



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Energieerhaltung spielend verstehen –  
Schüler\*innenvorstellungen zur Energieerhaltung nach  
der Durchführung eines Analogiespiels“

verfasst von / submitted by

Sarah Wildbichler

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

Wien, 2018 / Vienna, 2018

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

A 190 333 412

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

Lehramtsstudium UF Deutsch UF Physik

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf



## Danksagung

Der Abschluss dieser Arbeit markiert das Ende meines Studiums, eines Lebensabschnitts, mit dem ich sehr viel Schönes verbinde. Daher möchte ich mich an dieser Stelle bei einigen Personen bedanken, die mich in dieser Zeit begleitet haben.

Zuallererst möchte ich meiner Familie und ganz besonders meinen Eltern danken, dass sie mir meine Studien ermöglicht haben, mir die Freiheit gaben, verschiedene Dinge auszuprobieren und dadurch meinen Weg zu finden, niemals Druck ausübten und trotzdem immer für mich da sind.

Mein Dank diese Arbeit betreffend gilt vor allem Andrea Hauff-Achleitner, die mir mit dem Spiel das wertvollste Material zur Verfügung stellte, die Fortschritte der Planung, empirischen Untersuchung und der Auswertung aufmerksam verfolgte und mir stets mit wertvollen Ratschlägen und tatkräftiger Unterstützung zur Seite stand. Auch bei Martin Hopf möchte ich mich bedanken, für die Hilfe bei der Themensuche, die konstruktiven Tipps im Arbeitsprozess und dafür, dass seine Tür für Fragen immer offenstand.

Den besten aller Mitbewohner\*innen und Nachbar\*innen im Stuwerviertel und in der Rua Feira de Março danke ich für die vielen schönen gemeinsamen Momente, die die Jahre meines Studiums für mich zu einer wunderbaren, unvergesslichen Zeit gemacht haben.

Ich danke meinen lieben Indo-Mädels dafür, dass ihr bewiesen habt, dass man auf der Uni die besten Freundinnen finden kann und dass Exkursionen sehr viel Spaß machen. Meinen Studienkolleg\*innen auf der Physik danke ich für die Stunden des gemeinsamen Experimentierens, Beispiele Lösens und vor allem für die zusammen verbrachten Pausen, ohne die das Studium nicht halb so viel Spaß gemacht hätte.

Auch all den anderen lieben Menschen, die während der vergangenen sechs Jahre in Wien zu (sehr) guten Freund\*innen geworden sind danke ich dafür, dass ihr ein Teil meines Lebens seid und mich Teil eures Lebens sein lasst – ich hoffe, das bleibt noch viele Jahre so.

Bei den Sale-Kids bedanke ich mich, dass sie für meine pädagogische Praxis und viele lustige Anekdoten gesorgt haben.

Mein ganz besonderer Dank gilt Patrick, der mir für diese Arbeit als treuer Korrekturleser, wissenschaftlicher Berater und Gesprächspartner für Ideen und Zweifel zur Verfügung stand, mich in den richtigen Momenten ablenkte und dafür gesorgt hat, dass ich nebenbei das Kitesurfen gelernt habe.



## Verwendete Abkürzungen

AHS .....	Allgemeinbildende Höhere Schule
ECA .....	Energy Concept Assessment
LP .....	Learning Progression
NMS .....	Neue Mittelschule
NOS .....	Nature of Science
Sek I .....	Sekundarstufe 1
Sek II .....	Sekundarstufe 2
S1a .....	Versuchsgruppe 1a (an Schule 1)
S1b .....	Versuchsgruppe 1b (an Schule 1)
S2 .....	Versuchsgruppe 2 (an Schule 2)
S3a .....	Versuchsgruppe 3a (an Schule 3)
S3b .....	Versuchsgruppe 3b (an Schule 3)
P1-P16 .....	Interviewpartner*innen 1 bis 16
I1-I16 .....	Interviews 1-16
m .....	männlich
w .....	weiblich
x .....	anderes Geschlecht als männlich oder weiblich
S* .....	Schüler*in



# Inhaltsverzeichnis

Danksagung.....	I
Verwendete Abkürzungen .....	III
Inhaltsverzeichnis .....	V
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation & Forschungsproblem.....	1
1.2 Überblick & Ergebnisse.....	2
<b>2 Theoretischer Rahmen .....</b>	<b>3</b>
2.1 Energieerhaltung im Physikunterricht.....	3
2.1.1 Energie als grundlegendes Konzept des Physikunterrichts.....	4
2.1.2 Energieunterricht an österreichischen Schulen .....	6
2.1.2.1 Verankerung im Lehrplan.....	6
2.1.2.2 Energie in Physiklehrbüchern für die Sek I.....	7
2.1.3 Forschungsstand zum Energieunterricht .....	8
2.1.3.1 Traditioneller Energieunterricht .....	9
2.1.3.2 Herausforderung Energieerhaltung .....	10
2.1.3.3 Vorschläge für den Unterricht.....	11
2.2 Schüler*innenvorstellungen .....	14
2.2.1 Schüler*innenvorstellungen in der fachdidaktischen Forschung .....	15
2.2.2 Schüler*innenvorstellungen zur Energieerhaltung.....	15
2.3 Analogiespiel zur Energieerhaltung nach R. Feynman .....	18
2.3.1 Lernen durch Analogien .....	18
2.3.2 Münchner Unterrichtskonzept für die Sek II.....	19
2.3.3 Feynmans Analogie als Grundlage des Spiels.....	21
2.4 Design-Based Research .....	22
<b>3 Forschungsfrage &amp; Zielsetzung.....</b>	<b>24</b>
<b>4 Forschungsdesign .....</b>	<b>26</b>
4.1 Überarbeitungsschleifen (Design-Based Research).....	27
4.2 Spielanleitung.....	27
4.3 Vorstellung der Unterrichtsplanung.....	28
4.4 Fragebögen .....	28
4.5 Einzelinterviews.....	29
<b>5 Empirische Untersuchung .....</b>	<b>31</b>
5.1 Stichprobe.....	31
5.1.1 Vorwissen Gruppen 1a & 1b (S1a, S1b).....	31

5.1.2	Vorwissen Gruppen 2 & 3b (S2, S3b)	32
5.1.3	Vorwissen Gruppe 3a (S3a)	33
5.2	<i>Ablauf der Untersuchung</i>	34
5.2.1	Pilotphase	34
5.2.2	Ablauf der Untersuchung	35
5.2.2.1	Besonderheiten S1	36
5.2.2.2	Besonderheiten S2	37
5.2.2.3	Besonderheiten S3	37
<b>6</b>	<b>Auswertung und Interpretation der Ergebnisse</b>	<b>38</b>
6.1	<i>Die wichtigste Aussage</i>	38
6.2	<i>Energie &amp; Energieerhaltung</i>	45
6.3	<i>Das abgeschlossene System</i>	50
6.4	<i>Einsatz der Energieerhaltung zur Lösung konkreter Beispiele</i>	52
6.4.1	Beispiele des Fragebogens	52
6.4.2	Besprechung von Beispielen in den Interviews	56
6.4.3	Rückgriff auf das Spiel in Erklärungen in den Interviews	59
6.5	<i>Zusammenfassung der in den Interviews geäußerten Vorstellungen</i>	60
6.6	<i>Vergleich der Klassen</i>	63
6.6.1	Einfluss des Materials	66
6.6.2	Einfluss des Vorwissens	67
6.7	<i>Leistung der Mädchen</i>	67
6.8	<i>Die wichtigsten Ergebnisse &amp; ihre Implikationen</i>	73
6.8.1	Vorstellungen zur Energieerhaltung & dem Spiel	73
6.8.2	Anwendung der Energieerhaltung auf Beispiele	74
6.8.3	Verwendung des Spiels zur Erklärung	75
6.8.4	Anteil der „Nicht-Antworten“	75
6.8.5	Vergleich der Klassen	75
6.8.6	Gutes Abschneiden der Mädchen	75
6.8.7	Konsequenzen der Ergebnisse	76
<b>7</b>	<b>Conclusio</b>	<b>77</b>
7.1	<i>Zusammenfassung der Ergebnisse</i>	77
7.2	<i>Beantwortung der Forschungsfrage</i>	79
7.3	<i>Folgerungen und Ausblick</i>	82
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>85</b>
	<b>Im persönlichen Archiv der Autorin</b>	<b>87</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>88</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>89</b>

<b>Anhang .....</b>	<b>i</b>
<i>Anhang A Abstract .....</i>	<i>i</i>
<i>Anhang B Kurzfassung.....</i>	<i>i</i>
<i>Anhang C Spielmaterial.....</i>	<i>ii</i>
Anhang C1 Spielanleitung .....	ii
Anhang C2 Kleingruppendiskussion zum Spiel.....	x
.....	x
Anhang C3 Erklärungen finale Version.....	x
Anhang C4 Tafelbild Erklärung .....	xii
Anhang C5 Erklärung Erstversion .....	xii
<i>Anhang D Unterrichtsplanung &amp; Fragebogen Vorwissen .....</i>	<i>xiv</i>
Anhang D1 Unterrichtsplanung Version 1.....	xiv
Anhang D2 Unterrichtsplanung Version 2.....	xv
Anhang D3 Fragebogen Vorwissen .....	xvi
<i>Anhang E Fragebogen .....</i>	<i>xvii</i>
Anhang E1 Fragebogen Pilotversion .....	xvii
Anhang E2 Fragebogen Version 1 .....	xix
Anhang E3 Fragebogen Version 2 .....	xxi
Anhang E4 Codierung Fragebogen.....	xxiii
<i>Anhang F Interviews.....</i>	<i>xxx</i>
Anhang F1 Interviewleitfaden Version 1.....	xxx
Anhang F2 Interviewleitfaden Version 2.....	xxx
Anhang F3 Transkripte .....	xxxiii



## 1 Einleitung

Energieerhaltung spielerisch, vielleicht sogar spielend verstehen? Mit einem Blick auf die fachdidaktische Forschung zum Energieunterricht scheint das ein weit hergeholtes Ziel, sorgt die Erhaltung dieser abstrakten Größe doch laut einigen Autor\*innen (*siehe 2 Theoretischer Rahmen*) für große Verständnisprobleme unter Schüler\*innen. Genau dieses Ziel verfolgt nun aber das auf einem Gedankenexperiment Richard Feynmans beruhende Analogiespiel zur Energieerhaltung, das Andrea Hauff-Achleitner im Rahmen ihres Unterrichtskonzeptes zur Energie entwickelt hat. Schüler\*innen der Sek I sollen mithilfe von Bauklötzen in einem Rollenspiel Vorstellungen zum Erhaltungskonzept der Energie entwickeln, die mit den physikalischen Begriffen und Konzepten kompatibel sind. Die Frage, wie diese Vorstellungen, die Schüler\*innen nur aufgrund der Durchführung des Spiels und anschließenden zur Energieerhaltung überleitenden Erklärungen entwickeln, tatsächlich aussehen, und ob es dabei genderspezifische Unterschiede gibt, steht im Zentrum dieser Arbeit. Einführend sollen in den folgenden beiden Abschnitten die Motivation der Autorin und das Forschungsproblem vorgestellt, sowie ein Überblick über die Ergebnisse der empirischen Arbeit mit dem Spiel gegeben werden.

### 1.1 Motivation & Forschungsproblem

Als zukünftige Physiklehrerin bin ich in meinem Studium immer wieder auf spannende neue (und nicht mehr ganz so neue) Ansätze und Konzepte zum Physikunterricht gestoßen, musste aber fast genauso oft auch desillusioniert feststellen, dass vieles davon selbst nach erfolgreicher Erprobung und eindeutigen Forschungsergebnissen bezüglich Lernzuwachsen den Weg in die österreichischen Schulen nur sehr schleppend findet. Als ich nun die Möglichkeit erhielt, mit dem Analogiespiel zur Energieerhaltung ein neues Konzept zu erproben, das gänzlich anders ist als der traditionelle Energieunterricht, eigentlich als ein großer Teil des konventionellen Unterrichts, und zusätzlich testen konnte, ob der Einsatz des Spiels für Schülerinnen gleich gut (oder schlecht) funktioniert wie für Schüler, beschloss ich daher, dass das Thema für die Abschlussarbeit meines Lehramtsstudiums feststand. Ein großer Teil meiner Motivation entspringt meinem Wunsch, durch die Erprobung eines neuen Unterrichtskonzeptes den Physikunterricht weiter zu verbessern. Zumindest meinen eigenen zukünftigen Physikunterricht möchte ich verbessern, mit dieser Arbeit durch die Aneignung einer neuartigen Methode zur Einführung der Energieerhaltung, durch das Eintauchen in die Vorstellungswelt der Schüler\*innen und durch den Versuch, mithilfe der Interviews ein gewisses Ausmaß an verstehender Gesprächsführung zu erlernen.

Die fachdidaktische Forschung zum Energieunterricht zeigt einige Probleme der traditionellen Form dieses Unterrichts auf. Besonders schwer fällt Schüler\*innen demnach die Entwicklung eines Verständnisses der Energieerhaltung, worauf unter 2 *Theoretischer Rahmen* eingegangen wird. Die Physikdidaktik steht daher vor der Herausforderung, neue Unterrichtsideen und -konzepte zur Energie zu entwickeln. Ein solches Konzept für die Sek I hat Andrea Hauff-Achleitner im Rahmen ihrer laufenden Dissertation entwickelt. Ob der Einstieg in dieses Unterrichtskonzept, die Einführung der Energieerhaltung als Eigenschaft der abstrakten Größe Energie, für Schüler\*innen funktioniert und zur Entwicklung von mit dem physikalischen Konzept kompatiblen Vorstellungen führt, soll im Rahmen dieser Arbeit getestet werden. Bader 2001 (*siehe 2.3.2 Münchner Unterrichtskonzept für die Sek II*) beschreibt, dass Schülerinnen nach dem traditionellen Energieunterricht in Testsituationen deutlich schlechter abschneiden als ihre Mitschüler. Daher ist es auch ein Ziel dieser Arbeit, zu testen, ob Mädchen (oder auch Buben) durch den Einsatz des Spiels hinsichtlich ihres Lernerfolgs diskriminiert werden.

### 1.2 Überblick & Ergebnisse

Das Analogiespiel wurde mit fünf Klassen des Physikanfangsunterrichts in der Sek I im Rahmen von je zwei Unterrichtsstunden erprobt. Eine Unterrichtsstunde diente der Erklärung und Durchführung des Spiels, die zweite war der Verbindung zur Energieerhaltung gewidmet. Danach füllten alle 111 Schüler\*innen einen Fragebogen zu den beiden Einheiten aus, 16 von ihnen wurden später in Einzelgesprächen interviewt. Dabei zeigte sich, dass 50% der Schüler\*innen nach der Durchführung des Spiels die Hauptaussage im Sinne einer Erhaltungsvorstellung formulierten, 22% bezogen sich dabei explizit auf die Energie. 41% der Proband\*innen konnten außerdem die Energieerhaltung physikalisch korrekt definieren, beim abgeschlossenen System waren es sogar 53%. Von den interviewten Schüler\*innen argumentierten 11 im Sinne physikalisch korrekter Energieerhaltungsvorstellungen, fünf verwendeten dabei das Spiel als Erklärungshilfe. Als Interpretationswerkzeug für spezifische Problemstellungen wurde die Energieerhaltung von den Schüler\*innen jedoch nicht konsequent verwendet.

Im Sinne des *Design-Based Research* wurden die für die Testung verwendeten Materialien in zwei Überarbeitungsschleifen verbessert, und die beiden letzten getesteten Klassen erreichten auch tatsächlich bessere Ergebnisse sowohl den Fragebogen, als auch die Interviews betreffend. Signifikante genderspezifische Unterschiede konnten in der Untersuchung jedoch nicht festgestellt werden, die Mädchen schnitten gleich gut bzw. teilweise ein wenig besser ab als ihre Mitschüler.

## 2 Theoretischer Rahmen

„Es gibt ein Faktum, oder wenn Sie so wollen, ein *Gesetz*, das alle Naturphänomene beherrscht, die bisher bekannt sind. Uns ist keine Ausnahme von diesem Gesetz bekannt – soweit wir wissen, ist es exakt. Dieses Gesetz wird die *Energieerhaltung* genannt.“ (Feynman, Leighton & Sands 2016, S. 45)

Der Energieerhaltungssatz ist das erste Konzept der Physik, auf das Richard Feynman in seinen Vorlesungen nach einer allgemeinen Einführung genauer eingeht. Er bezeichnet ihn als „eines der fundamentalsten physikalischen Gesetze“ (Feynman, Leighton & Sands 2016, S. 45), worin er sowohl mit Kolleg\*innen aus der Physik, als auch aus der Physikdidaktik übereinstimmt (siehe etwa Driver & Warrington 1985; Duit 1986a; Neumann et al. 2013). Es verwundert daher nicht, dass der Energiebegriff und das damit verbundene Konzept der Energieerhaltung Eingang in den Physikunterricht der unteren Klassen der Sekundarstufe<sup>1</sup> (Sek) gefunden haben.

Dieser Abschnitt befasst sich mit dem Unterricht über Energieerhaltung in der Sekundarstufe 1<sup>2</sup> (Sek I), wobei zunächst physikalische und physikdidaktische Begründungen für einen Unterricht über Energie (-erhaltung) zusammengefasst sowie seine Verankerung im Lehrplan dargelegt werden sollen. Anschließend soll ein Überblick über die fachdidaktische Forschung zum Unterricht über Energie (-erhaltung) und damit verbundene Schwierigkeiten und Herausforderungen gegeben werden. Eine zentrale Rolle spielen dabei auf Alltagserfahrungen beruhende *Schüler\*innenvorstellungen* (Präkonzepte). Aus der Forschung bekannte derartige *Schüler\*innenvorstellungen* zur Energieerhaltung werden unter 2.1 *Energieerhaltung im Physikunterricht* dargelegt. Außerdem wird in diesem Kapitel Feynmans Analogie vorgestellt, auf deren Grundlage das Spiel modelliert wurde, das als zu erprobende Unterrichtssequenz den Kern der dieser Arbeit zugrundeliegenden Forschung bildet. Als letzter Punkt wird *Design-Based Research* vorgestellt, eine Methode, die zur Verbesserung eines Unterrichtsinhalts, bereits während des Forschungsprozesses darüber, im Rahmen der Arbeit verwendet wurde.

### 2.1 Energieerhaltung im Physikunterricht

Im Folgenden soll ein Überblick zum Unterricht über Energieerhaltung in der Sek I gegeben werden. Dabei sollen zunächst Begründungen für Energieunterricht aus der physikdidaktischen Forschung wiedergegeben werden. Außerdem soll die Verankerung desselben im österreichischen Lehrplan für die Sek I dargelegt und die konkrete Aufbereitung der Thematik in zwei approbierten österreichischen Schulbüchern betrachtet werden. Anschließend wird ein Überblick über die fachdidaktische Forschung

---

<sup>1</sup> Die Sekundarstufe umfasst die Schulstufen 5 bis 13.

<sup>2</sup> Die Sekundarstufe 1 (Sek I) umfasst als erster Abschnitt der Sekundarstufe die Schulstufen 5 bis 8, die Sekundarstufe 2 (Sek II) als zweiter Abschnitt die Schulstufen 9 bis 13.

zu Energieunterricht mit seinen Möglichkeiten und Problemlagen gegeben, wobei der Fokus auf der Energieerhaltung liegt.

### 2.1.1 Energie als grundlegendes Konzept des Physikunterrichts

In der physikdidaktischen Literatur des englisch- und deutschsprachigen Raumes finden sich unterschiedliche Ansätze zum Unterricht über Energie. In einem Aspekt sind sich die Autor\*innen aber einig: Energie ist grundlegendes Konzept der Physik, das durch seine Bedeutung für unterschiedliche Phänomene und gesellschaftliche Bereiche einen Kernbereich des Physikunterrichts darstellen und dadurch für die Schüler\*innen zu einem nützlichen Werkzeug werden sollte. (siehe etwa Constantinou & Papadouris 2012; Driver & Warrington 1985; Duit 1986a; Herrmann-Abell & DeBoer 2011; Neumann et al. 2013; Crossley, Hirn & Starauschek 2009)

Constantinou und Papadouris beziehen sich in ihrer Begründung der Bedeutung des Energiebegriffs für den Physikunterricht auf die *American Association for the Advancement of Science (AAAS)*, welche das Verstehen von Energie als ein zentrales Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts sieht. Als fundamentales Konstrukt ermöglicht Energie den Schüler\*innen sowohl Interpretationen von, als auch Voraussagen für eine Vielzahl von Phänomenen, unter Verwendung von ein und derselben Perspektive. Darüber hinaus stellt die Entwicklung eines Energiebegriffs die Voraussetzung für das Verständnis gesellschaftlicher Problemstellungen wie Energieversorgung, -verteilung, -nutzung, Ernährung etc. dar (vgl. Constantinou & Papadouris 2012, S. 161). Die gesellschaftliche Notwendigkeit eines Verständnisses von Energie für alle Bürger\*innen wird auch von anderen Autor\*innen hervorgehoben. So werden die Mitglieder moderner Gesellschaften laut Herrmann-Abell und DeBoer permanent mit Entscheidungen konfrontiert, die mit Energie zu tun haben. Um darauf adäquat reagieren zu können, ist ein Verständnis davon notwendig, was Energie ist und wie sie transformiert und transportiert werden kann. Wichtig ist außerdem die Fähigkeit, Energievorstellungen in verschiedenen Kontexten anwenden zu können (vgl. Herrmann-Abell & DeBoer 2011, S. 2 & 11). Unter dem Überbegriff der *Scientific Literacy*<sup>3</sup> gehen auch Neumann et al. auf die Wichtigkeit eines Verständnisses von Energie für jeden Menschen ein. Sie schreiben, dass der naturwissenschaftliche Unterricht Schüler\*innen befähigen soll, mit einer von Naturwissenschaften und Technologien geprägten Welt umzugehen. Energie zählen sie zu den fundamentalen Konzepten, die dafür notwendig sind (vgl. Neumann et al. 2013, S. 163). Crossley, Hirn

---

<sup>3</sup> Unter *Scientific Literacy* wird eine naturwissenschaftliche Grundbildung verstanden. Dazu gehören naturwissenschaftliche Kenntnisse und deren Nutzung, ein Verständnis der Charakteristik der Naturwissenschaften als Wissens- und Forschungsform, das Bewusstsein des Einflusses der Naturwissenschaften und Technik auf unsere Umwelt sowie die Bereitschaft, sich mit naturwissenschaftlichen Inhalten auseinanderzusetzen (vgl. Hopf, Scherker & Wiesner 2011, S. 18).

und Starauschek beziehen sich auf den Begriff der epochaltypischen Schlüsselprobleme, die nach Klafki zu den wichtigsten Inhalten der schulischen Bildung gehören und zu denen auch die Energieversorgung von Gesellschaften zählt (vgl. Crossley, Hirn & Starauschek 2009, S. 1).

Duit sieht die gesellschaftliche Relevanz des Energiebegriffs vor allem in Hinblick auf die Energieversorgung und „Energie als universellen Treibstoff“ (Duit 1986a, S. 7) gegeben. Ein Grund für diesen Fokus liegt wohl in der Zeit, in der Duit seine Forschung durchführte: 1986 war die Ölkrise von 1973 vor allem in der Alltagssprachlichen Verwendung von Energie und somit für *Schüler\*innenvorstellungen* noch präsent (vgl. Duit 1986a, S. 258). Daneben betont auch er den phänomenübergreifenden Charakter der Energie: „Der Energiebegriff spielt in den wichtigsten Theorien der Physik eine zentrale Rolle. Er kann als verklammerndes Band der Theoriegebäude eines großen Teils der Physik angesehen werden.“ (Duit 1986a, S. 11) Damit erläutert er die fachliche Relevanz des Energiebegriffs für die Physik, welche ebenfalls einen Legitimationsgrund für den Unterricht über Energie darstellt. Auch die interdisziplinäre Bedeutung von Energie für die Biologie und die Chemie beziehungsweise den Schulunterricht in diesen Fächern sowie fächerübergreifend wird von mehreren Autor\*innen angesprochen (vgl. Duit 1986a, S. 5; Herrmann-Abell & Deboer 2011, S. 2; Neumann et al. 2013, S. 165; Crossley, Hirn & Starauschek 2009, S.1).

Untrennbar mit dem Energiebegriff verbunden ist laut Duit der Aspekt der Energieerhaltung (vgl. Duit 1986a, S. 99). Driver und Warrington sehen in ihrer Erhaltung einen zentralen Grund für die Notwendigkeit eines Unterrichts über Energie. Für sie stellt die Energie als Erhaltungsgröße ein fundamentales Konzept physikalischer Sichtweisen dar, und die Energieerhaltung eine für das Individuum und die Gesellschaft bedeutende Art und Weise, über Aspekte des täglichen Lebens nachzudenken. Schüler\*innen sollte nach Meinung der Autorinnen beigebracht werden, Energiebeziehungen als Denksysteme zu benutzen. (vgl. Driver & Warrington 1985, S. 175)

Sowohl die fachliche Bedeutung des Energiebegriffs für die Physik, als auch seine gesellschaftliche Bedeutung, besonders in Bezug auf Energieversorgung und -nutzung, sind wichtige Gründe für einen Unterricht über Energie. Die Erhaltung der Energie ist einer der wichtigsten Aspekte dieses Begriffs. Wenn

Schüler\*innen lernen, die Energieerhaltung zu verstehen und Energie als Bilanzierungsgröße<sup>4</sup> zu benutzen, können sie unterschiedliche (physikalische) Phänomene, auch des Alltags, beschreiben und Vorhersagen über sie treffen.<sup>5</sup>

### 2.1.2 Energieunterricht an österreichischen Schulen

Der österreichische Lehrplan sieht die Einführung des Energiebegriffs in der Sek I vor. Im Folgenden werden die Vorgaben des Lehrplans dargelegt. Zur konkreteren Vorstellung von Physikunterricht über Energie wird anschließend die Behandlung der Thematik in den beiden Lehrbüchern *Impuls Physik* (Reitinger, Fischer & Novak 2015) und *Lehrbuch der Physik 3. Klasse* (Gollenz et al. 2012) betrachtet.

