit den Themen auseinander zu setzen.

Die Fragen wurden vom Autor entwickelt, wobei eine Orientierung an herkömmlichen Evaluationsfragebögen erfolgt ist. Die erste Frage hat sechs Abstufungen, um das Interesse etwas genauer analysieren zu können.

Tabelle 6: Fragen zu Interesse und Extrinsischer Motivation

Frage	Interessierst du dich grundsätzlich für Physik bzw. den Physik Unterricht?
A	<ul style="list-style-type: none"> a) Ich interessiere mich sehr für Physik. b) Physik ist recht interessant. c) Physik ist ok. Ich bin nicht sonderlich interessiert, verspüre aber auch keine Abneigung dagegen. d) Physik ist eines der Unterrichtsfächer, welches ich nicht wirklich mag. e) Physik ist eines derjenigen Unterrichtsfächer, die ich ausgesprochen wenig leiden kann. f) Physik ist für mich persönlich ein wirklicher Horror und ich bin froh, dass ich nach der Matura nichts mehr damit zu tun habe.

⁵¹ Wiesner, 2013

Frage	Unabhängig von deinem Interesse, ist Physik für dich auf eine andere Weise relevant? (Möchtest du zum Beispiel ein möglichst gutes Zeugnis haben und machst daher ordentlich im Unterricht mit? Oder brauchst du ein Grundwissen in Physik in der Zukunft, weil du zum Beispiel Medizin studieren möchtest oder Ähnliches?)
B	<ul style="list-style-type: none">a) Physik leistet einen wichtigen Beitrag zur Erreichung meiner persönlichen Ziele.b) Physik hat eine gewisse Relevanz zur Erreichung meiner persönlichen Ziele.c) Physik hat wenig Priorität beim Erreichen meiner persönlichen Ziele.d) Physik ist gar nicht wichtig zur Erreichung meiner persönlichen Ziele.

5 DURCHFÜHRUNG

Bevor die Untersuchung überhaupt in Angriff genommen werden konnte, galt es, die Genehmigung vom Stadtschulrat Wien zu erhalten. Hierzu mussten allerdings bereits im Vorfeld die Auswahl an Schulen, sowie der Lehrkräfte, welche an der Untersuchung teilhaben würden, getroffen werden. Auch die Fragebögen und die Untersuchungsart mussten im Vorfeld bekannt gegeben werden. Des Weiteren mussten die Schulleiter der teilnehmenden Schulen der Untersuchung zustimmen. Erst nach der Erledigung dieser Formalitäten durfte die Untersuchung in Angriff genommen werden.

Die Durchführung bestand aus zwei separaten Teilen. Der erste Teil behandelte die Befragung der Lehrkraft darüber, wie sie den Unterricht in ihrer/n Klassen durchgeführt hat. Sie erfolgte mit dem unter Punkt 4.2.1 vorgestellten Fragebogen. Während die Lehrkraft die Fragen chronologisch beantwortete, wurden sie vom Interviewer in Stichworten notiert. Die Befragung dauerte zwischen 10 und 15 Minuten. Genauere Details wurden zu einem späteren Zeitpunkt per Email erfragt. Der zweite Teil der Durchführung wurde über den Multiple-Choice Test vorgenommen. Der Test ist in 4.2.2 aufgeschlüsselt. Dieser wurde über die Internetplattform Socrative zur Verfügung gestellt. Die Schüler/innen beantworteten zunächst die 10 Fragen zu den Themen „Hauptsätze der Thermodynamik“ und „Wirkungsgrad“. Anschließend beantworteten sie den Volitionsfragebogen, zu finden im 4.2.2.1.

Prinzipiell dient das erwähnte Socrative dazu, dass eine Person einen Test mit anderen Personen durchführen kann. Hierbei kann man sich für „Freie Fragen“, „Richtig/Falsch“ oder Multiple Choice entscheiden. Grundsätzlich kann man diese 3 Varianten innerhalb eines Tests kombinieren, das Format wird für jede einzelne Frage neu festgelegt. Leider gibt es hierbei einen Schönheitsfehler bei der Funktion, welche für diese Durchführung gewählt wurde: Teilpunkte können bei Fragen nur auf eine sehr unübersichtliche Weise eingesehen werden. Der Punkt wird von Socrative grundsätzlich nur dann gegeben, wenn das entsprechende Kind bei einer Frage alle richtigen Antwortmöglichkeiten als richtig erkennt. Allerdings gibt es für jedes Kind eine eigene Liste sämtlicher Antworten. Auf dieser Liste finden sich die gegebenen Antworten des Kindes, somit konnte nachträglich eruiert werden, welche Teilantworten das Kind gegeben hat.

Anmerkung: Im Anhang können sich besonders Interessierte eine sehr detaillierte Beschreibung zur Erstellung eines Socrative-Kontos zu Gemüte führen. Außerdem wird dort im Detail darauf eingegangen, wie man einen Test ausarbeitet und diesen anschließend durchführt.

6 AUSWERTUNG UND DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

In diesem Kapitel werden sämtliche Daten und Informationen, die während der Untersuchung gewonnen wurden, aufgelistet werden. Zunächst werden die ausgefüllten Lehrerfragebögen dargestellt. Im Anschluss daran erfolgt ein Vergleich der Unterrichtskonzepte der Lehrkräfte miteinander. Angeschlossen wird eine Beschreibung der einzelnen Schulklassen. Dort fließt der Schultyp der einzelnen Klassen und welchen Zweig sie in der jeweiligen Schule eingeschlagen haben, ein, sofern mehrere Zweige in der jeweiligen Schule existieren.

6.1 Die Ergebnisse der Lehrerbefragungen

Die Antworten auf die Lehrerfragebögen wurden mithilfe von Interviews gewonnen. Ein Interview mit einer Lehrkraft dauerte etwa 10 Minuten. Leider hatten die Lehrkräfte nur sehr wenig Zeit zu Verfügung, weswegen viele Antworten auf die Fragen sehr ungenau beantwortet wurden. Um hier genauere Informationen gewinnen zu können, wurden die Lehrkräfte per Email bezüglich genauerer Details befragt. Der Einfachheit halber wurden die zusätzlichen Details den ursprünglichen Fragen zugeordnet. Es wird immer darauf hingewiesen, wenn eine Information zusätzlich per Email genauer erfragt wurde.

6.1.1 Lehrerfragebogen von Lehrkraft A

- a) Haben Sie sich beim Unterrichten der Energieerhaltung, der Hauptsätze der Wärmelehre und dem Wirkungsgrad in Richtung des Münchner Unterrichtskonzepts orientiert oder aber an der Schulbuchreihe big bang?

Lehrkraft A hat angegeben, sie würde sich aufgrund der Modularisierung, welche in naher Zukunft kommen würde am Münchner Konzept anlehnen. Sie ist über die Mechanik, insbesondere über die Lehre der Energie in die Thermodynamik eingestiegen. Aufgrund der Vorgaben im Lehrplan, sowie der beschränkten Unterrichtszeiten konnte Lehrkraft A nicht vollständig nach dem Münchner Konzept unterrichten. Man könnte sagen, Lehrkraft A hat sich vom Münchner Konzept inspirieren lassen.

- b) Wie haben Sie den Energieerhaltungssatz eingeführt? Welche (experimentellen) Hilfsmittel wurden verwendet?

Lehrkraft A hat den Energieerhaltungssatz vorwiegend unter der Verwendung von Applets behandelt, insbesondere des Applets PhET. Hier wurde später per Email nachgefragt, welche App exakt verwendet wurde und was genau gemacht wurde. Es handelte sich um den „Energieskatopark“ von der Homepage PhET. (Bei dieser steht

die Energiebilanz zwischen den Energieformen Kinetische und Potentielle Energie im Vordergrund. Die Reibung wird außer Acht gelassen.) Die Schüler/innen sollten selbstständig eine symmetrische, sowie asymmetrische Bahn „bauen“. Die Schülerinnen mussten herausfinden, bei welcher Bahn die Energie erhalten bleibt und sollten im Idealfall auf das Ergebnis kommen, dass die Form der Bahn keine Rolle spielt, sondern nur die Höhendifferenz. Nach dem Betrachten der Situation via App ließ Lehrkraft A einzelne Schüler/innen ihre Ergebnisse kurz präsentieren. Im Anschluss erklärte sie selber anhand einer eigenen Skizze noch einmal für alle, dass der entscheidende Faktor bei der Energiebilanz zwischen kinetischer und potentieller Energie nicht in der Form der Bahn, sondern in der Höhendifferenz liegt.

Es wurden außerdem mehrere Versuche mit der Wärmebildkamera durchgeführt. Hierzu wurde die physikalische Größe Temperatur besprochen. Lehrkraft A erklärte, dass die Temperatur eines Gegenstandes über das Stefan-Boltzmann Gesetz mit dessen Strahlungsleistung zusammenhänge. Außerdem teilte sie den Schüler/innen mit, dass die Höhe der vom Körper abgegebenen Strahlungsleistung von der Wärmebildkamera erkannt werden kann. Dabei wurden beispielsweise mehrere unterschiedlich stark isolierende Gefäße mit heißem Wasser gefüllt und anschließend mithilfe der Wärmebildkamera betrachtet. Ein besonders langer Versuch wurde mit einem Wasserkocher durchgeführt. Bei diesem Versuch wurde die Wärmekapazität von Wasser bestimmt. Außerdem haben die Jugendlichen den Wirkungsgrad des Wasserkochers berechnet.

c) (Auf welche Weise) Haben Sie den 2. Hauptsatz besprochen? Welche (experimentellen) Hilfsmittel haben Sie hier hinzugezogen?

Auch zum Einführen des 2. Hauptsatzes wurde die Wärmebildkamera als Hilfsmittel hinzugezogen. Es wurde der Begriff des Perpetuum Mobile eingeführt. Außerdem wurden die Schülerinnen und Schüler in Gruppen aufgeteilt. Jede Gruppe bekam ein Foto von einem angeblichen Perpetuum Mobile. Die Gruppe musste sich Argumente überlegen, warum ihr Gerät in Wirklichkeit kein Perpetuum Mobile war. Um ein bisschen Schwung in das Thema zu bringen, wurde eine Szene von den Simpsons gezeigt, in welcher Lisa Simpson ein Perpetuum Mobile baut. Homer Simpsons sagt in dieser Folge, dass sich die Personen in seinen 4 Wänden an die Hauptsätze der Thermodynamik zu halten haben.

Lehrkraft A hat außerdem noch eine Stunde zum Begriff der Entropie abgehalten. Per Email wurde hier noch einmal nachgefragt, was in dieser Stunde gemacht wurde. Der Unterrichtszugang zu dieser Einheit war ein neuer Versuch von Lehrkraft A, das Thema zu lehren. Diese Stunde wurde mithilfe eines Modells begonnen. Lehrkraft A brachte eine Tasse mit, in welcher sich einige blaue und weiße Kugeln befanden. Die Schüler/innen sollten nun versuchen, die blauen und weißen Kugeln nach Farben

getrennt aus der Tasse zu bekommen und dabei möglichst wenig selber tun. Die Entscheidung, was sie genau tun sollten, lag bei den Schülern/innen. Die meisten Schüler/innen versuchten die Kugeln einfach auszuleeren und stellten dabei fest, dass die Trennung nach Farben quasi unmöglich war, denn wenn man versuchte sich auf eine Farbe zu konzentrieren, rollte meistens die andere Farbe auch dazu. Schließlich entschied sich ein Schüler dazu, die Kugeln einfach aus der Tasse zu nehmen. Durch diesen Versuch wurde veranschaulicht, dass das Schaffen von Ordnung viel Energie benötigt, die in diesem Fall von den Schülern aufgebracht wurde. Im Anschluss leerte Lehrkraft A die Kugeln vom Tisch in die Tasse zurück und zeigte den Schüler/innen, dass diese nun ungeordnet in der Tasse waren. Dadurch wurde den Jugendlichen dann anschaulich gemacht, dass die Natur eher Unordnung (Entropie) anstrebt.

- d) Haben Sie den Wirkungsgrad besprochen? Wurde den Schülerinnen und Schülern eine genaue Definition gegeben? Haben Sie mit den Jugendlichen dann auch ein paar Rechenbeispiele gemacht?

Wie bereits bei der Frage zum Ersten Hauptsatz genannt wurde, haben die Schülerinnen und Schüler Berechnungen mithilfe des Wirkungsgrades durchgeführt. Außerdem mussten die Jugendlichen selbstständig Daten für Wirkungsgrade unterschiedlicher Geräte heraussuchen.

- e) Haben Sie die Grundgleichung der Wärmelehre besprochen? Haben Sie anschließend damit gerechnet oder in einer anderen Form damit gearbeitet?

Die Grundgleichung der Wärmelehre wurde besprochen, aber man hat sie nicht unter demselben Namen gefasst. Die Jugendlichen mussten selbstständig mit der Formel arbeiten. Etwa die Hälfte der Kinder argumentierte logisch mit der Formel und die andere Hälfte rechnete konkret damit. Wenn Rechnungen durchgeführt wurden, dann allerdings nur in einer Phase. Es wurden keine Phasenübergänge besprochen.

- f) Wie sehr haben Sie die Anwendung des Themas in Natur/ Technik oder Alltag angesprochen?

Wie bereits in den Antworten zu den vorherigen Fragen deutlich wurde, sind viele Anwendungen angesprochen worden. Im Vordergrund stand hierbei die Wärmebildkamera. Aber auch im Wasserkocher kann man eine technische Anwendung des Stoffgebietes sehen. Auch die Geräte, deren Wirkungsgrade die Schülerinnen und Schüler selbstständig recherchiert haben, stellen eine Anwendung des Themas dar.

- g) In wie weit haben Sie mit Schülervorstellungen gearbeitet?

Lehrkraft A hat betont, dass die Schülervorstellung, Energie würde verloren gehen, eine sehr große Rolle gespielt hat. Die Lehrkraft hat sich sehr viel Mühe dabei gegeben, dass sie sich gerade für die Umerziehung dieser Vorstellung viel Zeit nimmt. Zu

einem späteren Zeitpunkt wurde per Email nachgefragt, wie dieser „conceptual change“ vorgenommen wurde. Um die Schülervorstellung möglichst zu unterbinden, wurden den Schüler/innen nach der Einheit mit der App „Energieskatpark“ kleine leere Zettel ausgeteilt. Auf diese Zettel sollten die Schüler/innen anonyme Notizen zu Folgendem schreiben: Ich fahre reibungsfrei einen Hügel hinunter. An der Position, an der ich die höchste Geschwindigkeit besitze, habe ich eine kinetische Energie von 30 Joule inne. Wie viel Joule an potentieller Energie trage ich in mir, wenn ich am Fuß des Hügels zum Stehen komme? Die Antworten wurden von Lehrkraft A eingesammelt und angesehen. Es stellte sich heraus, dass einige Schüler/innen noch keinen festen Energieerhaltungsgedanken ausgeprägt hatten. Aus diesem Grund wurde der Energiesatz aus einer anderen Perspektive erneut behandelt, es kam zu den bereits beschriebenen Versuchen mit der Wärmebildkamera.

6.1.2 Lehrerfragebogen von Lehrkraft B

- a) Haben Sie sich beim Unterrichten der Energieerhaltung, der Hauptsätze der Wärmelehre und dem Wirkungsgrad in Richtung des Münchner Unterrichtskonzepts orientiert oder aber an der Schulbuchreihe big bang?

Diese Lehrkraft hat sich nicht am Münchner Konzept orientiert, da sie auch angegeben hat, dieses nicht zu kennen. Die Themen wurden allgemein eher konkreter gestaltet, also sehr anwendungsorientiert. Die Lehrkraft hat versucht, relativ wenig „trockene“ physikalische Theorie zu machen, denn bei dieser Klasse handelt es sich um eine Sportklasse, die recht schwierig zu motivieren ist. Per Email wurde konkret noch einmal nach der Orientierungshilfe, an der sich diese Lehrkraft orientiert, gefragt. Lehrkraft B teilte mit, dass Sie sich an der Schulbuchreihe big bang orientiere und mit den Schülerinnen bei Gelegenheit auch direkt mit dem Buch arbeite.

- b) Wie haben Sie den Energieerhaltungssatz eingeführt? Welche (experimentellen) Hilfsmittel wurden verwendet?

Der Energieerhaltungssatz wurde im Unterricht sehr ausführlich besprochen, da dieser der Lehrkraft sehr wichtig ist. Zu einem späteren Zeitpunkt wurde per Email noch einmal nachgefragt, wie die Stunde zur Energieerhaltung genau abgelaufen ist. Lehrkraft B stellte zuerst die Frage über die Existenz eines Perpetuum Mobile in den Raum (Exakt beschrieben bei Frage g). Es folgte eine Definition des Perpetuum Mobile der Ersten Art. Lehrkraft B setzte die Einheit mit dem Energiesatz fort. Hierzu wurde der Text zur Energieerhaltung im Buch big bang 5 gelesen. Die Definition der Energieerhaltung wurde anschließend zusätzlich in das Schulübungsheft geschrieben. Über die letzten Abschnitte im Buch bezüglich der Begriffe „Energieentwertung“ und „Energieverbrauch“ hat Lehrkraft B mit den Schülerinnen diskutiert. Lehrkraft B hat angegeben, dass an der Diskussion nur sehr wenige Schülerinnen beteiligt waren,

hat aber nicht beschrieben, worüber exakt bezüglich „Energieentwertung“ und „Energieverbrauch“ diskutiert wurde. Das Thema wurde ohne experimentelle Hilfsmittel besprochen. In dieser Klasse wurde die Wärmelehre zuerst behandelt und die Mechanik folgte im Anschluss.

- c) (Auf welche Weise) Haben Sie den 2.Hauptsatz besprochen? Welche (experimentellen) Hilfsmittel haben Sie hier hinzugezogen?

Das Thema wurde auch hier „nur“ theoretisch besprochen, allerdings sehr ausführlich. Begonnen wurde das Thema mit dem Modell „ein Gasteilchen in der Box“ im Schulbuch big bang 7, um die Bedeutung der Wahrscheinlichkeiten für dieses Thema zu verdeutlichen. Es wurde sehr detailliert behandelt, dass Gitterschwingungen Wärme übertragen, ebenfalls mithilfe des Buches big bang 7. Des Weiteren war der Lehrkraft sehr wichtig, mit den Schülerinnen zu besprechen, dass der zweite Hauptsatz der Thermodynamik sozusagen einen Zeitpfeil erzwingt.

- d) Haben Sie den Wirkungsgrad besprochen? Wurde den Schülerinnen und Schülern eine genaue Definition gegeben? Haben Sie mit den Jugendlichen dann auch ein paar Rechenbeispiele gemacht?

Weil Lehrkraft B wusste, dass in dem Multiple Choice Test der Wirkungsgrad vorkommt, hat sie diesen im Unterricht behandelt. Die Definition wurde den Schüler/innen schon gegeben, allerdings waren die Bezeichnung von Nenner und Zähler nicht ident mit denen aus dem Multiple Choice Test. Es wurde ein Bezug zur mechanischen Leistung aufgebaut. Als Beispiel wurde hierbei angeführt, dass nur rund 25% der Energie, welche der menschliche Körper in das Fahrradfahren investiert, auch tatsächlich dafür aufwendet werden, um das Fahrrad anzutreiben. Lehrkraft B hat den Schülerinnen erklärt, dass die Fahrradfahrende Person also vier mal so viel Energie ins Fahren investiert, als für den Prozess des Fahrens selber aufgewandt werden. Konkrete Rechenbeispiele, wie sie im Multiple Choice Test vorkommen, wurden nicht behandelt.

- e) Haben Sie die Grundgleichung der Wärmelehre besprochen? Haben Sie anschließend damit gerechnet oder in einer anderen Form damit gearbeitet?

Die wurde nicht behandelt, weil die Lehrkraft die Zahl an komplizierteren Rechenbeispielen in dieser Klasse möglichst geringhalten wollte.

- f) Wie sehr haben Sie die Anwendung des Themas in Natur/ Technik oder Alltag angesprochen?

Diese Lehrkraft verknüpft konkrete Physik stets mit den Anwendungen. Zunächst wird die konkrete Physik behandelt und anschließend werden Beispiele genannt, bei welchen das Thema eine Rolle spielt. Die Anwendungen waren vorwiegend biologi-

scher Natur, insbesondere vom menschlichen Körper, wie etwa beim Wirkungsgrad des Menschen in Bezug auf Fahrradfahren.

g) In wie weit haben Sie mit Schülervorstellungen gearbeitet?

Die Lehrkraft geht insofern auf Fehlvorstellungen ein, als dass sie am Anfang eines Themas eine Frage bezüglich dieser stellt. Beispielsweise fragte die Lehrkraft B zu Beginn der Einheiten zur Energieerhaltung, ob die Schülerinnen die Ansicht vertreten, es gäbe ein Perpetuum Mobile der ersten Art. Die Schülerinnen versuchten dann zu erläutern, warum sie glauben, dass es ein Perpetuum Mobile geben kann. Lehrkraft B hat zu jedem Argument, das eine Schülerin gegeben hat ein Gegenargument gegeben. Bei der Diskussion wurde nicht vorweggenommen, dass es gar keine Perpetuum Mobile gibt. Lehrkraft B hat dann mithilfe des Buches aufgezeigt, dass das Konzept eines Perpetuum Mobile dem Energiesatz widerspricht. Die Umerziehung der Schülervorstellungen geschieht also zunächst durch eine direkte Diskussion über diese mit einer anschließenden Abhandlung der Thematik mithilfe des Buches.

6.1.3 Lehrerfragebogen von Lehrkraft C

a) Haben Sie sich beim Unterrichten der Energieerhaltung, der Hauptsätze der Wärmelehre und dem Wirkungsgrad in Richtung des Münchner Unterrichtskonzepts orientiert oder aber an der Schulbuchreihe big bang?

In die Thematik ist Lehrkraft C über die Energie eingestiegen. Lehrkraft C hat angegeben, sich an den Schulbüchern big bang zu orientieren. Per Email teilte Lehrkraft C ergänzend noch mit, sie baue den Unterricht allerdings nicht ausschließlich auf dem Buch auf, sondern nutze sehr viele Arbeitsblätter, zu welchen sie sich durch die Internet-Seite „LEIFI Physik“ inspirieren lässt. Auch viele Versuche, die Einsatz im Unterricht finden, hat Lehrkraft C auf dieser Seite gefunden. Außerdem werden Apps, wie PhET in den Unterricht mit einbezogen. Das Münchner Konzept war Lehrkraft C nicht bekannt.

b) Wie haben Sie den Energieerhaltungssatz eingeführt? Welche (experimentellen) Hilfsmittel wurden verwendet?

Der Energieerhaltungssatz wurde anhand mehrerer Gedankenexperimente veranschaulicht. Es handelte sich um Überlegungen zu Loopingbahnen und verzögerten Fallexperimenten. Bei den Gedankenexperimenten wurde dann jeweils die Energiebilanz des Systems zu verschiedenen Zeitpunkten ins Auge gefasst und anhand dessen erörtert, dass die Energie erhalten bleiben muss.

- c) (Auf welche Weise) Haben Sie den 2.Hauptsatz besprochen? Welche (experimentellen) Hilfsmittel haben Sie hier hinzugezogen?

Dieser wurde mithilfe von Computersimulationen auf der App PhET erarbeitet. Mithilfe dieser Website ist es möglich, schwierig umsetzbare Versuche zu behandeln, sagte Lehrkraft C. Per Email ergänzte Lehrkraft C Folgendes: Die Schüler/innen bedienen sich der App „Energieformen und Energieumwandlungen“. Hierbei sahen sie sich mehrere Prozesse, die sie individuell wählen durften, selbstständig an. Für jeden Prozess, den sie ansahen, sollten sie auf einem Zettel notieren, welche Energieformen sie betrachtet haben und welche Energieform in welche andere Energieform umgewandelt wurde. Außerdem sollten die Schüler/innen anmerken, welche Energieform ihrer Ansicht nach die höherwertige Energieform darstellt.

In der Email hat Lehrkraft C außerdem mitgeteilt, dass die Schüler/innen in der darauffolgenden Stunde ihre Notizen zu den einzelnen virtuellen „Versuchen“ präsentieren sollten. Da in allen Fällen die Begriffe „mechanische Energie“ und „thermische Energie“ gefallen sind, hat Lehrkraft C anschließend theoretisch erklärt, welche der beiden Formen grundsätzlich die höherwertige Energieform darstellt.

- d) Haben Sie den Wirkungsgrad besprochen? Wurde den Schülerinnen und Schülern eine genaue Definition gegeben? Haben Sie mit den Jugendlichen dann auch ein paar Rechenbeispiele gemacht?

Der Wirkungsgrad wurde laut eigener Aussage von Lehrkraft C als Quotient von umgesetzter zu „verbrauchter“ Energie definiert. Per Email wurde an dieser Stelle noch einmal explizit gefragt, ob tatsächlich der Begriff „verbraucht“ verwendet wurde. Lehrkraft C teilte mit, dass allerdings bei den Schülern/innen darauf hingewiesen wurde, dass verbrauchte Energie nicht so verstanden werden darf, dass diese Energie verloren ginge, sondern dass hierbei gemeint sei, dies sei einfach die Energie, die man in den Prozess stecken muss, um ihn ablaufen zu lassen. Qualitativ wurde das Thema am Beispiel der Fallhöhe erörtert. Die Lehrkraft hat anhand eines fallenden Balles, welcher nach dem Aufprall nicht mehr dieselbe Höhe erreicht, besprochen, welche Bedeutung der Wirkungsgrad hat. Außerdem wurde ein Kilogramm Wasser erhitzt und dann über die Messung des Verbrauchs bestimmt, welchen Wirkungsgrad das heizende Gerät aufweist. Allerdings war die Ungenauigkeit der Messung dabei relativ groß, weil der Verbrauch in kWh gemessen wurde. Die Erwärmung des Wassers hingegen wurde mithilfe der Grundgleichung der Wärmelehre berechnet, darum lag dieses Ergebnis in Joule vor. Der Verbrauch des Gerätes ergab sich insgesamt auf einen geringeren Messwert, als der Messwert der Energiemenge, mit welcher das Wasser erwärmt wurde. Aus diesem Grund hat sich ein höherer Wirkungsgrad ergeben, als 100%. Das heizende Gerät war zum Schein ein Perpetuum Mobile. Die Lehrkraft hat sich die günstige Möglichkeit nicht entgehen lassen und diesen Begriff

erörtert. Hierbei wurden aber beide Typen von Perpetuum besprochen. Zuerst sprach Lehrkraft C das Perpetuum Mobile der Ersten Art an, als welches sich das heizende Gerät zum Schein entpuppt hat. Anschließend merkte Lehrkraft C noch an, es gäbe ein weiteres Perpetuum Mobile, welches dem Entropiesatz widerspreche.

e) Haben Sie die Grundgleichung der Wärmelehre besprochen? Haben Sie anschließend damit gerechnet oder in einer anderen Form damit gearbeitet?

Diese wurde genau dann besprochen, als der Wirkungsgrad des Gerätes bestimmt wurde, mit welchem das Wasser erhitzt wurde. Die Schüler/innen notierten sich die Formel allerdings ins Heft. Lehrkraft C hat alle Variablen dieser Gleichung detailliert aufgeschlüsselt.

f) Wie sehr haben Sie die Anwendung des Themas in Natur/ Technik oder Alltag angesprochen?

Die Lehrkraft hat versucht, bei möglichst allen Themen eine Anwendung zu geben. Allerdings wurden zumeist Anwendungen aus der Technik angeführt und eher weniger aus der Natur. Per Email gab Lehrkraft C wieder genauere Informationen bezüglich der Anwendungen bekannt: Besprochen wurden Dampfmaschinen und Verbrennungsmotoren. Allerdings wurden deren Funktionen nur wenig detailliert betrachtet. Beim Verbrennungsmotor wurde angesprochen, dass dieser chemische Energie in mechanische Arbeit umwandeln würde und dass er vorwiegend in der Automobilindustrie Einsatz fände. Bei der Dampfmaschine wurde besprochen, dass diese Wärmeenergie in Mechanische Energie umwandle. Es wurde angesprochen, dass der Elektromotor und der Verbrennungsmotor die Dampfmaschinen im 20. Jahrhundert abgelöst haben.

g) In wie weit haben Sie mit Schülervorstellungen gearbeitet?

Lehrkraft C handhabt diesen Punkt relativ ähnlich, wie Lehrkraft B. Die Schüler/innen werden gefragt, wie sie sich diverse physikalische Phänomene, wie z.B. die Energieumwandlungen, vorstellen und baut den Unterricht auf diesen Aussagen auf. Per Email beschrieb Lehrkraft C das Erfragen der Schülerpräkonzepte anhand des Beispiels Wirkungsgrad. Die Lehrkraft teilte allen Schüler/innen Zettelchen aus. Anschließend stellte sie die Frage in den Raum, weshalb sich bei einem natürlich vorkommenden Prozess niemals der Wirkungsgrad von 100% einstellen könnte. Jede/r Schüler/in schrieb seine/ihre Vermutung auf den Zettel. Die Zettel wurden mithilfe von Magneten an der Tafel gesammelt. Anschließend bat Lehrkraft C einzelne Schüler/innen passende Begriffe einander zuzuordnen.

6.2 Vergleich der drei Zugänge miteinander

Tabelle 7: Vergleich der Unterrichtskonzepte

	Konzeptorientierung	Verwendete Hilfsmittel	Anwendungen im Unterricht	Einbindung von Schülervorstellungen
Lehrkraft A	Inspiziert vom Münchner Konzept.	Experimentelle Geräte (Wärmebildkamera) Applets (PhET)	Vorwiegend technische Anwendungen (Wärmebildkamera/ Wasserkocher/ Geräte, welche SuS recherchiert haben)	Setzt bei konkreten Schülervorstellungen an (etwa von Erzeugung/Vernichtung der Energie)
Lehrkraft B	Wählt einen eigenen Zugang angepasst an die Klasse. Baut den Unterricht auf der Schulbuchreihe big bang auf	Gedankenexperimente (Gasteilchen in der Box, dieses Gedankenexperiment findet sich auch in big bang 7 wieder)	Vorwiegend Anwendungen im Sport oder dem Thema menschlicher Organismus (Fahrradfahren)	Geht insofern auf Schülervorstellungen ein, als dass sie SuS bezüglich ihrer Vorstellungen zu einem Thema fragt und den Unterricht auf diese Aussagen aufbaut.
Lehrkraft C	Hat sich bei dieser Klasse an der Schulbuchreihe big bang orientiert. Legt aber auch sehr viel Wert auf die Website „LEIFI Physik“.	Gedankenexperimente (Loopingbahnen und verzögertes Fallen) Applet Versuche (z.B. fallender Ball zur Veranschaulichung des Wirkungsgrades)	Vorwiegend technische Anwendungen (Dampfmaschinen und Verbrennungsmotoren)	Geht auch in dem Sinn auf Schülervorstellungen ein, als dass sie SuS bezüglich ihrer Vorstellungen zu einem Thema fragt und den Unterricht auf diese Aussagen aufbaut.

Grundlegend kann man sagen, dass sich Lehrkraft A in ihrem Unterricht durch das Münchner Konzept inspirieren lässt, sich die Lehrkraft C an den Schulbüchern big bang und der Website „LEIFI Physik“ orientiert und Lehrkraft B, nach eigener Aussage ein eigenes Konzept verfolgt, sich aber sehr an die Vorgehensweise der Schulbuchreihe big bang hält und alle Inhalte direkt mit dem Schulbuch erarbeitet. Diese spezielle Vorgehensweise hatte den Grund, dass Lehrkraft B in diesem Fall eine Sportklasse unterrichtet hatte, welche schwer für Physik zu motivieren war. Bei Lehrkraft A wird der Unterricht sehr schülerzentriert gestaltet, die Schüler/innen arbeiteten selbstständig mit der Wärmebildkamera, mit den Applets und führten eigenständige Berechnungen durch. Beim Unterricht von Lehrkraft B wird der Unterricht sehr lehrerzentriert abgehalten. Die Interaktion von der Lehrkraft mit den Schülerinnen stand im Mittelpunkt, wobei sich nur sehr wenige Schülerinnen an den Diskussionen beteiligten. Durch Gedankenexperimente wurde versucht, die Theorie zu veranschaulichen. Allerdings war das Gedankenexperiment dann doch recht abstrakt und könnte bei vielen Schüler/innen zu Verständnisschwierigkeiten geführt haben. Lehrkraft C verwendete ebenfalls Gedankenexperimente zur Veranschaulichung des Themas, legte aber mindestens so viel Wert auf Applets, sowie physische Versuche. Es wurde also sowohl lehrerzentrierter, als auch schülerzentrierter Unterricht abgehalten. Gruppenarbeiten fanden statt. Eine Anwendung erfolgte bei allen Lehrkräf-

ten, wobei A und C sich mehr auf technische Aspekte bezogen und B eher auf den menschlichen Körper bzw. Sport. Schülervorstellungen bauten alle Lehrkräfte in den Unterricht ein. Lehrkraft A und C erfragten die Schülervorstellungen von allen Schülern/innen schriftlich. Lehrkraft B hingegen machte sich wiederum durch eine mündliche Interaktion bezüglich der Schülervorstellungen kundig. Allerdings beteiligten sich nicht alle Schüler/innen an der Interaktion.

Insgesamt resultiert für Lehrkraft A somit ein technisch anwendungsorientiertes Unterrichtskonzept, welches durch Versuche und Applets gestützt wird, angelehnt an das Münchner Unterrichtskonzept. Die reine trockene physikalische Theorie wird auf ein Minimum reduziert.

Im Fall von Lehrkraft B findet sich ein anwendungsorientierter Unterricht in Richtung Sport und menschlicher Körper vor, welcher durch Gedankenexperimente untermauert wird. Allerdings erfordert das Gedankenexperiment doch einen gewissen Grad an Abstraktion. Der Unterricht erfolgt sehr stark anhand des Schulbuchreihe *big bang*.

Lehrkraft C bezieht Anwendungen aus der Technik in den Unterricht ein. In diesem Konzept stehen Versuche und Applets im Vordergrund. Gedankenexperimente werden als Ergänzung hinzugezogen. Als Grundlage dienen sowohl die Schulbuchreihe *big bang*, als auch die website „LEIFI Physik“.

6.3 Darstellung der Ergebnisse des Multiple Choice Tests

In folgendem Abschnitt werden nun alle Antworten der einzelnen Schüler/innen zu den Fragen aufgelistet. Besonders wichtig für die Forschung sind im Folgenden die falschen Antworten, weil sie aufzeigen, wo einzelne Schüler/innen oder gar gesamte Klassen noch Schwierigkeiten haben, das physikalische Konzept hinter der Frage zu verstehen. Aus diesem Grund werden diese zuerst dargestellt. Anschließend wird detaillierter aufgeschlüsselt, bei welchen Fragen, wie viele Schüler/innen korrekte Antworten abgegeben haben. Diese Daten helfen am Ende bei der Entscheidung, welcher der 3 betrachteten Unterrichtszugänge den günstigsten Lernerfolg mit sich gebracht hat.

Die Rohdaten zu den Ergebnissen bei den Multiple Choice Tests finden sich im Anhang der Arbeit im Kapitel 10.3.

6.3.1 Beschreibung der einzelnen Klassen

Bei der Schule von Klasse A handelt es sich um ein Realgymnasium, die Schülerinnen und Schüler haben demnach vertiefenden Unterricht in den Naturwissenschaften. Die Schüler/innen befinden sich in der 9. Schulstufe. Die Klasse besuchten zum

Zeitpunkt der Durchführung des Wissens-Tests 24 Kinder. Der Interessens- und Relevanzfragebogen wurde allerdings erst 1 Woche später durchgeführt, da er erst zu dieser Zeit online verfügbar war. An dem Interessens- und Relevanzfragebogen haben leider nur 18 der ursprünglichen Schüler und Schülerinnen teilgenommen.

Die Jugendlichen in der Klasse B besuchen die 10. Schulstufe in einem Sportgymnasium. Es ist eine reine Mädchen Klasse. Sie wurde am 28.4.2017 von 16 Schülerinnen besucht. Alle Mädchen haben an dem Test teilgenommen. Bedauerlicher Weise muss angemerkt werden, dass zu Beginn des Tests leider übersehen wurde, den Kindern mitzuteilen, dass bei dem Test auch Mehrfachantworten möglich sind. Erst bei der siebten Frage stellte eines der Kinder die entsprechende Frage und dementsprechend hatten die Schüler/innen erst zu diesem Zeitpunkt die entsprechende Information. Daher muss bei unvollständiger Beantwortung der Fragestellungen 4 + 5 berücksichtigt werden, dass diese möglicher Weise nur deswegen nicht vollständig beantwortet wurden, weil die Schüler/innen davon ausgegangen sind, dass stets nur eine korrekte Antwort möglich ist.

Im Fall von Klasse C handelt es sich um eine Klasse aus einer Privatschule, die Eltern müssen ein Schuldgeld von monatlich 100 Euro zahlen, damit die Schüler/innen das Gymnasium weiterhin besuchen dürfen. Die Kinder besuchen die 11.Schulstufe des Realteils der Schule. Am 1.6.2017 wurde sie von 21 Jugendlichen besucht, welche ausnahmslos an dem Test teilgenommen haben. Sämtliche Kriterien und Informationen wurden den Schülerinnen und Schülern vor dem Test mitgeteilt, die Ergebnisse dürfen demnach 1 zu 1 so genommen werden, wie sie dastehen.

6.3.2 Die Antworten einzelner Schüler/innen zu den Fragen und deren Analyse

Die einzelnen Fragen werden nun in Kreuztabellen aufgeschlüsselt. In der linken Ecke findet sich jeweils die Frage. In derselben Zeile kann man die einzelnen vier Antwortmöglichkeiten nachlesen. Entsprechend unter einer einzelnen Antwortmöglichkeit findet sich die Anzahl der Schüler/innen, welche diese Antwort gegeben haben. In Klammer wird hierbei im Detail angeführt, welche/r Schüler/in diese Antwort gegeben hat (z.B. A.1; A.2). Die Richtige(n) Antworten werden in grüner Farbe markiert.

Mithilfe spezieller falscher Antworten, welche Schüler/innen möglicher Weise gegeben haben, kann man darauf schließen, welche Schülervorstellungen dieser Antwort zugrunde liegen. Im Anschluss an eine jeweilige Tabelle werden nun mögliche Erklärungsversuche für die jeweilige Fehlantwort gemacht. Im Kapitel 7.2 werden die Fehlantworten dann bestimmten Schülervorstellungen zugeordnet. Es wird auch ge-

prüft, ob eine Fehlantwort etwaig darauf zurück zu führen ist, dass die jeweilige Person bestimmte Themen noch nicht miteinander verknüpfen konnte.