#### 2.1.2.1 Verankerung im Lehrplan

Im österreichischen Lehrplan für das Unterrichtsfach Physik ist die Behandlung des Themas Energie in der Sek I in den beiden Schulformen Neue Mittelschule (NMS) und Allgemeinbildende Höhere Schule (AHS) vorgesehen. Beide Lehrpläne verorten die Behandlung von Energie in der 3. Klasse (7. Schulstufe) im Rahmen der Themenbereiche *Unser Leben im „Wärmebad“* und *Elektrische Phänomene sind allgegenwärtig* sowie in der 4. Klasse (8. Schulstufe) im Rahmen des Themenbereichs *Elektrizität bestimmt unser Leben*. So sollen die Schüler\*innen im Zuge des Unterrichts von *Unser Leben im „Wärmebad“* unter anderem „die Bedeutung der Wärmeenergie für Lebewesen in ihrer Umwelt erkennen“ sowie die „Bedeutung der Wärmeenergie im wirtschaftlichen und ökologischen Zusammenhang sehen“ (Lehrplan AHS Unterstufe Physik, S. 4; Lehrplan NMS, S. 82). Außerdem sieht der Lehrplan vor, dass Wärmetransport, also eine Form des Energietransports, in seinen Ausprägungsformen Wärmeleitung, Wärmeströmung und Wärmestrahlung besprochen wird (vgl. Lehrplan AHS Unterstufe Physik, S. 4; Lehrplan NMS, S. 82). Unter *Elektrische Phänomene sind allgegenwärtig* heißt es, dass „verschiedene Spannungsquellen als Energieumformer“ (Lehrplan AHS Unterstufe Physik, S. 4; Lehrplan NMS, S. 82) verstanden werden sollen und unter *Elektrizität bestimmt unser Leben* wird vorgegeben, dass die Schüler\*innen „[a]usgehend von Alltagserfahrungen [...] ein immer tiefergehendes Verständnis von technischer Erzeugung und Konsum von Elektroenergie gewinnen“ (Lehrplan AHS Unterstufe Physik, S. 4; Lehrplan NMS, S. 82) sollen. Dabei werden als Unterpunkte die „Einsicht in den Zusammenhang zwischen elektrischer und magnetischer Energie“ sowie „grundlegendes Wissen über Herstellung, Transport und ‚Verbrauch‘ elektrischer Energie“ (Lehrplan AHS Unterstufe Physik, S. 4; Lehrplan NMS, S. 82)

---

<sup>4</sup> Die Bilanz aus Energiebewegungen (Energietransport) und -umwandlungen innerhalb eines abgeschlossenen Systems muss 0 ergeben.

<sup>5</sup> Duit schreibt in seiner Habilitationsschrift 1986, dass die Bedeutung der Energie für Naturvorgänge vor allem darin liegt, dass sie eine Bilanzierungsgröße ist und somit der Natur Beschränkungen auferlegt (vgl. Duit 1986, S. 63).

angeführt. In den didaktischen Grundsätzen, welche in den Lehrplänen den einzelnen Themengebieten vorgelagert sind, heißt es, dass „grundlegende Begriffe (zB Trägheit, Kraft oder Energie) [...] an allen geeigneten Stellen zur Erklärung von Vorgängen in Natur und Technik heranzuziehen [sind], um altersadäquat aufbereitet immer tiefergreifende Verständnisebenen zu erreichen.“ (*Lehrplan AHS Unterstufe Physik, S. 2; Lehrplan NMS, S. 80*)

Energie ist den Vorgaben des Lehrplans nach also kein eigener, gesammelter Themenbereich, der im Physikunterricht behandelt werden soll, sondern soll als „grundlegender Begriff“ immer wieder an allen geeigneten Stellen aufgegriffen werden, um Vorgänge in Natur und Technik zu erklären. Explizit genannt wird sie als Wärmeenergie und elektrische Energie im Rahmen der entsprechenden Themenbereiche. Doch auch an anderer Stelle ist Energie für das physikalische Verständnis von Phänomenen wichtig. So wird etwa in der 2. Klasse (6. Schulstufe), also im Physikanfangsunterricht<sup>6</sup>, beim Punkt *Die Welt, in der wir uns bewegen* unter anderem ein „tiefergehendes Verständnis der Bewegungsmöglichkeiten, Bewegungsursachen und Bewegungshemmungen von belebten und unbelebten Körpern“ (*Lehrplan AHS Unterstufe Physik, S. 3; Lehrplan NMS, S. 81*) aus der Erfahrungswelt der Schüler\*innen als Inhalt genannt. Dabei wird die Energie nicht explizit erwähnt, allerdings könnten hier bereits Energieformen (v.a. kinetische, Reibungs-) eine Rolle spielen.

Eine weitere Vorgabe der Lehrpläne für die AHS Unterstufe und die NMS ist das Einführen der Schüler\*innen in das Modelldenken der Physik, also in das Beschreiben der realen Welt durch ein Modell sowie das Überprüfen der Modelleigenschaften an der Realität. Dabei sollen die Schüler\*innen „typische Denk- und Arbeitsweisen der Physik“ (*Lehrplan AHS Unterstufe Physik, S. 1; Lehrplan NMS, S. 79*) kennenlernen, Grenzen der Gültigkeit von physikalischen Gesetzmäßigkeiten erkennen und zur Entwicklung von „Erklärungsversuchen beziehungsweise Modellvorstellungen und deren Anwendungen bei physikalischen Vorgängen in Natur und Technik“ hingeführt werden (*Lehrplan AHS Unterstufe Physik, S. 1; Lehrplan NMS, S. 79*). Ein Ziel des Physikunterrichts ist es laut Lehrplänen, „zu übergeordneten Begriffen und allgemeinen Einsichten [zu] führen, die an Hand weiterer Beispiele auf konkrete Sachverhalte angewendet werden.“ (*Lehrplan AHS Unterstufe Physik, S. 2; Lehrplan NMS, S. 80*)

#### 2.1.2.2 Energie in Physiklehrbüchern für die Sek I

Um die konkrete Umsetzung des Lehrplans in den Klassenzimmern greifbar zu machen, soll im Folgenden die Aufbereitung des Themas in den beiden österreichischen Lehrbüchern für die Sek I *Impuls Physik 3* und *Lehrbuch der Physik 3. Klasse* betrachtet werden.

---

<sup>6</sup> Physik wird derzeit an österreichischen Schulen ab der 6. oder 7. Schulstufe unterrichtet.

Beide Bücher behandeln den Energiebegriff gleich zu Beginn als erstes Kapitel, um darauffolgend die Wärme zu beschreiben. Reitinger, Fischer & Novak beginnen dabei in *Impuls Physik 3* mit verschiedenen Energieformen und einer knappen Einführung der Energieerhaltung: „Energieerhaltungssatz: Energie kann nicht erzeugt oder vernichtet, sondern nur umgewandelt werden.“ (Reitinger, Fischer & Novak 2015, S. 6) Außerdem angeführt werden die Nutzung von Energieressourcen und die Einheit Joule. Anschließend folgt ein Kapitel zu Energie im Zusammenhang mit Bewegung, wobei der Arbeitsbegriff besonders viel Raum einnimmt. Danach geht das Buch auf den Zusammenhang zwischen Energie, Leistung und Wirkungsgrad ein und behandelt abschließend die Bedeutung von Energie für das menschliche Leben.

Im *Lehrbuch der Physik 3. Klasse* von Gollenz et al. ist die Behandlung des Energiebegriffs als einführendes Unterkapitel dem ersten Kapitel *Unser Leben im „Wärmebad“* zugeordnet. Dabei wird zunächst der Arbeitsbegriff eingeführt und in diesem Zusammenhang auch erstmals über Energie gesprochen. Danach geht es um verschiedene Energieformen und Energieumwandlung und in einem letzten Kapitel zur Energie allgemein werden der Energietransport und die Energiespeicherung besprochen. Die Energieerhaltung wird hierbei im Rahmen des Übergangs von Energieformen ineinander am Ende des Kapitels beschrieben: „Beim Übergang von einer Energieform in andere Energieformen oder bei der Übertragung von Energie von einem Körper auf einen anderen bleibt die Größe der Energie erhalten. Es gibt keinen Vorgang in der Natur, bei dem Energie erzeugt oder vernichtet werden kann.“ (Gollenz et al. 2012, S. 11)

Das Analogiespiel zur Energieerhaltung, das in dieser Arbeit beforscht wird, ist als Einführung in den Energieunterricht in der Sek I gedacht. Damit wird ein ganz anderer Weg eingeschlagen, als ihn die Lehrbücher vorschlagen. Der Unterricht über Energie beginnt mit dem Aspekt der Energieerhaltung und davon ausgehend werden alle anderen Aspekte entwickelt. Dieser Punkt macht die Erforschung der Vorstellungen von Schüler\*innen nach der Durchführung des Spiels auch im Hinblick auf einen Vergleich zum traditionellen Unterricht, wie er in den Lehrbüchern verankert ist, interessant.

### 2.1.3 Forschungsstand zum Energieunterricht

Die fachdidaktische Forschung zum Energiebegriff beschäftigt sich einerseits stark mit *Schüler\*innenvorstellungen*, welche durch die Alltagssprache und Alltagserfahrungen der Schüler\*innen geprägt sind, andererseits erforscht und diskutiert sie die Möglichkeiten und Begrenzungen verschiedener Unterrichtskonzepte und die Frage, ab wann Kinder sinnvollerweise ein Energiekonzept ausbilden kön-

nen. Den *Schüler\*innenvorstellungen* ist unter Punkt 2.2 *Schüler\*innenvorstellungen* ein eigener Abschnitt gewidmet, zur fachdidaktischen Forschung über Unterricht zur Energie mit Fokus auf dem Aspekt der Energieerhaltung wird im Folgenden ein kurzer Überblick gegeben.

#### 2.1.3.1 Traditioneller Energieunterricht

Ein grundlegendes fachdidaktisches Werk zum Energiebegriff hat Reinders Duit 1986 mit seiner Habilitationsschrift *Der Energiebegriff im Physikunterricht* veröffentlicht. Darin beschreibt er den traditionellen Energieunterricht folgendermaßen: „Der traditionelle Weg geht vom Kraftbegriff aus, führt zunächst den Arbeitsbegriff ein und schreitet erst dann zum Energiebegriff vor. Wird dieser Weg in ‚reiner Form‘ gegangen, so ist dies der Energiebegriff der klassischen Mechanik.“ (Duit 1986a, S. 119) Dieser *traditionelle* Unterricht hat laut Duit viele Varianten, wobei in allen die kinetische Energie und die potentielle Energie eingeführt werden und Energieumwandlungen zwischen diesen beiden Formen sowie der Energieerhaltungssatz (der Mechanik) behandelt werden. Auch der erste Hauptsatz der Wärmelehre kommt im Zuge der Behandlung von Energie oft vor, der zweite dagegen meist erst im Rahmen der Wärmelehre. (vgl. Duit 1986a, S. 119-120)

In der traditionellen Art des Energieunterrichts spielt die Definition „Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten“ (Duit 1986a, S. 120) eine wichtige Rolle. Der Energiebegriff wird somit über die Mechanik begründet. Duit bezeichnet 1986 diese Definition als die in Lehrbüchern am häufigsten gebrauchte (vgl. Duit 1986a, S. 119-120). Wie unter Punkt 2.1.2.2 *Energie in Physiklehrbüchern für die Sek I* beschrieben nimmt der Arbeitsbegriff auch in den beiden betrachteten österreichischen Schulbüchern im Rahmen der Bearbeitung von Energie viel Raum ein, dieser Zugang ist also immer noch aktuell. Auch Crossley, Hirn und Starauschek schreiben noch 2009, dass für viele Lehrkräfte die physikalische Größe Energie mit dem Mechanikunterricht verbunden ist (vgl. Crossley, Hirn & Starauschek 2009, S. 6).

Basierend auf ihren Forschungen kommen sowohl Duit als auch Crossley, Hirn und Starauschek zu dem Ergebnis, dass der traditionelle Energieunterricht seine fachlichen und gesellschaftlichen Ziele im Hinblick auf die Kompetenzen der Schüler\*innen nicht erreicht. So können nur sehr wenige Schüler\*innen den Energiebegriff auf Beispiele anwenden, sogar wenn diese Beispiele den im Unterricht behandelten stark ähneln. Für Gebiete außerhalb des Physikunterrichts wird der entwickelte Energiebegriff noch weniger zu einem Werkzeug, vielen Schüler\*innen bleibt nur die Definition über den Arbeitsaspekt im Gedächtnis (vgl. Duit 1986a, S. 265-267). Constantinou und Papadouris fassen zusammen, das Ergebnis traditionellen Energieunterrichts sei ein unsystematischer und bedeutungsloser Gebrauch der Fachterminologie durch die Lernenden (vgl. Constantinou & Papadouris 2012, S. 180).

### 2.1.3.2 Herausforderung Energieerhaltung

Besonders die Energieerhaltung scheint Schüler\*innen große Schwierigkeiten zu bereiten, selbst wenn sich der Physikunterricht intensiv damit beschäftigt (vgl. Duit 1986a, S. 266). In einer von Solomon durchgeführten Testung konnten zwar zwei Drittel der getesteten Schüler\*innen den Energieerhaltungssatz wiedergeben, in Aufgaben dazu gaben jedoch auch die Schüler\*innen, die den Energieerhaltungssatz zuvor korrekt wiedergegeben hatten, teilweise Antworten, die diesem Prinzip widersprechen (vgl. Solomon 1985, S. 167). Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen auch Herrmann-Abell und DeBoer in ihrer Studie mit Schüler\*innen der Sek I und der Sek II sowie Universitätsstudierenden. In der Sek I konnten 42% das Prinzip der Energieerhaltung korrekt identifizieren, in der Sek II waren es 56% und unter den Studierenden 89%. Beispiele zur Energieerhaltung korrekt beantworten konnten jedoch nur 28% der Schüler\*innen der Sek I, 37% der Sek II und 73% der Studierenden. Demnach können viele Schüler\*innen den Energieerhaltungssatz zwar erkennen, die Anwendung auf spezifische Situationen bereitet ihnen jedoch Probleme. (vgl. Herrmann-Abell & DeBoer 2011, S. 11)

Driver und Warrington kommen in einer Studie mit 13-, 16- und 18-jährigen Schülern\*<sup>7</sup> zu dem Ergebnis, dass die Energieerhaltung in der Analyse von Problemen oder Situationen kaum spontan von den Schülern verwendet wurde (vgl. Driver & Warrington 1985, S. 171). Duit, der eine Testung mit Schüler\*innen der 6. bis 10. Schulstufe durchgeführt hat, beschreibt ebenfalls, dass auch in der 10. Schulstufe noch lediglich eine kleine Minderheit der Schüler\*innen mit dem Aspekt der Energieerhaltung vertraut ist. Die meisten Schüler\*innen erwähnen die Energieerhaltung nicht einmal in der Beschreibung idealisierter reibungsfreier Prozesse der Mechanik, selbst wenn ähnliche Prozesse zuvor im Unterricht besprochen worden sind (vgl. Duit 1984, S. 65). Vor allem für Beispiele mit unsymmetrischen oder komplizierten Anordnungen können die wenigsten Schüler\*innen korrekte Voraussagen machen (vgl. Duit 1986a, S. 200).

Viele (traditionelle) Unterrichtswege zum Energiebegriff widmen laut Duit dem Aspekt der Energieerhaltung große Aufmerksamkeit und behandeln ihn ausführlich anhand von quantitativen Experimenten, vor allem aus der reibungsfreien Mechanik. Dennoch können die Schüler\*innen das Prinzip nach diesem Unterricht nur äußerst begrenzt anwenden. Duit führt dies unter anderem darauf zurück, dass oftmals Kompensationsargumente benutzt werden, um die Energieerhaltung zu erklären. Für jüngere Schüler\*innen scheint es aber schwierig zu sein, gleichzeitig die Zunahme einer Größe und die Abnahme einer anderen zu beachten. Daher sei der Erfolg eines solchen Unterrichts sehr beschränkt. (vgl. Duit 1986a, S. 263-264)

---

<sup>7</sup> In den getesteten Klassen gab es keine Mädchen.

### 2.1.3.3 Vorschläge für den Unterricht

Darüber, wie und wann Energie im Physikunterricht eingeführt werden soll, gibt es in der Fachdidaktik der Physik unterschiedliche Sichtweisen. Einige auf den Erkenntnissen der unter 2.1.3.1 *Traditioneller Energieunterricht* und 2.1.3.2 *Herausforderung Energieerhaltung* geschilderten Forschungsergebnisse beruhende Vorschläge für den Energieunterricht werden im Folgenden vorgestellt.

Bevor über Vorschläge zu Unterrichtsinhalten gesprochen wird, stellt sich zunächst jedoch aus fachdidaktischer Perspektive die Frage, in welchem Alter der Energiebegriff im Unterricht sinnvollerweise eingeführt werden kann und soll. Duit spricht sich in seiner Habilitationsschrift für einen möglichst frühen Energieunterricht aus. Er beruft sich auf Untersuchungen zur kognitiven Entwicklung während der Sek I, wonach die Einführung des Energiebegriffs bereits am Anfang dieser Schulstufe möglich sei. Die meisten Schüler\*innen sind demnach zu diesem Zeitpunkt in ihrer kognitiven Entwicklung so weit, dass ihnen ein Verständnis von Energietransport und Energieumwandlung ohne größere Schwierigkeiten möglich ist. Außerdem beruft sich Duit auf Unterrichtserfahrungen, wonach bereits bei 10- bis 12-Jährigen ein ausbaufähiges Fundament für einen physikalischen Energiebegriff gelegt werden kann. Dieses Fundament solle dann im Laufe des Physikunterrichts genutzt werden, indem der Energiebegriff immer wieder aufgegriffen und erweitert wird. Für das Energieerhaltungskonzept ist von Bedeutung, dass Schüler\*innen der Sek I laut Duit auch komplexe Vorgänge in Ursache-Wirkungsketten zerlegen und sich ein „Etwas“ vorstellen können, das bei solchen Vorgängen weitergegeben wird und in unterschiedlichen Formen auftreten kann. (vgl. Duit 1986a, S. 260-270)

Constantinou und Papadouris plädieren ebenfalls dafür, Energie schon in der Sek I im Alter von 11 bis 14 Jahren als theoretischen Rahmen einzuführen, um den Schüler\*innen ein Interpretationswerkzeug für verschiedene Phänomene in die Hand zu geben. Dabei weisen sie darauf hin, dass Kinder und Jugendliche in diesem Alter zunächst eines qualitativen Verständnisses von Energie bedürfen, Energie aber aus physikalischer Sicht eine quantitative Größe ist, die auch als solche verstanden werden muss, um Fehlvorstellungen zu vermeiden. Um Energie auf aus physikalischer Sicht akzeptable Weise und trotzdem für Schüler\*innen verständlich einzuführen, schlagen sie deshalb eine philosophisch-informierte, auf *Nature of Science (NOS)*<sup>8</sup>-Bewusstsein fokussierte Unterrichtsmethode vor. (vgl. Constantinou & Papadouris 2012, S. 161-162)

---

<sup>8</sup> *Nature of Science (NOS)* beschreibt die Natur der Naturwissenschaften. Dazu gehören der vorläufige Charakter physikalischen Wissens, der Bezug der Wissensentwicklung auf Beobachtungen, Empirie, rationale Argumente sowie kritische Reflexion, die methodische Vielfalt, der Unterschied zwischen Gesetz und Theorie, die Replizierbarkeit, das gegenseitige Abhängigkeitsverhältnis zwischen Beobachtungen und Theorien, die evolutionären und revolutionären Phasen der Physikgeschichte, der Einfluss sozialer und historischer Kontexte auf historische Ideen

Was die Energieerhaltungsvorstellung betrifft, beruft sich Dahncke in seiner Untersuchung zu den Lernvoraussetzungen für das Energieerhaltungskonzept mit dem Titel *Energieerhaltung in der Vorstellung 10- bis 15-Jähriger* auf Piaget und Inhelder, die zu Erhaltungsvorstellungen bei Kindern gearbeitet haben. Demnach ist der Erwerb der drei Operationen *Identität*, *Reversibilität* und *Kompensation* Voraussetzung für die Ausbildung eines Erhaltungskonzepts. Piaget und Inhelder beschreiben eine Altersabhängigkeit der Entwicklung von Erhaltungsvorstellungen zu Stoffmenge, Gewicht und Volumen. Die Stoffmenge wird im Alter von 6 ½ bis 10 ½ Jahren als Erhaltungsgröße verstanden, das Gewicht im Alter von 8 bis 12 Jahren und das Volumen im Alter von 9 ½ bis 12 Jahren. (vgl. Dahncke 1973, S. 10-12, nach Piaget & Inhelder 1969) In Dahnckes Untersuchung ergibt sich auch eine vom Physikunterricht unabhängige „signifikante Änderung der Ausprägung einer Vorstellung von Energieerhaltung [...] mit dem Alter“ (Dahncke 1973, S. 81) von der fünften bis zur neunten Schulstufe. Die Änderungen sind bereits im Bereich vor dem Physikunterricht signifikant. Der Anstieg der Ausbildung eines Energieerhaltungskonzepts ist laut Dahncke mit der Entwicklung des Volumenerhaltungskonzepts vergleichbar, findet aber später statt. Demnach wird die Idee von der Erhaltung der Energie den anderen Erhaltungsgrößen nachgelagert entwickelt. (vgl. Dahncke 1973, S. 81-82)

Bedenkt man die unter 2.1.1 *Energie als grundlegendes Konzept des Physikunterrichts* vorgestellten Argumente für einen Unterricht über Energie, welche vor allem den Nutzen für das Individuum als Mitglied einer Gesellschaft, in der Energie eine wichtige Rolle spielt, unterstreichen, so ergibt sich ein weiteres gewichtiges Argument für den Energieunterricht in der Sek I: Da viele Schüler\*innen die allgemeinbildenden Schulen nach der Sek I verlassen und danach keinen Physikunterricht mehr erhalten, muss der Unterricht der Sek I sie bereits dazu befähigen, ein brauchbares und im Alltag nützliches Energiekonzept auszubilden.

Bezüglich der Unterrichtsinhalte leiten einige Autor\*innen aus den Ergebnissen der fachdidaktischen Forschung Vorschläge für den Energieunterricht ab, teilweise entwickeln sie sogar eigene Unterrichtskonzepte oder *Learning Progressions*<sup>9</sup>. Einige ausgewählte Vorschläge werden im Folgenden besprochen.

---

sowie die Zugehörigkeit der Physik zu sozialen und kulturellen Traditionen. (vgl. Hopf, Schecker & Wiesner 2011, S. 14)

<sup>9</sup> In *Learning Progressions* wird versucht, Lerninhalte, Instruktionen sowie die Überprüfung des Wissens systematisch anzuordnen, um Schüler\*innen ein tieferes Verständnis physikalischer Konzepte zu ermöglichen. Dazu gehören die Beschreibung von Verständnislevels zunehmenden Anspruchs sowie von Möglichkeiten, diese Levels zu überprüfen und einer Instruktion, welche Schüler\*innen hilft, ein höheres Verständnislevel zu erreichen. (vgl. Neumann et al. 2013, S. 163)

Duit schlägt für den Energieunterricht der Sek I, dessen Notwendigkeit er mit oben genannten Argumenten begründet, eine Gliederung in die „Energie-Quadriga“ vor, bestehend aus Energietransport, Energieumwandlung, Energieerhaltung und Energieentwertung. Dem vorgelagert verortet er die Konzeptualisierung von Energie als Überbau. Duit spricht sich für eine parallele Entwicklung der vier Aspekte aus, um ihre Verzahnung klar herauszuarbeiten. Die Energieerhaltung hält er für nur dann verständlich, wenn gleichzeitig ein Aspekt gelernt wird, der den Verlust, Verschleiß oder Verbrauch bei den behandelten Vorgängen erklärt. Den Arbeitsbegriff hält er bei der Ausbildung eines Energiebegriffs für entbehrlich, da die Verbindung mit der Arbeit das Lernen nicht erleichtere, allerdings eine Beschränkung auf die Mechanik mit sich bringe. Er tritt dementsprechend für die Einführung eines weiten, sich über unterschiedliche Bereiche der Physik erstreckenden Energiebegriffs von Anfang an ein. (vgl. Duit 1986a, S. 273-275, S. 96)

Für Dahncke hängt ein Verständnis der Energieerhaltung eng mit der Einsicht zusammen, dass dieses Konzept nur über die physikalische Idealisierung des abgeschlossenen Systems möglich ist (vgl. Dahncke 1973, S. 20-21).

Constantinou und Papadouris sehen die größte Schwäche des traditionellen Energieunterrichts und gleichzeitig den Grund dafür, dass die Energieerhaltung für Schüler\*innen nicht zu einem interpretativen Werkzeug wird, darin, dass die Frage „Was ist Energie?“ nicht ausreichend behandelt wird. Sie formulieren daher zwei Ziele einer Neuorientierung von Energieunterricht: Einerseits sollen die Schüler\*innen darin unterstützt werden, ein qualitatives Verständnis des Energiebegriffs und seiner gesellschaftlichen Bedeutung auszubilden, andererseits sollen Vereinfachungen vermieden werden, die der physikalischen Sichtweise widersprechen. Im Sinne ihrer NOS-Orientierung schlagen sie vor, dass Energie als erfundene Größe eingeführt werden soll, welche der Analyse physikalischer Systeme und ihres Verhaltens sowie ihrer Interaktionen dient. Den Schüler\*innen soll bewusstgemacht werden, dass naturwissenschaftliches Vorgehen bedeutet, Phänomene genau zu beobachten und davon ausgehend einen theoretischen Rahmen für ihre Interpretation und die Möglichkeit von Voraussagen zu erfinden. Der Energiebegriff soll in einen solchen Rahmen eingebettet werden, in weiterer Folge soll der Unterricht diesen Rahmen kontinuierlich um verschiedene Aspekte erweitern, sodass ein kohärenter und physikalisch korrekter Energiebegriff entsteht. Schüler\*innen sollen dabei unter anderem verstehen, dass es häufig nützlicher ist, Energie als in Systemen und nicht in einzelnen Objekten enthalten zu betrachten. (vgl. Constantinou & Papadouris, S. 164-166)

Den Versuch, eine *Learning Progression* zur Energie zu entwickeln, haben Neumann et al. unternommen. Sie schlagen für den Unterricht folgende Reihenfolge vor: 1. Energieformen & -quellen, 2. Energietransport & -umwandlung, 3. Dissipation, 4. Energieerhaltung, 5. Energieentwertung („devaluation“, inklusive Entropie). Diese Reihenfolge wird durch eine zunehmende Komplexität der Themen gerechtfertigt, wobei laut Neumann et al. Punkt 1 den geringsten und Punkt 5 den höchsten Komplexitätsgrad aufweisen. Zu diesem Schluss kommen die Autoren aufgrund ihrer Testung des Entwurfes einer von ihnen vorgeschlagenen *Learning Progression*, in der Beispiele zu Punkt 1 von den meisten Schüler\*innen korrekt gelöst werden konnten, Beispiele zu den Punkten 4 und 5 von den wenigsten. (vgl. Neumann et al. 2013, S. 184) Der für diese Testung entwickelte Fragebogen wurde unter dem Titel *Energy Concept Assessment (ECA)* veröffentlicht und beinhaltet Beispiele zu den Punkten 1, 2 und 4 sowie zur Energieentwertung („degradation“), unter der Neumann et al. zu Beginn ihrer Arbeit noch Dissipation und Entwertung zusammengefasst betrachteten (vgl. Neumann et al. 2013).

Als Ziel des Unterrichts über den Aspekt der Energieerhaltung formulieren Neumann, Viering und Fischer (Neumann, Viering & Fischer 2010, S. 292):

„Schülerinnen und Schüler sollen in einer gegebenen Situation die Gesamtenergie als Bilanzierungsgröße nutzen. Es wird erwartet, dass Schülerinnen und Schüler [sic!] am Ende der Sekundarstufe I über diese Konzeptualisierung verfügen können. Sie sollen verstanden haben, dass die Gesamtenergie eines (geschlossenen) Systems trotz Energieentwertung erhalten bleibt. Es wird insbesondere erwartet, dass sie in der Lage sind die Energieentwertung gedanklich auszublenden, um Phänomene idealisiert und damit einfacher quantitativ beschreiben zu können (zum Beispiel beim Zusammenhang zwischen maximaler Geschwindigkeit eines Pendels und der maximalen Auslenkung).“

Um die Energieerhaltung für Schüler\*innen verständlich zu machen, schlagen Driver und Warrington ähnlich wie Dahncke vor, Situationen vom Standpunkt des Systems ausgehend zu betrachten und dabei die Energieinputs und -outputs auf quantitative Weise zu beschreiben. Dadurch sollen Schüler\*innen einen besseren Zugang zur Energie als quantitativer Größe und ihrer Anwendung in verschiedenen Situationen bekommen. (vgl. Driver & Warrington 1985, S. 175)

## 2.2 Schüler\*innenvorstellungen

„Energie gehört zu den Begriffsnamen (Termini), die in der Alltagssprache in (etwas) anderer Bedeutung verwendet werden als in der Physik.“ (Duit 1986b, S. 189) Die Diskrepanz zwischen dem alltäglichen und dem wissenschaftlichen Gebrauch des Begriffs, die alltäglichen Erfahrungen der Schüler\*innen und auch der Physikunterricht führen dazu, dass viele Schüler\*innen vor und während des Physikunterrichts Vorstellungen zur Energie entwickeln, die mit dem physikalischen Konzept nicht konform sind (vgl. Hopf, Schecker & Wiesner 2011, S. 29). In der fachdidaktischen Forschung finden sich einige Autor\*innen, die sich mit solchen *Schüler\*innenvorstellungen* beschäftigen, um den Physikunterricht

gezielt dahingehend zu verbessern, solche Vorstellungen zu korrigieren beziehungsweise zu vermeiden (siehe etwa Dahncke 1973; Duit 1986a; Crossley, Hirn & Starauschek 2009). Im Folgenden soll kurz auf die Rolle von *Schüler\*innenvorstellungen* in der physikdidaktischen Forschung eingegangen werden, anschließend werden *Schüler\*innenvorstellungen* zur Energieerhaltung vorgestellt.

### 2.2.1 Schüler\*innenvorstellungen in der fachdidaktischen Forschung

„Schülervorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften (Nature of Science [...]) haben in den letzten Jahren eine zunehmende Beachtung gefunden. Es wird auch argumentiert, dass solche Vorstellungen das Lernen, also die Verarbeitung der unterrichtlichen Angebote, beeinflussen. Diese Auffassung ist plausibel, eindeutige und belastbare empirische Belege dazu stehen aber noch aus.“ (Hopf, Schecker & Wiesner 2011, S. 31)

Hopf, Schecker und Wiesner erläutern in *Physikdidaktik kompakt*, dass *Schüler\*innenvorstellungen* bei Schüler\*innen durch Alltagserfahrungen, aber auch durch Unterricht entstehen und sich in unterschiedlichen Situationen bewähren. Obwohl diese Vorstellungen oft nicht mit den physikalischen Vorstellungen übereinstimmen, sondern ihnen unter Umständen sogar deutlich widersprechen, bilden sie als Vorwissen die Basis für das Lernen als Konstruktion von Bedeutung. Im weiteren Unterricht kann es daher passieren, dass die Bedeutungen, welche die Schüler\*innen konstruieren, ganz andere sind als die von den Lehrenden beabsichtigten. *Schüler\*innenvorstellungen* erscheinen den betreffenden Lernenden durchaus logisch und sind Ausdruck eines Bemühens um ein physikalisches Verständnis. Für Lehrende ist es wichtig, *Schüler\*innenvorstellungen* zu kennen, um sie in der Unterrichtsplanung und -durchführung berücksichtigen und in der Kommunikation mit den Lernenden deren Aussagen Bedeutungen zuordnen zu können. (vgl. Hopf, Schecker & Wiesner 2011, S. 29-33)

### 2.2.2 Schüler\*innenvorstellungen zur Energieerhaltung

Dahncke schreibt in seiner Untersuchung zur *Energieerhaltung in der Vorstellung 10- bis 15-Jähriger*, dass Kinder im Gegensatz zur Physik zum Konzept der Energieerhaltung keine Fachsprache besitzen und das Energieerhaltungskonzept in der Vorstellung der meisten Schüler\*innen anders als in der Physik nicht durchgehend gilt, sondern von mehreren Variablen abhängig ist (vgl. Dahncke 1973, S. 5). Schüler\*innenkonzepte zur Energieerhaltung sind demnach abhängig von den Variablen Symmetrie, Anfangsenergie, Energieform, Versuchsgerät und Reibung. Die einzige Variable, die auch in der Physik eine Rolle spielt, ist die Reibung, alle anderen sind aus Sicht der Physik für die Energieerhaltung irrelevant. Inwieweit Schüler\*innen überhaupt ein Energieerhaltungskonzept ausgebildet haben hängt außerdem von der Altersgruppe ab. Demnach verfügen in den Schulstufen 5 bis 8 etwa 30% der Schüler\*innen über ein Energieerhaltungskonzept, in der 9. Schulstufe sind es zwischen 30% und 40%. Allerdings beeinflussen die genannten Variablen die Schüler\*innen unterschiedlicher Altersgruppen in unterschiedlicher Art. Die Variable Symmetrie hat einen größeren Einfluss auf die Antworten älterer

Schüler\*innen, die Anfangsenergie dagegen auf die der jüngeren Schüler\*innen. (vgl. Dahncke 1973, S. 62-79)

Auch Herrmann-Abell und DeBoer schreiben, dass Fehlvorstellungen in allen Altersstufen vorkommen, die Beliebtheit einiger solcher Vorstellungen nehme aber mit zunehmender Schulstufe ab (vgl. Herrmann-Abell & DeBoer, S. 10-11). Dahncke beschreibt weiters, dass über alle Altersgruppen hinweg etwa 24% der Schüler\*innen Voraussagen treffen, die auf Energiezuwachs- oder Energieverlustvorstellungen hindeuten (vgl. Dahncke 1973, S. 84; Duit 1986a, S. 182).

Für Schüler\*innen der Sek I ist laut Driver und Warrington Energie selten eine erhaltene Größe, sondern eher etwas, das für eine kurze Zeit aktiv ist und dann verschwindet (vgl. Driver & Warrington 1985, S. 171). Zu Forschungsergebnissen aus dem englischsprachigen Raum ist ein Hinweis Duits zu berücksichtigen: Demnach sind *Schüler\*innenvorstellungen* vom Sprachraum abhängig und im englischsprachigen Raum ist Energie in der Vorstellung der Schüler\*innen aufgrund alltagssprachlicher Konnotationen stärker mit Lebendigem verbunden, im deutschsprachigen Raum befand er jedoch in seiner Forschung die Treibstoffvorstellung sowie die Verbindungen zu Kraft und Strom als dominierend (vgl. Duit 1986a, S. 193).

In den 1980ern führte Duit eine Studie zu Schülervorstellungen zum Energiebegriff im deutschsprachigen Raum mithilfe von Assoziationstests durch. Crossley, Hirn und Starauschek wiederholten diese Testung 2008 in einer Replikationsstudie. Duit schreibt in seiner Studie zum Aspekt der Energieerhaltung (Duit 1986a, S. 259):

„Der Aspekt *Energieerhaltung* ist in der Alltagssprache nicht vorhanden. Zwar besteht kein Zweifel darüber, daß Energie nicht aus nichts entstehen kann. Der universelle Treibstoff muß irgendwoher stammen, er muß aus einem Energieträger gewonnen werden. Das, was mit diesem Treibstoff nach Gebrauch geschieht, liegt aber außerhalb des Interesses. Häufig wird in diesem Zusammenhang von Energieverbrauch gesprochen.

Ob damit aber eine Energieverlustvorstellung oder aber eine Energieverschleißvorstellung verbunden ist, ist durch die bislang vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht ausreichend geklärt. Allerdings deuten die vorhandenen Ergebnisse darauf hin, daß sich in der Alltagssprache tragfähige Anknüpfungspunkte für den Aspekt der *Energieentwertung* finden.“

An dieser Treibstoffvorstellung bewirkt der traditionelle Unterricht laut Duit nur geringe Korrekturen. Die Assoziationen der Schüler\*innen werden mit den Unterrichtsjahren physikalischer, wobei vor allem die Nennungen von Energieformen und andere Verbindungen mit Energie zunehmen, außerdem verbinden viele Schüler\*innen nach dem Energieunterricht den Energiebegriff mit Arbeit und/oder Leistung (vgl. Duit 1986a, S. 261). Duit führte seinen Assoziationstest 1985 mit Sc Schüler\*innen der 6.

bis 10. Schulstufe eines Gymnasiums in Kiel durch, Crossley, Hirn und Starauschek testeten Schüler\*innen derselben Schulstufen an verschiedenen Schultypen in Baden-Württemberg 2008. Die Ergebnisse der Originaltestung und der Replikationsstudie sind in den meisten Bereichen ähnlich. Bei den Assoziationen steht der elektrische Strom an erster Stelle, die Zahl seiner Nennungen nimmt jedoch mit der Höhe der Klassenstufe ab. Allerdings wird der elektrische Strom 2008 etwa doppelt so häufig genannt wie 1985 (6. Schulstufe: 89%, 10. Schulstufe: 52%). Daraus folgern die Autoren, dass der Energieunterricht wie von Duit gefordert von der Mechanik gelöst werden sollte. Die Treibstoffvorstellung kommt in der Replikationsstudie kaum noch in den Assoziationen vor, was vermutlich damit zusammenhängt, dass in den 1980ern die Ölkrise ein in der Öffentlichkeit präsent Thema war. Mit Energiesparen verband in der Testung von 2008 kein\*e einzige\*r Schüler\*in des Gymnasiums den Begriff Energie (in anderen Schulformen maximal 3%), was die Autoren für eine bedenkliche Entwicklung hinsichtlich der gesellschaftlichen Ziele des Energieunterrichts halten. Neu unter den Assoziationen sind 2008 Begriffe aus den Bereichen Nahrung und Sport. Die Autoren verweisen in diesem Zusammenhang auf die von einigen Schüler\*innen genannten Energydrinks (vgl. Crossley, Hirn & Starauschek 2009, S. 3-6). Sie fassen die Ergebnisse vergleichend zusammen (Crossley, Hirn & Starauschek 2009, S. 6):

„Die Assoziationen der Schülerinnen und Schüler zur Energie verändern sich im Laufe der Zeit. Dies ist nicht überraschend, da in den letzten 20 Jahren das Wort Energie im Alltagswortschatz angekommen und die Energieversorgung zu einem öffentlich breit diskutierten Problem geworden ist. Vielleicht überraschend ist der deutliche Anstieg der Assoziation des elektrischen Stromes. Angesichts der Energieproblematik [...] ist jedoch das Verschwinden des Energiesparens verwunderlich [...]. Angesichts des Treibhauseffektes und der endlichen Ressource der fossilen Treib- und Brennstoffe lässt sich damit kritisch fragen, was der Physikunterricht – zu dem auch die gesellschaftliche Dimension gehören sollte – zur Bewusstseinsbildung [sic!] für das epochaltypische Schlüsselproblem Energieversorgung im Sinne Klafkis und zur Umwelterziehung beiträgt?“

Wie unter 2.2.1 *Schüler\*innenvorstellungen in der fachdidaktischen Forschung* erläutert können Schüler\*innenvorstellungen auch durch Unterricht entstehen. Einen solchen Fall beschreibt Solomon 1985: Durch ein Missverstehen des in traditionellem Unterricht eingeführten Energieerhaltungssatzes würden einige Schüler\*innen glauben, dass Energie immer im betrachteten System bleibt. Über ihre Lokalisierung können sie keine Aussagen machen. In einer von Solomon durchgeführten Testung glaubten ein Drittel der Schüler\*innen, wenn ein Auto stehenbleibt, sei die Energie in ihrer ursprünglichen Form erhalten und warte darauf, später wieder freigelassen zu werden. Sie gingen also von einem reversiblen Prozess aus. Solomon spricht hier von einer Fehlvorstellung über die Lokalisierung der Energie. (vgl. Solomon 1985, S. 167)

Nach Duit 1984 widerspricht die Energieerhaltung in gewisser Weise den Alltagserfahrungen der Schüler\*innen. In den meisten Vorgängen scheint Energie zu verschwinden. Er rät daher, die Energiebewertung im Unterricht miteinzuführen. (vgl. Duit 1984, S. 65)

### 2.3 Analogiespiel zur Energieerhaltung nach R. Feynman

In dieser Arbeit wird eine neue Art und Weise der Einführung der Energieerhaltung im Physikunterricht der Sek I untersucht: durch ein Spiel zu Beginn des Unterrichts über Energie. Dieses Spiel ist Teil eines Unterrichtskonzeptes zur Energie für die Sek I, das von Andrea Hauff-Achleitner im Rahmen ihrer laufenden Dissertation entwickelt wurde. Es beruht auf einem Gedankenexperiment Richard Feynmans, das er in seinen Vorlesungen zur Veranschaulichung des Energieerhaltungsprinzips erläutert. Die Idee Feynmans und die Umsetzung im Spiel nach Hauff-Achleitner soll in diesem Abschnitt dargestellt werden, zuvor wird kurz auf Lernen durch Analogien sowie das Münchner Energieunterrichtskonzept für die Sek II von Bader eingegangen.

#### 2.3.1 Lernen durch Analogien

„Analogies appear to be powerful tools for learning science in schools. The use of analogies as learning aids is recommended especially in cases where students' pre-instructional conceptions and the science concepts are (partly) incompatible, that is, where conceptual change is necessary.“ (Duit et al. 2001, S. 284)

Nach Duit et al. 2001 zeigt die didaktische Forschung, dass Analogien für einen Konzeptwechsel bei Schüler\*innen hin zu naturwissenschaftlichen Konzepten genutzt werden können. Allerdings zeigt schon der Titel ihres Artikels, dass Analogien für das Lernen nicht ganz unproblematisch sind: *Fostering conceptual change by analogies – between Scylla and Charybdis* weist darauf hin, dass die Autoren Analogien für den Unterricht als nicht nur positiv einstufen. Demnach können Analogien Lernprozesse auch auf negative Weise beeinflussen und zu falschen Schlüssen führen. (vgl. Duit et al. 2001, S. 283) So schreiben sie weiter: „Conceptual change [...] may be both supported and hampered by the same analogy.“ (Duit et al. 2001, S. 283)

Eine Analogie, die einen Konzeptwechsel unterstützen soll, umfasst laut Duit et al. eine *base domain* und eine *target domain*, die sich hinsichtlich gewisser Elemente ähnlich sind. Die *target domain* stellt das erwünschte physikalische Konzept dar, die *base domain* die Analogie, über die dieses Konzept erreicht werden soll. Dabei geht es entweder um einfache/oberflächliche Eigenschaften, oder um tiefe/strukturelle Eigenschaften. Zwischen *base* und *target* gibt es eine Symmetrie, sie sind Analogien

füreinander. Auch wenn die *base* den Schüler\*innen neu ist, ist durch die symmetrische Beziehung ein schrittweiser Aufbau des Verständnisses möglich. (vgl. Duit et al. 2001, S. 284)

Das Lernen durch Analogien setzt voraus, dass es einen permanenten Perspektivenwechsel zwischen den beiden Teilen gibt. Dadurch wird ein Verständnis des Kontexts, in den die Analogie eingebettet ist, ermöglicht. Aus einer konstruktivistischen Perspektive beinhalten Lernprozesse stets die Suche nach Ähnlichkeiten zwischen bereits Bekanntem und neuem Wissen. Lernen durch Analogien kann daher dieser Perspektive zugeordnet werden. Neue Schemata werden durch die Rekonstruktion bereits vorhandener Schemata entwickelt. Dadurch wird ein Konzeptwechsel ermöglicht (Duit et al. 2001, S. 285):

„Conceptual change perspectives have shown to be fruitful particularly in science education where everyday views of the phenomena are often incommensurable with canonical views. Learning processes therefore often require major restructuring of students' already existing conceptions. Analogies can play a central role in this restructuring of students' conceptual frameworks.“

Damit der Konzeptwechsel gelingt, sind die Perspektiven der am Lernprozess beteiligten Akteur\*innen zu beachten, nämlich die der Lehrenden oder Lehrbuchautor\*innen, welche die Analogien bereitstellen, die der Lernenden, sowie die der Forscher\*innen. Unter Umständen konstruieren Lernende die Bedeutung einer Analogie anders als von den Lehrenden intendiert. Da die Bedeutungskonstruktion durch Analogien über Beobachtungen erfolgt, ergibt sich die Komplikation, dass es eine unendliche Anzahl an Beobachtungsmöglichkeiten gibt, die von den erwünschten abweichen können. Es ist daher unverzichtbar, das Verständnis der am Lernprozess beteiligten Personen zu untersuchen. (vgl. Duit et al. 2001, S. 286-287 & S. 300) Duit et al. sprechen in diesem Zusammenhang von drei Funktionen einer Analogie (Duit et al. 2001, S. 287):

„First, there is the *educational* function when a teacher or textbook provides a post-festum analogy with a certain educational intention. Second, there is the *heuristic* function when the learner attempts to make use of an analogy provided. Third, there is the *explicative* function when the researchers analyze the interplay of educational and heuristic functions from their meta-level perspective.“

Die Untersuchung post-instruktionaler Vorstellungen von Schüler\*innen kann dazu beitragen, diese Perspektive der Lernenden, die für die Konstruktion von Wissen durch Analogien so bedeutend ist, besser zu verstehen.

### 2.3.2 Münchner Unterrichtskonzept für die Sek II

Das Münchner Unterrichtskonzept zur *Einführung in die mechanische Energie und Wärmelehre* für die Sek II von Bader 2001 beginnt den Unterricht über Energie ebenfalls mit der Energieerhaltung und erzielt damit im Vergleich zum traditionellen Unterricht gute Ergebnisse. Es ist an *Schüler\*innenvorstellungen* orientiert und betont den Aspekt der Energieerhaltung. Mit diesem Aspekt beginnt der

Energieunterricht, vorgelagert ist ihm nur die Reibung. Ausgewählte Phänomene dienen der Einführung und Verdeutlichung der Energieerhaltung, und zwar ein schwingendes Fadenpendel, eine auf einer Glasplatte hüpfende Stahlkugel, ein Modellauto in einer Halbpipeline sowie der senkrechte Wurf nach oben und der freie Fall. Im Gegensatz zum traditionellen Energieunterricht spielt der Arbeitsbegriff keine tragende Rolle, sondern wird nur zur Berechnung der ausgetauschten Energie verwendet. (vgl. Hopf, Schecker & Wiesner 2011, S. 57-58)

Bezüglich des mechanischen Energiebegriffs ist ein Vergleich zwischen dem traditionellen (bei Bader konventionell genannten) Unterrichtskonzept und dem von Bader in *Tabelle 1* dargestellt. Der Unterschied die Einführung der Energieerhaltung betreffend wird darin deutlich:

		konventionelles Unterrichtskonzept	Münchener 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 := $\Delta E$ und Arbeit = $F \cdot s$ $\Downarrow$ mechanische Maschinen betrachtet unter dem Blickwinkel des Energieerhaltungssatzes

Tabelle 1: Gegenüberstellung konventionelles Unterrichtskonzept - Münchener Unterrichtskonzept (Bader 2001, S. 44).

In einer Untersuchung, für die das Unterrichtskonzept in fünf Gymnasialklassen einer neunten Schulstufe mit 92 Schüler\*innen getestet wurde und die Kontrollgruppe aus sechs Gymnasialklassen derselben Schulstufe mit 110 Schüler\*innen bestand (vgl. Bader 2001, S. 105-106), wurde in der Versuchsgruppe bezüglich mechanischer Energie ein 1,84 mal so großer Lernerfolg erzielt und bezüglich Wärmelehre ein 2,45 mal so großer, was global in etwa einen doppelt so großen Lernerfolg ergibt<sup>10</sup> (vgl. Bader 2001, S. 226). In einem zuvor durchgeführten Intelligenztest und einem Vorkenntnistest hatten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ergeben (vgl. Bader 2001, S. 106-107). Besonders die Mädchen profitierten vom Münchner Konzept: In der Versuchsgruppe schnitten sie „etwas besser als ihre Mitschüler“ (Bader 2001, S. 226) ab, in der Kontrollgruppe dagegen signifikant schlechter. Bader führt das unter anderem auf eine gesteigerte Motivation der Mädchen durch die Einbeziehung von Themen aus der Biologie zurück. Der höhere Erfolg der Versuchsgruppe gilt für alle

<sup>10</sup> In der Versuchsgruppe wurde ein Anteil von 66% korrekter Lösungen erreicht, in der Kontrollgruppe dagegen nur 36%.

Aufgaben: „Bei allen Items, in denen die Schüler/innen Aufgaben zu bearbeiten hatten, war der Lernerfolg der Versuchsgruppe immer, meist sogar signifikant, höher als der Lernerfolg der Kontrollgruppe.“ (Bader 2001, S. 226) Auch Hopf, Schecker und Wiesner weisen in *Physikdidaktik kompakt* auf den signifikant größeren Lernerfolg von Baders Konzept hin (vgl. Hopf, Schecker & Wiesner 2011, S. 57-59).

Diesen größeren Lernerfolg des Münchner Unterrichtskonzepts im Vergleich zum traditionellen Konzept begründet Bader damit, dass „beim Münchner Unterrichtskonzept die Energie in den Vordergrund gerückt wurde, eine eindeutige Verknüpfung zwischen der Wärmelehre und der mechanischen Energie vorhanden ist und die unterschiedliche Interessenslage von Mädchen und Jungen mit berücksichtigt wurde.“ (Bader 2001, S. 228)

Für die vorliegende Arbeit ist ein Aspekt des Münchner Konzepts von besonderem Interesse: Die Einführung des Energiebegriffs beginnt mit der Einführung der Energieerhaltung. Damit stellt Bader eine Eigenschaft der Energie an den Anfang seines Konzepts, die Schüler\*innen große Schwierigkeiten bereitet und wie unter 2.1.3 *Forschungsstand zum Energieunterricht* dargelegt von vielen Didaktiker\*innen für komplexer als andere Aspekte des Energiebegriffs gehalten wird. Daher steht die Energieerhaltung in anderen Unterrichtskonzepten und -entwürfen eher am Ende des Unterrichts über Energie. Durch das Analogiespiel zur Energieerhaltung, dessen Wirksamkeit in dieser Arbeit untersucht wird und das als Einstieg in das Thema Energie gedacht ist, wird ebenfalls dieser schwierige Aspekt an den Beginn des Energieunterrichts verschoben, allerdings auf Sek I-Niveau. Der große Erfolg des Münchner Konzepts lässt hoffen, dass dieser Einstieg in das Thema auch für jüngere Schüler\*innen gut funktionieren kann.

### 2.3.3 Feynmans Analogie als Grundlage des Spiels

Richard Feynman bedient sich in seinen Vorlesungen zur Veranschaulichung der Energieerhaltung einer Analogie (vgl. Feynman, Leighton & Sands 2016, S. 45-46). Auf dieser Analogie beruht das Spiel, das Andrea Hauff-Achleitner als Beginn ihres Unterrichtskonzeptes zur Energie entwickelt hat und das im Rahmen dieser Arbeit erprobt wird.

Feynmans Analogie erzählt von einem Kind, das mit unzerstörbaren und unteilbaren Bauklötzen spielt. Wenn die Mutter die Bauklötze am Ende des Tages sucht, sind es immer gleich viele. Manchmal findet sie nicht sofort alle, dann muss sie länger suchen und es stellt sich heraus, dass die Bauklötze irgendwo versteckt sind. Als es einmal mehr Klötze sind, erinnert sich die Mutter daran, dass ein anderes Kind zu Besuch war und diese Klötze mitgebracht hat, sie sind also von außen dazugekommen. Wenn niemand von außen hinzukommt und alle Fenster und Türen geschlossen sind, müssen im Raum aber immer

gleich viele Bauklötze sein. Manchmal kann die Mutter die Anzahl nur indirekt herausfinden, zum Beispiel als das Kind die Bauklötze in einer Kiste, die sie nicht öffnen kann, oder in einer Regentonne versteckt. Über die Massenänderung der Kiste bzw. die Höhenänderung des Wasserstands bestimmt die Mutter dann, wie viele Bauklötze darin enthalten sind. Dafür stellt Feynman Formeln auf. Die Bauklötzanzahl, die sich am Ende des Tages durch Einsetzen in diese Formeln ergibt, ist immer dieselbe. (vgl. *Feynman, Leighton & Sands 2016, S. 45-46*)

Feynman schreibt dazu (*Feynman, Leighton & Sands 2016, S. 46*):

„Während ihre Welt allmählich immer komplizierter wird, findet sie eine ganze Reihe von Termen, die Wege zur Berechnung der Anzahl von Bauklötzen an solchen Orten darstellen, die sie nicht in Augenschein nehmen kann. Als Resultat findet sie eine komplizierte Formel, eine Größe, die *berechnet werden muss* und die immer gleich bleibt.“

Genau darin besteht die Analogie zur Energie, an die Stelle der sichtbaren Bauklötze tritt nun das abstrakte Konzept Energie (*Feynman, Leighton & Sands 2016, S. 46*):

„Erstens ist es bei der Berechnung der Energie so, dass manchmal etwas von ihr das System verlässt oder manchmal etwas hinzukommt. Um die Energieerhaltung zu verifizieren, müssen wir sorgfältig darauf achten, dass wir nichts hinzufügen oder weglassen. Zweitens tritt die Energie in einer großen Anzahl *verschiedener Erscheinungsformen* auf, und für jede gibt es eine eigene Formel. [...] Wenn wir die Formeln für jeden dieser Beiträge addieren, so wird sie sich – abgesehen von der hinzukommenden oder abfließenden Energie – nicht ändern.“

Das Analogiespiel nach Hauff-Achleitner greift genau das auf. Die Schüler\*innen spielen in Gruppen eingeteilt in Form eines Rollenspiels mit Bauklötzen (oder anderen Materialien) nach, wie Kinder mit Bauklötzen spielen und die Eltern am Ende des Tages immer dieselbe Anzahl an Bauklötzen vorfinden. Es gibt dabei verschiedene Runden, die unterschiedliche Aspekte aus Feynmans Idee umsetzen: In einer Runde verstecken die Kinder Bauklötze und die Eltern müssen sie suchen, in einer anderen Runde kommt ein Kind zu Besuch und legt heimlich weitere Bauklötze dazu, in einer weiteren müssen die Eltern mithilfe einer Küchenwaage die Anzahl von in einer Box versteckten Bauklötzen bestimmen. Ihre Ergebnisse zur Bauklötzanzahl tragen sie in eine Tabelle ein, jeweils mit einer kurzen Begründung oder Beschreibung dessen, was passiert ist. Im Anschluss an das Spiel folgt eine Erklärung mithilfe einiger Beispiele, die zur Energieerhaltung überleiten.