Tabelle 8: Antworten Frage 1

1: Was ist ein Perpetuum mobile der ersten Art?	Eine Maschine, die auf Rädern rollt.	Eine Maschine, welche Energie aus dem Nichts erzeugt.	Ein Mensch wäre ein Beispiel für ein Perpetuum mobile der ersten Art.	Das Perpetuum mobile der ersten Art wäre eine gleiche Maschine, wie ein Perpetuum mobile der zweiten Art.	Keine Antwort gegeben.	Gesamt
Klasse A	0	23	0	1	0	24
Klasse B	1	10	4	1	0	16
Klasse C	2	19	0	0	0	21
Gesamt	3	42	4	2	0	61

Man kann sehen, dass insgesamt sieben Jugendliche der Auffassung sind, ein Perpetuum Mobile existiere. Drei unter ihnen halten ein Perpetuum Mobile für eine Maschine mit Rädern und vier von ihnen glauben, Menschen seien Perpetuum Mobile. Leider reichen diese Informationen noch nicht aus, um sagen zu können, warum diese Kinder glauben, dass es ein Perpetuum Mobile gibt. Es wäre möglich, dass sie den Begriff einfach nicht kennen und geraten haben. Zwei weitere Personen kennen offenbar den Unterschied zwischen den beiden Typen eines Perpetuum Mobile nicht.

Außerdem kann man aus dieser Kreuztabelle herauslesen, dass Klasse A am sichersten mit dem Begriff Perpetuum Mobile umging. In Klasse A hat lediglich eine Person kein vollständiges Wissen vom Perpetuum Mobile. Sie denkt, dass beide Typen von Perpetuum Mobile ein und dasselbe sind. Die größte Unsicherheit mit diesem Begriff war in Klasse B zu vermerken. Fünf Schülerinnen waren hier der Auffassung, dass ein Perpetuum Mobile existiert und eine weitere Schülerin kannte den Unterschied zwischen den beiden Typen nicht. In Klasse C waren zwei Personen der Ansicht, dass ein Perpetuum Mobile existiert.

Tabelle 9: Antworten Frage 2

2: Was bedeutet der erste Hauptsatz der Thermodynamik?	Während der Wirkung einer Kraft wird eine Bewegungsänderung hervorgerufen.	Die elektrische Spannung fällt an einem Widerstand ab.	Die Energie bleibt im Universum erhalten.	Große Massen krümmen den Raum.	Keine Antwort gegeben.	Gesamt
Klasse A	9	2	12	0	1	24
Klasse B	4	0	11	1	0	16
Klasse C	3	1	17	0	0	21
Gesamt	16	3	40	1	1	61

Bei dieser Frage kann man alle falschen Antworten zu einer Einheit zusammenzählen, da sie lediglich aufzeigen, dass für 20 Schüler/innen der erste Hauptsatz nicht

dazu ausgereicht hat, um auf die Energieerhaltung zu schließen. Eine weitere Person hat sich der Antwort enthalten.

In Klasse A haben elf Schüler/innen nicht aus dem ersten Hauptsatz schlussfolgern können, dass die Energie im Universum erhalten bleibt, in Klasse B waren es fünf Jugendliche und in Klasse C vier.

Tabelle 10: Antworten Frage 3

3: Kennst du die Definition des Wirkungsgrades?	$\frac{\text{Nutzenergie}}{\text{investierte Energie}} = \text{Wirkungsgrad}$	Der Wirkungsgrad hat überhaupt keine Definition.	$\frac{\text{Spannung}}{\text{Stromstärke}} = \text{Wirkungsgrad}$	$\frac{\text{Arbeit}}{\text{Weg}} = \text{Wirkungsgrad}$	Keine Antwort gegeben.	Gesamt
Klasse A	19	1	2	1	1	24
Klasse B	9	4	1	2	0	16
Klasse C	15	1	2	3	0	21
Gesamt	43	6	5	6	1	61

Es ist sehr erstaunlich, dass sechs Personen der Ansicht waren, dass der Wirkungsgrad überhaupt keine Definition haben soll. Sofern diese Jugendlichen nicht einfach nur geraten haben, wäre es interessant zu erfahren, wie Schüler/innen auf diese Idee gekommen sind. Dazu müsste man die entsprechenden Schüler/innen allerdings interviewen. Eine Interpretation ohne Interview an dieser Stelle wäre viel zu spekulativ. Es zeigt sich, dass elf weitere Personen die Definition für den Wirkungsgrad nicht kennen. Eine Person hat sich wieder einer Antwort enthalten.

In Klasse A war eine Person vorzufinden, welche angegeben hat, der Wirkungsgrad hätte keine Definition. Drei weitere Jugendliche kennen dessen Definition nicht und wieder gab es in der Klasse eine Person, die keine Antwort geben wollte. In Klasse B hingegen gibt es vier Personen (25%), die glauben dem Wirkungsgrad fehle die Definition. Drei weitere Personen kennen den Wirkungsgrad nicht. In Klasse C gibt es eine Person, die glaubt, der Wirkungsgrad sei Definitionslos. Fünf weitere Personen kennen die Definition nicht.

Tabelle 11: Antworten Frage 4

4: Was würde es bedeuten, wenn du bei einem Gerät einen höheren Wirkungsgrad als 100% erzielen könntest?	Dieses Gerät würde mehr Energie erzeugen, als es genutzt hat, um seinen Vorgang einzuleiten.	Dieses Gerät würde den DERZEITIGEN Gesetzen der Physik widersprechen.	Dieses Gerät würde Energie aus dem Nichts erzeugen.	Dieses Gerät würde den Energieerhaltungssatz verletzen.	Keine Antwort gegeben.
Klasse A	9	14	13	2	1
Klasse B	8	6	6	2	0
Klasse C	21	20	14	19	0
Gesamt	38	40	33	23	1

Es zeigt sich, dass insgesamt nur 38 von 61 Personen die direkte Definition des Wirkungsgrades genutzt haben und gesagt haben, ein Gerät mit einem höheren Wir-

kungsgrad, als 100% würde mehr Energie erzeugen, als investiert wurde, um den Prozess in Gang zu setzen. Erstaunlich ist diese Zahl deswegen, weil aus Frage drei hervorgeht, dass 43 Personen die genaue Definition des Wirkungsgrades kennen. 40 von 61 Personen verstehen, dass eine solche Maschine den Gesetzen der Physik widerspricht. Allerdings können nur 23 von 61 Personen auch begründen, dass sie den Gesetzen der Physik deshalb widerspricht, weil eine solche Maschine den Energiesatz verletzen würde. 33 von 61 Personen können umgekehrt schließen, dass eine solche Maschine Energie aus dem Nichts erzeugen könnte.

Tabelle 12: Antworten Frage 5

5: Was trifft auf den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik zu?	Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass Wärme Energie grundsätzlich nicht zu 100 % in mechanische Energie umgewandelt werden kann.	Laut dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik ist es so, dass eine Kraft Urheberin einer Geschwindigkeitsänderung ist.	Bei einem Prozess wird in sehr vielen Fällen Energie in Form von Wärme abgegeben. Der Prozess selber nutzt nur einen Teil der Energie, die für ihn aufgewandt wurde.	Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik widerspricht dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik.	Keine Antwort gegeben.
Klasse A	14	0	8	1	1
Klasse B	1	10	9	0	0
Klasse C	20	0	21	0	0
Gesamt	35	10	38	1	1

Insgesamt gibt es in Klasse B zehn Schülerinnen, die den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik offenbar nicht kennen. Sechs weitere Personen aus Klasse A sind erstaunlicher Weise der Ansicht, dass der zweite Hauptsatz dem ersten Hauptsatz widerspreche.

In Klasse A haben vierzehn Schüler/innen verstanden, dass die mechanische Energie eine höherwertigere Energieform darstellt, als die thermische Energie. Davon haben fünf Schüler/innen auch erkannt, dass bei jedem Prozess Energie in Wärme umgewandelt wird. Drei weitere Schüler/innen dieser Klasse haben das ebenfalls erkannt, aber wissen nicht, dass die thermische Energie eine niederwertigere Energieform darstellt, als die mechanische.

In Klasse B hat genau eine Schülerin erkannt, dass mechanische Energie eine höherwertige Energieform darstellt, als thermische Energie. Neun andere Schülerinnen haben erkannt, dass bei den meisten Prozessen thermische Energie als Nebenprodukt entsteht. Allerdings haben vier dieser Schülerinnen auch gedacht, der zweite Hauptsatz habe etwas mit den Newtonschen Gesetzen zu tun.

In Klasse C waren bei dieser Frage lediglich korrekte Vorstellungen zu vermerken. Lediglich eine Person hat den Unterschied zwischen thermischer und mechanischer Energie nicht verstanden.

Tabelle 13: Antworten Frage 6

6: Was bedeutet der zweite Hauptsatz in deinem Alltag beispielsweise?	Wenn ich meine Haare föhne, wird nur ein Teil der elektrischen Energie, die in meinen Föhn gelangt, dazu aufgewandt, um meine Haare zu trocknen. Ein beachtlicher Teil wird in Wärme umgewandelt, sodass mein Föhn sich z.B. erhitzt.	Wenn ich beim Fußball-Spiel einen ruhenden Ball stoße, beginnt er zu rollen.	Wenn ich meinen Laptop an eine Steckdose anschließe fließt Strom durch den Laptop. Das bedeutet, sämtliche Energie die aus der Steckdose kommt, wird auf den Laptop übertragen.	Wenn ich ein Sandwich esse, wird sämtliche Energie, die mein Körper dadurch umsetzt, dazu aufgewandt, dass ich im Sport Unterricht mitlaufen kann.	Keine Antwort gegeben.	Gesamt
Klasse A	2	0	2	1	1	24
Klasse B	11	2	1	2	0	16
Klasse C	15	3	3	0	0	21
Gesamt	46	5	6	3	1	61

Es zeigt sich, dass insgesamt neun Personen fehlende Vorstellung vom zweiten Hauptsatz der Thermodynamik und vom Wirkungsgrad haben. Diese neun Personen gehen davon aus, dass eine hundertprozentige Effizienz bei einem Prozess anzutreffen sein kann. Sowohl die Antwortmöglichkeit mit dem Laptop, als auch die mit dem Sandwich erfordern, dass die in den Prozess investierte Energie ebenso groß ist, wie die gewonnene Nutzenergie. Beide Vorstellungen widersprechen allerdings den empirischen Erkenntnissen, die man in der Physik gewonnen hat. Außerdem hat sich herausgestellt, dass fünf weitere Schüler/innen die Konzepte der Physik überhaupt nicht auf den Alltag anwenden können.

In allen drei Klassen befinden sich drei Schüler/innen, welche eine Fehlvorstellung vom Wirkungsgrad und vom zweiten Hauptsatz aufweisen. In Klasse B sind es außerdem zwei weitere, welche den zweiten Hauptsatz und den Wirkungsgrad nicht anwenden können und in Klasse C sind es drei weitere, die das nicht vermögen.

Tabelle 14: Antworten Frage 7

7: Welche Bedeutung hat der zweite Hauptsatz der Thermodynamik für die Biologie?	Ein Hund kann mit seinem Magen mehr Energie aus seinem Futter schöpfen, als jedes andere Tier.	Wenn die Pflanze Fotosynthese betreibt, wandelt sie Sonnenenergie vollständig in Nutzenergie um.	Auch Tiere können bei ihren physiologischen Prozessen nur einen gewissen Anteil an Energie, die sie in Form von Nahrung zu sich nehmen, in Bewegungsenergie umwandeln.	Pilze sind Beispiele für ein Perpetuum Mobile der ersten Art.	Keine Antwort gegeben.	Gesamt
Klasse A	2	7	12	1	2	24
Klasse B	0	3	12	1	0	16
Klasse C	0	1	19	1	0	21
Gesamt	2	11	43	3	2	61

Bei dieser Frage zeigt sich wieder, dass drei Schüler/innen den Begriff des Perpetuum Mobile nicht kennen und davon ausgehen, ein solches würde existieren, denn sie haben sich für die Antwort (d) entschieden. Bei dieser Frage sind es sogar elf Personen, die zeigen, dass sie den Wirkungsgrad und den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik nicht verstehen oder aber nicht in Bezug mit anderen Themen bringen können (Antworten (b)). Diese Schüler/innen gehen davon aus, dass die Photosynthese einen hundertprozentigen Wirkungsgrad aufweist.

Interessanter Weise sind es diesmal zwei Schüler/innen aus Klasse A, die mit der Anwendung vom zweiten Hauptsatz und Wirkungsgrad nichts anfangen können (Antwort (a)). Bei der vorherigen Frage gab es nur Personen aus Klasse B und C, die das nicht konnten. In Klasse A ist die Fehlvorstellung bezüglich Wirkungsgrad und zweitem Hauptsatz mit sieben Schüler/innen am größten, gefolgt von Klasse B mit drei Schülerinnen. In Klasse C ist es eine Person, welche diese Fehlvorstellung aufweist.

In allen drei Klassen ist es eine Person, die bei dieser Frage davon ausgegangen ist, dass ein Perpetuum Mobile existiert. Im Vergleich dazu waren es bei Frage 1 sieben Personen, die von dieser Fehlvorstellung ausgegangen sind.

Tabelle 15: Antworten Frage 8

8: Wir nehmen einmal an, ein Wasserkocher habe einen Wirkungsgrad von 72%. Du steckst nun die Energie von etwa 444 400 Joule in das System. Wie viele Joule wird der Wasserkocher dafür aufwenden, um den 1 Liter Wasser in seinem inneren zu erhitzen?	Rund 130 000 Joule werden vom Wasserkocher zum Erhitzen des Wassers aufgewandt. Die restlichen 190 000 Joule werden in Wärme umgewandelt.	Sämtliche 444 400 Joule werden vom Wasserkocher zum Erhitzen des Wassers aufgewandt. Es geht keine Energie in Form von Wärme verloren.	Rund 50 000 Joule werden vom Wasserkocher zum Erhitzen des Wassers aufgewandt. Die restlichen 270 000 Joule werden in Form von Wärme verloren gehen.	Rund 320 000 Joule werden vom Wasserkocher dazu aufgewandt, um das Wasser zu erhitzen. Der Rest von rund 124400 Joule wird in Wärme umgewandelt. ⁵²	Keine Antwort gegeben.	Gesamt
Klasse A	0	5	2	15	2	24
Klasse B	2	1	2	11	0	16
Klasse C	3	1	0	17	0	21
Gesamt	5	7	4	43	2	61

Insgesamt haben neun Personen bei dieser Frage nicht nachgerechnet, ob die Energiemengen, welche bei den Antwortmöglichkeiten ((a) und (c)) gegeben werden, insgesamt auch die in der Frage gegebene Energiemenge ergeben.

Sieben andere Personen zeigen erneut die Fehlvorstellung vom Wirkungsgrad und dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik. Sie gehen von einer verlustfreien Energieeffizienz aus, obwohl bereits in der Angabe steht, der Wasserkocher habe einen Wirkungsgrad von 72%.

Bei dieser Frage haben in Klasse A fünf Personen die Fehlvorstellung vom Wirkungsgrad und dem zweiten Hauptsatz gezeigt, im Vergleich zu vorheriger Frage sind es zwei Personen weniger. In den beiden anderen Klassen sind es jeweils eine Person. Für Klasse B sind das ebenfalls zwei Personen weniger, als bei der vorherigen Frage und in Klasse C ist es wieder eine Person.

In Klasse A haben zwei Personen die Energiemengen in der Antwortmöglichkeit nicht addiert, in Klasse B waren es insgesamt vier Personen und in Klasse C drei Personen.

⁵² Sprockhoff, 1980

Tabelle 16: Antworten Frage 9

9: Auf welche Weise könnte ich den Wirkungsgrad eines Herdes in Bezug auf eine Suppe in einem geschlossenen Topf ermitteln?	Ich ermittle die Temperatur T1, auf welche er die Suppe erhitzt. Anschließend messe ich die Zimmertemperatur T2. Nun dividiere ich $\frac{T2}{T1}$. Das Ergebnis ist der Wirkungsgrad des Herdes.	Ich messe die Zeitdauer, die ich brauche, um die Suppe zu erhitzen. Außerdem bestimme ich die Masse der Suppe. Ablesen muss ich auch noch die Leistung des Herdes. Ich setze meine Werte nun in die Formel $\frac{m}{P \cdot t}$ ein und habe meinen Wirkungsgrad.	Ich untersuche die Temperatur T1 der Suppe zu Beginn der Erhitzung. Wenn ich die Herdplatte aufdrehe, beginne ich mit der Stoppuhr die Zeit t zu ermitteln. Ist die Suppe vollständig erhitzt, beende ich die Zeiterfassung. Ich messe nun erneut die Temperatur T2 der Suppe. Ich setze nun in die Formel $\frac{T2-T1}{t}$ ein und habe den Wirkungsgrad.	Mir ist bekannt, dass die spezifische Wärmekapazität von Wasser $c = 4184 \text{ [J/kg} \cdot \text{K]}$ beträgt, sie ist sehr ähnlich derer der Suppe. Ich lese die Leistung P des Herdes auf dem Gerät selber ab. Außerdem bestimmte ich die Masse m der Suppe. Ich ermittle die Temperatur T1 der Suppe zu Beginn der Erwärmung. Wenn ich den Herd nun anschalte, starte ich meine Stoppuhr. Ist die Suppe erhitzt, stoppe ich die Zeiterfassung. Ablesen kann ich die Zeitspanne t. Ich messe die neue Temperatur der Suppe T2. Meine Werte setze ich nun in die Formel $\frac{m \cdot (T2 - T1) \cdot c}{P \cdot t}$ ein und habe den Wirkungsgrad.	Keine Antwort gegeben.	Gesamt
Klasse A	1	5	7	9	2	24
Klasse B	2	4	4	6	0	16
Klasse C	2	1	4	14	0	21
Gesamt	5	10	16	29	2	61

Bei dieser Frage kann man wenig bezüglich Fehlvorstellungen aussagen. Zunächst einmal kann gesagt sein, dass in Klasse B erstaunlicher Weise immerhin 6 Personen auf die richtige Antwort gekommen sind und das, obwohl Lehrkraft B angegeben hat, die Grundgleichung der Wärmelehre nicht unterrichtet zu haben.

In Klasse A haben Dreizehn Personen diese Grundgleichung der Wärmelehre nicht ausreichend verinnerlicht und in Klasse C waren es sieben Personen.

Tabelle 17: Antworten Frage 10

10: Bei folgender Frage gehen wir davon aus, dass KEINE Reibung herrscht: Der Wagen besitzt am Punkt A die Geschwindigkeit v . Welche Geschwindigkeit besitzt er am Punkt B?	Er besitzt die Geschwindigkeit $2 \cdot v$ im Punkt B, da sich die Kinetische Energie bei der Abfahrt vom Hügel verdoppelt hat.	Er besitzt die Geschwindigkeit $\frac{v}{2}$ im Punkt B, weil sich die Kinetische Energie nach der Abfahrt halbiert hat.	Er besitzt die Geschwindigkeit v im Punkt B, weil die Kinetische Energie im Punkt B ebenso groß ist, wie im Punkt A.	Der Wagen kommt in Punkt B zur Ruhe, weil er seine gesamte Kinetische Energie verbraucht hat. ⁵³	Keine Antwort gegeben.	Gesamt
Klasse A	3	1	15	1	4	24
Klasse B	5	0	9	2	0	16
Klasse C	1	0	20	0	0	21
Gesamt	9	1	44	3	4	61

Mithilfe dieser Frage lassen sich weitreichende Aussagen über Schülervorstellungen sagen. Zunächst einmal haben insgesamt Dreizehn Personen gezeigt, dass sie die Energieerhaltung nicht verstanden haben. Neun Personen glauben, die Energie könne sich vervierfachen, denn wenn sich die Geschwindigkeit verdoppelt (Antwort (a)), wird die kinetische Energie viermal so groß. Diese Leute glauben also, dass sich die Energie während einem Prozess erhöhen kann. Eine Person ist der Ansicht, die Energie würde auf ein Viertel schrumpfen (Antwort (B)), sie könnte also weniger werden, trotz Reibungsfreiheit. Die Begründung ist analog zu Antwort (a). Außerdem gibt es drei Personen, welche direkt die Vorstellung haben, Energie könnte verloren gehen (Antwort (b)). Würde der Wagen zur Ruhe kommen, würde aus der Reibungsfreiheit folgen, die kinetische Energie wäre verloren gegangen. Zumindest die drei Personen, welche Antwort (b) angekreuzt haben, könnten auch das Konzept der Reibungsfreiheit missverstanden haben.