## 2.4 Design-Based Research

„Ein Ansatz für eine nutzenorientierte Grundlagenforschung ist *Design-Based Research*. [...] Hier geht es darum, gleichzeitig gute Lernumgebungen zu entwickeln *und* eine Theorie des Lernens in diesem Themenbereich zu entwerfen oder weiterzuentwickeln. Entwicklung und Forschung finden in kontinuierlichen Zyklen aus Design, Umsetzung, Analyse und Re-Design statt.“ (*Wilhelm & Hopf 2014, S. 32-33*)

So beschreiben Wilhelm und Hopf 2014 *Design-Based Research*, im deutschsprachigen Raum auch als *Design-Forschung* bekannt. Es handelt sich dabei um einen praxisorientierten fachdidaktischen Ansatz, durch dessen Einsatz konkrete Probleme des Physikunterrichts gelöst werden sollen. Dabei werden Unterrichtsansätze in einem Kreislauf aus Design, Durchführung und Re-Design entwickelt. Anders als bei anderen Forschungsansätzen der Naturwissenschaftsdidaktik werden Randbedingungen nicht streng kontrolliert, um die Wirksamkeit des untersuchten Ansatzes nicht einzuschränken. Dementsprechend wird nicht der Einfluss einzelner Faktoren auf das Lernen untersucht. Stattdessen zielt *Design-Based Research* darauf ab, Lernumgebungen insgesamt zu entwickeln bzw. zu verbessern, und zwar im komplexen Zusammenwirken von unterschiedlichen Einflussfaktoren. (vgl. Wilhelm & Hopf 2014, S. 32-33)

### 3 Forschungsfrage & Zielsetzung

Die Forschungsfrage dieser Arbeit zielt auf die Untersuchung der Vorstellungen von Schüler\*innen ab, welche nach der Durchführung des Analogiespiels und dessen Verbindung mit der Energieerhaltung vorhanden sind. Das Analogiespiel mit Bauklötzen wurde im Rahmen der Arbeit mit Schüler\*innen des Physikanfangsunterrichts (6. oder 7. Schulstufe) getestet und anschließend der neue Wissensstand zur Energieerhaltung überprüft. Die Forschungsfrage lautet dabei:

- a) Was verbinden Schüler\*innen im Physikanfangsunterricht der Sekundarstufe I nach der Durchführung eines Analogiespiels mit Bauklötzen mit der Energieerhaltung?**
- b) Sind Unterschiede zwischen den Leistungen und Vorstellungen von Mädchen und Buben erkennbar?**

Die Bearbeitung dieser Forschungsfrage zielt darauf ab, die Tauglichkeit des Spiels für den Beginn eines neuen Konzeptes des Energieunterrichts nach Hauff-Achleitner zu testen. Es sollen Rückschlüsse darauf ermöglicht werden, ob die Einführung der Energieerhaltung über eine Analogie, gänzlich ohne zuvor über Energieformen, -transport, -umwandlung und -entwertung zu sprechen, dazu führt, dass Schüler\*innen ein (konzeptionelles) Verständnis der Energieerhaltung entwickeln und ob das Konzept des abgeschlossenen Systems durch dieses Spiel vermittelt werden kann. Dadurch könnten einige aus der Forschung bekannte Probleme beim Verständnis der Energieerhaltung im Unterricht umgangen werden. In Anlehnung an die Ergebnisse von Bader 2001 (*siehe 2.3.2 Münchner Unterrichtskonzept für die Sek II*), die ein besseres Abschneiden der Mädchen bei der Testung eines Unterrichtskonzeptes, das ebenfalls mit der Energieerhaltung beginnt, zeigen, soll außerdem untersucht werden, ob ein Unterschied zwischen den Vorstellungen von Buben und Mädchen festgestellt werden kann.<sup>11</sup>

Methodisch vom *Design-Based Research* geleitet sollen ausgehend von den Forschungsergebnissen bereits während des Forschungsprozesses Überlegungen zur weiteren Verbesserung der Testinstrumente sowie des Spiels selbst angestellt werden.

Ziel der Arbeit ist es also, herauszufinden, was die Schüler\*innen der Testgruppe am Ende der Unterrichtseinheit zum Energieerhaltungs-Analogiespiel mit der Energieerhaltung verbinden. Da sich diese

---

<sup>11</sup> Die Autorin möchte an dieser Stelle vermerken, dass sie die Geschlechtervielfalt einer Klasse keineswegs auf die beiden Kategorien männlich und weiblich beschränken will. Wie Faulstich-Wieland 2004 schreibt, zeigen empirische Untersuchungen jedoch immer noch niedrigere Leistungen von Mädchen in naturwissenschaftlichen Fächern (*vgl. Faulstich-Wieland 2004, S. 3*). Daher ist es notwendig, die Kategorien der Mädchen und der Buben zu verwenden, um Mädchenförderung möglich zu machen und dadurch Chancengerechtigkeit herzustellen.

Arbeit ausschließlich mit den Vorstellungen der Schüler\*innen zur Energieerhaltung nach der Durchführung des Analogiespiels beschäftigt und weil ansonsten eine größer angelegte Untersuchung notwendig gewesen wäre, gibt es keine Kontrollgruppe. Zwischen den Klassen, mit denen gearbeitet wurde, sind außerdem Unterschiede im Vorwissen und im Ablauf der Untersuchung festzustellen. Diese Aspekte sind bei der Datenauswertung zu berücksichtigen. Insgesamt zielt die Arbeit darauf ab, von Schüler\*innen entwickelte Vorstellungen aufzuzeigen und das Spiel zu verbessern, sodass es im Rahmen des Energieunterrichtskonzepts möglichst gut umgesetzt werden kann.

## 4 Forschungsdesign

Beim Entwerfen des Forschungsdesigns waren folgende Überlegungen ausschlaggebend:

- Die Untersuchung sollte einerseits die Durchführung des Spiels, einen Erklärungsteil und Beispiele sowie Möglichkeiten zur Besprechung von Unklarheiten oder Fragen seitens der Schüler\*innen beinhalten, sowie andererseits auch die Gewinnung von Daten durch das Ausfüllen von Fragebögen ermöglichen.
- Sie sollte mit Schüler\*innen der 2. oder 3. Klasse AHS (6. oder 7. Schulstufe Gymnasium) durchgeführt werden, da das Spiel als Einstieg in den Energieunterricht für genau diese Altersgruppe gedacht ist.
- Sie sollte im Rahmen des regulären Physikunterrichts durchgeführt werden können, da das Spiel für den regulären Unterricht in der Schule gedacht ist. Um genug Lehrende zu finden, die einen Teil ihres Physikunterrichts zur Verfügung stellen, sollte die gesamte Durchführung des Unterrichts und der Untersuchung nicht mehr als zwei Unterrichtsstunden in Anspruch nehmen.
- Zwischen den beiden Unterrichtsstunden sollte nicht mehr als eine Woche liegen, damit die Schüler\*innen sich noch möglichst gut an die Inhalte erinnern können.
- Alles sollte von einer Person durchführbar sein, um den Rahmen einer Diplomarbeit nicht zu sprengen.
- Die Vorstellungen möglichst aller Schüler\*innen sollten nach der Durchführung des Spiels und der Erklärungssequenz erhoben werden, um ein möglichst breites Spektrum an Daten für die Auswertung zu gewinnen.
- Um genauere Einblicke in die Vorstellungen der Lernenden zu gewinnen, sollten einige ausgewählte Schüler\*innen interviewt werden, wobei für die Interviews gelten sollte, dass
  - sie innerhalb einer Woche nach der zweiten Unterrichtsstunde möglich sind und
  - bei der Durchführung auf Ausgeglichenheit zwischen den Geschlechtern sowie
  - eine möglichst große Diversität hinsichtlich der Leistungsstärke geachtet wird.
- Bereits während der Forschung sollten Verbesserungen am Material vorgenommen werden, um das Spiel und seine Umsetzung fortlaufend verbessern zu können (*siehe 2.4 Design-Based Research, 4.1 Überarbeitungsschleifen (Design-Based Research)*).

Von diesen Überlegungen ausgehend wurden die einzelnen Teile der Forschung in Anlehnung an verschiedene methodische Zugänge zur Sozial- und didaktischen Forschung designiert (*siehe hierzu vor allem*

---

Krüger, Parchmann & Schecker 2014; außerdem Flick 1995; Lamnek 2010; Mayring 2002; Mayring 2010).

#### 4.1 Überarbeitungsschleifen (Design-Based Research)

Zu Beginn der Arbeit mit dem Analogiespiel und den zugehörigen Erklärungen stellte sich heraus, dass durch den Einsatz der Methode des *Design-Based Research* (siehe 2.4 *Design-Based Research*) sowohl das Spiel und die Erklärungen an sich verbessert, als auch die Möglichkeiten der Unterrichtssequenz bezüglich der post-instrukionalen Vorstellungen besser ausgelotet werden konnten. Daher wurden mehrere Überarbeitungsschleifen die Spielanleitungen sowie die Erklärung betreffend eingebaut. Außerdem ergaben die Antworten der Schüler\*innen auf einige Fragen des Fragebogens kein verwertbares Datenmaterial, was unter anderem auf Schwierigkeiten beim Verständnis zurückgeführt wurde. Daher wurden auch diese Fragen im Sinne des *Design-Based Research* auf Basis der Probleme der Schüler\*innen überarbeitet.

Die in den einzelnen Klassen gewonnenen Daten sind daher nicht uneingeschränkt vergleichbar, was jedoch aufgrund der ohnehin gegebenen unterschiedlichen Voraussetzungen weniger schwer wiegt als der Vorteil, das Spiel dadurch verbessern und die verbesserten Versionen testen und somit wiederum optimieren zu können.

#### 4.2 Spielanleitung

Das Analogiespiel zur Energieerhaltung mit Bauklötzen bildet den Kern dieser Arbeit. Seine Wirkung soll untersucht werden, weshalb die gesamte empirische Untersuchung rund um das Spiel entwickelt wurde. Alle für die Spieldurchführung nötigen Erklärungen und Anweisungen finden sich in *Anhang C1 Spielanleitung*. Die ursprüngliche Version des Spiels wurde von Hauff-Achleitner zur Verfügung gestellt. Sie wurde im Sinne des *Design-Based Research* in mehreren Überarbeitungsschritten aufgrund der Erfahrungen mit den Versuchsgruppen sprachlich vereinfacht sowie auf ein Minimum an Anleitung verkürzt, ohne den Inhalt dabei zu verändern. Dadurch konnten die Schwierigkeiten, welche bei der Spieldurchführung auftauchten und zu einem großen Teil mit zu langen oder unverständlichen Anleitungen sowie fehlenden Anweisungen zu tun hatten, immer weiter reduziert werden. *Anhang C1 Spielanleitung* enthält die (vorläufig) finale Version. Sie beinhaltet auch Hinweise für Lehrpersonen, welche allgemeinen Anweisungen und Kommentare vor der Durchführung des Spiels notwendig sind. Dabei wird aber noch kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben, das Spiel kann und soll an die jeweiligen Gruppen von Lernenden angepasst werden.

### 4.3 Vorstellung der Unterrichtsplanung

Die Unterrichtssequenz, in die das Spiel inklusive der Erklärungen sowie die Datenerhebung eingebettet sind, umfasst zwei Unterrichtseinheiten zu je 50 Minuten. Die Durchführung des Spiels erfolgt in Kleingruppen zu je 4 Schüler\*innen anhand schriftlicher Spielanleitungen. Jedes einzelne Kind erhält seine eigene, durch eine Spielanleitung erklärte Rolle und ist somit in den Versuch eingebunden. Die erste Unterrichtseinheit beinhaltet die Durchführung des Spiels, die zweite wird für Gruppendiskussionen sowie Erklärungen im Plenum inklusive Murmelrunden und Fragemöglichkeiten sowie die Besprechung von Beispielen genutzt.

Die ursprüngliche Unterrichtsplanung findet sich in *Anhang D1 Unterrichtsplanung Version 1*. Sie wurde aufgrund der Erfahrungen mit den ersten beiden Versuchsgruppen S1a und S1b im Sinne des *Design-Based Research* überarbeitet, indem der Erklärung Beispiele zur Verdeutlichung hinzugefügt wurden. Die verbesserte Version lag der Arbeit mit den übrigen Versuchsgruppen S2, S3a und S3b zu Grunde und findet sich in *Anhang D2 Unterrichtsplanung Version 2*. Das Spiel wurde von den in Kleingruppen zu je 4 Schüler\*innen eingeteilten Lernenden selbständig anhand der Spielanleitungen durchgeführt. Nach der Durchführung des Spiels sollten die Kleingruppen drei Fragen dazu diskutieren, um die Aufmerksamkeit auf die wichtigsten Aspekte zu lenken. Diese drei Fragen finden sich in *Anhang D3 Kleingruppendiskussion*.

Auch die Erklärung wurde nach der Untersuchungsdurchführung mit den Gruppen S1a, S1b und S2 überarbeitet. Wichtig erschien dabei, dass eine engere Verbindung zum Spiel durch möglichst viele Verweise auf dasselbe hergestellt würde und die Energieerhaltung am Beginn der Erklärung steht. Die beiden Versionen der Erklärung sind in *Anhang C5 Erklärungen Erstversion* und in *Anhang C3: Erklärungen finale Version* zu finden. Für die Anwendung in der Schule wird die finale Version der Erklärung (*Anhang C3*) empfohlen. Außerdem wurde die Erklärung von nacheinander aufgeklebten Moderationskarten mit den wichtigsten Begriffen unterstützt. Ein Bild von diesen Karten findet sich in *Anhang C4 Tafelbild Erklärung*.

### 4.4 Fragebögen

Um die Vorstellungen und Konzepte, welche die Schüler\*innen während des Spiels und der Erklärung entwickeln, rekonstruieren zu können, wurde im Rahmen der Testung ein Fragebogen mit offenen Fragen eingesetzt. Für die Fragebogenentwicklung wurden bereits bestehende Tests herangezogen, und zwar das *Energy Concept Assessment (ECA)* nach Neumann et al. 2013 sowie ein Test zu *Schüler\*innenvorstellungen* zur Energieerhaltung nach Dahncke 1973. Außerdem wurden offene Fragen zu den Inhalten und Konzepten entwickelt. Die Auswertung der Schüler\*innenantworten erfolgt unter

Anwendung der Methode der Codierung offener Fragen (vgl. *Hammann & Jördens 2014*). Die erste Version des Fragebogens (siehe *Anhang E1 Pilotversion Fragebogen*) wurde in der Pilotphase auf Verständlichkeit getestet (siehe *5.2.1 Pilotphase*) und anschließend überarbeitet. Zwei weitere Überarbeitungsschritte erfolgten nach der Testung in S1, sodass in S2 und S3 eine finale, verbesserte Version zum Einsatz kam. Die in S1 verwendete Version findet sich in *Anhang E2 Fragebogen Version 1*, die in S2 und S3 verwendete Version in *Anhang E3 Fragebogen Version 2*. Die Fragen Nr. 3 und Nr. 4 in der Pilotversion bzw. Frage 4 in Version 1 und Version 2 wurden in Anlehnung an Fragen aus dem ECA nach Neumann et al. entwickelt, die letzten beiden Fragen zum Pendel, Nr. 5 und Nr. 6, in Anlehnung an Fragen aus Dahnckes Testung 1973. Die übrigen Fragen sind sehr offen formuliert und wurden speziell für die Erprobung des Spiels im Rahmen dieser Arbeit designt. Sie dienen dazu, die Assoziationen der Schüler\*innen zu den wesentlichen Begriffen und Konzepten des Spiels und der Erklärung herauszufinden.

#### 4.5 Einzelinterviews

Die Fragebögen dienen der Erhebung der Vorstellungen aller Schüler\*innen nach der Durchführung des Analogiespiels. Sie ermöglichen aber nur eingeschränkte Rückschlüsse auf die hinter den Antworten stehenden Vorstellungen, da ein Nachfragen nicht möglich ist. Daher wird im Rahmen dieser Untersuchung ergänzend auf die Methode des leitfadengestützten Interviews zurückgegriffen. Einige Tage nach Ende der Unterrichtseinheiten wurden leitfadengestützte Interviews mit drei bis vier Schüler\*innen pro Klasse durchgeführt, um genauere Schlüsse über die Vorstellungen und entwickelten Konzepte der Schüler\*innen zu ermöglichen. Wie Niebert und Gropengießer 2014 schreiben, „sind Interviews eine probate Methode“ für das „Erfassen prä- und post-instruktionaler Vorstellungen, Interessen und mit Einschränkungen auch Emotionen“ (*Niebert & Gropengießer 2014, S. 121*). Da es in dieser Arbeit um das Sichtbarmachen ebendieser *post-instruktionalen Vorstellungen* geht, wurde das Interview als Methode gewählt. Durch ein hohes Maß an Offenheit sollte den Schüler\*innen dabei – stärker als beim Fragebogen – die Möglichkeit gegeben werden, ihre Vorstellungen darzulegen. Die Möglichkeit des Nachfragens bietet außerdem Spielraum für weiterführende Erklärungen bzw. das Erfassen von Vorstellungen, die hinter einzelnen Aussagen der Schüler\*innen stecken. Zur Orientierung wurde ein Leitfaden entwickelt, der das Behalten des Überblicks ermöglichen und die Interviewsituation strukturieren sollte. Dieser Leitfaden existiert in zwei Versionen, wobei die erste und ursprüngliche Version in den Interviews I1 bis I10 (S1a, S1b und S2) verwendet wurde. Die zweite und überarbeitete Version entstand nach der Besprechung der Forschung in der Expert\*innenrunde des Seminars für Dissertant\*innen und Diplomand\*innen am *Austrian Educational Competence Center Physics (AECCP)* an der Universität Wien aufgrund der gegebenen Inputs und wurde in den Interviews I11 bis

I16 (S3a und S3b) verwendet. Beide Versionen finden sich im Anhang unter *Anhang F1 Interviewleitfaden Version 1* und *Anhang F2 Interviewleitfaden Version 2*.

Die Auswahl der Interviewpartner\*innen sollte geschlechterausgeglichen sein und idealerweise gleichmäßig verteilt sein, was das Verständnis betrifft. Daher sollte es vor den Interviews eine vorläufige Auswertung der Fragebögen geben, um dann pro Klasse je eine\*n Schüler\*in aus dem stärkeren, aus dem mittleren und aus dem schwächeren Drittel die physikalische Korrektheit der Antworten betreffend auswählen zu können. Unter *5.2 Ablauf der Untersuchung* wird deutlich werden, dass diese Vorgehensweise leider nicht in allen getesteten Klassen möglich war. Um die Vorstellungen der interviewten Schüler\*innen bestmöglich aus ihren Antworten herauszufiltern, wurden sie nach der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring 2010 ausgewertet.

## 5 Empirische Untersuchung

In diesem Abschnitt wird die Stichprobe hinsichtlich einiger Merkmale und des Vorwissens vorgestellt. Anschließend wird auf den Ablauf der Untersuchung eingegangen, wobei die wichtigsten Eckdaten und einige Besonderheiten erläutert werden.

### 5.1 Stichprobe

Das Analogiespiel zur Energieerhaltung wurde im Zuge der Untersuchung in fünf Schulklassen getestet, wobei es sich um drei zweite und zwei dritte Klassen dreier Gymnasien (AHS) in Wien handelte. Die Proband\*innenzahl der Testgruppe betrug  $n=111$  Schüler\*innen. Diese Zahl teilt sich nach Geschlecht auf in  $n_w=43$  weibliche Schülerinnen,  $n_m=55$  männliche Schüler und  $n_x=13$  Schüler\*innen, die als Geschlecht  $x$  ankreuzten oder kein bzw. mehrere Geschlechter angaben. Alle 111 Schüler\*innen füllten zu Beginn der Unterrichtssequenz einen Fragebogen über ihr Vorwissen (*siehe Anhang D3 Fragebogen Vorwissen*) und am Ende den Fragebogen zur Energieerhaltung (*siehe 4.4 Fragebögen*) aus. 16 Schüler\*innen wurden danach einzeln zum Spiel und ihren Energieerhaltungsvorstellungen interviewt. Die Testung fand im Rahmen des Physikunterrichts statt. Die Schulen werden im Folgenden S1, S2 und S3 genannt. In S1 wurde die Erprobung des Spiels mit zwei zweiten Klassen durchgeführt, im Folgenden S1a und S1b genannt, in S2 wurde das Spiel mit einer zweiten Klasse getestet, im Folgenden S2 genannt und in S3 wurde es mit zwei dritten Klassen erprobt, im Folgenden S3a und S3b genannt. Alle Klassen befanden sich zum Zeitpunkt der Testung im ersten Lernjahr Physik, da dieses Fach in S1 und S2 ab der 6. Schulstufe, in S3 jedoch erst ab der 7. Schulstufe unterrichtet wird.

#### 5.1.1 Vorwissen Gruppen 1a & 1b (S1a, S1b)

Die beiden Klassen S1a und S1b werden von derselben Lehrperson in Physik unterrichtet. Den Auskünften dieser Lehrperson zufolge waren im Physikunterricht vor der Erprobung des Spiels der Kraftbegriff sowie die Definition von Energie über Arbeit besprochen worden. Der Physikunterricht macht in der 6. Schulstufe an dieser Schule drei Wochenstunden aus. In der Versuchsgruppe S1a füllten 27 Schüler\*innen den Vorabfragebogen aus, in der Versuchsgruppe S1b 19. Aufgrund des ähnlichen Vorwissens, das sich auch in den Antworten der Schüler\*innen manifestiert, ist das Vorwissen der beiden Gruppen zusammengefasst in *Abbildung 1* dargestellt.

Die Antworten der Schüler\*innen sind zu verschiedenen Überkategorien zusammengefasst. Die Anzahl der Schüler\*innen, die Energie mit der jeweiligen Kategorie oder ihr zuordenbaren Begriffen verbanden, kann der Grafik entnommen werden. Einige Schüler\*innen gaben mehr als eine Antwort und werden daher mehrfach gezählt. Am häufigsten wurde der Begriff Energie von den Schüler\*innen mit der

„Energieerzeugung“ oder -gewinnung in Verbindung gebracht. Zehn Schüler\*innen gaben damit zusammenhängende Antworten. Mit jeweils neun Nennungen sind die Verbindung mit Strom/elektrischer Energie und Arbeit ebenfalls häufig, sieben der Antworten zeigen Assoziationen mit der Energie des menschlichen Körpers.

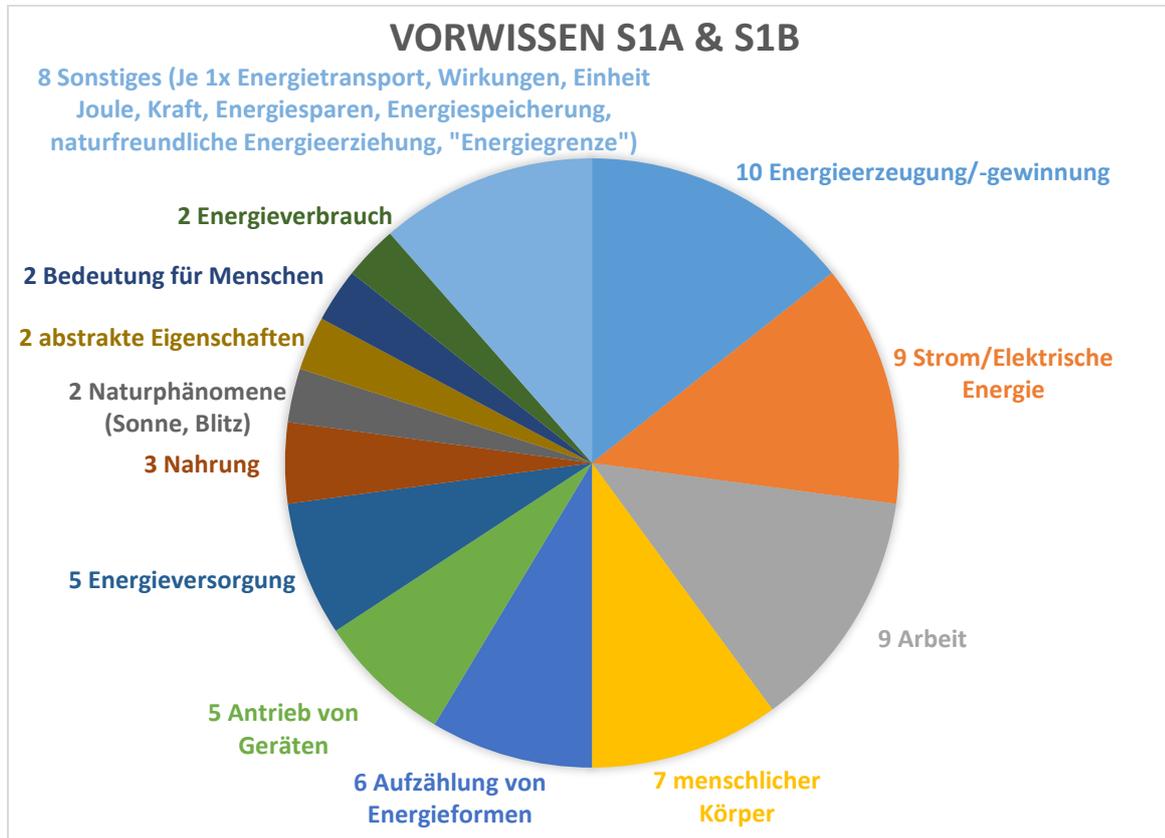


Abbildung 1: Vorab-Wissen der Versuchsgruppen S1a und S1b.

### 5.1.2 Vorwissen Gruppen 2 & 3b (S2, S3b)

Die von den Schüler\*innen der Versuchsgruppen S2 und S3b gegebenen Antworten lassen auf keinerlei Vorwissen aus dem Physikunterricht schließen, weshalb das Vorwissen dieser beiden Gruppen im Folgenden zusammengefasst dargestellt wird. Beide Klassen befinden sich im Physikanfangsunterricht. Bei S2 handelt es sich um eine 6. Schulstufe, die Schüler\*innen haben eine Stunde pro Woche Physikunterricht. Bei S3b handelt es sich um eine 7. Schulstufe, die drei Stunden pro Woche in Physik unterrichtet wird. In S2 beantworteten 26 Schüler\*innen den Vorab-Fragebogen, in S3b waren es 23.

Besonders die Assoziation von Energie mit Strom oder elektrischer Energie ist in diesen Gruppen von Bedeutung, sie kommt in den Antworten von 24 Schüler\*innen vor. Auch Energy Drinks werden von vier Schüler\*innen genannt, die Energie des menschlichen Körpers von sechs.

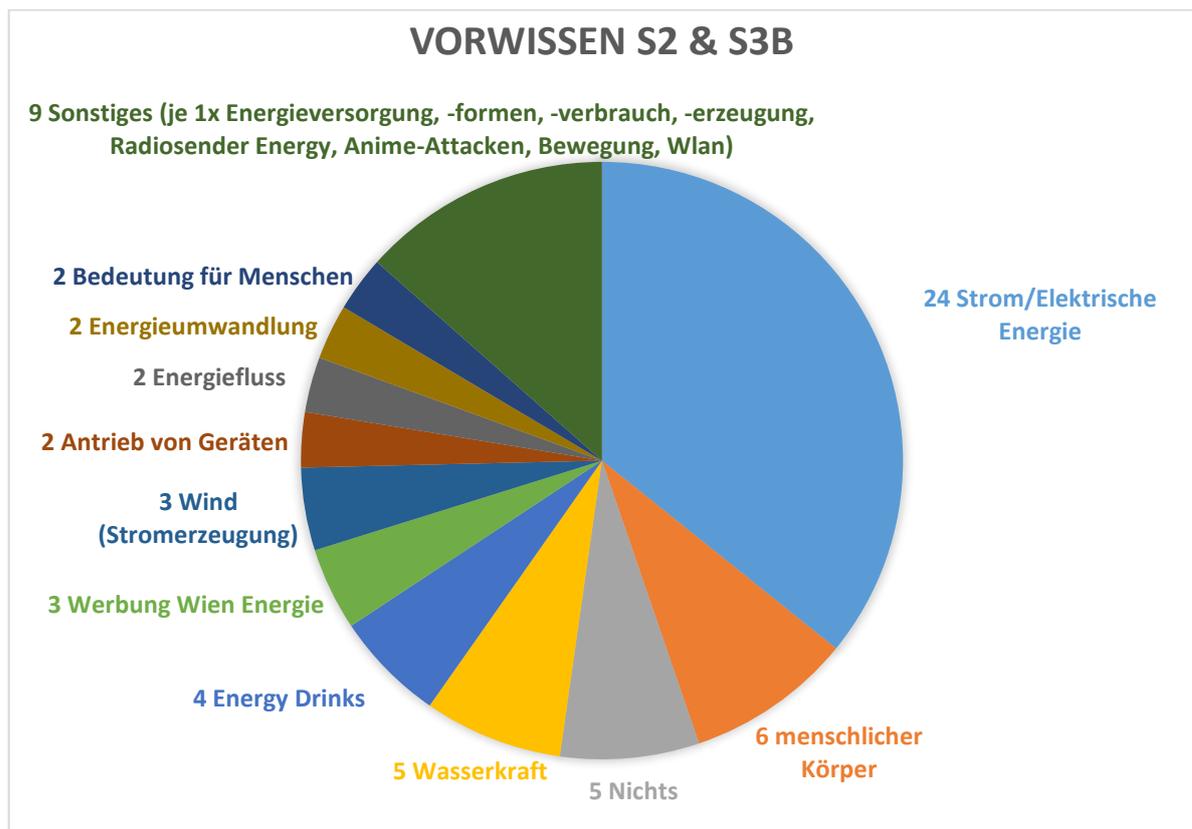


Abbildung 2: Vorab-Wissen der Versuchsgruppen S2 und S3b.

### 5.1.3 Vorwissen Gruppe 3a (S3a)

Die Antworten der Schüler\*innen aus der Versuchsgruppe S3a lassen darauf schließen, dass Energie in dieser Klasse im Physikunterricht bereits ausführlicher behandelt wurde als in den anderen Klassen. 15 Schüler\*innen gaben an, im Physikunterricht von Energie gehört zu haben, sieben weitere nannten die Schule als Ort, an dem sie von Energie gehört hatten, ohne jedoch das Fach zu spezifizieren. Insgesamt beantworteten in dieser Klasse 23 Schüler\*innen den Vorab-Fragebogen. Ihre Antworten werden in Kategorien zusammengefasst in der folgenden Grafik dargestellt.

Dass 8 Schüler\*innen dieser Klasse den Arbeitsbegriff mit Energie in Verbindung brachten, 6 die kinetische und die potenzielle Energie als Formen sowie acht Proband\*innen andere Formen aufzählten, und unter den Antworten Begriffe wie Energieumwandlung und die Einheit Joule viel häufiger als in den anderen Versuchsgruppen genannt wurden, passt zu den unter 2.1.3.1 *Traditioneller Energieunterricht* vorgestellten Untersuchungsergebnissen über die Früchte des weit verbreiteten *traditionellen* Energieunterrichts. Interessant ist außerdem, dass einmal die Energieerhaltung genannt wurde, allerdings ohne weitere Erklärung.



Abbildung 3: Vorab-Wissen der Versuchsgruppe S3a.

## 5.2 Ablauf der Untersuchung

Die Untersuchung (Unterrichtssequenz) wurde mit den einzelnen Klassen jeweils an zwei Terminen durchgeführt. Die Interviews fanden an je einem weiteren Termin pro Klasse statt. Neben der eigentlichen Untersuchung gab es auch eine Pilotphase, in der der Fragebogen auf Verständlichkeit getestet wurde. Sowohl der Ablauf der Untersuchung in den einzelnen Klassen als auch die Pilotphase werden in diesem Abschnitt beschrieben.

### 5.2.1 Pilotphase

„Ein entwickeltes Instrument muss getestet (pilotiert) werden, um aus dem Pool an Items diejenigen zu identifizieren, die dazu geeignet sind, eine Skala zu bilden und das jeweilige Konstrukt zu repräsentieren. Man muss also den entwickelten Fragebogen zunächst in einer ersten (meist kleineren) Probandengruppe einsetzen.“ (Busker 2014, S. 275)

Um die Tauglichkeit des Fragebogens zu testen, der für die Erhebung der Vorstellungen der Schüler\*innen nach der Unterrichtseinheit zum Analogiespiel entwickelt worden war, gab es vor der eigentlichen Untersuchung eine kurze Pilotphase. In dieser Pilotphase wurde die Rohversion des Fragebogens in einer dritten Klasse AHS (7. Schulstufe) auf sprachliches sowie in einer vierten Klasse AHS (8. Schul-

stufe) auf inhaltliches Verständnis getestet. Die Schüler\*innen der dritten Klasse sollten ihnen unbekannte Wörter unterstreichen und wurden zur sprachlichen Verständlichkeit der Formulierungen sowie zur Nützlichkeit der Bilder befragt. Dafür wurde eine dritte Klasse ausgewählt, weil auch die eigentliche Untersuchung später mit dritten bzw. zweiten Klassen durchgeführt werden sollte und somit das sprachliche Verständnis dieser Altersgruppe relevant ist. Um auch die inhaltliche Verständlichkeit der Fragen zu überprüfen, bekamen die Schüler\*innen der vierten Klasse den Auftrag, sie zu beantworten und anschließend hinsichtlich der Verständlichkeit zu bewerten. Für diesen Teil der Pilotierung wurde eine vierte Klasse ausgewählt, weil die Fragen nur unter der Voraussetzung eines gewissen Wissens über Energieerhaltung (also etwa nach der Erklärung zum Spiel) verständlich sind und in dieser vierten Klasse das Thema Energie bereits behandelt worden war.

Auf Grundlage der Antworten und Bewertungen aus der Pilotphase wurde der Fragebogen überarbeitet. Manche Fragen wurden gestrichen, andere umformuliert und die Bilder verbessert. Als Ergebnis entstand die erste Version des Fragebogens (*siehe Anhang E2 Fragebogen Version 1*).

### 5.2.2 Ablauf der Untersuchung

Da die Materialien zur Datenerhebung (Fragebögen, Interviewleitfäden) sowie zum Unterrichtsablauf (Unterrichtsplanung, Spielanleitung, Erklärungen) im Laufe der Untersuchung in mehreren Überarbeitungsschritten im Sinne des *Design-Based Research* verbessert wurden, muss bei der Analyse der Ergebnisse berücksichtigt werden, nach welchen Vorlagen mit der jeweiligen Gruppe gearbeitet wurde. Die in den jeweiligen Versuchsgruppen (Klassen) für die Untersuchung verwendeten Versionen der Materialien sind daher in *Tabelle 2* angeführt, außerdem finden sich darin die Termine der Unterrichtseinheiten sowie der Durchführung der Interviews. Die jeweiligen Versionen finden sich im *Anhang*, mit Ausnahme der Spielanleitung: Von dieser ist nur die finale Version (fin. Version) angehängt, da sie inhaltlich nicht verändert, sondern lediglich bezüglich ihrer Verständlichkeit und Übersichtlichkeit verbessert wurde.

Die Untersuchungen fanden im Rahmen des regulären Physikunterrichts statt, die Einzelinterviews wurden in den Schulgebäuden während des Regelunterrichts bzw. während der Nachmittagsbetreuung (S2) geführt, jedoch außerhalb der Klassenzimmer in eigenen Räumlichkeiten. Dafür wurden aus allen Gruppen (außer S2) nach einer ersten Auswertung der Fragebögen je eine Schülerin oder ein Schüler aus dem stärksten Drittel, aus dem mittleren Drittel sowie aus dem schwächsten Drittel ausgewählt. Außerdem wurde auf Ausgeglichenheit zwischen den Geschlechtern geachtet. Die Unterrichtseinheiten zum Spiel und zur Verbindung mit der Energieerhaltung wurden von der Autorin durchgeführt, also nicht von den jeweiligen Lehrpersonen. Einerseits ergibt sich dadurch die Schwierigkeit,

dass die Klassen vor den Einheiten nicht mit der Unterrichtenden vertraut waren, andererseits erhöht sich für die Untersuchung der Grad der Vergleichbarkeit zwischen den Versuchsgruppen und alle Schritte der Untersuchung (Spielablauf, Erklärungen, Fragebögen, Interviews) wurden von ein und derselben Person durchgeführt. Es wurde versucht, alle Abläufe mit Ausnahme der in den angehängten Dokumenten ersichtlichen Änderungen in den verschiedenen Klassen möglichst gleich zu belassen. Zwei während der Untersuchung aufgetauchte Komplikationen sind hinsichtlich der Ergebnisauswertung erwähnenswert und werden im Folgenden unter 5.2.2.1 *Besonderheiten S1* und 5.2.2.2 *Besonderheiten S2* kurz geschildert.

Versuchsgruppe	S1a	S1b	S2	S3a	S3b
Unterrichtsplanung	Version 1	Version 1	Version 2	Version 2	Version 2
Spielanleitung	Erstversion	Erstversion	fin. Version	fin. Version	fin. Version
Erklärung	Erstversion	Erstversion	Erstversion	Fin. Version	Fin. Version
Fragebogen	Version 1	Version 1	Version 2	Version 3	Version 3
Interviewleitfaden	Version 1	Version 1	Version 1	Version 2	Version 2
Unterrichtstermine	24.11.2017, 25.11.2017	24.11.2017, 25.11.2017	01.12.2017, 07.12.2017	15.12.2017, 18.12.2017	18.12.2017, 19.12.2017
Termin Interviews	30.11.2017	30.11.2017	07.12.2017	20.12.2017	20.12.2017

Tabelle 2: Verwendetes Material & Datum der Durchführung nach Versuchsgruppe.

### 5.2.2.1 *Besonderheiten S1*

In Schule 1, aus der die Versuchsgruppen S1a und S1b stammen, fand zwischen dem Unterricht zum Spiel und der Durchführung der Interviews eine Physikstunde mit der Physiklehrerin statt. Da die Lehrerin beim Spiel und den folgenden Erklärungen anwesend war, beantwortete sie Fragen der Schüler\*innen dazu und behandelte in der Stunde verschiedene Energieformen. Es handelt sich hier um ein Missverständnis zwischen Lehrerin und Autorin. Im Rahmen der Auswertung wird daher versucht, die Aussagen danach zu filtern, ob sie sich nur auf die Einheiten zum Spiel beziehen, oder auch auf die Einheit mit der Lehrerin. Zusätzliche Erklärungen der Schüler\*innen, die sich auf Inhalte beziehen, die in den beiden Einheiten mit der Autorin nicht explizit vorkamen oder die die Kinder auf die Stunde mit ihrer Lehrerin beziehen, werden als solche ausgewiesen, wenn sie aufgrund von Erkenntnissen für die Untersuchung zum Spiel verwendet werden. Allerdings soll auch festgehalten werden, dass sich die Bezüge in den Antworten nicht immer klar trennen lassen.

#### *5.2.2.2 Besonderheiten S2*

In S2 fanden die Interviews aus terminlichen Gründen der Klasse bzw. der Lehrperson direkt im Anschluss an die zweite Unterrichtseinheit zum Spiel im Rahmen der Nachmittagsbetreuung statt. Es war daher nicht möglich, eine Vorauswahl der Interviewpartner\*innen zu treffen. Stattdessen wurden die Interviews mit den 3 Schülerinnen und einem Schüler geführt, die in der Nachmittagsbetreuung anwesend waren. Bei der späteren Auswertung der Fragebögen stellte sich heraus, dass alle interviewten Schüler\*innen dem schwächeren Teil der Versuchsgruppe zuzuordnen sind, weshalb die Interviews die Bandbreite der in der Klasse vorhandenen Vorstellungen nur unzureichend abdecken. Dennoch geben die Aussagen wichtigen Aufschluss über die Vorstellungen hinter manchen Antworten.

#### *5.2.2.3 Besonderheiten S3*

In der dritten Schule S3 verlief die Untersuchung nach Plan. Weder wurde die Auswahl der Interviewpartner\*innen durch schulische Gegebenheiten beschränkt, noch gab es zwischen der Durchführung des Spiels und den Interviews eine weitere Physikstunde mit den jeweiligen Lehrpersonen. Allerdings hatte die Versuchsgruppe S3a Energie im Unterricht bereits besprochen, wie aus den Fragebögen zum Vorwissen und aus den Interviews hervorgeht. In diesen beiden Gruppen wurde das überarbeitete Material in der aktuellsten Version verwendet.

## 6 Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

Dieser Abschnitt widmet sich der Darstellung der Ergebnisse aus den leitfadengestützten Interviews und den offenen Fragebögen, sowie deren Interpretation hinsichtlich des Einsatzes des Analogiespiels im Energieunterricht. Die Schüler\*innenantworten auf die Fragen des Fragebogens liefern einen Einblick in die Bandbreite ihrer Ideen zur Energie(erhaltung) und zum Spiel, die Interviews mit 16 der Schüler\*innen bieten die Möglichkeit, ein genaueres Bild davon zu bekommen, welche Vorstellungen hinter den einzelnen Aussagen stecken. Die Auswertung der Interviews erfolgte nach der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (*siehe Mayring 2010, Krüger & Riemeier 2014*), die Aufgabenstellungen des Fragebogens wurden codiert (*siehe Hammann & Jördens 2014*) und die einzelnen Schüler\*innenantworten den jeweils passenden übergeordneten Kategorien zugeordnet. Die transkribierten Interviews sowie die Schüler\*innenantworten zum Fragebogen und der Codierleitfaden finden sich im Anhang (*siehe Anhang F3 Transkripte und Anhang E4 Codierung Fragebogen*). Als Baumaterial im Spiel wurden Bauklötze der Firma Legos (im Folgenden Legosteine genannt) bzw. Zuckerwürfel verwendet.

### 6.1 Die wichtigste Aussage

Die erste Aufgabe, die den Schüler\*innen im Fragebogen gestellt wurde, lautete: *Beschreibe, was für dich die wichtigsten Aussagen des „Legospiels“ sind*. Die Kategorien, denen sich die Schüler\*innenantworten zuordnen lassen, sind inklusive der Anzahl zugeordneter Antworten in *Tabelle 3* angegeben:

Kategorie	Codierregel	Antworten	
Keine Antwort	Keine Antwort/eine durchgestrichene Antwort/? als Antwort.	16	26 (23%)
Weiß die Aussage nicht	„Keine Ahnung“/ „Ich weiß es nicht“ kommen in der Antwort vor.	6	
Frage nicht verstanden/Unvollständige Antwort	Die Schüler*innen geben eine unpassende od. unvollständige Antwort/ die Antwort, dass die Frage nicht verstanden wurde.	4	
Beschreibung des Spiels/einer Tätigkeit im Spiel/des Spielaufbaus	Die Schüler*innen beschreiben allgemein den Spielablauf, die Spielregeln oder eine Tätigkeit im Spiel bzw. das Setting.	13	18 (16%)
Spaß/Spiel	In der Antwort wird Spaß oder Spaß am Lernen genannt.	5	
Änderung der Anzahl der Legosteine	Die Änderung der Anzahl der Legosteine wird als Antwort gegeben (ohne Bezug zu Energie, auch ohne Erwähnung des Wortes Legosteine).	8	12 (11%)
Energieänderung	„Energie“ und ein Wort, das Veränderung bedeutet, kommen vor.	2	

<b>Legosteine = Energie</b>	Die Legosteine werden in der Antwort mit Energie gleichgesetzt.	<b>1</b>	<b>55 (50%)</b>
<b>Energieerzeugung</b>	In der Antwort ist von Energieerzeugung die Rede.	<b>1</b>	
<b>Konstanz der Anzahl der Legosteine</b>	Die Antwort beinhaltet die Konstanz der Anzahl der Legosteine oder die Änderung am Tisch aber die Konstanz im Raum, ohne Bezug zur Energie (auch ohne Erwähnung des Wortes Legosteine).	<b>19</b>	
<b>Energieerhaltung</b>	Die Energieerhaltung wird genannt (ohne Erwähnung von unmittelbaren Erkenntnissen aus dem Spiel).	<b>7</b>	
<b>Anzahl der Legosteine allgemein</b>	Die Anzahl der Legosteine wird erwähnt, aber ohne Hinweis auf Konstanz oder Veränderung (das Wort Legosteine kann dabei erwähnt werden), Verschwinden & Wiederauftauchen werden genannt.	<b>6</b>	
<b>Energieerhaltung &amp; (abgeschlossenes) System</b>	Sowohl die Energieerhaltung als auch das abgeschlossene System kommen in der Antwort vor.	<b>5</b>	
<b>Ort(swechsel) der Legosteine</b>	In der Antwort kommt vor, dass die Legosteine „da“ sind und dann den Ort wechseln./ Der Aufenthaltsort wird genannt (u.U. im Zusammenhang mit einer Veränderung), die Akteure werden im Zusammenhang mit der Veränderung genannt (dazugeben und wegnehmen werden genannt).	<b>5</b>	
<b>Legosteine als Symbol für Energie/Erklärung durch das Spiel</b>	Die Legosteine werden als Symbol für Energie genannt/Lernen über Energie anhand der Legosteine/des Spiels kommt in der Antwort vor.	<b>4</b>	
<b>Energieerhaltung &amp; Konstanz der Steine</b>	Die Konstanz der Anzahl der Legosteine und die Konstanz der Energie werden in einen Zusammenhang gebracht.	<b>4</b>	
<b>Energietransport/ Energieumwandlung statt Energieverbrauch</b>	Energietransport oder Energieumwandlung werden in der Antwort genannt.	<b>3</b>	
<b>Energieeigenschaften</b>	Andere Eigenschaften von Energie als die Erhaltung kommen in der Antwort vor.	<b>1</b>	
<b>Abgeschlossenes System</b>	Das abgeschlossene System kommt in der Antwort vor, die Energie jedoch nicht.	<b>1</b>	
<b>Gesamtanzahl = 111</b>			

Tabelle 3: Schüler\*innenantworten zur Hauptaussage des Spiels.

In Grautönen hinterlegt ist der Anteil an „Nicht-Antworten“, also die Kategorien, in die die Auslassung der Beantwortung dieser Frage, die Antwort „Ich weiß es nicht“ sowie unvollständige oder unverständliche Antworten fallen. Der Anteil an der Testgruppe von 111 Schüler\*innen macht 26 oder 23% aus.

Die gelb hinterlegten Teile der Tabelle umfassen Antworten, welche weder auf korrekte, noch auf physikalisch falsche Ideen schließen lassen, wie die Beschreibung von Tätigkeiten im Spiel oder des Spielaufbaus, Spaß am Lernen oder die Nennung des abgeschlossenen Systems. Auf diese Art haben 18 Schüler\*innen oder 16% die Frage beantwortet. Dass fünf davon Spaß oder Spaß am Lernen als wichtigste Aussage des Spiels sehen hat zwar nicht direkt mit der Energieerhaltung zu tun, ist aber durchaus ein begrüßenswerter Effekt des Spiels.

Interessant hinsichtlich der Beantwortung der Forschungsfrage sind die rot und grün hinterlegten Teile der Tabelle. Zwölf der Schüler\*innenantworten oder 11% sind rot hinterlegten Kategorien zuzuordnen. Diese lassen auf Erkenntnisse schließen, die dem Ziel der Arbeit mit dem Analogiespiel entgegenstehen. So sehen acht Schüler\*innen in der Änderung der Anzahl der Legosteine die Hauptaussage des Spiels, ein\*e Proband\*in setzt Energie mit den Legosteinen gleich, für zwei ist eine Änderung der Energie die wichtigste Erkenntnis und eine drückt in ihrer Antwort aus, dass die Erzeugung von Energie die Hauptaussage sei.

Dem gegenüber steht jedoch eine Mehrheit an Schüler\*innenantworten, die mit dem Ziel der Einführung der Energieerhaltung kompatibel sind. Die entsprechenden Kategorien sind in der Tabelle grün hinterlegt. 55 der 111 Schüler\*innen, also 50%, antworteten in diesem Sinne. Gemessen an 85 verwertbaren Antworten sind es etwa 65%. Für sechs Schüler\*innen war die Anzahl der Legosteine die wichtigste Information, für 19 und damit die größte Gruppe war es die Konstanz dieser Anzahl. Fünf Schüler\*innen hielten den Ortswechsel der Legosteine für besonders bedeutend, vier nannten die Erklärung der Energie mithilfe der Legosteine, vier die Energieerhaltung in Verbindung mit der Konstanz der Legosteine, sieben nannten nur die Energieerhaltung. Für drei Schüler\*innen waren der Energietransport und die Umwandlung die wichtigste Erkenntnis, eine\*r nannte andere Eigenschaften der Energie und fünf beschrieben die Energieerhaltung und das abgeschlossene System. All diese Antworten sind gut für ein Anknüpfen des Energieunterrichts geeignet, 24 (22% aller Antworten) beinhalten explizit die Energie oder die Energieerhaltung.

*Abbildung 4* zeigt noch einmal zusammengefasst die prozentuelle Verteilung der Antworten auf die Frage nach der wichtigsten Aussage des Spiels.

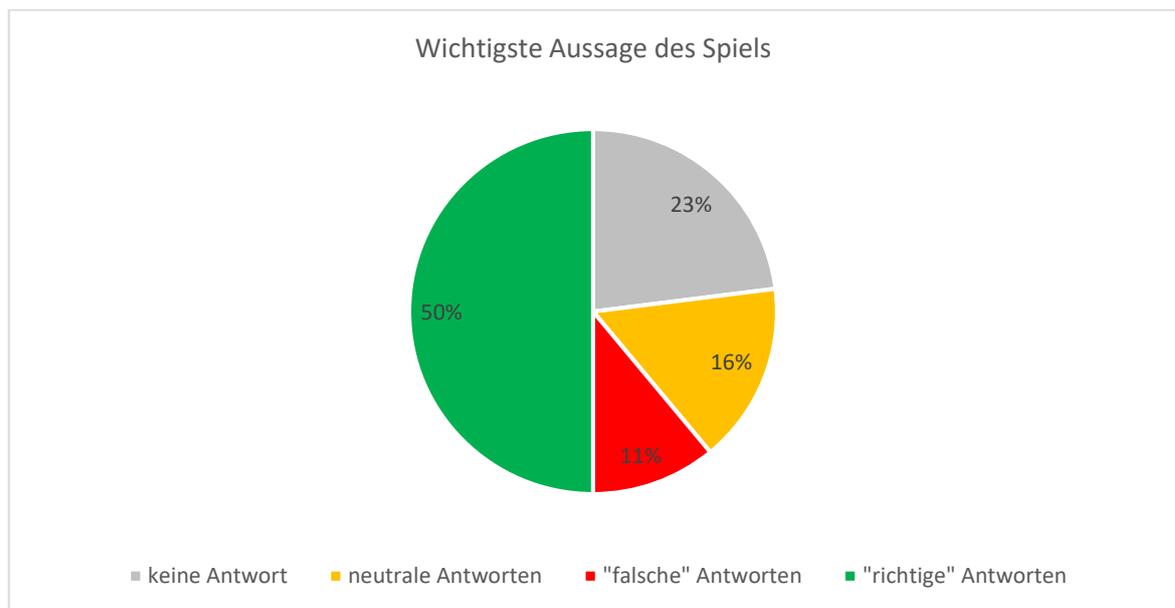


Abbildung 4: Prozentuelle Verteilung der Schüler\*innenantworten zur wichtigsten Aussage des Spiels.

Die Antworten der Schüler\*innen in den Einzelinterviews geben weiteren Aufschluss darüber, welche Ideen die Lernenden in Verbindung mit dem Spiel entwickelt haben. In den Interviews I1-I10 mit den Interviewpartner\*innen P1-P10 der Gruppen S1a, S1b und S2 wurden die Schüler\*innen direkt danach gefragt, was das Spiel mit Energie zu tun habe, um herauszufinden, ob eine Verbindung hergestellt wird. Die meisten Interviewpartner\*innen erklärten daraufhin einen Zusammenhang von Spiel und Energie über die Energieerhaltung. Die geschilderten Vorstellungen sowie die Antworten der interviewten Schüler\*innen aus dem Fragebogen (inklusive der übergeordneten Kategorien, die kursiv in Klammern gesetzt sind) werden in *Tabelle 4* wiedergegeben:

Antwort Fragebogen		Schilderung Interview
P1 (w)	Das Zählen ( <i>Tätigkeit im Spiel</i> )	<b>Den Sinn des Spiels nicht richtig verstanden:</b> Im Interview gab P1 an, sie habe die Spielanleitung und den Sinn des Spiels nicht richtig verstanden und könne daher nicht sagen, was das Spiel mit Energie zu tun hat. (vgl. I1, Zeile 13-15, 114-115)
P2 (m)	Die wichtigste Aussage ist das Verschwinden und Wiederauftauchen des Legos. ( <i>Ortswechsel der Legosteine</i> )	<b>Legosteine als Darstellungsform für Energie:</b> Für P2 stellen seinen Aussagen im Interview zufolge Legosteine Energie dar, sind aber nicht identisch mit derselben. (vgl. I2, Zeile 17-20)
P3 (w)	Wie viele Legosteine da waren. ( <i>Anzahl der Legosteine allgemein</i> )	<b>Energieerhaltung &amp; Erhaltung der Steine:</b> P3 gab im Interview an, dass es im Spiel Bausteine gegeben habe, deren Anzahl im Raum oder im geschlossenen System immer gleichgeblieben sei, auch wenn sie versteckt gewesen seien. Genauso bleibe die Energiemenge gleich. (vgl. I3, Zeile 16-24)
P4 (w)	(Keine Antwort)	<b>Steine ≠ Energie:</b> Laut P4 ist Energie nicht allgemein mit Legosteinen gleichzusetzen. (vgl. I9, Zeile 15-16) Eine genauere Erklärung zum Zusammenhang zwischen Spiel und Energie gab sie nicht.