In Klasse A glauben drei Personen, die Energie hätte sich während der Fahrt vervierfacht, in Klasse B sind es fünf Personen und in Klasse C ist es eine Person. Eine Person in Klasse A glaubt, die Energie würde nach der Fahrt auf ein Viertel schrumpfen. In Klasse A glaubt eine Person, die Energie würde bei der Fahrt gänzlich verloren gehen und in Klasse B hingegen zwei Personen.

⁵³ Dahncke, Kiel, 1973, S.81 + 82

6.3.3 Leistungserfolge der Klassen im Vergleich

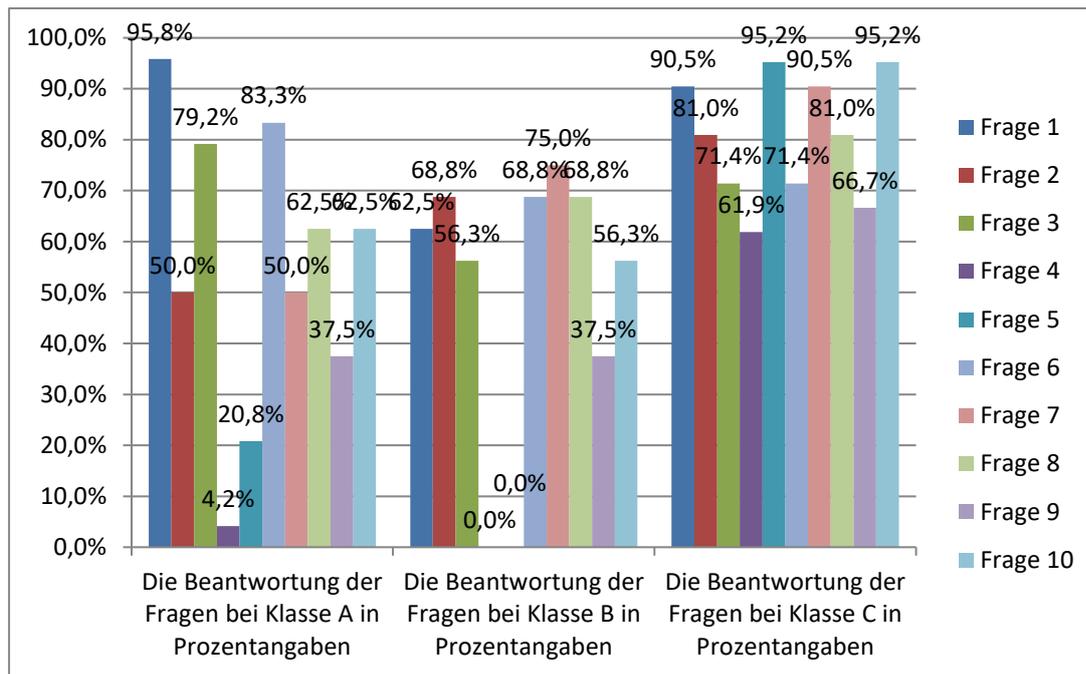


Abbildung 4: Vergleich vollständig korrekt gegebener Antworten

In der Abbildung 4 kann man ablesen, zu welchen Prozentsätzen die einzelnen Klassen bei einer Frage die vollständig korrekte Antwort gegeben haben. Gleich auf den ersten Blick wird ersichtlich, dass die Schüler/innen von Klasse C die meisten Fragen zu einem viel höheren Prozentsatz vollständig korrekt beantworten konnten. Ausnahmen bilden hier die Fragen 1 und 6, bei welchen Klasse A zu einem höheren Prozentsatz die vollständig korrekte Antwort gegeben hat. Ein günstiger Lernerfolg in einer Klasse ist in Kapitel 4.2 mit einer korrekten Antwort von $\frac{2}{3}$ bzw. 66,6% ebendieser Klasse definiert worden. Mithilfe von Abbildung 9 kann man sehen, dass Klasse C bei sämtlichen Fragen (die Fragen 4 und 5, werden separat bewertet) einen günstigen Lernerfolg erreicht hat. Im Vergleich dazu zeigt Klasse A nur bei den Fragen 1, 3 und 6 einen günstigen Lernerfolg. Klasse B zeigt bei den Fragen 2, 6, 7 und 8 einen günstigen Lernerfolg. Bei den Fragen 4 und 5 reicht die Aussagekraft dieses Diagramms leider nicht aus. Dort gab es mehrere richtige Antwortmöglichkeiten, daher hat eine vollständig korrekt gegebene Antwort bei dieser Frage noch wenig Aussagekraft. Daher folgen nun genauere Diagramme für jede dieser Fragen.

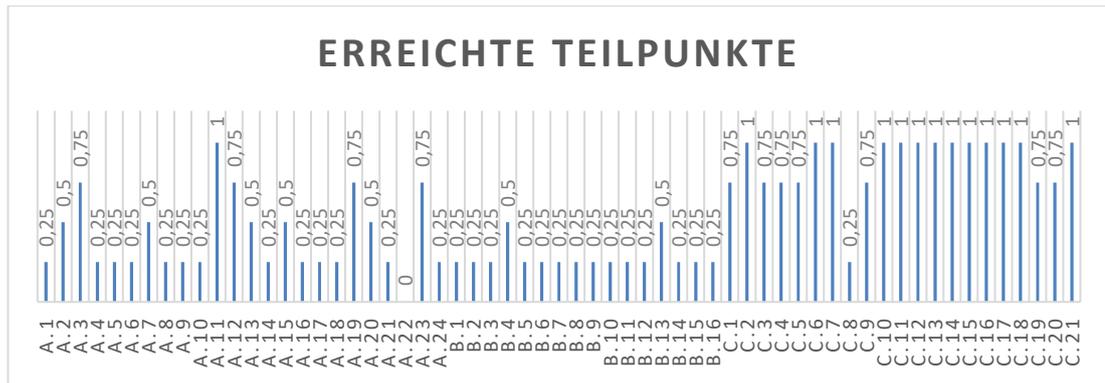


Abbildung 1: Gegebene Teilantworten aller Schüler/innen bei Frage 4

In der Abbildung 5 werden die Teilantworten dargestellt, welche die Schüler/innen bei Frage 4 geben konnten. An dieser Stelle kann hierdurch leider nicht gesagt werden, wie viele der Kinder, die genau $\frac{1}{4}$ Punkt erreicht haben, tatsächlich auch ein entsprechendes Fachwissen an den Tag gelegt haben. Es wäre auch möglich, dass ein gewisser Anteil dieser Kinder nur einfach eine willkürliche Frage ausgewählt hat und den $\frac{1}{4}$ Punkt deswegen erreicht hat, weil jede zufällig gegebene Antwort einen Treffer ergeben hat.

Bei Klasse A hat Frage 4 genau 1 Person (4,2% der Klasse) vollständig beantworten können. 4 Personen (16,7%) der Klasse A erkannten immerhin 3 von 4 der richtigen Antworten und weitere 5 Personen (20,8%) erkannten die Hälfte aller korrekten Antworten. Außer einer einzigen Person (4,2%), erkannte der Rest der Klasse (54,2%) eine der 4 Teilantworten.

Aus Klasse B erkannte keine Person 4 von 4 richtigen Antwortmöglichkeiten. Ebenso wenig wurden 3 der vier richtigen Antwortmöglichkeiten erkannt. 2 Personen (12,5%) erkannten zumindest 2 der 4 Teilantworten. Der Rest (87,5%) erkannte lediglich eine Teilantwort als richtig.

In Klasse C erkannten 13 Personen (61,9%) alle korrekten Antwortmöglichkeiten. 7 weiteren Personen (33,3%) erkannten nur eine richtige Antwortmöglichkeit nicht und lediglich 1 Person (4,8%) erkannte nur 1 Teilantwort als richtige. Bei Frage 5 hingegen erkannte nur 1 Person (4,8%) nicht alle richtigen Teilantworten und auch diese Person erkannte zumindest eine richtige Teilantwort als solche.

Insgesamt hat bei dieser Frage somit lediglich Klasse C einen günstigen Erfolg vorzuweisen gehabt, denn mehr als 66,6% der Schüler/innen haben 3 von vier korrekten Antwortmöglichkeiten als solche erkannt.

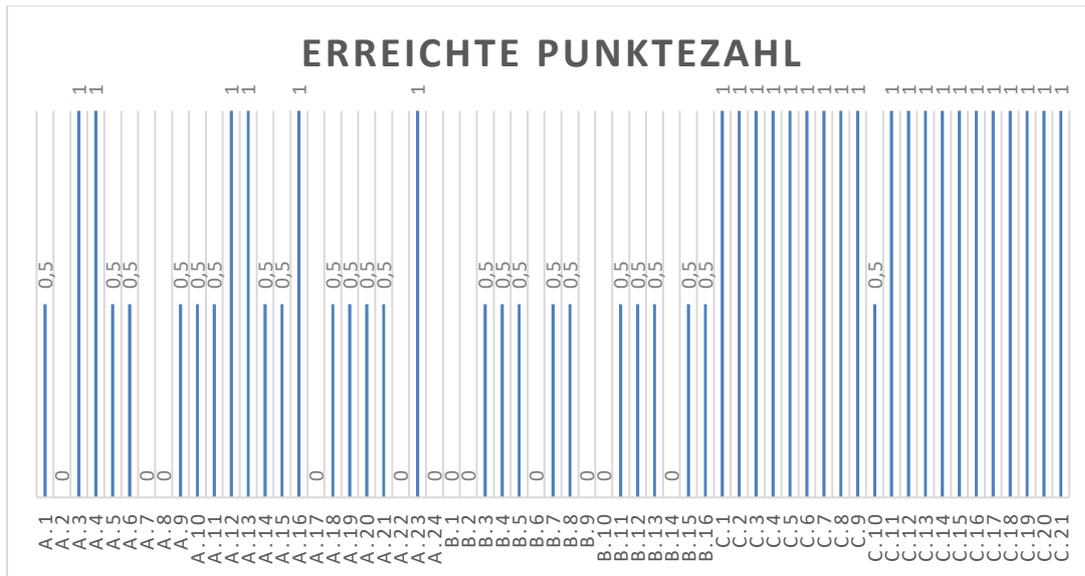


Abbildung 6: Gegebene Teilantworten aller Schüler/innen bei Frage 5

Bei Frage 5 haben 6 der Kinder (20,8%) von Klasse A die Frage vollständig beantworten können. 12 weitere Kinder (50%) wussten immerhin die Hälfte aller richtigen Antwortmöglichkeiten. Der Rest (29,2%) erkannte hier leider keine korrekte Antwort als solche.

In Klasse B hingegen erkannten 10 Kinder (62,5%) wenigstens eine Teilantwort als richtig. Der Rest (37,5%) entdeckte hier leider keine einzige richtige Antwort.

Anders sieht die Lage bei Klasse C aus. Hier wurde die Frage 5 von 20 Schüler/innen (95,2 %) dieser Klasse vollständig korrekt beantwortet, sie zeigten bei dieser Frage also einen ihrer größten Erfolge. Lediglich 1 Person (4,8% der Klasse) wusste nur 1 korrekte Antwortmöglichkeit.

Auch bei dieser Frage hatte also lediglich Klasse C einen günstigen Lernerfolg vorzuweisen, denn sogar 95,2% der Schüler/innen hatten alle beiden korrekten Antwortmöglichkeiten als solche erkannt und das sind wesentlich mehr als 60%.

6.3.4 Durchschnittsergebnisse der Klassen

Insgesamt kann man sagen, dass Klasse C mit einem Mittelwert von 8,23 und der Standardabweichung 1,74 Punkten die besten Ergebnisse erzielt hat, gefolgt von Klasse A mit durchschnittlich 6,09 Punkten und einer Standardabweichung von 2,15 Punkten. An dritter Stelle befindet sich somit Klasse B mit einem Schnitt von 5,53 Punkten und einer Standardabweichung von 2,10 Punkten. Begründen kann man die Ergebnisse durch vielerlei Faktoren. Dargestellt werden in Kapitel 7 diejenigen, welche durch diese Arbeit ergründet werden konnten. Zu allererst kann man sagen, dass Klasse C sich in einer Privatschule befindet, die Kinder kommen also vorwiegend

aus wohlhabenderen Familien. Außerdem sind die Schüler/innen aus Klasse C durchschnittlich älter (11.Schulstufe), als die Schüler/innen aus Klasse B (10.Schulstufe) und Klasse A (9.Schulstufe). Das bedeutet, man könnte nun keineswegs allein den Unterricht von Lehrkraft C als Grund dafür angeben, dass die Schüler/innen aus Klasse C durchschnittlich besser abgeschnitten haben, als die Schüler/innen aus den beiden anderen Klassen. Es gilt außerdem sowohl für Klasse C, als auch für Klasse A, dass die Schüler/innen den Realzweig besuchen, sie haben also vertiefenden Unterricht in den Naturwissenschaften, ganz im Gegensatz zu Klasse B. Bei Klasse B handelt es sich um eine Sportschule. Allerdings ist bei Klasse B auch zu berücksichtigen, wie bereits in Kapitel 6.3.2.1 erwähnt, dass die Schüler/innen erst nach Frage 6 erfahren haben, dass bei ein paar Fragen auch mehrere korrekte Antwortmöglichkeiten möglich sind. Auch auf diesen Faktor könnten also unvollständig beantwortete Fragestellungen in Klasse B zurückzuführen sein.

7 ANALYSE UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

7.1 Allgemeine Bemerkungen zu diesem Kapitel

In diesem Kapitel werden zunächst die Lernschwierigkeiten dargestellt. Mithilfe der Daten aus dem Kapitel 6.3.2 werden nun Schlussfolgerungen über die Vorstellungen der Schüler/innen zu den einzelnen physikalischen Konzepten gezogen. In weiterer Folge widmet sich ein Unterkapitel den Ergebnissen der Forschungsfragen dieser Arbeit. Es folgt ein Kapitel über die unterschiedlichen Ergebnisse von Mädchen und Burschen. Mithilfe dieser Daten wird beschrieben, welches Unterrichtskonzept den größten Lernerfolg mit sich gebracht hat und welche Bedeutung dies für den eigenen Unterricht haben kann. Zuletzt findet sich eine kleine Kritik an dieser Untersuchung.

7.2 Welche Schülervorstellungen resultieren aus den Daten?

7.2.1 Resultierende Schülervorstellungen

Mithilfe der Ergebnisse von 6.3.2 werden mögliche Schülervorstellungen beschrieben, welche den Fehlantworten zu Grunde liegen könnten.

Die Fehlvorstellung, ein Perpetuum Mobile der ersten Art würde existieren, wurde in dieser Untersuchung zwei Mal angetroffen. Zuerst bei Frage 1, bei welcher eine Schülerin aus Klasse B und zwei Schüler/innen aus Klasse C gedacht haben, eine Maschine auf Rädern sei ein Perpetuum Mobile der ersten Art und vier Schüler/innen aus Klasse B, die dachten Menschen seien Perpetuum Mobile. Anschließend war diese Fehlvorstellung noch einmal bei Frage 7 anzutreffen, bei welcher aus jeder Klasse jeweils eine Person gedacht hat, Pilze seien Perpetuum Mobile. Somit haben bei Frage 1 insgesamt sieben Personen gedacht, Perpetuum Mobile der ersten Art würden existieren und bei Frage 7 insgesamt drei Personen. Da bei den beiden Fragen unterschiedlichen Anzahlen von dieser Fehlvorstellung anzutreffen waren, ist es natürlich möglich, dass diese Antworten nur zufällig angekreuzt wurden, weil die Schüler/innen den Begriff Perpetuum Mobile nicht kannten. Zumindest in Klasse A scheint es erstaunlich, dass eine Person den Begriff des Perpetuum Mobile nicht so genau gekannt hat, denn Lehrkraft A hat diesem Begriff eine ganze Stunde gewidmet. Außerdem war diese Person bei Frage 1 noch der Ansicht, ein Perpetuum Mobile der ersten Art sei eine Maschine, welche Energie aus dem Nichts erzeugt. Daher müsste bei dieser Person aus Klasse A angenommen werden, sie glaube daran, dass es „Maschinen“ gäbe, welche Energie aus dem Nichts erzeugen können. Bei den sieben anderen Personen, die glauben, es gäbe ein Perpetuum Mobile der ersten Art

kann man nun nicht automatisch davon ausgehen, sie würden den Energiesatz nicht verstehen, denn es kann nun sein, dass sie nicht gewusst haben, was ein Perpetuum Mobile der ersten Art ist.

Einige Personen haben die Vorstellung, dass natürliche Prozesse einen Wirkungsgrad von 100% aufweisen können. Dieses Schülerkonzept war in dieser Arbeit bei den Fragen 6,7 und 8 anzutreffen. Bei dieser Vorstellung ignorierten die Schüler/innen die Tatsache, dass unterschiedliche Energieformen eine unterschiedliche Wertigkeit aufweisen. Eine niederwertige Energieform kann in eine höherwertigere nur unter Verlusten umgewandelt werden. Ein Teil der Energie wird dabei in thermische Energie umgewandelt. Das bedeutet also, dass die Schüler/innen die Energieentwertung noch nicht ausreichend gut verstanden haben. In allen 3 Klassen haben bei Frage 6 drei Personen angenommen, eine vollständige Energieumwandlung von investierter Energie in Nutzenergie wäre bei den Beispielen möglich. Bei Frage 7 hingegen gingen in Klasse A sieben von selbigem aus, in Klasse B blieb es bei drei Personen und in Klasse C war es nur noch eine Person. Bei Frage 8 waren es in Klasse A noch fünf Personen und in den Klassen B und C jeweils eine Person.

Mithilfe von Frage 10 kann man Aussagen darüber treffen, wie viele Schüler/innen die Energieerhaltung nicht verstanden haben und die Vorstellung aufweisen, Energie könne vernichtet/erzeugt werden. Insgesamt haben Dreizehn Schüler/innen nicht erkannt, dass die Kinetische Energie bei dem Beispiel wegen der Reibungsfreiheit vorhanden bleibt. Neun Personen waren hierbei der Ansicht, die Kinetische Energie könne zunehmen. Drei Jugendliche in Klasse A, Fünf Mädchen in Klasse B und eine Person in Klasse C. Außerdem glaubt eine Person in Klasse A, die Kinetische Energie ginge bei dem Beispiel verloren. In Klasse A glaubt außerdem eine weitere Person, dass die Kinetische Energie gänzlich verloren ginge, in Klasse B teilen 2 weitere Personen diese Ansicht.