<p>P5 (w)</p>	<p>Ich denke das Wichtigste vom Legospiel ist, dass man dadurch die Energie erklärt bekommt. <i>(Legosteine als Symbol für Energie/ Erklärung durch das Spiel)</i></p>	<p><b>Darstellung der Energie durch Lego, Erhaltung &amp; Unsichtbarkeit der Energie:</b> P5 beschrieb im Interview, wie die Legosteine im Spiel dargestellt hätten, was Energie ist und wie sie verteilt wird. Die Legosteine seien zwar von den Kindern verteilt worden, sie waren dabei aber immer noch da. P5 verbindet das mit der Energie, die auch immer da ist, selbst wenn man sie manchmal nicht erkennt. Die Runde mit dem Becher habe gezeigt, dass man Energie nicht sehen kann, sie aber trotzdem da ist. <i>(vgl. I5, Zeile 8-14, 15-16, 61-63)</i></p>
<p>P6 (w)</p>	<p>Energie kann nicht verschwinden, sie kann nur umgewandelt werden. <i>(Energietransport/-umwandlung statt -verbrauch)</i></p>	<p><b>Umwandlung statt Verlust der Steine, Steine als Symbol für unsichtbare Energie:</b> P6' Schilderungen zum Spiel beinhalten das Weggeben der Steine durch die Kinder, wodurch diese jedoch nicht verloren, sondern nur an einen anderen Ort gebracht worden seien. P6 vergleicht das mit einer Umwandlung. Legosteine seien deshalb verwendet worden, damit sich die Schüler*innen die Energie, die eigentlich unsichtbar ist, vorstellen können. <i>(vgl. I6, Zeile 8-11, 12-14)</i></p>
<p>P7 (m)</p>	<p>Die Energie kann nicht in einem System verloren gehen. Sie wird immer nur umgewandelt wenn sie „verloren“ scheint. <i>(Energietransport/-umwandlung statt -verbrauch)</i></p>	<p><b>Erhaltung &amp; Umwandlung der Legosteine &amp; der Energie:</b> Für P7 hat das Legospiel mit Energie zu tun, weil sich zwar die Anzahl der Legosteine auf dem Tisch geändert habe, insgesamt im Raum aber immer gleich viele gewesen seien. Das sei so, als ob Energie umgewandelt werde. Sie gehe dabei aber nicht verloren. P7 habe zunächst geglaubt, es gehe um den Tisch. Erst später habe er verstanden, dass es eigentlich um die Anzahl im Raum ging. <i>(vgl. I7, Zeile 17-27, 37-41)</i></p>
<p>P8 (m)</p>	<p>Dass sich die Energie <i>(unvollständige Antwort)</i></p>	<p><b>Änderung der Energiemenge, Verbindung mit Kraft und Arbeit:</b> P8 beschreibt zum Spiel, dass Energie mit dem Besuchskind dazu- und weggekommen sei. Er meint weiters, die Legosteine seien Energie und die Kraft wirke stärker auf etwas, auf das mehr Energie (Arbeit) komme. <i>(vgl. I8, Zeile 9-14)</i></p>
<p>P9 (w)</p>	<p>Dass man zum Beispiel auch Energie zum Verstecken der Legosteine benötigt hat. Dass Energie auch körperlich erzeugt werden kann. <i>(Energieerzeugung)</i></p>	<p><b>Energieverbrauch:</b> Für P9 ist die Verbindung zwischen Spiel und Energie dadurch gegeben, dass das Auseinandernehmen und Zusammenbauen der Legosteine über die dazu erforderliche Bewegung Energie verbraucht habe. <i>(vgl. I9, Zeile 23-32)</i></p>
<p>P10 (m)</p>	<p><i>(keine Antwort)</i></p>	<p><b>Becher als Energie, Unklarheit Zusammenhang Spiel – Energie:</b> P10 beschreibt im Interview zwar den Spielablauf und meint, dass der Becher Energie dargestellt habe, allerdings fiel ihm nicht mehr ein, wie genau Spiel und Energie zusammenhängen. <i>(vgl. I10, Zeile 12-17, 22-30, 80-88, 89-97, 98-99)</i></p>

Tabelle 4: Zusammenhang Spiel - Energie wie in den Interviews dargestellt.

Aus den Interviews I1-10 geht hervor, dass für jene beiden befragten Schüler\*innen (P4 & P10), welche die erste Frage am Fragebogen nicht beantwortet hatten, sowie für die Schülerin, die das Zählen im Fragebogen als wichtigste Aussage des Spiels bezeichnete (P1), der Zusammenhang zwischen Spiel und Energie unklar war. P9, die Schülerin, in deren Antwort auf Frage 1 die Erzeugung von Energie vorkam,

sprach im Interview von einem Verbrauch der Energie beim Spielen mit den Legosteinen. Auch in ihrem Fragebogen zum Vorwissen schrieb sie, dass man Energie erzeugen könne. Dies lässt sich dahingehend interpretieren, dass sie vor den Unterrichtseinheiten zum Legospiel bereits eine Fehlvorstellung zur Energie ausgebildet hatte und diese durch das Spiel und die zugehörigen Erklärungen nicht korrigiert werden konnte. P8 beschreibt in seiner Antwort die Änderung der Energiemenge und die Verbindung zwischen Energie bzw. Arbeit und Kraft. Auch bei diesem Schüler kann daher auf Fehlvorstellungen zur Energie geschlossen werden.

Die übrigen fünf Schüler\*innen beschreiben die Legosteine als Symbol für Energie, vier von ihnen (P3, P5, P6 & P7) verbinden die Energieerhaltung mit dem Gleichbleiben der Anzahl der Legosteine. Sie beschreiben, wie sich die Anzahl im Spiel zwar scheinbar änderte, insgesamt jedoch gleichblieb. P5 und P6 beziehen sich außerdem in ihren Ausführungen auf die Unsichtbarkeit der Energie, P6 und P7 nennen die Energieumwandlung. Diese fünf Schüler\*innen haben demzufolge also das Ziel des Spiels und den Zusammenhang mit der Energie sowie dessen Wichtigkeit verstanden.

Demnach wird in den Interviews P1-P10 die Interpretation der Antworten auf Frage 1 des Fragebogens bestätigt.

Um Aufschluss darüber zu bekommen, was die Schüler\*innen der Testgruppen mit dem Spiel verbinden, ohne den Zusammenhang mit Energie vorzugeben, wurde in den Interviews I11-I16 mit Schüler\*innen der Gruppen S3a & S3b die offenere Frage gestellt, was in den beiden Einheiten mit der Autorin herausgekommen sei. Die Antworten von P11-P16, sowie deren Antworten auf die Frage 1 des Fragebogens, sind in *Tabelle 5* dargestellt.

P11-P16 nennen in ihren Beschreibungen des Unterrichts mit der Autorin die Energieerhaltung und das Spiel. P11, P13, P14 und P15 bringen außerdem die Erhaltung der Zuckerwürfel/Legosteine mit der Energieerhaltung in Zusammenhang und beschreiben das Spielgeschehen als Analogie für die Erhaltung der Energie. In den Gruppen S3a und S3b, zu denen diese Schüler\*innen gehören, wurde die zweite Version der Erklärung verwendet. Aus den Schüler\*innenaussagen lässt sich schließen, dass durch diese zweite Version der Zusammenhang zwischen Energie und Spiel für die Lernenden klar hervorgeht. Die zweite Version betont stärker die Verbindung zwischen dem Spiel und der Energieerhaltung und beinhaltet mehr Verweise auf Situationen aus dem Spiel. Keine der Aussagen von P11-P16 zu den Unterrichtseinheiten lassen auf Fehlvorstellungen schließen. Stattdessen lassen sich alle mit dem physikalischen Konzept der Energieerhaltung in Zusammenhang bringen. Selbst die Probanden P13 und P15, deren Antworten auf den Fragebogen als unverwertbar oder falsch eingeschätzt wurden,

verwendeten in den Interviews Erklärungen und Beschreibungen, die mit der physikalischen Sicht und dem Ziel des Analogiespiels konsistent sind. Zu bedenken sind allerdings auch das größere Vorwissen von Gruppe S3a im Vergleich zu den anderen getesteten Gruppen.

	Antwort Fragebogen	Schilderung Interview
P11 (w)	Für mich war die wichtigste Aussage die Energieerhaltung, weil sie für mich sehr interessant ist. ( <i>Energieerhaltung</i> )	<b>Energieerhaltung &amp; Spiel, Unsichtbarkeit &amp; Berechnung der Energie:</b> P11 beschreibt zum Inhalt der Unterrichtseinheiten, dass die Energieerhaltung behandelt und ein Spiel gespielt worden seien. Sie schildert den Spielablauf und die Unsichtbarkeit der Energie. Aufgrund dieser Unsichtbarkeit und als Beispiel für die Berechnung, die dennoch möglich ist, sei im Spiel ein Becher verwendet worden. ( <i>vgl. I11, Zeile 1-18, 24-28</i> )
P12 (w)	Dass sich die Anzahl nie verändern kann, egal ob man es versteckt. ( <i>Konstanz der Anzahl der Legosteine</i> )	<b>Energie &amp; Spiel, Energieerhaltung:</b> P12 schildert zu den Einheiten, dass über Energie geredet und dabei ein Spiel mit Zuckerwürfeln gespielt worden sei. Er beschreibt kurz den Spielablauf und meint, dass die Verbindung zwischen Spiel und Energie mit der Energieerhaltung zu tun habe. Genauer könne er das aber nicht beschreiben. ( <i>vgl. I12, Zeile 1-12</i> )
P13 (m)	(keine Antwort)	<b>Erhaltung der Legosteine &amp; Energieerhaltung:</b> P13 gibt im Interview an, dass in den beiden Einheiten mit der Autorin über Energieerhaltung gelernt worden sei. Dazu erklärt er weiters, dass die Anzahl der Legosteine im Klassenzimmer immer gleichbleibe. So verhalte es sich auch mit der Energieerhaltung: Was schon da sei, könne sich nicht verändern. ( <i>vgl. I13, Zeile 1-11</i> )
P14 (w)	Die Steine blieben immer gleich. ( <i>Konstanz der Anzahl der Legosteine</i> )	<b>Erhaltung der Zuckerwürfel &amp; Energieerhaltung:</b> P14 erzählt im Interview, dass im Unterricht mit Zuckerwürfeln gespielt und das abgeschlossene System sowie die Energieerhaltung erklärt worden seien. Die Energieerhaltung erklärt sie anhand des Beispiels der Zuckerwürfel: Diese könne man zwar verstecken oder auflösen, der Zucker sei aber immer noch im Raum. ( <i>vgl. I14, Zeile 1-21, 43-54</i> )
P15 (m)	Die Anzahl blieb nicht immer gleich. ( <i>Änderung der Anzahl der Legosteine</i> )	<b>Erhaltung des Zuckers, Energieerhaltung &amp; -umwandlung:</b> P15 meint nach seiner Beschreibung des Spielablaufs, dass man Energie zwar umwandeln könne, sie aber immer noch da sei, so wie man den Zucker verstecken könne, dieser aber immer noch da sei. ( <i>vgl. I15, Zeile 1-20</i> )
P16 (m)	Dass die Legosteine immer gleichbleiben (wenn man davon ausgeht, dass sie unzerstörbar sind). ( <i>Konstanz der Anzahl der Legosteine</i> )	<b>Energieerhaltung, Spiel separat:</b> P16 erwähnt zum Inhalt der Stunden, dass über Energieerhaltung und Energie gesprochen worden sei und dabei ein Spiel gespielt worden sei. ( <i>vgl. I16, Zeile 1-9</i> )

Tabelle 5: Zusammenhang Spiel – Energie wie in Interviews I11-I16 dargestellt.

## 6.2 Energie & Energieerhaltung

Aufgaben 2a und 2b des Fragebogens drehen sich um die Begriffe der Energieerhaltung und der Energie. Dementsprechend lautete Frage 2a: *Beschreibe den Begriff „Energieerhaltung“ mit deinen eigenen Worten. Gib dazu auch ein Beispiel an.* Die in Kategorien geordneten Schüler\*innenantworten sind in *Abbildung 5* dargestellt:

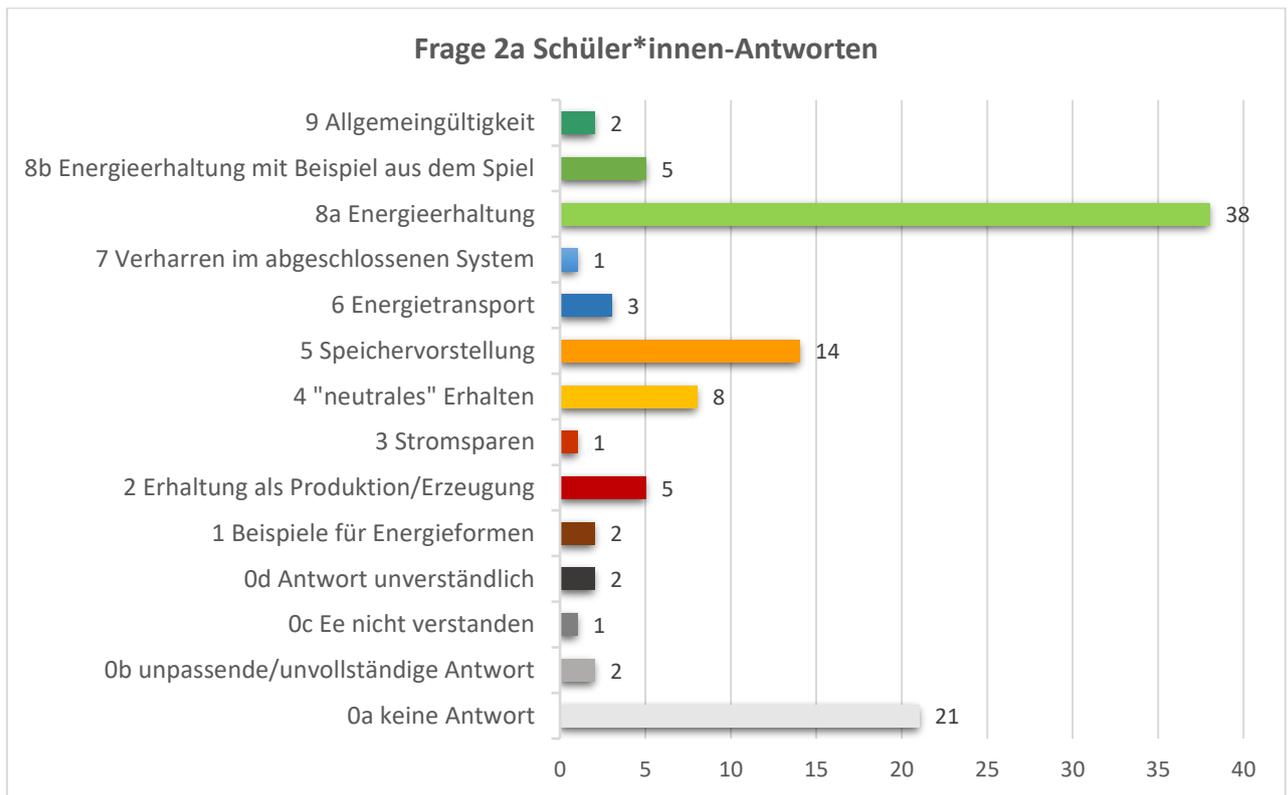


Abbildung 5: Schüler\*innenantworten zur Frage nach der Energieerhaltung,  $n_{ges.}=111$ .

Der größte Teil der Schüler\*innen, nämlich insgesamt 38, gaben eine physikalisch korrekte Definition der Energieerhaltung. Fünf weitere Proband\*innen nannten neben einer solchen Beschreibung außerdem ein Beispiel aus dem Spiel. Zwei Schüler\*innen beschrieben die Allgemeingültigkeit der Energieerhaltung. Diese zusammengenommen 45 Schüler\*innen oder 41% antworteten also im Sinne des Spielziels. Diesem Ziel entgegenstehende Antworten wurden von 30 Schüler\*innen gegeben. Davon verwechselten 14 Erhaltung mit Speicherung, acht beschrieben erhalten im Sinne von bekommen, ein\*e Proband\*in verband damit das Stromsparen, fünf Proband\*innen glaubten, Erhaltung sei die Produktion von Energie und zwei Schüler\*innen gaben Beispiele für Energieformen als Antwort. All diese Antworten lassen darauf schließen, dass die Schüler\*innen keine belastbare Vorstellung von Energieerhaltung im physikalischen Sinn entwickelt haben. Daneben gab es vier Antworten, die entweder das Verharren im abgeschlossenen System oder den Energietransport beschreiben. Diese beantworten zwar nicht direkt die Frage, die Vorstellungen sind aber auch nicht falsch und haben mit

Energieerhaltung zu tun. Weitere 26 Schüler\*innen gaben keine Antwort oder Antworten, die nicht ausgewertet werden konnten.

Die genaueren Erläuterungen der interviewten Schüler\*innen zur Energieerhaltung werden in *Tabelle 6* wiedergegeben:

S*	Beschreibung der Energieerhaltung	Zeilen
P1 (w)	<b>Entstehungsvorstellung:</b> {Energieerhaltung ist} wenn man etwas macht, dass da Energie entsteht. {Zum Beispiel} wenn ich einen Tischtennisball fallen lasse, dass da Energie entsteht, wenn er wieder aufprallt. Es wird mehr Energie.	23-29
P2 (m)	<b>Erhaltungsvorstellung:</b> Energie verschwindet einfach nicht so. Es bleibt immer da, es bleibt immer an einem Ort. Und es kann nicht verschwinden oder so. Nein, {den Begriff Energieerhaltung habe ich noch nie gehört.}	14-16, 21-24
P3 (w)	<b>Erhaltungsvorstellung:</b> {Das Spiel hat mit Energie zu tun,} weil das kann man anders, genau wie bei uns ohne Legosteine, wenn man in einem Raum ist, ist gleich viel Energie im Raum.	20-24
P4 (w)	-	
P5 (w)	<b>Erhaltungsvorstellung:</b> {Energie} kann einfach nie verloren gehen. {Energieerhaltung bedeutet,} dass man diese Energie auch behalten kann und dass sie niemals verloren wird. {Zum Beispiel} auch Licht, oder Wärmekraftwerke, sie sagen auch dass die Energie dort verloren geht aber das ist nicht richtig, weil sie ist schon da aber man kann sie nicht brauchen und sie sagen deswegen dass sie verloren geht, weil sie für die Menschen verloren geht, aber eigentlich nicht.	6, 19- 21, 24- 28
P6 (w)	<b>Erhaltungsvorstellung &amp; stoffliche Vorstellung:</b> {Energieerhaltung heißt}, dass es nicht verloren geht. Sie kann nur umgewandelt werden und nicht verloren gehen. Also man kann sie nicht einfach in den Mistkübel schmeißen. Sie kann nur umgewandelt werden. Zum Beispiel, wenn die Sonne auf die Erde strahlt, dann sind da ganz viele Sonnenmoleküle, und durch Solarenergie wird das dann aufgenommen und dann wird das zum Beispiel für das Licht verwendet und das Licht ist in der Luft.	17-21, 23-28
P7 (m)	<b>Erhaltungsvorstellung, Erklärung anhand des Spiels:</b> {Alles zusammen} bleibt {die Energie}. Es gibt auf unserem Planeten oder in unserem Universum nicht mehr Energie und plötzlich weniger, glaube ich, so wie ich das im Unterricht verstanden habe. {Beim Spiel} haben die Kinder was mitgebracht und was weggenommen. Ein geben und nehmen. Aber das ist nicht, dass wir den Stein rausnehmen und sagen der ist weg. Der ist verschollen.	33-41
P8 (m)	<b>Produktionsvorstellung:</b> {Zu} Energieerhaltung {fällt mir ein} zum Beispiel das Windrad, ich glaube das Windrad produziert Energie. {Also ist Energieerhaltung in diesem Fall die Produktion?} Ja.	15-20
P9 (w)	<b>Umwandlung, Energieänderung &amp; Erhaltungsvorstellung:</b> {Energieerhaltung gilt} zum Beispiel, wenn etwas runterfällt, und dann wieder raufkommt. Dann wird die Energie irgendwie erhalten. Weil wenn es runterfällt, dann wird {die Energie} zwar niedriger, und wenn es raufkommt wieder höher. Und dann wird {die Energie} vielleicht irgendwie umgewandelt, vom Ball, oder halt vom Gegenstand, zur Hand. {Auf der Erde haben wir} immer die gleiche {Menge an Energie}. Zum Beispiel die Energie vom Autofahren, die wird dann umgewandelt in eine andere Form, aber man hat sie noch immer. Ich glaube schon, {dass das für jede Energieform gilt}.	83-94, 107- 116

P10 (m)	-	
P11 (w)	<b>Erhaltungsvorstellung, Erklärung anhand des Spiels:</b> {Energieerhaltung heißt}, dass die Zahl immer gleichbleibt. Wir haben das mit diesem Becher gemacht weil wir die Energie ja nicht sehen können. Deswegen war das ein Beispiel, damit wir auch herausfinden, wie viele {Bausteine} drinnen sind. Und man kann auch eigentlich glaube ich die Bausteine draußen nicht zählen, aber das wusste ich nicht. Und, ja, es bleibt immer gleich, das habe ich mir gemerkt. Es war danach viel los, deswegen habe ich es mir nicht so gut gemerkt.	22-29
P12 (w)	-	
P13 (m)	<b>Erhaltungsvorstellung, Erklärung anhand des Spiels:</b> Wir haben {in den letzten beiden Stunden} über die Energieerhaltung gelernt, dass, egal wie viele Legosteine im Klassenzimmer sind, es nicht mehr oder weniger werden können. Es bleiben immer gleich viele, auch wenn sie sich auflösen könnten, die Anzahl ändert sich nicht, ist dieselbe. Ja, das. {Energieerhaltung bedeutet}, dass es nicht weniger oder mehr werden kann. Es bleibt immer gleich, die Anzahl von dem, das eben schon da ist, die kann nicht mehr oder weniger werden.	1-11
P14 (w)	<b>Erhaltungsvorstellung, Erklärung anhand des Spiels:</b> Energieerhaltung ist, dass die Energie, man verliert die Energie nicht. Die Energie bleibt erhalten. {Die Zuckerwürfel} waren ja immer noch im Raum, egal, ob man sie in einer Flüssigkeit aufgelöst hat, sie waren ja immer noch im Raum. Und {die Kinder} haben sie versteckt, aber die waren ja immer noch da. Ja, {das ist für mich Energieerhaltung}.	38-46
P15 (m)	<b>Erhaltungsvorstellung, Erklärung anhand des Spiels:</b> {Zur Energieerhaltung fällt mir ein}, man kann die Energie umwandeln. Man könnte einen Zuckerwürfel, glaube ich, mit Wasser kochen. Dann ist immer noch die Energie in dem Saft enthalten, der gemacht wurde. Oder man könnte eine Batterie in eine Fernbedienung geben und da ist die Energie noch immer in der Fernbedienung. Die betätigt dann den Fernseher.	21-28
P16 (m)	<b>Erhaltungsvorstellung:</b> Energieerhaltung bedeutet, dass die Energie immer gleich bleibt.	21-22

Tabelle 6: Erklärung der Energieerhaltung in den Interviews.

Wie aus *Tabelle 6* hervorgeht, haben elf der 16 interviewten Schüler\*innen eine physikalisch korrekte Vorstellung davon ausgebildet, was Energieerhaltung bedeutet. P7, P11, P13, P14 & P15 beziehen sich in ihren Erklärungen der Energieerhaltung explizit auf das Spiel (in den Interviews P14-P16 wurde nachgefragt, ob die Schüler\*innen die Erhaltung mit einem Beispiel aus der Stunde erklären könnten). Drei Schüler\*innen fiel in der Interviewsituation keine Erklärung der Energieerhaltung ein, zwei (P1 & P8) verbanden Energieerhaltung mit der Entstehung bzw. Produktion von Energie. Weder P1 noch P8 äußerte eine dementsprechende Vorstellung im Fragebogen zum Vorwissen, P1 nennt darin nur den Konzern Wien Energie und P8 beschreibt, dass er in der Schule von Arbeit und Energie gehört hat, ohne dazu nähere Angaben zu machen.

Interessant ist, dass P5 und P7 in ihren Erklärungen auf Energieentwertungsvorstellungen zurückgreifen. Die Energie werde demnach nicht verbraucht, sondern „schlecht umgewandelt“ (17, Zeile 49) und somit für den Menschen unbrauchbar (vgl. 15, Zeile 25-28, 17, Zeile 48-52). P7 unterscheidet in diesem Zusammenhang sogar zwischen der alltagssprachlichen Verwendung des Begriffs Energieverbrauch und seiner Inkorrektheit in der Physik. Die Informationen zur Energieentwertung wurden im Rahmen des Spiels und der Erklärungen dazu nicht besprochen, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass die Lehrerin diese in der Physikstunde zwischen der Erklärung und den Interviews mit der Klasse besprochen hat. Dass die Schüler\*innen den Begriff für ihre Beschreibungen heranziehen könnte bedeuten, dass er ihnen das Verständnis der Energieerhaltung, wie unter 2.1.3.3 *Vorschläge für den Unterricht* besprochen, erleichtert. Somit ist zur Verbesserung des Spiels und der Erklärung die Überlegung anzustellen, ob die Energieentwertung aufgenommen werden soll.

Frage 2b fragt danach, was die Schüler\*innen sich unter dem Begriff „Energie“ vorstellen. Die Schüler\*innenantworten sind in Kategorien zusammengefasst in *Abbildung 6* dargestellt.