7.2.2 Weitere Erkenntnisse mithilfe von Frage 4

Bei der Frage 4 zeigt sich sehr gut, dass sich außer den beschriebenen Schülervorstellungen auch noch ein anderes Phänomen beobachten lässt. Dort lässt sich sehr gut feststellen, dass die Themen Wirkungsgrad und Energieerhaltung bei vielen Schüler/innen nur schwach mit einander in Verbindung gebracht werden. Hier unterscheiden sich die einzelnen Klassen nun sehr wesentlich. In Klasse B konnte nur ein sehr geringer Anteil der Schülerinnen mehrere korrekte Antwortmöglichkeiten zu der Frage 4 geben. Allerdings muss erneut darauf hingewiesen werden, dass den Schülerinnen zu diesem Zeitpunkt noch nicht gesagt wurde, dass Mehrfachantworten bei dem Test möglich sind. In Klasse A gab es schon mehrere Schüler/innen, die die Antwortmöglichkeiten miteinander verknüpfen konnten. Trotzdem haben nur sehr wenige Schüler/innen auch explizit ausgesagt, dass ein höherer Wirkungsgrad als

100% den Energiesatz verletzen würde. Einzig und allein in Klasse C konnten wirklich sehr viele Schülerinnen eine Verknüpfung dieser Themen aufzeigen. Aber auch hier existieren noch Jugendliche, bei denen Wirkungsgrad und Energiesatz noch zwei separate Angelegenheiten sind und keinen Zusammenhang zu haben scheinen.

7.3 Antworten auf die Forschungsfragen

7.3.1 Lernerfolg bei Anlehnung am Münchner Konzept versus big bang

Aus dieser Durchführung kann man zunächst nur unter der Berücksichtigung von etlichen anderen Punkten Schlussfolgerungen bezüglich der Forschungsfrage (1) ziehen. Rein aus den Ergebnissen der Schüler/innen geht hervor, dass aus der Reihe der vorliegenden Unterrichtskonzepte die Orientierung an dem Konzept von Lehrkraft C die geeignetste ist, um die Themen „Energiesatz“, „Entropiesatz“ und „Wirkungsgrad“ zu unterrichten, da die Klasse dieser Lehrkraft bei ALLEN Fragen die Voraussetzung für einen günstigen Lernerfolg erbracht hat. An dieser Stelle sollte allerdings noch einmal betont werden, dass daraus keine ausschließliche Orientierung an dem Buch „big bang“ resultiert. Lehrkraft C verwendet für ihren Unterricht auch sehr viele Inhalte, Methoden und Medien, welche in „big bang“ nicht vorkommen. So wurden die meisten Versuche, welche diese Lehrkraft im Unterricht eingesetzt hat, mithilfe der Seite LEIFI Physik erarbeitet. Außerdem wurde das PhET Applet eingesetzt, um die Energieumwandlungen zu erörtern. Trotzdem kann an dieser Stelle gesagt werden, dass das Schulbuch big bang gemeinsam mit den anderen Methoden ein ausgezeichnetes Medium darstellt, um den Energiesatz, die Hauptsätze der Thermodynamik und den Wirkungsgrad zu unterrichten. Wie allerdings im Kapitel 6.3.4 bereits angesprochen, gibt es einige zusätzliche Parameter, die dazu geführt haben könnten, dass die Schüler/innen von Klasse C besser bei dem Test abgeschnitten haben, als diejenigen von Klasse A. Hierbei haben die Faktoren Alter und Schultyp ebenfalls eine wichtige Rolle eingenommen. Die Schüler/innen aus Klasse C waren im Durchschnitt 2 Jahre älter, als diejenigen aus Klasse A. Außerdem besuchen die Schüler/innen aus Klasse C eine Privatschule, d.h. dass ihre Eltern einen monatlichen Beitrag zu leisten haben, damit ihre Kinder diese Schule besuchen dürfen. Im weiteren Sinne bedeutet der höhere finanzielle Erwerb der Eltern, dass diese mehr Geld für Nachhilfe zur Verfügung haben, sollten die Kinder eine solche benötigen. Durch den höheren finanziellen Status ist auch die Möglichkeit da, anderwärtige Ressourcen zu besorgen, welche den Kindern beim Lernprozess dienlich sein könnten, z.B. weitere Bücher, Skripten und dergleichen.

Weiters stellte sich heraus, dass die Schüler/innen aus Klasse C insgesamt gesehen mehr Interesse an Physik zeigten, als die Schüler/innen der beiden anderen Klassen. Dies kann einen positiven Einfluss auf die Ergebnisse dieser Jugendlichen gehabt

haben. Krapp (1992) hat in seiner Studie beschrieben, dass Individuen, welche sich für eine Sache oder einen Gegenstand interessieren, eine Art eigene Beziehung dazu aufgebaut haben. Dieser Prozess hat dazu geführt, dass sich diese Individuen in ihrem Umgang mit diesem Gegenstand leichter tun, als Personen, die diesen Prozess noch nicht durchlaufen haben.⁵⁴ Deci (1992) geht in seinen Ausführungen sogar noch sehr viel weiter, er vergleicht das Verhalten eines Interessierten mit dem Verhalten von kleinen Kindern, da sich diese permanent mit Dingen auseinandersetzen, welche sie interessieren. Eine interessierte Person beschäftigt sich im Schnitt wesentlich länger mit den Dingen, für welche sie sich interessiert. Sie wird sich demnach auch wesentlich besser mit diesen Dingen auskennen. Eine interessierte Person ist „intrinsisch motiviert“, sich mit der Thematik auseinander zu setzen. Bei einer Prüfung werden solche Personen demnach eine eher bessere Leistung erzielen.⁵⁵ Ebenso haben durchschnittlich wesentlich mehr Kinder aus Klasse C angegeben, dass Physik für ihr persönliches Leben eine wichtige Rolle einnimmt. Das heißt, durchschnittlich sind wesentlich mehr Schüler/innen aus Klasse C „extrinsisch motiviert“, um Physik zu lernen. Diesen Begriff prägt beispielsweise Deci (1992). Er schreibt, dass auch dann mit mehr Eifer an eine Tätigkeit herangegangen wird, wenn sie diese nicht um der Sache selbst Willen ausgeführt wird, sondern weil sie diese Tätigkeit aus einem anderen Grund erfüllen wollen. Das können völlig unterschiedliche Gründe sein. In jedem Fall ist man „extrinsisch motiviert“.⁵⁶

Bader (2001) hat in seiner Untersuchung Schüler/innen, die anhand des Münchner Konzepts unterrichtet werden mit solchen die nach konventionellen mathematischen Konzepten unterrichtet werden verglichen. Bei dieser Untersuchung hatten Schüler/innen, welche anhand des Münchner Konzepts unterrichtet werden einen weitaus größeren Lernerfolg vorzuweisen. Allerdings handelt es sich bei big bang um kein konventionelles Medium, daher ist der Vergleich zu Baders Untersuchung nur im entfernten möglich. Es gibt auch noch weitere grundsätzlich Unterschiede zu Baders Untersuchung. Zunächst einmal war Baders Stichprobenumfang an Schüler/innen wesentlich größer war, als der Stichprobenumfang dieser Erhebung. Des Weiteren wurden viel mehr Tests durchgeführt, als hier. Die Daten wurden außerdem über einen längeren Zeitraum hinweg gesammelt und es gab sowohl eine Versuchsgruppe, als auch eine Kontrollgruppe bei seiner Erhebung.⁵⁷ Bader konnte seine Daten also wesentlich reliabler sammeln, als es hier möglich war.

⁵⁴ Krapp, 1992

⁵⁵ Deci, 1992

⁵⁶ Deci, 1992

⁵⁷ Bader, 2004

7.3.2 Praktische Hilfsmittel versus Gedankenexperimente

Unter diesem Punkt wird auf die Forschungsfrage (2) Bezug genommen. Relativ deutlich geht aus den Ergebnissen hervor, dass eine Betrachtung der Thematiken rein durch Gedankenexperimente und Theorie lediglich mithilfe eines Schulbuches einen geringen Lernerfolg mit sich bringt. Lehrkraft B hat im Gegensatz zu den anderen beiden Lehrkräften keine praktischen Hilfsmittel, wie z.B. Versuche oder Applets in den Unterricht mit einbezogen. Die anderen beiden Lehrkräfte haben sowohl Versuche, als auch Applets in ihren Unterricht eingebaut. Es kann aus diesen Erkenntnissen nicht herausgelesen werden, ob Applets oder Versuche vorzuziehen sind, aber das war auch nicht Ziel der Arbeit. Duit und T. Wodzinski (2006) haben darüber geforscht, was einen guten Physik-Unterricht ausmacht, also welche Faktoren eine Rolle dabei spielen, dass die Jugendlichen optimal lernen können. Unter diesen Faktoren wird nicht explizit der Punkt genannt, dass materielle Ressourcen und (experimentelle) Hilfsmittel dafür sorgen, dass der Lernerfolg der Kinder steigt. Allerdings wird erklärt, dass das sinnvolle Einbetten von Experimenten der richtige Schlüssel zum Erfolg ist. Es kann demnach vorausgesetzt werden, dass bei einem guten Physikunterricht früher oder später Experimente eingesetzt werden.⁵⁸ In einer anderen Studie, von Hattie, welche Höfer und Steffens (2014) zusammengefasst haben, wird ausdrücklich betont, dass ein Unterricht, der rein auf das Vermitteln von Wissen basiert, weniger erfolgreiche Schüler/innen hervorbringen wird.⁵⁹ Die Ergebnisse dieser Arbeit belegen somit die Aussage von Höfer und Steffens. Duit und T. Wodzinski (2006) stellen hingegen eine Spezifizierung der Ergebnisse dieser Forschungsarbeit dar.

7.4 Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden

Als erstes sei hier einmal gesagt, dass es in Klasse B nur weibliche Probanden gegeben hat. Liegt nur ein Geschlecht in einer Klasse vor, kann man schwerlich von Geschlechterunterschieden innerhalb dieser Klasse sprechen. Man kann aber prinzipiell sagen, dass sich die Ergebnisse der Mädchen aus Klasse B stark unterscheiden. Es zeigt sich, dass die Mädchen vermutlich allesamt relativ unspezifische Vorstellungen vom Energiesatz und dem Entropiesatz haben. Die Daten sind hier allerdings nicht ganz sicher, da leider bei den entsprechenden Fragen darauf vergessen wurde, den Mädchen mitzuteilen, dass Mehrfachantworten möglich sind.

In Klasse A sieht die Situation so aus, dass lediglich über ein Kind bekannt ist, dass es sich um ein Mädchen handelt. Sie hat alles in allem ein ziemlich gutes Ergebnis erbracht. Ihre Kenntnisse sprechen für sie, da sie außer bei den Frage 4 und 5 sämtli-

⁵⁸Duit & T. Wodzinski, 2006

⁵⁹Höfer, Steffens, 2014

che andere Fragen korrekt beantworten konnte. Im Vergleich dazu sind bei 11 anderen Kindern dieser Klasse die Informationen darüber gegeben, dass es sich um Burschen handelt. Die Ergebnisse dieser Burschen differieren relativ stark. Einige Buben haben relativ genaue Vorstellungen vom Energie- und vom Entropiesatz, andere scheinen hier noch große Unsicherheiten aufzuweisen. Da leider nur 1 Ergebnis von einer weiblichen Probandin vorliegt, kann man auch in dieser Klasse schwer auf geschlechterspezifische Unterschiede schließen.

Glücklicher Weise sieht die Situation in Klasse C etwas anders aus. Hier liegen zumindest 5 Ergebnisse von Probandinnen und 7 Ergebnisse für Probanden vor. An dieser Stelle kann sogleich gesagt sein, dass 3 von diesen 5 Mädchen eine Bestleistung erzielt haben. (Insgesamt haben bei dieser Durchführung 5 Personen alle Punkte bei dem Test ergattert. 3 von diesen 5 Personen sind weiblich, die anderen beiden Personen haben keine Informationen bezüglich ihres Geschlechtes angegeben.) Die restlichen 2 Mädchen aus Klasse C haben ihrerseits ein relativ gutes Ergebnis erzielt. Lediglich eine von beiden hat bei Frage 4 nur eine korrekte Antwortmöglichkeit nicht erkannt. Die Leistungen der Burschen unterscheiden sich etwas mehr und sind nicht ganz so gut, wie die der Mädchen. Die Aussage ist hier allerdings doch mit einer gewissen Unsicherheit behaftet, denn es liegen mehr Ergebnisse von männlichen Probanden vor. Daher ist eine größere Streubandbreite nicht verwunderlich. Nichtsdestotrotz ist dieses unsichere Ergebnis, dass in Klasse C die Mädchen etwas besser abgeschnitten haben, als die Burschen, relativ überraschend. Lehrkraft C bringt in ihrem Unterricht nämlich vorwiegend Anwendungen aus der Technik und weniger aus der Biologie. Das heißt, es wäre prinzipiell zu erwarten, dass die Mädchen aus Desinteresse schlechtere Leistungen erbringen würden, als die Burschen.

7.5 Welcher der untersuchten Unterrichtszugänge bringt den größten Lernerfolg mit sich?

Insgesamt hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse von Klasse C den Erwartungen für einen günstigen Lernerfolg entsprochen haben. In dieser Klasse hat bei allen Fragen ein sehr großer Anteil an Jugendlichen die korrekte Antwort parat. Insbesondere bei den kniffligen Fragen 4 und 5 hat diese Klasse gezeigt, dass so gut wie jeder verstanden hat, was die Kernaussagen des Energiesatzes und des Entropiesatzes sind. Sie beherrschen auch den Begriff des Perpetuum Mobile sehr gut. Ebenso hat die Klasse zu einem sehr hohen Anteil eine sehr genaue Vorstellung vom Wirkungsgrad gezeigt. Die Kinder gehen auch zu einem hohen Prozentsatz mathematisch sehr sicher mit diesem Wissen um. Auch bei den Fragen bezüglich der Anwendung der Themen in Natur und Technik zeigen die Schüler/innen von Klasse C ein sehr gefestigtes Wissen. Bevor allerdings das demnach erfolgreichste Unterrichtskonzept beschrieben wird, sei noch einmal angemerkt (wie bereits in den Kapiteln 6.3.4 und 7.3.1), dass

die Jugendlichen der Klasse C eine Privatschule besuchen, das bedeutet, sie stammen aus einem relativ wohlhabenden Elternhaus. Monatlich ist ein Schulgeld von 100 Euro an die Schule zu entrichten. Im weiteren Sinne bedeutet der höhere finanzielle Erwerb der Eltern, dass diese mehr Geld für Nachhilfe zur Verfügung haben, sollten die Kinder eine solche benötigen. Durch den höheren finanziellen Status ist auch die Möglichkeit da, anderwärtige Ressourcen zu besorgen, welche den Kindern beim Lernprozess dienlich sein könnten, z.B. weitere Bücher oder Skripten oder aber andere nützliche Dinge, wie Experimentierkoffer und Ähnliches. Des Weiteren sei ein weiteres Mal darauf hingewiesen, dass die Schüler/innen aus Klasse C um rund 2 Jahre älter waren, als diejenigen aus Klasse A, welche in Anlehnung an das Münchner Konzept unterrichtet wurden. Insgesamt unterscheidet sich das Unterrichtskonzept von Lehrkraft A erstaunlicher Weise nur in wenigen Bereichen von demjenigen von Lehrkraft C. Unterschiede liegen ausschließlich darin, dass Lehrkraft A sich vom Münchner Konzept inspirieren lässt und Lehrkraft C beim Unterricht das Buch „big bang“ verwendet und das Lehrkraft C sich von der Seite LEIFI Physik inspirieren lässt.

Unter der Berücksichtigung, dass all die beschriebenen Faktoren einen starken Einfluss auf die Ergebnisse der Kinder gehabt haben könnten, wird nun behauptet, dass das Unterrichtskonzept von Lehrkraft C im Gegensatz zu den anderen Konzepten einen günstigen Lernerfolg bei den unterrichteten Schülern/innen hervorgebracht hat. Daher sei an dieser Stelle ein weiteres Mal beschrieben, welche Eigenschaften den Unterricht von Lehrkraft C ausgemacht haben:

Die Inhalte werden durch angemessene Versuche veranschaulicht: Der Entropiesatz wurde durch das PhET-Applet veranschaulicht, ebenso, wie der Energiesatz. Der Wirkungsgrad wurde durch einen entsprechenden in vivo Versuch behandelt. Lehrkraft C wählte dazu einen Gummiball, der nach dem fallenlassen und aufprallen nicht mehr in dieselbe Höhe hinaufspringt, wie er in der Ausgangsposition innehatte. Versuche wurden außerdem durch LEIFI Physik inspiriert.

- a) Der Unterricht erfolgt schülerzentriert. Die Kinder stehen im Mittelpunkt des Geschehens. Sie arbeiten selbstständig am PC oder dürfen die Versuche selber durchführen.
- b) Die Schülervorstellungen fließen insofern in den Unterricht mit ein, als dass die Lehrkraft C die Kinder direkt danach fragt. Auf diese Weise kann sie den möglichen Fehlvorstellungen schon im Vorhinein begegnen.
- c) Es fließen viele Anwendungen in den Unterricht ein. Lehrkraft C bevorzugt aus eigenem Interesse eher Anwendungen aus der Technik. Allerdings sei aus den Ergebnissen von Bader (2001), sowie Duit und T. Wodzinski (2006) ausdrücklich darauf Aufmerksam gemacht, dass Anwendungen aus der Biologie einen

größeren Interessenszuwachs bei Mädchen bewirken, als Anwendungen aus der Technik.⁶⁰

- d) Lehrkraft C hat den Schülern/innen für den Unterricht das Schulbuch „big bang“ zur Verfügung gestellt. Es scheint so, als sei dieses Schulbuch eine gute Ergänzung zu einem sonst günstigen Lernkonzept.

Die Schüler/innen von Lehrkraft A hatten insgesamt kein so ein herausragendes Ergebnis, wie diejenigen von Lehrkraft C. Dennoch gab es zwei Fragen, welche die Schüler/innen von Klasse A im Schnitt besser beantwortet haben, als die Schüler/innen von Lehrkraft C. Dies waren die Fragen 1 und 7. Die erste Frage handelte direkt vom Begriff des Perpetuum Mobile. Die Schüler/innen von Klasse A beherrschten diesen Begriff wahrscheinlich deswegen noch besser, als diejenigen von Klasse C, weil Lehrkraft A eine ganze Stunde für diesen Begriff aufgewendet hat. Die Vorgehensweise erfolgt analog zu der von Lehrkraft C, die Kinder experimentieren selbstständig. Die Kinder haben allesamt ein eigenes Perpetuum Mobile zugeteilt bekommen und mussten bei diesem bestimmen, wo an diesem der Haken liegt. Dies dürfte dazu geführt haben, dass so viele von diesen Kindern die genaue Bedeutung des Begriffes gelernt haben. In diesem Sinne kann auch diese Vorgehensweise als geeigneter Zugang angesehen werden, um den Schülern/innen wichtige Begriffe zu vermitteln.

- e) Schüler/innen sollen eigenständig über bestimmte Dinge oder Tätigkeiten mit Argumenten aus der Physik diskutieren, um die physikalischen Fachbegriffe zu festigen.

Es gibt insgesamt eine große Menge an Störfaktoren, welche die Ergebnisse der Untersuchung stark beeinflusst haben könnten. Da die Ergebnisse der Arbeit dementsprechend kritisch betrachtet werden müssen, soll es noch ein letztes Unterkapitel geben, in welchem die Grenzen der Aussagekraft dieser Arbeit behandelt werden.