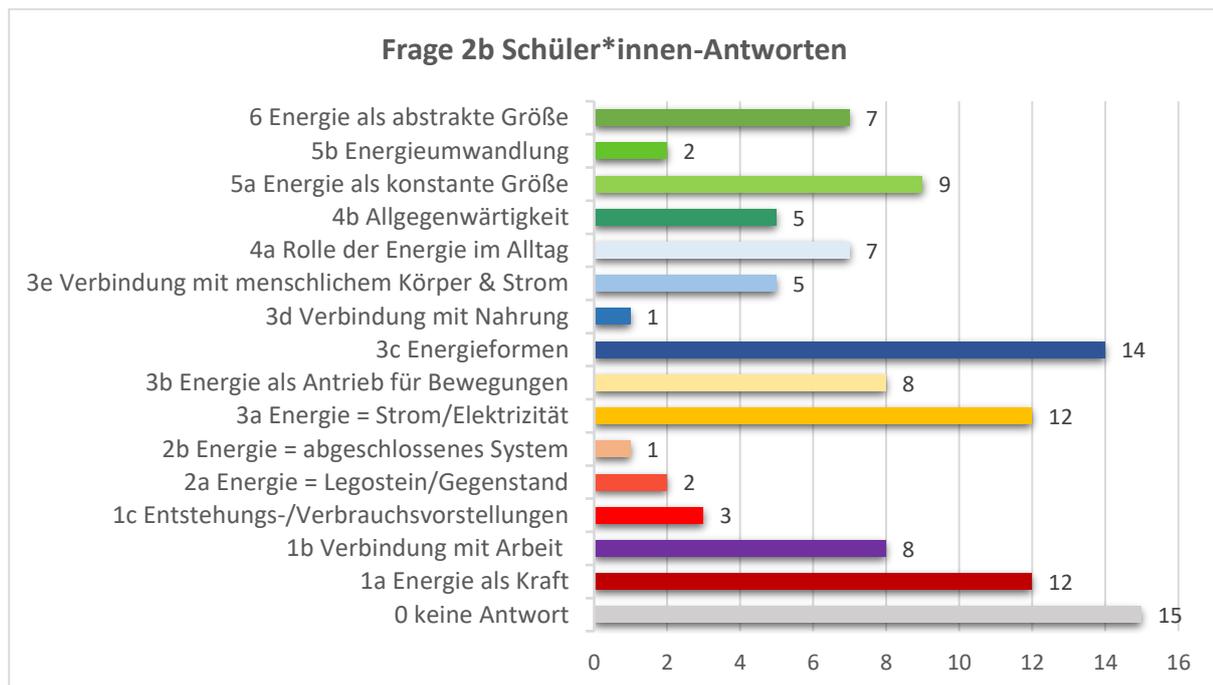


Abbildung 6: Schüler\*innenantworten auf die Frage nach der Energie,  $n_{ges.}=111$ .

Besonders interessant die Beschreibungen des Energiebegriffs betreffend sind die neun Schüler\*innenantworten, in denen dieser durch seine Konstanz, also die Energieerhaltung, definiert wird, sowie die sieben Antworten, die Energie als abstrakte Größe beschreiben. Neben zahlreichen Definitionen über die Aufzählung von Energieformen, die Verbindung mit dem menschlichen Körper, Bewegung

oder der Allgegenwärtigkeit und Bedeutung der Energie für den Alltag setzen auch nach der Durchführung des Spiels noch zwölf Schüler\*innen Energie mit elektrischer Energie gleich. Drei Schüler\*innen beschreiben Energie als abgeschlossenes System oder als Legostein bzw. Gegenstand, was auf durch das Spiel und die Erklärung hervorgerufene Fehlvorstellungen schließen lässt. Zwölf der Schüler\*innen verbinden auch nach dem Spiel Energie noch mit Kraft und acht definieren sie über die Arbeit, was vermutlich auf den vorangegangenen Physikunterricht zurückzuführen ist.

Auch in den Interviews I1-I13 wurden die Schüler\*innen gebeten, zu beschreiben, was Energie für sie bedeutet. Die Schüler\*innenantworten sind in *Tabelle 7* dargestellt.

S*	Energie ist...
P1 (w)	Für P1 kann Energie Strom/Elektrizität oder Licht sein. Sie bekräftigt später noch einmal, dass Energie für sie Licht ist. Als andere Beispiele nennt sie die Energie, die der Mensch hat, wenn er „energiegeladen“ ist, die Energie eines fahrenden Autos und die Energie, die benötigt wird, um Licht ein- und auszuschalten. (vgl. I1, Zeile 11-12, 16-18, 32-33)
P2 (m)	P2 definiert im Interview Energie darüber, dass sie nicht einfach verschwindet, sondern immer an einem Ort bleibt. (vgl. I2, Zeile 14-16)
P3 (w)	Laut P3 spielt Energie eine wichtige Rolle im Leben, weil man damit Licht erzeugen kann. Außerdem spricht sie die Unsichtbarkeit von Energie an. (vgl. I3, Zeile 5-7, 72)
P4 (w)	P4 unterstreicht im Interview die Bedeutung der Energie. Diese sei für fast alles wichtig. Als eine Art von Energie nennt sie Licht. (vgl. I4, Zeile 22-24)
P5 (w)	P5 beschreibt Energie als etwas, das immer verarbeitet wird, das man im Leben braucht und das man aufbewahren kann. Außerdem kann Energie laut P5 nie verloren gehen und man kann sie nicht sehen, sondern nur ihre Auswirkungen. (vgl. I5, Zeile 4-7)
P6 (w)	P6 definiert Energie darüber, dass sie nicht verloren gehen, sondern nur umgewandelt werden kann. Die von ihr gegebenen Beispiele lassen auf eine stoffliche Vorstellung von Energie schließen. So beschreibt sie „Wärmemoleküle“ und „Sonnenmoleküle“ in der Luft, in denen die Energie gespeichert bleibt. (vgl. I6, Zeile 3-7, 17-28)
P7 (m)	P7 beschreibt Energie als eine Art allgegenwärtiges Ding. Als Beispiel nennt er die potenzielle Energie und beschreibt, wie die Bank, auf der er sitzt, potenzielle Energie habe. Menschen befänden sich meist in kinetischer Energie, da sie sich bewegen. P7 schildert außerdem die Unsichtbarkeit von Energie und dass man nur ihre Auswirkungen sehen könne. In diesem Aspekt vergleicht er Energie mit Kraft (ohne die beiden Begriffe gleichzusetzen). (vgl. I7, Zeile 11-16)
P8 (m)	P8 definiert im Interview Energie als Voraussetzung dafür, Arbeit zu verrichten. Mit Energie könne man Strom erzeugen oder einen Herd betreiben. (vgl. I8, Zeile 5-6)
P9 (w)	Für P9 lässt sich Energie in zwei Bereiche aufteilen. Zum einen gebe es die Energie, die aus der Steckdose kommt (Strom) und zum anderen die körperliche Energie. Die Energie aus der Steckdose könne man aus unterschiedlichen Sachen gewinnen, von der körperlichen Energie verbrauchen die Menschen laut P9 viel. Sie könne dann nicht wiederhergestellt werden. Allgemein sei es mit der Energie oft so, dass man sie weder verbrauchen, noch herstellen könne. (vgl. I9, Zeile 17-22)
P10 (m)	Für P10 ist Energie in Vorgängen wie dem Heben von Gegenständen gegenwärtig. Wenn man einen Gegenstand aufhebt, verschiebt oder wirft sei Energie in der Hand. Auch die Begriffe Arbeit und Kraft nennt P10 in diesem Zusammenhang, ohne sie genauer zu erläutern. (vgl. I10, Zeile 5-11, 42-52)

P11 (w)	P11 meint, dass man Energie für alles brauche. Was Energie genau ist, kann sie aber nicht beschreiben. (vgl. I12, Zeile 36-40)
P12 (w)	P12 zählt verschiedene Energieformen wie Wärmeenergie und kinetische Energie auf, um Energie zu beschreiben. Sie nennt die Einheit Joule (vermutlich aus dem Physikunterricht bekannt) und die Energieumwandlungen beim Anmachen einer Glühbirne. (vgl. I12, Zeile 17-19, 24-31)
P13 (m)	P13 beschreibt im Interview die Energieerhaltung, nicht aber die Energie allgemein. (vgl. I13)

Tabelle 7: Schilderungen zur Energie aus den Interviews.

Die von den Schüler\*innen formulierten Definitionen der Energie umfassen unterschiedliche Aspekte des Energiebegriffs. Beliebt ist sowohl in den Fragebögen, als auch in den Interviews eine Umschreibung über Energieformen, die Allgegenwärtigkeit und Bedeutung der Energie für den Alltag und Eigenschaften der Energie wie ihre Unsichtbarkeit. Besonders interessant sind die Beschreibungen von P2, P5 und P6, die in den Interviews die Energie über ihre Erhaltung definieren. Auf die Frage, wie man Energie beschreiben kann, antwortet P2: „Also, Energie verschwindet nicht einfach so. Es bleibt immer da, ähm, es bleibt immer an einem Ort. Und es kann nicht verschwinden oder so.“ (I2, Zeile 14-16) P5 meint: „[Energie] kann einfach nie verloren gehen und man kann Energie auch nicht sehen.“ (I5, Zeile 6-7) Und auch P6 bezieht sich auf die Energieerhaltung, um Energie zu beschreiben: „Also Energie kann man, kann nicht verloren gehen, man kann’s nur umwandeln.“ (I6, Zeile 4)

### 6.3 Das abgeschlossene System

Wie unter 2.1.3.3 *Vorschläge für den Unterricht* dargelegt ist die Idealisierung des abgeschlossenen Systems ein hilfreiches Konstrukt, wenn es um den Aufbau eines Verständnisses der Energieerhaltung geht. Beim Analogiespiel spielt das abgeschlossene System daher eine entscheidende Rolle und wird auch in der Erklärung wieder aufgegriffen. Wie die getesteten Schüler\*innen am Ende der beiden Einheiten zum Spiel auf dem Fragebogen das abgeschlossene System beschrieben, zeigt *Abbildung 7*.

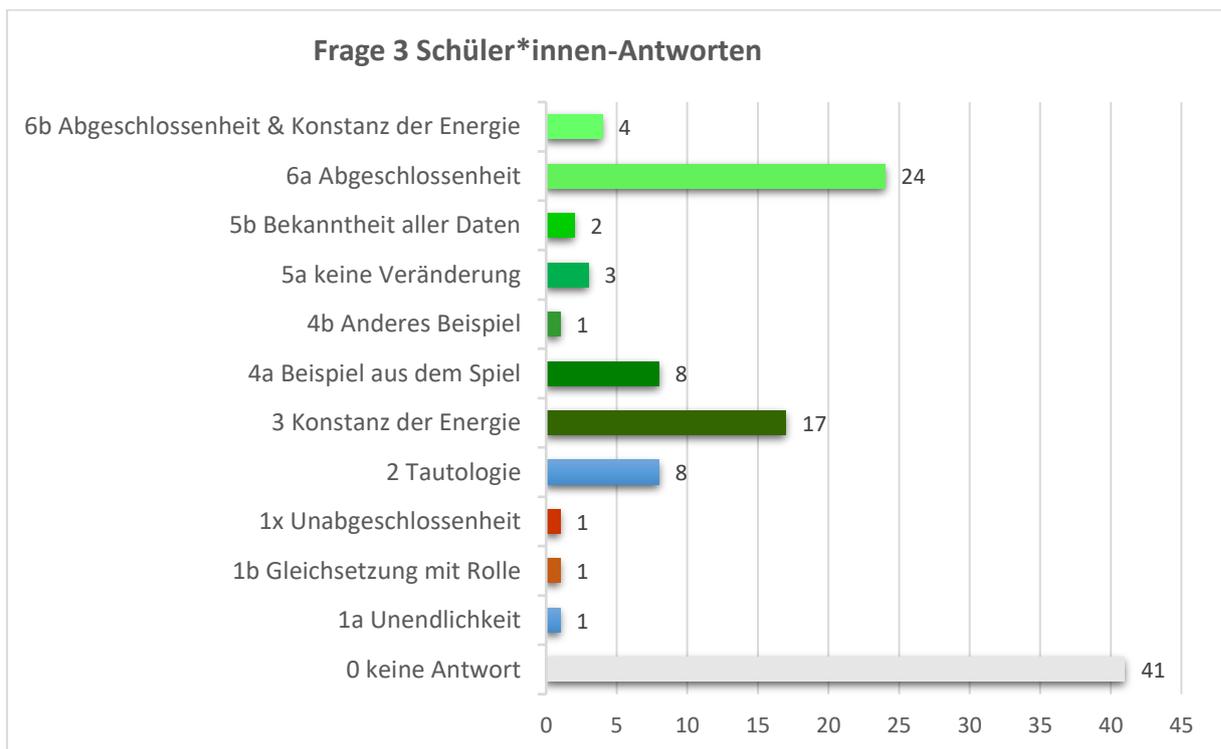


Abbildung 7: Schüler\*innenantworten auf die Frage nach dem abgeschlossenen System,  $n_{ges.}=111$ .

41 Schüler\*innen gaben auf diese Frage keine Antwort. Von den übrigen gab es nur drei inkorrekte Antworten, wobei das abgeschlossene System einmal mit einer Rolle im Spiel gleichgesetzt, einmal als unendlich beschrieben und einmal als offen beschrieben wurde. Acht Schüler\*innen bedienten sich einer Tautologie, indem sie das abgeschlossene System als abgeschlossen beschrieben. Der Rest gab Erklärungen, die das abgeschlossene System entweder in Hinblick auf die Energieerhaltung, mithilfe anderer Beispiele oder über eine allgemeine Definition, dass nichts hinaus- oder hineinkommen könne, erklärten. Daraus lässt sich schließen, dass die Schüler\*innen dieses Konzept entweder leichter verstehen können, als die Energieerhaltung, oder dass das Spiel und die Erklärung es besser verständlich machen.

In den Interviews griffen die Schüler\*innen zur Erläuterung des abgeschlossenen Systems auf Beispiele aus dem Spiel oder aus der Erklärung zurück. So meint P14: „Ein abgeschlossenes [System], kann ich dafür ein Beispiel nehmen? Zum Beispiel, dass der Ping-Pong-Ball – wir schauen auf das System. Man selber, der Ping-Pong-Ball, der Boden und die Schwerkraft, das ist das System. Wenn man's runtergibt, dann ist es mit der Schwerkraft, dann fällt es runter. Aber erst durch uns wird's losgelassen.“ (14, Zeile 22-30) P6 bezieht sich auf das Spiel: „[Beim Spiel] waren die Steine alle ein System. [Im Interview, beim Tischtennisball, war unser System] der Raum, der Boden, die Luft, deine Hand und der Tischtennisball.“ (16, Zeile 54-59)

## 6.4 Einsatz der Energieerhaltung zur Lösung konkreter Beispiele

### 6.4.1 Beispiele des Fragebogens

Im Rahmen des Fragebogens wurden die Schüler\*innen auch zur Energie eines Pendels und eines auf den Boden fallenden Steins befragt. Dabei wurden die Frage nach der Energie des Steins (Frage 4) und die Frage nach dem Energievergleich zwischen zwei Punkten, durch die das Pendel schwingt (Frage 5b) nach dem ersten Durchgang mit den Gruppen S1a und S1b überarbeitet, da die Formulierungen den Schüler\*innen Probleme bereiteten. Daher werden in der Auswertung dieser beiden Fragen nur die Antworten aus den Gruppen S2, S3a und S3b berücksichtigt. Damit ergibt sich eine Gesamtzahl von 65 Schüler\*innen, deren Antworten zu diesen beiden Fragen ausgewertet wurden.

Aufgabe 4 lautete: *Bob hält einen Stein in der Hand und lässt ihn auf den Boden fallen. Ist die Gesamtenergie des Systems Bob-Stein-Boden am Ende größer, kleiner oder gleich groß im Vergleich zum Anfang? Begründe deine Antwort in 1-2 Sätzen.* Die Schüler\*innenantworten sind in *Abbildung 8* dargestellt:

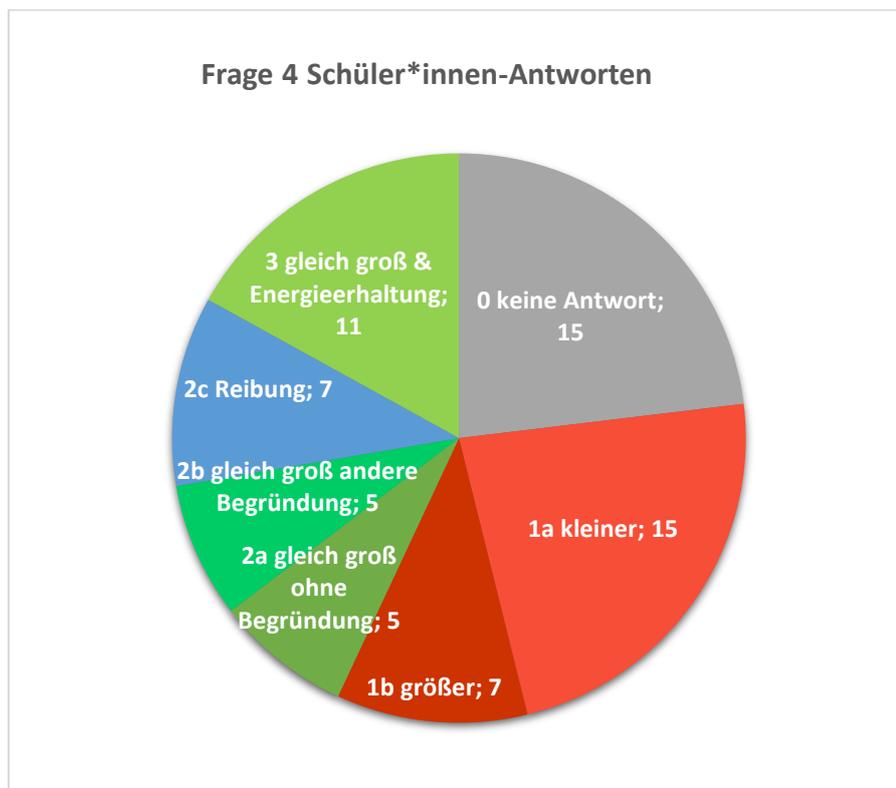


Abbildung 8: Schüler\*innenantworten zur Energie des Systems Bob-Stein-Boden,  $n_{ges.}=65$ .

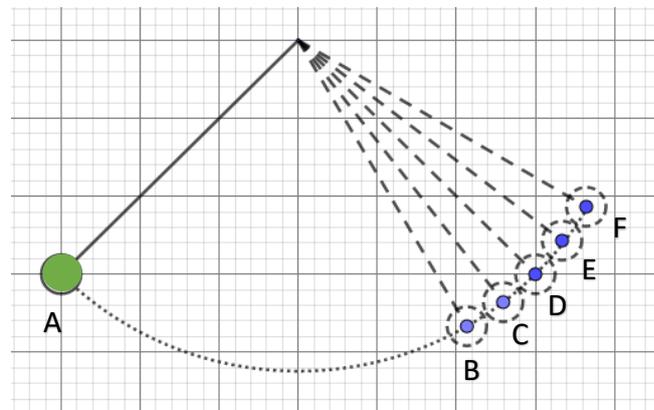
15 Schüler\*innen gaben keine Antwort auf diese Frage, 15 waren der Meinung, die Energie werde insgesamt kleiner, sieben meinten, sie werde größer. Ebenfalls sieben Schüler\*innen argumentierten mit der Reibung. Der Rest (21 Schüler\*innen) antwortete, dass die Energie des gesamten Systems

gleich groß bleibe, davon fünf ohne Begründung, fünf mit einer Begründung, in der die Energieerhaltung nicht vorkam und elf mit der Energieerhaltung als Begründung. Insgesamt konnten demnach 28 oder 43% der 65 gewerteten Schüler\*innen eine physikalisch korrekte Antwort geben, wobei elf davon (17% der Testgruppe) mit der Energieerhaltung argumentierten. 22 der Antworten widersprechen der physikalischen Sichtweise, 15 können nicht gewertet werden. Von den 50 auswertbaren Antworten sind somit 56% richtig. Der Anteil an physikalisch richtigen Antworten überwiegt hier also, bemerkenswert hinsichtlich der Forschungsfrage ist, dass immerhin 17% der getesteten Schüler\*innen mit der Energieerhaltung argumentierten. Das sind zwar im Vergleich zu den 41%, die die Energieerhaltung physikalisch korrekt definieren konnten (vgl. 6.2 *Energie & Energieerhaltung*) deutlich weniger, allerdings ist dies in Anbetracht der unter 2.1.3.2 *Herausforderung Energieerhaltung* vorgestellten fachdidaktischen Forschung keine Überraschung. In einer Untersuchung von Herrmann-Abell und DeBoer konnten nur 28% der Schüler\*innen Beispiele zur Energieerhaltung korrekt beantworten, in der vorliegenden Untersuchung gaben immerhin 43% physikalisch korrekte Antworten zum Beispiel des Steines.

In Frage 5 mit den Teilen 5a und 5b geht es um ein Pendel. Die Aufgabenstellung 5a lautet:

*Ein Pendel wird bis zum Punkt A ausgelenkt und dann losgelassen (das heißt, man nimmt den grünen Ball, zieht ihn bis zu Punkt A und lässt ihn dann los).*

*Wie weit schwingt das Pendel auf der anderen Seite aus, wenn es keinen Luftwiderstand und keine Reibung gibt? Welcher Buchstabe bezeichnet das „richtige“ Pendel? Begründe deine Antwort in 1-2 Sätzen.*



Die Antworten der Schüler\*innen sind in *Abbildung 9* den Kategorien zugeordnet dargestellt.

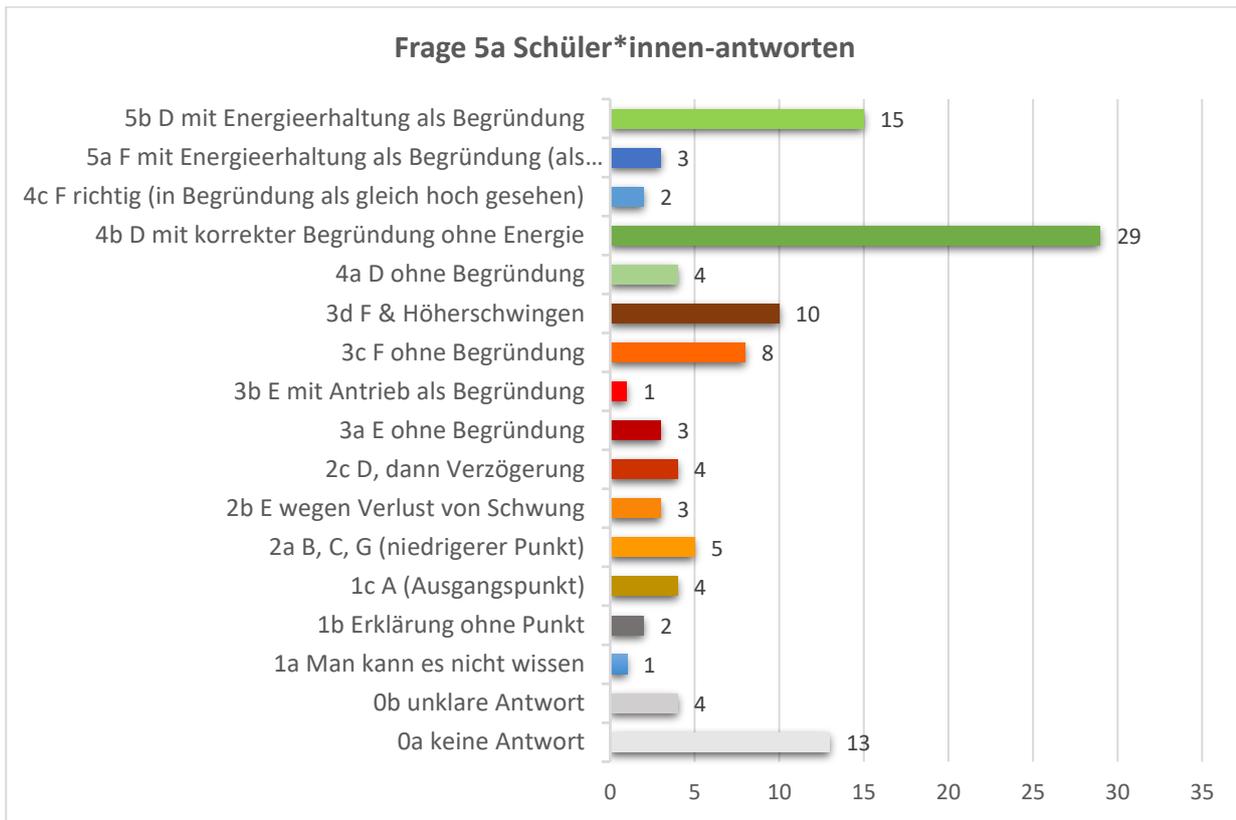
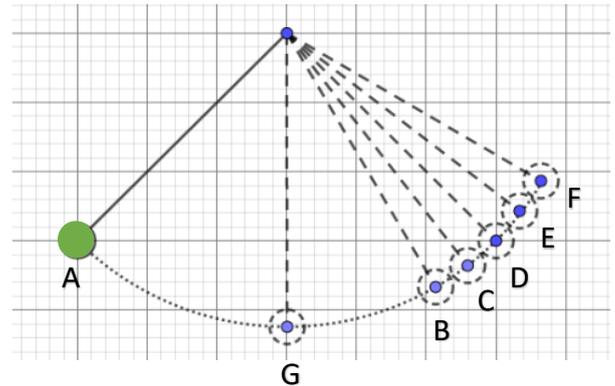


Abbildung 9: Schüler\*innenantworten auf Frage 5a (Pendel),  $n_{ges.}=111$ .

17 der 111 Schüler\*innen gaben keine oder eine unklare Antwort, zwei Proband\*innen formulierten eine Erklärung, ohne einen Punkt auszuwählen, eine\*r war der Meinung, man könne das nicht wissen und vier meinten, das Pendel bleibe am Ausgangspunkt (zusammen 22%). Zwölf Schüler\*innen (11%) waren der Meinung, das Pendel würde bis zu einem niedrigeren Punkt (B, C) oder zuerst einmal zu D schwingen und dann langsamer werden. Drei davon argumentierten mit dem Verlust von Schwung. 21 Schüler\*innen (19%) wählten einen Punkt, der höher als der Ausgangspunkt lag, als Antwort aus. Davon erwähnten elf Proband\*innen das Höherschwingen oder einen Antrieb explizit in ihren Erklärungen. 53 der 111 Schüler\*innen (48%) und damit knapp die Hälfte wählten entweder den Punkt D, der auf derselben Höhe wie der Ausgangspunkt liegt, oder einen höheren Punkt mit einer Begründung, die darauf schließen lässt, dass sie diesen höheren Punkt als gleich hoch einschätzen und ihn deshalb ausgewählt haben. Die Energieerhaltung wurde dabei von 18 Schüler\*innen (16%) als Begründung für die Auswahl dieser Antwort angegeben.

Im zweiten Teil der 5. Frage wurden die Schüler\*innen aufgefordert, die Energie an unterschiedlichen Stellen des Schwingvorgangs zu vergleichen:

Ist die Gesamtenergie in Punkt G (durch den das Pendel schwingt) im Vergleich zu Punkt A (wo das Pendel zu schwingen beginnt) größer, kleiner oder gleich groß?



Die Antworten der 65 Schüler\*innen aus den Gruppen S2, S3a und S3b sind in *Abbildung 10* den Kategorien zugeordnet dargestellt.