7.6 Kritik am Forschungsdesign

In diesem Unterkapitel soll beschrieben werden, welche Schwachstellen diese Forschungsarbeit aufzuweisen hat und was aus diesen resultiert. Einer der Aspekte wurde bereits mehrmals angesprochen. Es handelt sich um die relativ geringe Stichprobe, mit welcher die Untersuchung durchgeführt wurde. Wie bereits angesprochen, können bei einer statistischen Untersuchung starke Ausreißer das Gesamtergebnis der Untersuchung verfälschen. Das kann so weit führen, dass das Gesamtergebnis ganz anders aussieht, als es würde, hätte man einen größeren Stichprobenumfang gehabt. Wäre die Stichprobe deutlich größer, so hätten diese einzelnen Ausreißer nicht so

⁶⁰ Bader, 2001; Duit und T.Wodzinski, 2006

einen starken Effekt auf das Gesamtergebnis. In dieser Arbeit gilt dies für alle Hypothesen, da die Stichprobe immer dieselbe war.

Eine weitere Schwachstelle, welche sich bei der Auswertung nach und nach entpuppte, war das Multiple Choice Format. Inzwischen erscheint es zur Untersuchung von Schülerkonzepten von diversen physikalischen Phänomenen als wesentlich sinnvoller, freie Fragen zu stellen und des Weiteren direkte Befragungen zu den Themen durchzuführen. Auf diese Weise erhält man ein wesentlich genaueres Bild davon, wie sich die Schüler/innen die Physik tatsächlich vorstellen. Multiple Choice war dabei zu wenig aufschlussreich. Mithilfe von Literatur konnte man sehr wohl Aussagen treffen, aber diese sind doch vage.

Diese Untersuchung war eine Querschnittsuntersuchung. Das bedeutet man darf aus den getroffenen Aussagen keine Kausalschlüsse ziehen. Deshalb immer der Hinweis darauf, dass es weitere Untersuchungen bräuchte, um genauere Aussagen über die Inhalte treffen zu können. Kausalschlüsse lassen sich deswegen keine ziehen, weil eine Querschnittsuntersuchung Daten nur zu einem Zeitpunkt erhebt. Um eben solche Schlüsse ziehen zu können, müsste man allerdings Daten zu mindestens zwei Zeitpunkten erheben. Für Kausalität benötigt es Ursache und Wirkung, wobei die Ursache zu einem früheren Zeitpunkt stattfindet, als die Wirkung. Ursache und Wirkung können nicht instantan stattfinden.⁶¹

In der Fachdidaktik, stößt man beim Generieren von Wissen leider auf ein Problem, um welches man nicht herumkommt. Die Inhalte, die man zu ergründen versucht, sind schwer zugänglich, da es sich um Konzepte und Vorstellungen handelt, die sich in den Köpfen von Menschen abspielen. Man kann allerdings nicht in die Gedanken der anderen hineinsehen, deshalb ist es notwendig diese Konzepte über Kommunikation zu erfassen. Darüber hinaus muss die befragte Person ihre Konzepte und Vorstellungen auch in Sprache umsetzen können. Auch das kann kompliziert sein. So ist man auch auf die Ehrlichkeit der Befragten angewiesen.⁶² Man sieht also, dass die Arbeit der Fachdidaktiker keineswegs einfach ist.

Zu guter Letzt darf man auch nicht außer Acht lassen, dass der Leistungstest einer Prüfungssituation entsprochen hat, auch wenn den Schüler/innen versichert wurde, dass die Leistungen nicht in ihre Schulnoten einfließen würden. Viele Menschen, nicht nur Schüler/innen, erbringen schlechtere Leistungen in einer Prüfungssituation. Das bedeutet, dass einige Schüler/innen womöglich einen wesentlich größeren Wissensschatz aufweisen, als sie bei dem Multiple-Choice Test zeigen konnten. Leider ist auch dies ein Faktor, um welchen man nicht herumkommt. Auch die mündliche

⁶¹ Echterhoff & Hussy & Schreier, 2010

⁶² Bleichroth, 1999

Befragung von Schüler/innen oder ein Test mit freien Fragen würde diesen Effekt nicht aufheben.

8 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

8.1 Die Arbeit

Schülerinnen und Schüler lernen in der Schule deshalb Physik, weil sie das Wissen, welches sie sich aneignen, in ihrem Leben als Teil dieser Gesellschaft brauchen werden. Die wichtigsten Begrifflichkeiten, welche Schüler/innen können sollten, werden im Lehrplanvorgeschrieben. Die Energieerhaltung und der Wirkungsgrad sind verpflichtende Bausteine des Lehrplans Physik, wohingegen die Hauptsätze der Wärmelehre empfohlene Vertiefungsthemen sind. Aufgrund von bisheriger fachdidaktischer Forschung ist bereits bekannt, dass es einige Herausforderungen gibt, welche Lehrkräfte und Schüler/innen gemeinsam meistern müssen, damit die letzteren die genannten Themen lernen können. Eine dieser zu meisternden Aufgaben liegt in den sogenannten Schülervorstellungen. Schüler/innen kommen mit gewissen Präkonzepten in die Schule, welche oft im krassen Widerspruch zu den Konzepten der Physik stehen und diese Präkonzepte zeigen sich häufig resistent gegenüber dem Wissen, welches im Physikunterricht vermittelt wird. Ein weiteres Problem ist das große Desinteresse von Mädchen an traditioneller Physik, gemeint ist ein sehr mathematischer und technik-lastiger Unterricht.

In dieser Untersuchung wurden zwei Unterrichtszugänge miteinander verglichen. Der Zugang über das Schulbuch *big bang* und derjenige über das Münchner Unterrichtskonzept. Die Lehrkräfte wurden mithilfe eines Fragebogens bezüglich ihrer exakten Vorgehensweise befragt. Hierbei war wichtig zu erfahren, welche (experimentellen) Hilfsmittel die Lehrkräfte beim Unterrichten der Themen verwendet haben. Die Leistung der Kinder wurde mithilfe eines Multiple-Choice Tests erfasst. Auch das Interesse der Jugendlichen an der Physik, sowie die Relevanz der Physik für das (spätere) Leben wurden bei dem Test erfragt. Bei dieser Durchführung hat sich ein Unterrichtskonzept, welches am Schulbuch *big bang* angelehnt wurde, als das erfolgreichste Konzept etabliert. Hierbei können aber so viele Störfaktoren hineingespielt haben, dass dieses Ergebnis keineswegs mit Sicherheit formuliert werden kann. In weiterer Folge hat sich ergeben, dass ein Unterricht, bei dem Hilfsmittel, wie Versuche oder Applets hinzugezogen werden, einen wesentlich besseren Lernerfolg mit sich bringen, als ein rein theoretischer Unterricht, lediglich durch Gedankenexperimente gestützt.

Der erste Störfaktor, welcher bei den Ergebnissen der Schüler/innen eine Rolle gespielt haben könnte, war derjenige des Elternhauses. Die Klassen stammten nämlich aus unterschiedlichen Schultypen. Diejenige Klasse, die das weitaus beste Ergebnis bei dem Test erbracht hat, stammte aus einer Privatschule. Die Eltern dieser Kinder

stehen finanziell sehr gut da und haben durch ihr hohes Einkommen viele Optionen, um den Lernvorgang ihrer Nachkommen durch diverse Maßnahmen zu unterstützen.

Ein weiterer Störfaktor stellte das unterschiedliche Alter der Schüler/innen der unterschiedlichen Klassen dar. Die Jugendlichen aus Klasse A waren durchschnittlich etwa Fünfzehn Jahre alt. Diejenigen aus Klasse B hatten ein Alter von rund Sechzehn Jahren und diejenigen aus Klasse C waren im Schnitt Siebzehn Jahre alt. Auch dies könnte einen Einfluss auf die Ergebnisse gehabt haben. Außerdem hat sich gezeigt, dass das Interesse und die „extrinsische Motivation“ der Schüler/innen einen Einfluss auf deren Ergebnisse hatte.

Mithilfe des Multiple Choice Tests wurden prägnante Schülervorstellungen zu den Themen Energiesatz, Hauptsätze der Thermodynamik und dem Wirkungsgrad beforst. Es stellte sich heraus, dass trotz erfolgter Energielehre noch dreizehn Personen die Vorstellung aufweisen, dass die Energie nicht erhalten bleibt. Insgesamt gibt es acht Personen, welche der Ansicht sind, ein Perpetuum Mobile erster Art würde existieren. Insgesamt haben neun Personen die Entwertung der Energie nicht ausreichend gut verstanden. Sie verstehen nicht, dass die Umwandlung von einer niederwertigen Energieform in eine höherwertige Energieform nicht zu 100% erfolgen kann und dass hierbei immer ein Teil der Energie auch in Wärme umgewandelt wird. Es zeigt sich, dass wohl für viele Jugendliche die Zusammenhänge zwischen dem Wirkungsgrad, dem Energiesatz und dem Entropiesatz noch nicht ganz klar sind und sie die Energieentwertung nicht ausreichend einordnen können. Es hat sich gezeigt, dass es für den Physikunterricht in weiterer Folge wichtig wäre, gerade diese Themen stärker zu verknüpfen.

Das Unterrichtskonzept von Lehrkraft C hat als einziges den Kriterien für einen günstigen Lernerfolg entsprochen. Aktiven oder zukünftigen Lehrkräften wird demnach empfohlen, ihren Unterricht bei den Themen Energiesatz, Hauptsätze der Thermodynamik und Wirkungsgrad am Unterricht von Lehrkraft C zu orientieren. Dieser Unterricht sieht Applets und Versuche an geeigneter Stelle im Unterricht vor. Außerdem werden viele Anwendungen in einem solchen Unterricht gemacht. Hier wären allerdings Anwendungen aus der Biologie vorzuziehen, auch wenn Lehrkraft C Anwendungen aus der Technik in den Unterricht einbezog. Ein Unterricht, der einen günstigen Lernerfolg mit sich bringen soll, erfolgt darüber hinaus schülerzentriert. In weiterer Folge hat sich außerdem ein didaktischer Kniff von Lehrkraft A als sinnvoll erwiesen. Es handelt sich um Gruppendiskussionen von Schülern/innen mithilfe von Argumenten, welche durch die Physik gestützt werden.

8.2 Zukünftige Forschungsarbeiten

Es gibt bereits sehr viele Arbeiten zur Energielehre im Unterricht und den Vorstellungen der Schüler/innen zu dieser Thematik, mit welchen diese in den Unterricht kommen. Es zeigt sich allerdings, dass immer noch viel mehr Daten aus diesem Bereich gesammelt werden müssen. Besonders wichtig wäre es, herauszufinden, wie Schüler/innen gelernte Konzepte miteinander verbinden oder ob diese einfach separat und völlig unabhängig voneinander gespeichert werden. In dieser Arbeit hat man das beim Wirkungsgrad und dem Energieerhaltungssatz gesehen. Das heißt, es müssen Konzepte her, welche gerade bei solchen Problemen helfen können. Sicherlich wird es in Zukunft noch zahllose Forschungsarbeiten in diese Richtung geben, das Wissen wird also noch anwachsen.

9 VERZEICHNISSE

9.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Perpetuum Mobile aus Indien	14
Abbildung 2: Bildfolge	15
Abbildung 3: Der Wagen fährt reibungsfrei über den Hügel	27
Abbildung 4: Vergleich vollständig korrekt gegebener Antworten	50
Abbildung 5: Gegebene Teilantworten aller Schüler/innen bei Frage 4	51
Abbildung 6: Gegebene Teilantworten aller Schüler/innen bei Frage 5	52
Abbildung 7: Tabelle aus Baders Dissertation, welche das Münchner Unterrichtskonzept dem traditionellen Konzept gegenüberstellt.....	71
Abbildung 8: Erstellung eines Kontos.....	72
Abbildung 9: Quizzes auswählen	73
Abbildung 10: „Add Quiz“	73
Abbildung 11: Zu erstellende Frage.....	73
Abbildung 12: Bearbeitung einer Frage	74
Abbildung 13: „Teacher Login“.....	75
Abbildung 14: Auszuwählendes Feld.....	75
Abbildung 15: Gewählte Funktion	76
Abbildung 16: „Student Login“	76
Abbildung 17: Beantwortete Fragen als Bruch	77
Abbildung 18: Ergebnisse beschaffen.....	78

9.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Energieerhaltung	6
Tabelle 2: Erster Hauptsatz der Thermodynamik.....	6
Tabelle 3: Entropiesatz.....	7
Tabelle 4: Wirkungsgrad.....	7
Tabelle 5: Fachliche Fragen	25
Tabelle 6: Fragen zu Interesse und Extrinsischer Motivation	28
Tabelle 7: Vergleich der Unterrichtskonzepte.....	39
Tabelle 8: Antworten Frage 1.....	42
Tabelle 9: Antworten Frage 2.....	42
Tabelle 10: Antworten Frage 3.....	43
Tabelle 11: Antworten Frage 4.....	43
Tabelle 12: Antworten Frage 5.....	44
Tabelle 13: Antworten Frage 6.....	45
Tabelle 14: Antworten Frage 7.....	46
Tabelle 15: Antworten Frage 8.....	47
Tabelle 16: Antworten Frage 9.....	48
Tabelle 17: Antworten Frage 10.....	49
Tabelle 18: Ergebnisse der Klasse A.....	79
Tabelle 19: Ergebnisse der Klasse B.....	80
Tabelle 20: Ergebnisse der Klasse C.....	81

9.3 Literaturverzeichnis

Apolin, Martin: big bang 5. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien, 2015

Apolin, Martin: big bang 7. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien, 2015

Bader, Martin: Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges „Einführung in die Mechanische Energie und Wärmelehre“, Ludwigs-Maximilians- Universität, München, 2012

Bleichroth, Wolfgang et al. : Fachdidaktik Physik. Aulis Verlag Deubner & Co Kg, Köln, 2.Auflage, 1999

Bundesministerium für Bildung und Frauen. Physik.13.7.2015. URL:
https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_neu_ahs_10_11862.pdf?5i84ki [Stand: 6.1.2017]

Bundesministerium für Bildung und Frauen. Die kompetenzorientierte Reifeprüfung Physik. Richtlinien und Beispiele für Themenpool und Prüfungsaufgaben. März.2012. URL:
https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/ba/reifepruefung_ahs_lfph.pdf?4k21fs [Stand: 15.1.2017]

Crossley, Antony & Hirn, Niklas & Starauschek, Erich: Schülervorstellungen zur Energie – Eine Replikationsstudie-. In: ResearchGate (2009)

Dahncke, Helmut: Energieerhaltung in der Vorstellung 10- bis 15- Jähriger. Universität Kiel, Kiel, 1973

Deci, Edward L.: The Relation of Interest to the Motivation of Behavior: A Self-Determination Theory Perspective. In: The Role of Interest in Learning and Development. K. Ann Renninger (Hg.) & Suzanne Hidi (Hg.) & Andreas Krapp (Hg.). Lawrence Erlbaum Assoc Inc, New York und London, 1992

Duit, Reinders & Glynn, Shawn M.: Learning Science in Schools. Research Reforming Practise. Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1995

Duit, Reinders & Kesidou, Sofia: STUDENTS' UNDERSTANDING OF BASIC IDEAS OF THE SECOND LAW OF THERMODYNAMICS. In: Research in Science Education 18 (1988)

Duit, Reinders & T. Wodzinski, Christoph: Merkmale „guten“ Physikunterrichts. Piko Brief Nr.10 (2006)

Echterhoff, Gerald & Hussy, Walter & Schreier, Margit: Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor. Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg, 2010

Fedra, Ralph-Dieter: Ausschärfung und Weiterentwicklung von vorwissenschaftlichen Vorstellungen beim Erlernen des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik, Gesamthochschule Kassel, Kassel, 1989

Fiedler, Martina: Offenes Lernen im Unterricht der Thermodynamik. (Veröffentlichungsart fehlt) Universität Wien, Wien, 2005 (?)

Frederik, Ineke et. al.: Pre-service Physics Teachers and Conceptual Difficulties on Temperature and Heat. In: European Journal of Teacher Education 22 (1999)

Höfer, Dieter & Steffens, Ulrich: Die Hattie- Studie. Bundesministerium für Bildung und Frauen, Wiesbaden, 2014

Hopf, Martin & Korner, Marianne: Zur Evaluation von Cross-Age Peer Tutoring im Physikunterricht. In: PhyDid A – Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (2017)

Jaros, Albert & Nussbaumer, Alfred & Nussbaumer, Peter: Physik compact. Basiswissen 5. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien, 2011

Jaros, Albert & Nussbaumer, Alfred & Nussbaumer, Peter: Physik compact. Basiswissen 6. Österreichischer Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co. KG, Wien, 2012

Kowalczyk, Jürgen & Lauth, Günter Jakob: Thermodynamik. Eine Einführung. Springer – Verlag, Berlin & Heidelberg, 2015 (Lehrbuch)

Krapp, Andreas: Das Interessenskonstrukt Bestimmungsmerkmale der Interessenshandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In: Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch- psychologischen Interessensforschung. Andreas Krapp (Hg.) & Manfred Prenzel (Hg.). Aschendorffsche Verlagsbuchhandlung GmbH & Co, Münster, 1992

Kulkarni, Vasudeo Digambar & Tambade, Popat Savaleram: Assessing the Conceptual Understanding about Heat and Thermodynamics at Undergraduate Level. In: European Journal of Physics Education (2013)

Méndez Coca, David: Motivational Change Realized by Cooperative Learning Applied In Thermodynamics. In: European Journal of Physics Education (2012)

Meyn, Jan-Peter: Erhaltung und Entwertung von Energie. 12.12.2006. URL: <http://www.didaktik.physik.uni-erlangen.de/fortbildung/fortbildung-archiv/energieerhaltungentwertung-handzettel.pdf> [Stand: 26.7.2017]

Reischl, Georg & Steiner, Gerhard & Wagner, Paul: Einführung in die Physik, Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Wien, 3. Auflage, 2010

Sprockhoff, Georg: Physikalische Schulversuche. Wärmelehre. Aulis Verlag Deubner & Ko Kg, Köln, 1980

Wiesner, Hartmut et al. : Unterricht Sek. I Physik: Mechanik I, Kraft und Geschwindigkeitsänderung: Aulis Verlag, München, 2011/2012

Wiesner, Hartmut et al. : Unterricht Sek. I Physik: Mechanik II: Dynamik, Erhaltungssätze, Kinematik: Aulis Verlag, München, 2013

10 ANHANG

10.1 Zusammenfassung und Summary

In dieser Arbeit wurden drei unterschiedliche Unterrichtskonzepte von aktiv unterrichtenden Lehrkräften miteinander verglichen. Dabei wurde ergründet, welches dieser Unterrichtskonzepte einen günstigen Lernerfolg bei den Themen Energieerhaltung, Hauptsätze der Thermodynamik und dem Wirkungsgrad mit sich bringt. Die Leistungen der Schüler/innen wurden mithilfe eines Multiple-Choice Tests ermittelt. Als Grundlage für den Unterricht der ausgewählten Lehrkräfte diente das Schulbuch „big bang“ und das Münchner Konzept der LMU. Es wurde überprüft, welcher dieser beiden Zugänge sich eher eignet, um den Energiesatz, die Hauptsätze der Thermodynamik und den Wirkungsgrad zu unterrichten. Hierbei wurde auch überprüft, ob sich experimentelle Hilfsmittel oder Applets eignen, den Lernerfolg zu unterstützen. In den vergangenen Jahren hat man entdeckt, dass Schüler/innen häufig mit diversen Präkonzepten in den Unterricht kommen. Daher wurden die Fehlaussagen der Schüler/innen bei dem Multiple-Choice Test dazu verwendet, um auf mögliche Fehlvorstellungen von Schüler/innen zu schließen. Die Schülervorstellung, Energie könne verloren gehen, war bei den Schülern/innen anzutreffen. Ebenso wiesen einige Jugendliche eine fehlende Verknüpfung von Wirkungsgrad, Energiesatz und Entropiesatz auf. Zuletzt wurde die Arbeit aufgrund von Literatur kritisiert.

In this labour three different educational concepts were compared by teachers with a wide range of tutoring experience. On the topics of energy conservation, the laws of thermodynamics and the efficiency factor, it has been fathomed, which of those concepts is the most favorable for lecturing. The advancement of the pupils was documented by means of a multiple-choice test. The selected teachers' methods were based on the class book "big bang" and the Munich concept of the LMU. Which of those two outranks the other in efficiency was one point of interest. Whether experimental resources would support the learning process, was evaluated in this context. It has been noted that pupils throughout the world are oftentimes coming with diverse pre-concepts to education. Therefore the errors of the pupils at the multiple-choice test were used for deducing possible derogatory ideas of pupils. The premise for instance, energy could wear off, appeared at multiple occasions. Numerous juveniles had a serious shortage in terms of efficiency, energy and entropy theorems. Subsequent to that the labour was criticized on the basis of literature.

10.2 Tabelle Münchner Konzept im Vergleich mit konventionellem Konzept

		konventionelles Unterrichtskonzept	Münchner Unterrichtskonzept
Mechanik	Reibung	bei beiden gleich behandelt	
	Energie und Arbeit	Betrachtung mechanischer Maschinen (Fortführung aus der 8. Klasse) $\Rightarrow F \cdot s = \text{konstant}$ \Downarrow Arbeit := $F \cdot s$ \Downarrow Energie := gespeicherte Arbeit Energiearten, Energieumwandlungen, dann Energieerhaltungssatz	Energieerhaltungssatz \Rightarrow Energiearten \Downarrow Motivation mit nicht abgeschlossenen Systemen Arbeit := ΔE und Arbeit = $F \cdot s$ \Downarrow mechanische Maschinen betrachtet unter dem Blickwinkel des Energieerhaltungssatzes
	Wirkungsgrad, Leistung	Bei beiden gleich behandelt	
Wärmelehre	Innere Energie	Zu einem späteren Zeitpunkt.	Energieerhaltungssatz erfordert neue Energieform, die innere Energie
	Temperatur	Temperaturmessung	Temperaturmessung, nullter Hauptsatz der Thermo- dynamik
	ideales Gas	Volumenausdehnung verschiedener Körper \Downarrow Gesetz des idealen Gases	Zu einem späteren Zeitpunkt.
	Innere Energie, Wärme	Reibungsarbeit bewirkt Änderung der inneren Energie $\Delta E_i = W_R = cm\Delta\theta$ \Downarrow Energieerhaltungssatz \Downarrow Wärme $Q := \Delta E_i$ (bei Temperaturänderung)	Bei der Umwandlung von mechanischer Energie in innere Energie ergibt sich mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes: $\Delta E_i = cm\Delta\theta$ \Downarrow Erster Hauptsatz der Thermodynamik
	reversible und irre- versible Prozesse	Zu einem späteren Zeitpunkt.	Zweiter Hauptsatz der Thermo- dynamik
	Aggregatzustand	Bei beiden gleich behandelt	
	ideales Gas	Bereits früher behandelt.	Voruntersuchung zur technischen Nutzung der inneren Energie \Rightarrow Gesetz des idealen Gases
	Wärmekraft-maschi- nen mit reversiblen und irreversiblen Vorgängen	Betrachtung der technischen Nutzung der inneren Energie \Rightarrow reversible und irreversible Prozesse; Energieentwertung	Betrachtung der technischen Nutzung der inneren Energie \Rightarrow andere Betrachtung des zweiten Hauptsatzes der Wärmelehre; Energieentwertung

Abbildung 2: Tabelle aus Baders Dissertation, welche das Münchner Unterrichtskonzept dem traditionellen Konzept gegenüberstellt⁶³

⁶³ Bader, 2001, S.44 + 45

10.3 Detaillierte Beschreibung der Plattform Socrative

10.3.1 Wie man zu einem Socrative-Konto kommt

Socrative ist eine Internet-Plattform, welcher der Erarbeitung und Durchführung von Fragebögen dienlich sein soll. Im Folgenden soll der Prozess etwas näher erläutert werden.

Zunächst muss man sich ein eigenes Konto auf der Plattform erstellen:

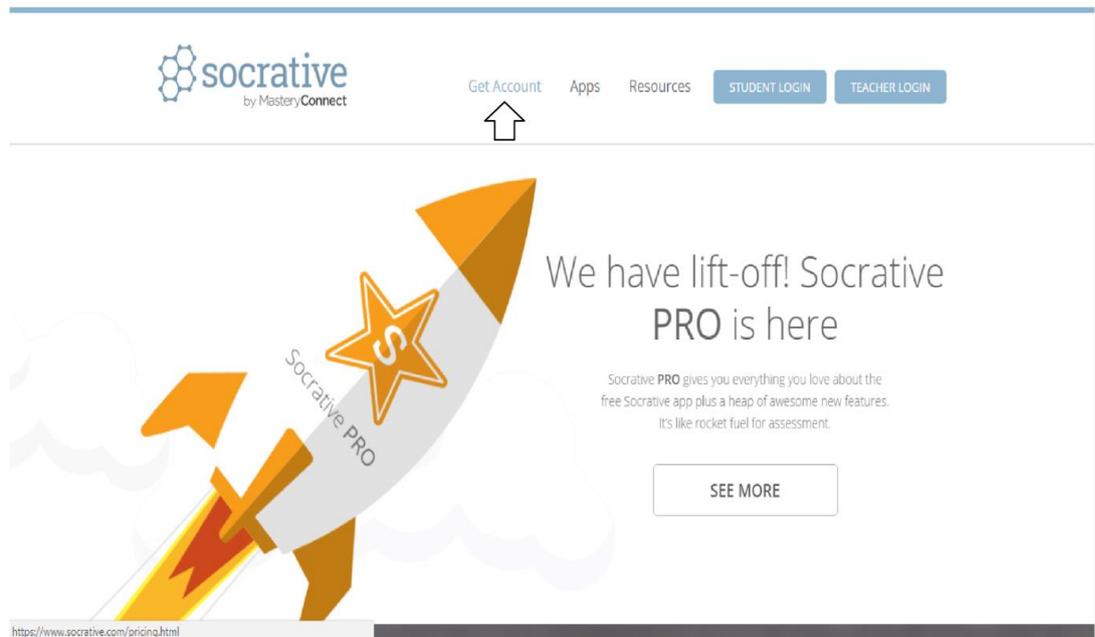


Abbildung 8: Erstellung eines Kontos

Um das Konto zu erstellen, muss man seinen Namen, den Nachnamen und eine Emailadresse angeben. Außerdem benötigt man ein Passwort. Man bekommt einen eigenen „Raum“ und einen zugehörigen „Raumnamen“. Sobald man ein eigenes Konto hat, kann man einen eigenen Test zu erstellen.

10.3.2 Erstellung des Tests aus Socrative

Um dies zu tun, muss man im Hauptmenü auf „Quizzes“ gehen, wie in Abbildung 19 ersichtlich.

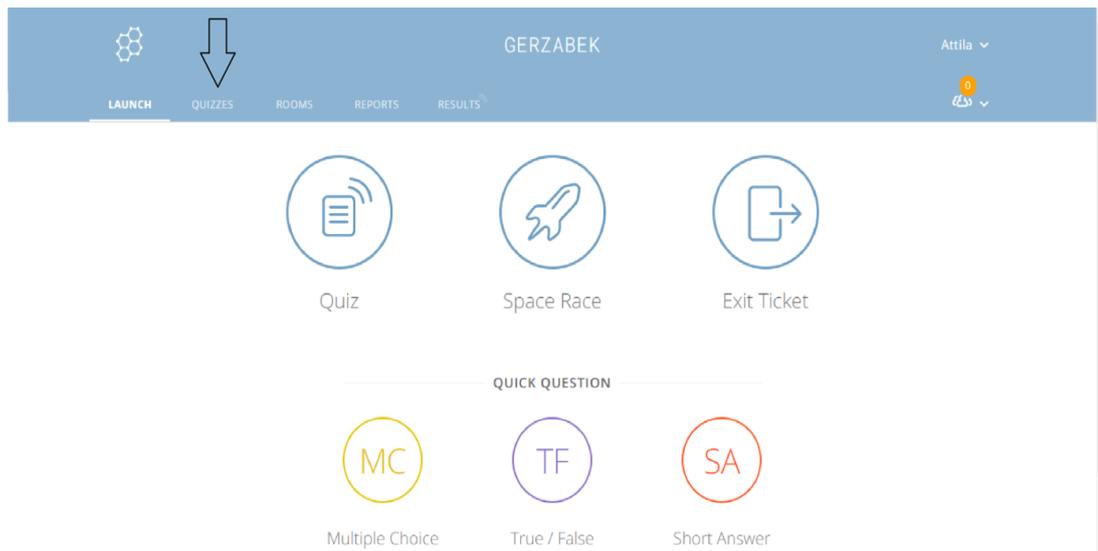


Abbildung 9: Quizzes auswählen

Um nun einen neuen Test zu erstellen, muss man das orangene Feld „Add Quiz“ auswählen, wie in Abbildung 20 ersichtlich ist.

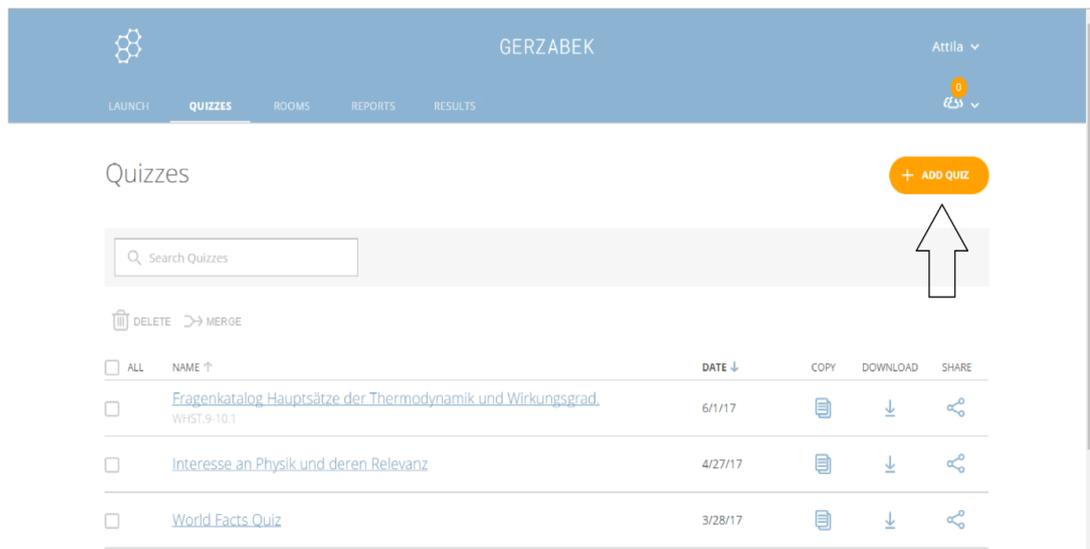


Abbildung 10: „Add Quiz“

Man muss für jede Frage einzeln auswählen, welchen Typus die Frage haben soll. Für diese Durchführung wurde „Multiple Choice“ ausgewählt, zu sehen in der Abbildung 21.



Abbildung 11: Zu erstellende Frage

Die Fragen und Antworten lassen sich ohne weiteres in die dafür gedachten Spalten eintragen. Möchte man angeben, welche von den Antwortmöglichkeiten korrekt ist, dann wählt man das Kästchen neben der entsprechenden Antwortspalte aus. Gibt es keine korrekte Antwort, also wie bei den Fragen 12 und 13, wo es nur darum geht, das Interesse der SuS an Physik bzw. deren Relevanz zu erfassen, so wird einfach kein Kästchen ausgewählt. Möchte man eine weitere Antwortmöglichkeit ergänzen, also wie bei Frage Nr.12, in welcher es 6 Antwortmöglichkeiten gab, so geht man auf „+ Add Answer“. Benötigt man ein Bild bei der Frage, wie bei Frage Nr.11, so geht man auf das entsprechende Feld. Möchte man die Fragen speichern, so drückt man auf das orangene Feld „Save“. All das wird in der Abbildung 6 durch die schwarzen Pfeile dargestellt.

The screenshot shows a question editor interface. At the top, there is a question text field containing "Was ist ein Perpetuum mobile der ersten Art?". Below this is a table of answer choices. The table has two columns: "ANSWER CHOICE" and "CORRECT?". The first choice is "A Eine Maschine, die auf Rädern rollt" with an unchecked "CORRECT?" checkbox. The second choice is "B Eine Maschine, welche Energie aus dem Nichts erzeugt" with a checked "CORRECT?" checkbox. The third choice is "C Ein Mensch wäre ein Beispiel für ein Perpetuum mobile der ersten Art" with an unchecked "CORRECT?" checkbox. The fourth choice is "D Das Perpetuum mobile der ersten Art wäre eine gleiche Maschine, wie ein Perpetuum mobile der zweiten Art" with an unchecked "CORRECT?" checkbox. Below the table is a "+ ADD ANSWER" button and an "Explanation:" field. The interface also includes a "Formatting:" toggle, a "SAVE" button, and a trash icon. Three black arrows point to the image icon, the "CORRECT?" checkbox for choice B, and the "+ ADD ANSWER" button.

Abbildung 12: Bearbeitung einer Frage

10.3.2.1 Was der Test- Urheber tun muss, um den Test frei zu geben

Nun sei kurz beschrieben, wie eine Person einen Test durchführen kann, welchen sie bereits erstellt hat. Dazu muss die Person die Seite <https://www.socrative.com/> aufrufen. Der/Die Testleiter/in, also in den häufigsten Fällen die Lehrkraft, muss auf das Feld „Teacher Login“ klicken, wie in der Abbildung 23 ersichtlich.

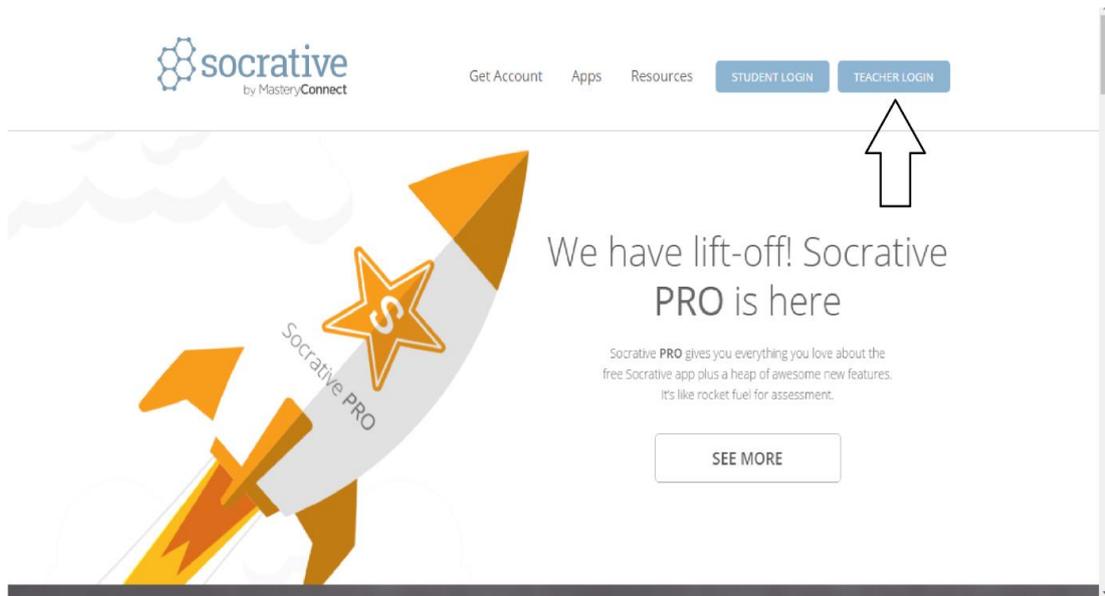


Abbildung 13: „Teacher Login“

Anschließend müssen, so wie jedes Mal, Emailadresse und Passwort eingegeben werden. Sobald man auf seinem Konto nun angemeldet ist, muss man das Feld „Quiz“ auswählen, wie in Abbildung 24 ersichtlich.

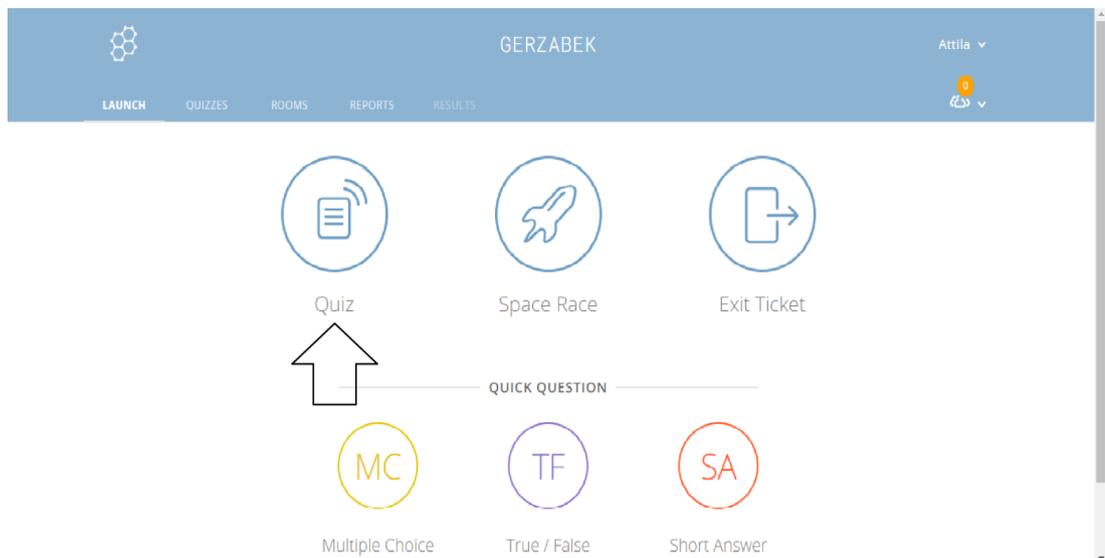


Abbildung 14: Auszuwählendes Feld

Es erscheint nun stets eine Auswahl aller Tests, die man auf seinem Konto erstellt hat. Durch einen einfachen Mausklick kann man wiederum den gewollten Test auswählen. Anschließend muss man nun noch die Funktion auswählen, unter welcher man den Test durchführen möchte. Bei dieser Durchführung wurde die Funktion „Teacher Paced“ ausgewählt, wie in Abbildung 25 durch den größeren schwarzen Pfeil angezeigt. Ersichtlich durch den kleineren Pfeil ist ebenso, dass automatisch auch das Feld „Require Names“ aktiviert wurde. Das bedeutet, dass jede Person, im

Allgemein natürlich ein Schüler oder eine Schülerin, einen Namen oder ein Pseudonym angeben muss, um an dem Test teilzunehmen.

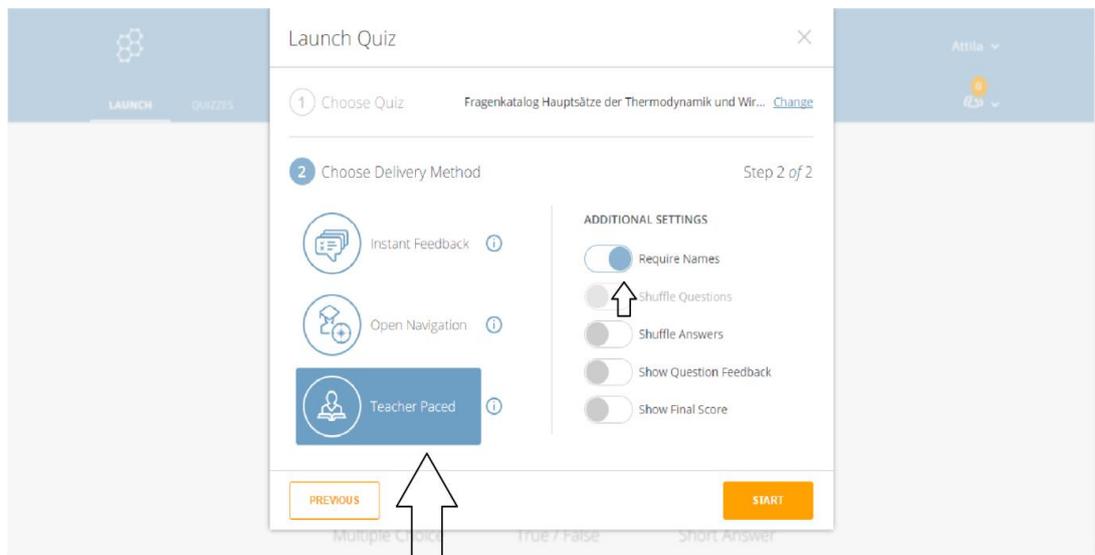


Abbildung 15: Gewählte Funktion

10.3.2.2 Was ein Schüler/eine Schülerin tun muss, um am Test teilzunehmen

Möchte ein Schüler oder eine Schülerin am Test teilnehmen, so muss sie wiederum die Seite <https://www.socrative.com/> aufrufen. Die Person geht nun allerdings auf das Feld „student login“, wie in Abbildung 26 ersichtlich.

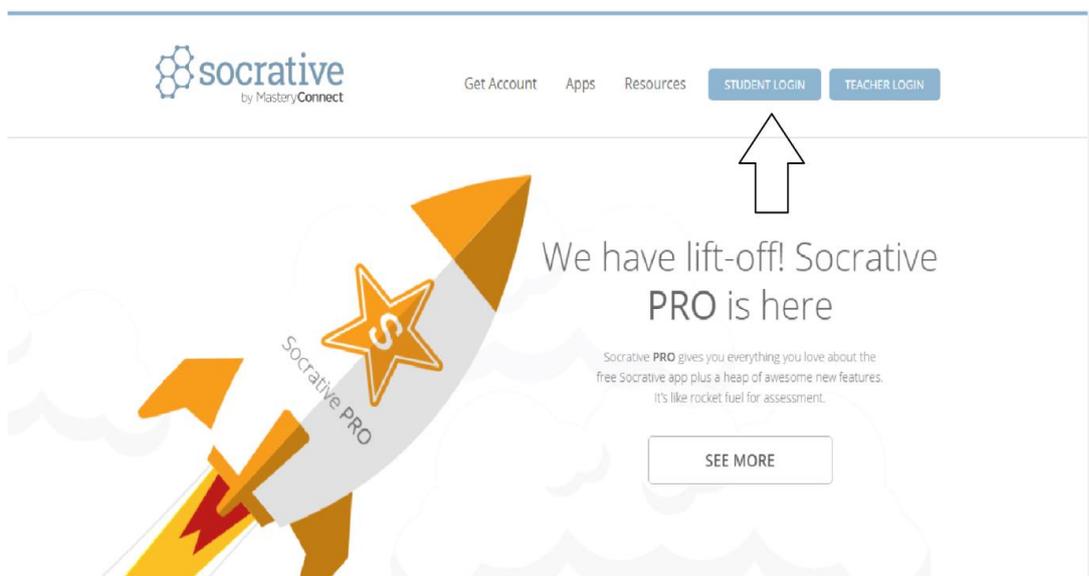


Abbildung 16: „Student Login“

Die Person muss nun den unter 5.1.1 erwähnten Raumnamen des/r Testleiter/in eingeben. Anschließend wählt sie ein Pseudonym.

10.3.3 Die Durchführung des Tests

Wurde der Test freigegeben und waren sämtliche Teilnehmer eingeloggt, konnte der Test losgehen. Sämtliche Kinder beantworteten nacheinander alle 13 Fragen. Hierbei war die Vorgehensweise Folgende:

Es wurde immer darauf gewartet, dass jede Frage von allen Teilnehmern beantwortet wurde, erst dann wurde die nächste Frage frei gegeben. In Abbildung 27 wird anhand einer fiktiven Gruppe erklärt, wie ein Testleiter einsehen kann, ob sämtliche Teilnehmer bereits eine Antwort gegeben haben. Haben alle Teilnehmer alle Fragen beantwortet, muss man auf das orangene Feld „Finish“ klicken.

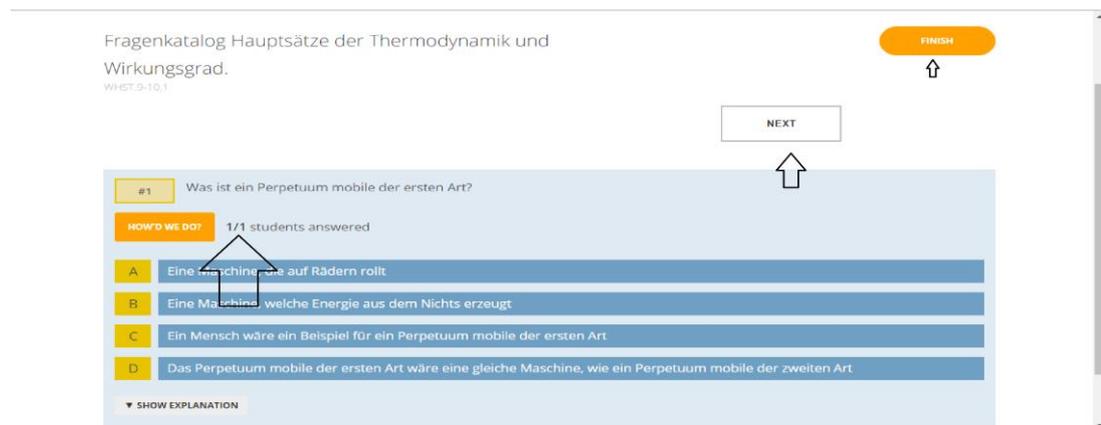


Abbildung 17: Beantwortte Fragen als Bruch

Anschließend muss man eines von drei Feldern auswählen. Bei dieser Durchführung wurde das Feld „Get Reports“ gewählt. Automatisch wird das Feld „Whole Class Excel“ aktiviert, welches auch benötigt wird. Daher muss man jetzt nur noch auf „Email“ gehen und bekommt automatisch die Ergebnisse der gesamten Gruppe (also Klasse) auf die Email Adresse, welche man beim Konto eröffnen angegeben hat. Die relevanten Felder sind wiederum in Abbildung 28 markiert.

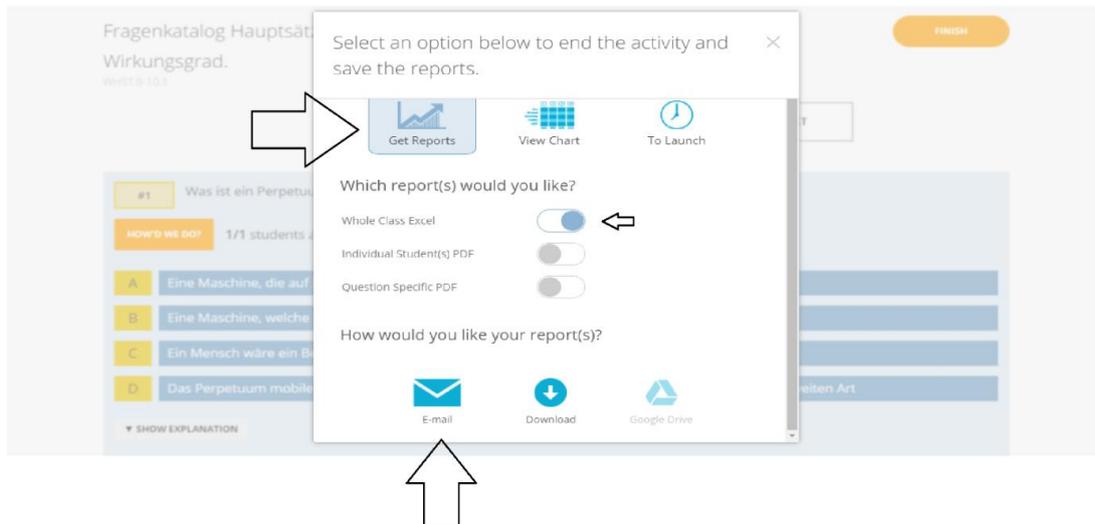


Abbildung 18: Ergebnisse beschaffen

10.4 Rohdaten der Multiple Choice Tests

Die Testergebnisse werden mithilfe einer Tabelle dargestellt. Außerdem wird mithilfe eines Balkendiagramms dargestellt, welcher Prozentsatz der Klasse die jeweilige Fragestellung vollständig beantworten konnte. Für jene Fragen, die Teilantwortmöglichkeiten erlauben, also die Fragen 4 und 5, gibt es zusätzlich ein eigenes Balkendiagramm, da diese Informationen im ersten Balkendiagramm nicht enthalten sind. Die Tabellen sehen so aus, dass man senkrecht absteigend zeilenweise die einzelnen Kinder aufgelistet findet. Sie werden entsprechend der Klasse bezeichnet und anschließend durchnummeriert. (A.13 wäre z.B. das 13. Kind aus Klasse A.) Spaltenweise werden ganz oben nach rechts die einzelnen Fragen aufgelistet, allerdings findet sich nur die Nummer der einzelnen Frage vor, weshalb hier zu Beginn noch einmal sämtliche Fragen mit ihrer entsprechenden Nummer aufgelistet werden. Ein Kind kann bei den Fragen 1-3 und 7-11 entweder eine „0“, eine „1“ oder ein „/“ haben. 0 bedeutet, dass die Frage nicht vollständig korrekt beantwortet wurde. 1 bedeutet eine vollständig korrekte Beantwortung. / hingegen bedeutet, dass die entsprechende Frage von derjenigen Person nicht beantwortet wurde. Bei der Frage 4 waren alle Antwortmöglichkeiten korrekt. Bei dieser Frage können die Ergebnisse „0“, „1/4“, „1/2“, „3/4“, „1“ und „/“ auftreten. 1/4 Punkt bedeutet, also, dass nur eine beliebige Antwortmöglichkeit angekreuzt wurde. 1/2 Punkt bedeutet, dass 2 Antwortmöglichkeiten erkannt wurden und 3/4 Punkt bedeutet, dass 3 Antwortmöglichkeiten als richtig erkannt wurden. Bei Frage 5 waren 2 von 4 Antwortmöglichkeiten korrekt, daher findet man die Ergebnisse „0“, „1/2“, „1“ und „/“ vor. 1/2 Punkt wird vergeben, wenn nur 1 von 2 richtigen Antworten erkannt wurde. Bei der Frage 12 finden sich hingegen Buchstaben von A bis F. Bei Frage 13 reichen die Buchstaben von A bis D. Dar-

über hinaus wird bei einigen Schülern/innen angezeigt, ob es sich um ein Mädchen oder einen Jungen gehandelt hat. Die Kinder durften sich ein Pseudonym wählen, durch welches man auf das Geschlecht „M“ für männlich und „W“ für weiblich schließen kann, wenn sie das wollten. Wollten die Kinder ein „geschlechtsneutrales“ Pseudonym wählen, ist diese Information nicht gegeben, also „/“. Bei der Klasse B gab es ausschließlich Mädchen, das wird auch angegeben.

- 1: Was ist ein Perpetuum mobile der ersten Art?
- 2: Was bedeutet der erste Hauptsatz der Thermodynamik?
- 3: Kennst du die Definition des Wirkungsgrades?
- 4: Was würde es bedeuten, wenn du bei einem Gerät einen höheren Wirkungsgrad als 100% erzielen könntest?
- 5: Was trifft auf den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik zu?
- 6: Was bedeutet der zweite Hauptsatz in deinem Alltag beispielsweise?
- 7: Welche Bedeutung hat der zweite Hauptsatz der Thermodynamik für die Biologie?
- 8: Wir nehmen einmal an, ein Wasserkocher habe einen Wirkungsgrad von 72%. Du steckst nun die Energie von etwa 444 400 Joule in das System. Wie viele Joule wird der Wasserkocher dafür aufwenden, um den 1 Liter Wasser in seinem inneren zu erhitzen?
- 9: Auf welche Weise könnte ich den Wirkungsgrad eines Herdes in Bezug auf eine Suppe in einem geschlossenen Topf ermitteln?
- 10: Bei folgender Frage gehen wir davon aus, dass KEINE Reibung herrscht: Der Wagen besitzt am Punkt A die Geschwindigkeit v . Welche Geschwindigkeit besitzt er am Punkt B?
- 11: Interessierst du dich grundsätzlich für Physik bzw. den Physik Unterricht?
- 12: Unabhängig von deinem Interesse, ist Physik für dich auf eine andere Weise relevant? (Möchtest du zum Beispiel ein möglichst gutes Zeugnis haben und machst daher ordentlich im Unterricht mit? Oder brauchst du ein Grundwissen in Physik in der Zukunft, weil du zum Beispiel Medizin studieren möchtest oder Ähnliches?)
- 13: Geschlecht.

Tabelle 18: Ergebnisse der Klasse A

	1:	2:	3:	4:	5:	6:	7:	8:	9:	10:	Gesamtpunkte	11:	12:	13:
A.1	1	1	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	0	0	1	0	5,75	/	/	/
A.2	1	1	1	$\frac{1}{2}$	0	1	1	0	0	0	5,5	/	/	/

A.3	1	1	1	$\frac{3}{4}$	1	1	1	1	0	1	8,75	B	B	M
A.4	1	0	1	$\frac{1}{4}$	1	1	0	1	0	1	6,25	F	B	/
A.5	1	1	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	0	1	0	1	6,75	/	/	M
A.6	1	1	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	1	0	1	1	7,75	C,B	B	/
A.7	1	0	1	$\frac{1}{2}$	0	1	1	0	0	1	5,5	C	C	M
A.8	1	0	1	$\frac{1}{4}$	0	0	0	0	1	1	4,25	C	D	M
A.9	1	1	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	0	1	1	1	7,75	A	B	M
A.10	1	0	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	0	0	1	1	5,75	C	D	M
A.11	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$	1	1	1	1	0	8,5	/	/	M
A.12	1	1	1	$\frac{3}{4}$	1	1	1	1	0	1	8,75	B	A	M
A.13	1	0	0	$\frac{1}{2}$	1	0	0	1	0	1	4,5	E	C	M
A.14	1	0	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1	1	0	6,75	C	B	/
A.15	1	0	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0	1	0	1	5	C	B	M
A.16	1	0	0	$\frac{1}{4}$	1	1	0	1	0	0	4,25	B	C	/
A.17	1	1	1	$\frac{1}{4}$	0	1	1	1	1	1	8,25	B	B	W
A.18	1	0	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	0	1,75	B	B	/
A.19	1	1	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1	1	1	8,75	C	B	/
A.20	1	0	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1	0	0	6	B	B	/
A.21	1	1	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1	0	1	7,75	C	C	/
A.22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	/	/
A.23	1	0	1	$\frac{3}{4}$	1	1	0	0	0	0	4,75	B	C	M
A.24	1	1	1	$\frac{1}{4}$	0	1	1	1	0	1	7,25	/	/	/

Tabelle 19: Ergebnisse der Klasse B

	1:	2:	3:	4:	5:	6:	7:	8:	9:	10:	Gesamtpunkte	11:	12:	13:
B.1	1	0	1	$\frac{1}{4}$	0	1	1	1	0	1	6,25	B	C	W
B.2	0	1	0	$\frac{1}{4}$	0	1	1	0	1	0	4,25	C	C	W
B.3	1	0	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1	0	1	6,75	C	B	W
B.4	1	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1	1	1	9	B	C	W
B.5	0	1	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	1	0	1	1	5,75	A	C	W
B.6	1	1	1	$\frac{1}{4}$	0	1	0	0	0	0	4,25	F	D	W
B.7	1	1	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1	1	0	7,75	B	B	W
B.8	1	1	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1	0	1	7,75	B	B	W
B.9	0	0	1	$\frac{1}{4}$	0	0	1	0	0	0	2,25	C	C	W
B.10	0	0	0	$\frac{1}{4}$	0	1	1	1	1	1	5,25	C	B	W
B.11	1	1	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	0	1	1	0	1	6,75	E	D	W

B.12	1	1	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1	0	0	5,75	B	C	W
B.13	1	1	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	1	0	1	5	B	B	W
B.14	0	0	0	$\frac{1}{4}$	0	0	0	0	1	0	1,25	B	B	W
B.15	0	1	0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0	1	0	2,75	B	C	W
B.16	1	1	1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	1	1	0	1	7,75	D	B	W

Tabelle 20: Ergebnisse der Klasse C

	1:	2:	3:	4:	5:	6:	7:	8:	9:	10:	Gesamtpunkte	11:	12:	13:
C.1	1	1	0	$\frac{3}{4}$	1	1	1	1	1	1	8,75	C	B	W
C.2	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	6	B	B	/
C.3	1	1	1	$\frac{3}{4}$	1	0	1	1	1	1	8,75	D	C	M
C.4	1	1	1	$\frac{3}{4}$	1	1	1	1	1	1	9,75	B	B	M
C.5	0	1	1	$\frac{3}{4}$	1	0	1	1	0	1	6,75	C	A	/
C.6	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	8	A	A	M
C.7	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3	B	A	/
C.8	1	1	0	$\frac{1}{4}$	1	0	1	0	0	1	5,25	B	B	M
C.9	1	1	1	$\frac{3}{4}$	1	1	1	1	1	1	9,75	D	D	M
C.10	1	1	1	1	$\frac{1}{2}$	1	1	1	0	1	8,5	A	B	M
C.11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	B	B	W
C.12	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	6	B	B	W
C.13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	C	D	W
C.14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	B	A	W
C.15	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	A	B	M
C.16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	C	A	/
C.17	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8	B	B	/
C.18	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	9	C	B	/
C.19	1	1	1	$\frac{3}{4}$	1	0	1	1	1	1	8,75	B	A	/
C.20	1	1	1	$\frac{3}{4}$	1	1	1	1	1	1	9	C	C	/
C.21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	B	B	/

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Attila Gerzabek

Geboren: 11.3.1994 in Villach

Muttersprache: deutsch

Familienstand: ledig

Anschrift: Engerthstraße 83-97/6/8

Telefon: 06605702845

Emailadresse: attila.gerzabek@gmail.com

Ausbildung:

2000-2004: Volksschule Schäfergasse

2004-2012: Realgymnasium Waltergasse

Seit 1.3.2013: Studium Lehramt Psychologie u. Philosophie + Physik an der Uni Wien

1.1.2016 – 30.9.2016: Ableistung des Zivildienstes

1.5.2017 – 31.1.2018: Geringfügige Tätigkeit Lernquadrat als Mathematiktutor