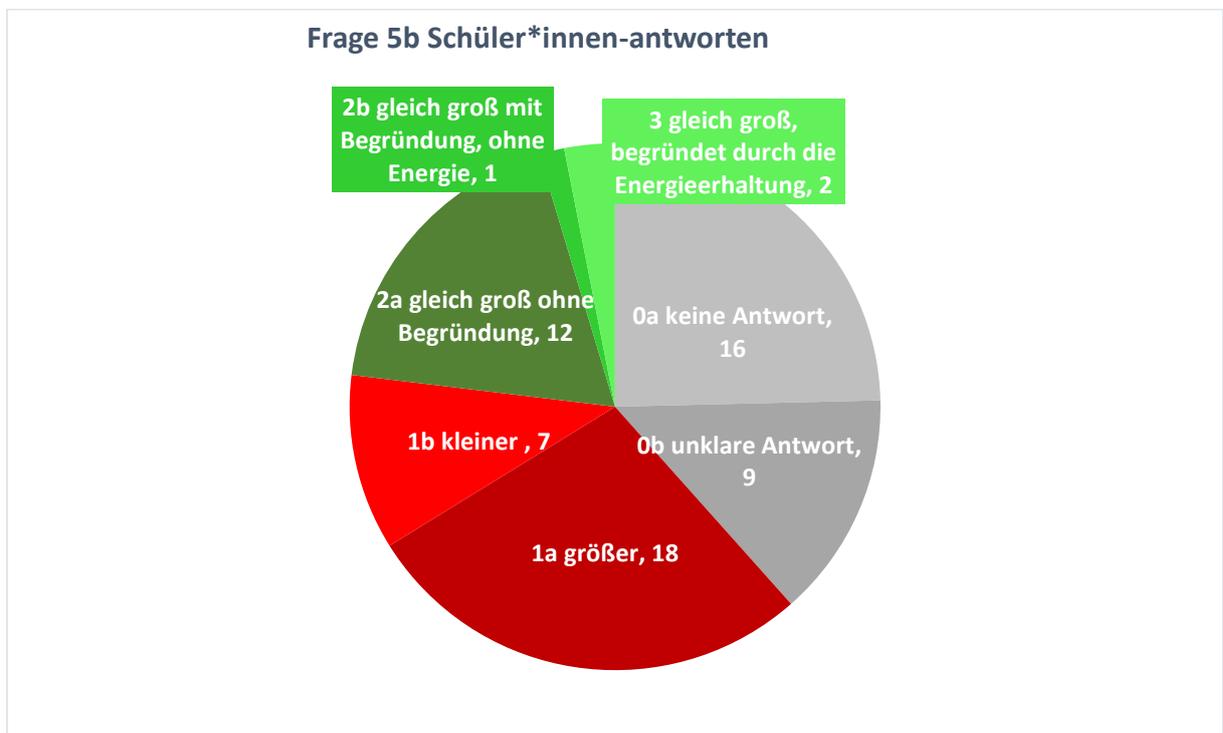


Abbildung 10: Schüler\*innenantworten auf Frage 5a,  $n_{ges.}=65$ .

Bei der Beantwortung dieser Frage gaben je 25 der 65 Schüler\*innen entweder keine/ eine unklare Antwort oder eine Antwort, die dem physikalischen Energieerhaltungsbegriff widerspricht. Dass die Gesamtenergie in beiden Punkten gleich groß sei, antworteten 15 Schüler\*innen. 2 davon begründeten dies explizit mit der Energieerhaltung. Unter jenen 18 Antworten, die eine größere Energie erwarteten, begründeten dies viele mit der Geschwindigkeit des Pendels. Die schnellere Bewegung führe dieser Argumentation zufolge zu einer höheren Energie. Nur ein knappes Drittel der Schüler\*innen wählte also eine Antwort aus, die zum Konzept der Energieerhaltung passt. Auffallend häufig wurde

die Argumentation verwendet, dass das Pendel in Punkt G aufgrund seiner höheren Geschwindigkeit eine höhere Energie besitzen müsse.

Wie aus der Auswertung der Fragebögen hervorgeht, benutzten die Schüler\*innen in ihrem Antwortverhalten kein einheitliches Konzept, da der Anteil der Antworten, welche mit der Energieerhaltung kongruent sind, zwischen den einzelnen Fragen variiert. Dies passt zu den unter 2.1.3 *Forschungsstand zum Energieunterricht* behandelten Erkenntnissen aus anderen Untersuchungen. Generell berufen sich weniger Schüler\*innen in der Lösung der Aufgaben auf die Energieerhaltung, als das Konzept den ersten beiden Fragen nach zu urteilen kennen.

### 6.4.2 Besprechung von Beispielen in den Interviews

Auch in den Interviews wurden einige Beispiele zur Energieerhaltung besprochen. Hier zeigt sich, dass die Schüler\*innen nicht immer konsistent in der Anwendung dieses Konzeptes agieren. Zu berücksichtigen sind den Vergleich der Aussagen aus den Gruppen S1a, S1b und S2 mit denen der Gruppen S3a und S3b die jeweiligen unterschiedlichen Interviewleitfäden, die den Interviews zu Grunde liegen. In den ersten drei Gruppen wurde in der Besprechung der Beispiele immer wieder nachgefragt, ob sie ihre Antworten mit der Energie begründen könnten. Um genaueren Einblick in die Nützlichkeit des Spiels für die Anwendung des Energieerhaltungskonzepts zu erhalten, wurde in den letzten beiden Gruppen dagegen nur nach weiteren Erklärungen gefragt und in Gruppe S3b verstärkt nachgehakt, ob den Schüler\*innen aus den Stunden mit der Autorin eine Erklärung einfiel.

Mehrere Beispiele konkreter Situationen wurden im Interview verwendet. Eines dieser Beispiele war ein Tischtennisball, der auf den Boden fallen gelassen wird. Die Schüler\*innen sollten argumentieren, wie hoch er nach dem Aufprall ohne Reibung und Luftwiderstand hinaufhüpfen würde (1). Als zweites Beispiel wurde in den Interviews I1-I4 und I11-I16 ein Pendel benutzt. Die Schüler\*innen sollten, ähnlich der Aufgabe 5 auf dem Fragebogen, entscheiden, wie hoch das Pendel schwingen wird und vergleichen, wie groß die Gesamtenergie an unterschiedlichen Stellen des Schwingungsverlaufs sei (2). Alle Schüler\*innen wurden außerdem dazu befragt, ob man sagen könne, dass eine Grafik den Energieverbrauch darstellt und dass die Menschen zu viel Energie verbrauchen und daher Energie sparen müssten (3). Als abschließendes Beispiel wurde ein Skateboarder in einer Halfpipe betrachtet. Die Schüler\*innen sollten entscheiden, wie hoch er ohne Reibung und Luftwiderstand auf der anderen Seite der Halfpipe hinaufkäme, wenn er von einer gewissen Höhe startet (4). Mithilfe des Applets *Energy Skate Park: Basics* von Reid, Paul & Podolefsky 2004-2016 wurde dieses Beispiel danach experimentell überprüft und besprochen. Um Aufschlüsse über die Anwendung des Konzepts der Energie-

erhaltung durch einzelne Schüler\*innen sowie ihre Konsistenz in dieser Anwendung genauer betrachten zu können, werden die Vorstellungen, die zu den Beispielen aus den Interviews hervorgehen, im Folgenden für jede\*n einzelne\*n Interviewpartner\*in zusammengefasst.

S*	Geäußerte Vorstellungen in der Besprechung der Beispiele	Zeilen
P1 (w)	a) <b>Zuwachsvorstellung:</b> Energieentstehung beim Aufprall des Balls	56
	b) Nur <b>bewegte</b> Gegenstände (z.B. bewegter Ball) besitzen Energie	57-58
	c) <b>Impetus-Vorstellung:</b> Pendel und Skateboarder bekommen durch den Anstoß eine gewisse Menge an „Schub“ und kommen daher auf der anderen Seite auf dieselbe Höhe	34-55 83-108
	d) <b>Erhaltungsvorstellung:</b> Beim Pendel ist die Energie auf beiden Seiten gleich groß	45-47
	e) <b>Änderung der Energie:</b> Kleinere Energie in der Mitte, größere am Rand	50-55
	f) <b>Verbrauchsvorstellung:</b> man kann Energie verbrauchen; der Skateboarder wird mit der Zeit langsamer, weil er Energie verbraucht	70-80 108
P2 (m)	a) <b>Verbrauchsvorstellung:</b> Der Ball hüpfte ein bisschen weniger hoch, weil er einen Teil der Energie verbraucht hat; Menschen können Energie verbrauchen (beim Sparen ist aber eigentlich die Verschwendung von Energie gemeint)	58-78, 48-55
	b) <b>Reibung:</b> Das Pendel wird wegen der Luft ein bisschen langsamer, der Skateboarder wird aufgrund der Reibung langsamer	136, 130-131
P3 (w)	a) <b>Erhaltungsvorstellung:</b> beim Pendel bleibt es immer gleich viel Energie; im Gesamtsystem bleibt die Energie beim Tischtennisball erhalten, auch wenn die des Balls weniger wird	36-42 43-70
	b) <b>Verbrauchsvorstellung:</b> man kann Energie verbrauchen	27-32
P4 (w)	a) <b>Erhaltungsvorstellung:</b> das Pendel kommt auf dieselbe Höhe (Energieerhaltung nicht explizit genannt)	35-39
	b) <b>Reibung:</b> aufgrund von Reibung wird der Skateboarder langsamer, weil Energie in Wärme umgewandelt wird	99-112
P5 (w)	a) <b>Erhaltungsvorstellung:</b> „Energieverbrauchsdiagramm“ stimmt als Begriff nicht ganz, da wir Energie nicht verbrauchen; der Skateboarder kommt wieder gleich hoch hinauf	29-32 64-77
	b) <b>Reibung:</b> der Tischtennisball wird wegen der Reibung nicht ganz so hoch zurückspringen; mit Reibung würde der Skateboarder nicht so weit hinaufkommen	37-51 80-82
P6 (w)	a) <b>Erhaltung &amp; Umwandlung:</b> man kann Energie nicht verbrauchen, sondern nur umwandeln; man kann Strom sparen, aber nicht Energie; Umwandlung der Energie beim Tischtennisball; der Skateboarder kommt ohne Reibung auf dieselbe Höhe; auch bei einer asymmetrischen Bahn gilt das; geht die Bahn nach der Abfahrt geradeaus, würde er ewig weiterfahren ohne Reibung	29-32 83-86 62-67, 114-122
	b) <b>Reibung:</b> beim Tischtennisball Abbremsen des Balls durch Reibung; Erzeugung von Wärmeenergie aufgrund von Reibung beim Skateboarder; mit Reibung stoppt er auf einer geraden Bahn nach einer gewissen Zeit	37-53 116 120-122
	c) <b>Energie</b> als Eigenschaft <b>bewegter Körper:</b> der Ball hat nur dann Energie, wenn er sich bewegt	

P7 (m)	a) <b>Erhaltung &amp; Entwertung:</b> Energie wird nicht verbraucht, sondern umgewandelt und dadurch für den Menschen unbrauchbar;	45-52
	b) <b>Erhaltung:</b> der Skateboarder würde ohne Reibung und Luftwiderstand gleich hoch hinaufkommen	88-104
	c) Keine Energieerhaltung in <b>asymmetrischer Bahn:</b> in einer asymmetrischen Bahn würde der Skateboarder nicht so hoch hinaufkommen	126-128
	d) <b>Unterscheidung Alltagssprache – Physikalische Begriffe:</b> in Bezug auf das „Energieverbrauchsdiagramm“ (nicht korrekt aber für den Alltag verständlich)	50-52
	e) <b>Gravitation:</b> die Gravitation wird zur Erklärung des Beispiels Tischtennisball herangezogen und diskutiert	73-78
P8 (m)	a) <b>Verbrauchsvorstellung:</b> Energieverbrauch ist, ein Licht brennen zu lassen; auf einer geraden Bahn würde der Skateboarder mit und ohne Reibung irgendwann stehenbleiben	25-30, 123-137
	b) <b>Erhaltung &amp; Umwandlung:</b> Energie werde zwar verbraucht, aber eigentlich wird sie weiterverwendet und weitergegeben; beim Ball ist die Gesamtenergie gleich groß; der Skateboarder kommt ohne Reibung gleich hoch, mit Reibung weniger	25-40, 59-66, 107-111
	c) <b>Reibung:</b> bei der Reibung wird Energie umgewandelt	107-111
P9 (w)	a) <b>Verbrauchsvorstellung:</b> beim Tischtennisball wird die Energie bei jedem Runterfallen niedriger, am Ende hat der Ball keine Energie mehr	69-82
	b) <b>Energie</b> als Eigenschaft <b>bewegter Körper:</b> Ball und Hand haben nur Energie, wenn sie sich bewegen	102-104
	c) <b>Umwandlung:</b> Energie kann nur umgewandelt werden und nicht gespart	107-116
	d) <b>Gleichsetzung Strom – Energie:</b> „Energie aus der Steckdose“ kann nicht gespart werden	107-116
	e) <b>Umwandlung &amp; Reibung:</b> beim Skateboarder werden aufgrund von Reibung andere Energieformen in Wärme umgewandelt	173-197
	f) <b>Erhaltung &amp; Impetus:</b> Skateboarder kommt auf der anderen Seite gleich hoch wegen seines Schwungs	135-153
P10 (m)	a) <b>Keine Energie beim Ball &amp; Skateboarder:</b> der Ball & der Skateboarder haben keine Energie, trotzdem kommt der Skateboarder auf der anderen Seite wahrscheinlich wieder gleich hoch hinauf	31-41, 61-70
	b) <b>Verbrauchsvorstellung:</b> man kann Energie verbrauchen	53-60
P11 (w)	a) <b>Energieverlust:</b> beim Pendel wird die Energie beim Schwingen geringer	51-64
	b) <b>Erhaltung:</b> der Ball springt gleich hoch hinauf	68-71
P12 (w)	a) <b>Verbrauch:</b> Begriff „Energieverbrauch“ wird nicht hinterfragt, der Skateboarder wird auch ohne Reibung langsamer	104-107
	b) <b>Erhaltung:</b> das Pendel kommt gleich hoch hinauf	40-52
P13 (m)	a) <b>Änderung der Energie mit der Bewegung:</b> beim Pendel ist die Energie beim Runterschwingen größer, beim Hinaufschwingen kleiner	46-59
	b) <b>Energieverlust:</b> beim Tischtennisball wird die Energie beim Hinunterfallen und beim Aufprall kleiner	72-73
	c) <b>Energieerhaltung:</b> der Skateboarder kommt wegen der Energieerhaltung immer gleich hoch hinauf, die Energie bleibt dabei immer gleich	102-106
P14 (w)	a) <b>Erhaltungsvorstellung &amp; Umwandlung:</b> beim Skateboarder, dem Pendel und dem Tischtennisball bleibt die Energie erhalten, sie wird nur umgewandelt in andere Formen, aber die Gesamtenergie bleibt gleich groß	74-90, 96-113, 155-162 195-205

	b) <b>Reibung:</b> wenn es beim Skateboarder Reibung gibt, entsteht Wärme und er wird langsamer	
P15 (m)	a) <b>Erhaltungsvorstellung, Umwandlung:</b> beim Tischtennisball verliert der Ball Energie und es entsteht Wärmeenergie, die Gesamtenergie kann sich aber nicht auflösen und bleibt daher gleich; auch beim Pendel geht die Energie zwar vom Pendel weg, bleibt aber an einem anderen Ort und kann nicht verschwinden; beim Skateboarder wird Energie auf den Boden übertragen; mit dem Energieverbrauch ist vermutlich Stromverbrauch gemeint, Energie kann man nicht verbrauchen	41-50, 51-62, 76-96, 108-110, 118-126
P16 (m)	a) <b>Erhaltungsvorstellung, Umwandlung:</b> beim Pendel gibt es Lage- und Bewegungsenergie, die Bewegungsenergie ändert sich zwar, aber die Gesamtenergie bleibt gleich; der Skateboarder kommt wegen der gleichbleibenden Energie immer auf dieselbe Stelle	36-53, 69-92
	b) <b>Fehlvorstellung Reibung:</b> auch mit Reibung kommt der Tischtennisball gleich hoch	63-64
	c) <b>Reibung korrekt:</b> die Bewegungsenergie des Skateboarders wird wegen der Reibung schwächer und er wird aufgehalten;	102-110
	d) <b>Widerspruch Energieverbrauch:</b> die Aussage, wir verbrauchen zu viel Energie, meint eigentlich, dass wir zu viel Strom verbrauchen; an sich steht das im Widerspruch zur Energieerhaltung	122-133

Tabelle 8: Vorstellungen, die die Schüler\*innen zur Erklärung von Beispielen verwenden.

Die in *Tabelle 6* und *Tabelle 8* zusammengefassten Aussagen zeigen, dass die meisten der interviewten Schüler\*innen in ihren Erklärungen zwischen verschiedenen Vorstellungen wechseln. Unter *6.5 Zusammenfassung der in den Interviews geäußerten Vorstellungen* wird auf die unterschiedlichen von den Schüler\*innen in den Interviews zum Ausdruck gebrachten Vorstellungen vergleichend und analysierend eingegangen.

Unter *6.4.3 Rückgriff auf das Spiel in Erklärungen in den Interviews* werden einzelne Schüler\*innenaussagen zu Beispielen der Interviews unter dem Aspekt des Zurückgreifens auf das Analogiespiel in den Erklärungen genauer betrachtet.

#### 6.4.3 Rückgriff auf das Spiel in Erklärungen in den Interviews

In den Interviews I14-I16 wurden die Schüler\*innen immer wieder gefragt, ob sie ihre Antworten nochmals anhand von Beispielen aus dem Unterricht mit der Autorin erklären könnten. Daraufhin griffen die Schüler\*innen P14 und P15 (ein Bub und ein Mädchen) an mehreren Stellen der Interviews auf das Spiel zurück, um die Erhaltung der Energie zu erklären. *Tabelle 9* enthält die entsprechenden Aussagen.

P14 und P15 verwenden hier das Spiel, um die Energieerhaltung an sich oder die Energieerhaltung in der Interpretation von Situationen zu erläutern. Das Spiel ist somit zu einem Werkzeug für die Schüler\*innen geworden, anhand dessen sie sich die Energieerhaltung vorstellen und verstehen können. Die Übertragung vom Spiel auf das allgemeine Konzept der Energieerhaltung ist hier gelungen. Wie

P14s Beschreibung der Energieumwandlung beim Skateboarder zeigt, schafft sie mithilfe des Spiels auch die Anwendung des Energieerhaltungskonzepts auf spezifische Beispiele.

<b>P14 beschreibt die Energieerhaltung (Zeile 43-46)</b>	{Kannst du mir die Energieerhaltung anhand der Stunde noch einmal erklären?} Ja, das mit den Zuckerwürfeln. Also, sie waren ja immer noch im Raum, egal, ob man sie in einer Flüssigkeit aufgelöst hat, sie waren ja immer noch im Raum. Und {die Kinder} haben sie versteckt, aber die waren ja immer noch da.
<b>P14 erklärt die Energieumwandlung beim Beispiel des Skateboarders (Zeile 206-212)</b>	{Aus den letzten beiden Stunden fällt mir zur Energieumwandlung beim Skateboarder ein}, das mit den Zuckerwürfeln. Weil die Zuckerwürfel waren auch Energie. Die Zuckerwürfel, das ist so wie Energie, die waren ja noch da. Aber wir haben sie nicht. Zum Beispiel wenn wir sie in Wasser aufgelöst hätten, sie waren noch da, aber man kann sie nicht sehen.
<b>P15 beschreibt die Energieerhaltung (Zeile 21-28)</b>	{Zur Energieerhaltung fällt mir ein}, man kann die Energie umwandeln. Man könnte einen Zuckerwürfel, glaube ich, mit Wasser kochen. Dann ist immer noch die Energie in dem Saft enthalten, der gemacht wurde. Oder man könnte eine Batterie in eine Fernbedienung geben und da ist die Energie noch immer in der Fernbedienung. Die betätigt dann den Fernseher.

Tabelle 9: Rückgriffe auf das Spiel zur Erklärung in den Interviews.

## 6.5 Zusammenfassung der in den Interviews geäußerten Vorstellungen

Wie die Schüler\*innen die Energieerhaltung definieren, und wie sie sich in der Interpretation der Beispiele bezüglich der Energie äußern, wird für Vergleichs- und Analysezwecke nochmals zusammengefasst. Für die weitere Arbeit mit dem Spiel im Unterricht ist der Einblick in die Bedeutungskonstruktion auf Seiten der Lernenden von besonderer Wichtigkeit, wie unter 2.3.1 *Lernen durch Analogien* ausgeführt.

In den Interviews sprechen die drei Proband\*innen P1, P4 und P10, zwei Mädchen und ein Bub, derartig über das Spiel, die Energieerhaltung und die Beispiele dazu, dass auf keine physikalisch korrekten Vorstellungen geschlossen werden kann. P1 beschreibt Energieerhaltung im Interview als eine Tätigkeit, bei der Energie entsteht. Als Beispiel nennt sie das Fallenlassen eines Tischtennisballs, bei dessen Aufprall sich die Energiemenge vergrößere. In der Besprechung der Beispiele verwendet P1 als Interpretationswerkzeug vor allem die Vorstellung eines Impetus und dessen Verbrauchs. Sie ist der Meinung, dass nur bewegte Gegenstände Energie besitzen, und zwar in Form von „Schub“. Aufgrund dieses „Schubs“, den der Skateboarder und das Pendel durch den Anstoß erhalten, kommen sie auf der anderen Seite der Halfpipe oder der Schwingung auf dieselbe Höhe. Mit der Zeit wird der Skateboarder aber laut P1 langsamer, da er Energie verbraucht. Beim Pendel ist die Energiemenge laut P1 zwar in der Maximalauslenkung auf beiden Seiten gleich groß, in der Mitte sei sie jedoch kleiner. Diese Beschreibungen lassen auf Energieänderungs- und Energieverbrauchsvorstellungen schließen. P4 kann

die Energieerhaltung auf Nachfragen hin nicht definieren. Sie beschreibt zwar zum Beispiel des Pendels, dass das Pendel bis zur selben Höhe hin ausschwingt, nennt dabei aber die Energieerhaltung nicht explizit. Zur Erklärung des Skateboarder-Beispiels greift sie auf die Reibung und in diesem Zusammenhang auf die Entstehung von Wärme und das dadurch ausgelöste Abbremsen zurück, allerdings stellt sie hier keine Verbindung zur Energieerhaltung her. Auch P10 scheint nach der Arbeit mit dem Analogiespiel keine Vorstellung von Energieerhaltung ausgebildet zu haben. Er kann keine Definition der Energieerhaltung formulieren, meint, dass man Energie verbrauchen könne und beschreibt außerdem, dass der Ball und der Skateboarder überhaupt keine Energie haben. Auch den Zusammenhang zwischen dem Analogiespiel und der Energie konnten P1, P4 und P10 nicht erklären. *(siehe Tabelle 6: Erklärung der Energieerhaltung in den Interviews. & Tabelle 8: Vorstellungen, die die Schüler\*innen zur Erklärung von Beispielen verwenden.)*

Interviewpartner P8 definierte den Begriff Energieerhaltung im Interview über eine Produktionsvorstellung, wobei er als Beispiel nennt, dass ein Windrad Energie produziere. In der Diskussion der Beispiele meint er zwar zunächst, dass es Energieverbrauch sei, wenn man ein Licht brennen lasse, allerdings sagt er später auch, dass Energie zwar verbraucht werde, aber eigentlich werde sie dann immer noch weitergegeben und weiterverwendet. Zum Beispiel des Skateboarders lassen seine Aussagen ebenfalls auf unterschiedliche Vorstellungen schließen. Zunächst erklärt er, der Skateboarder würde ohne Reibung auf dieselbe Höhe hinauffahren, mit Reibung jedoch nur bis zu einer niedrigeren Stelle kommen. Wenn die Bahn allerdings zunächst steil nach unten und dann immer weiter geradeaus geht, bleibt der Skateboarder laut P8 mit und ohne Reibung irgendwann stehen. In P8s Aussagen finden sich schon Spuren einer Energieerhaltungsvorstellung, allerdings sind die Ansätze nicht sehr ausgeprägt. *(siehe Tabelle 6: Erklärung der Energieerhaltung in den Interviews. & Tabelle 8: Vorstellungen, die die Schüler\*innen zur Erklärung von Beispielen verwenden.)*

Bei P9 verhält es sich ähnlich. Sie spricht in ihrer Definition von Energieerhaltung davon, dass Energie niedriger und höher werden könne und dabei vielleicht irgendwie umgewandelt werde. Auf der Erde bleibe die Energiemenge aber immer gleich. Auch wenn man Energie umwandle, habe man sie noch immer. In der Besprechung der Beispiele bringt P9 dann verschiedene Begriffe durcheinander, sie sieht Energie als Eigenschaft des menschlichen Körpers und als Strom und hat Schwierigkeiten, ihre Vorstellungen diese beiden Ausprägungsformen ihres Energiebegriffs in ein zusammenhängendes Konzept zu bringen. Einerseits spricht sie von Energie als Eigenschaft bewegter Körper, andererseits meint sie, Energie aus der Steckdose könne nicht gespart werden. Auch eine Impetusvorstellungen im Sinne eines Schwungs kommt in ihren Schilderungen vor. Auch die Reibung und die Umwandlung von anderen

Energieformen in Wärme spricht sie an. (siehe Tabelle 6: Erklärung der Energieerhaltung in den Interviews. & Tabelle 8: Vorstellungen, die die Schüler\*innen zur Erklärung von Beispielen verwenden.)

Mit fünf der Interviewpartner\*innen können deutlich mehr von ihnen zwar die Energieerhaltung physikalisch korrekt definieren, sind dann aber in der Anwendung auf Interpretationen von Situationen nicht konsequent. P2, P3, P11, P12 und P13 definieren Energie korrekt, P11 und P13 verwenden in ihren Erklärungen das Analogiespiel (siehe 6.2 Energie & Energieerhaltung). Allerdings wendet keine\*r der fünf Proband\*innen die Energieerhaltung durchgehend als Interpretationswerkzeug für die Beispiele. P2 spricht beim Beispiel des Tischtennisballs von Energieverbrauch und stimmt zu, dass Menschen Energie verbrauchen. Einen Verlust an Höhe beim Pendel und beim Skateboarder begründet er dann aber mit der Reibung. P3 stimmt zwar ebenfalls zu, dass man Energie verbrauchen könne, allerdings erklärt sie, dass beim Pendel die Energiemenge immer gleichbleibe und beim Beispiel des Tischtennisballs macht sie in ihren Erläuterungen die Unterscheidung zwischen der Energie des Balls, die weniger werde, und der Gesamtenergie, die gleichbleibe. P11 spricht trotz der korrekten Definition der Energieerhaltung anhand des Spiels im Interview auch davon, dass die Energie des Pendels beim Schwingen geringer werde. Wie P3 hinterfragt auch P12 die Aussage, man könne Energie verbrauchen, nicht. Und P13 spricht im Zusammenhang mit dem Pendel von einer Änderung der Energiemenge während des Schwingvorgangs. Auch die Energie des Tischtennisballs werde beim Aufprall kleiner, allerdings komme der Skateboarder aufgrund der Energieerhaltung wieder auf dieselbe Höhe hinauf. (siehe Tabelle 6: Erklärung der Energieerhaltung in den Interviews. & Tabelle 8: Vorstellungen, die die Schüler\*innen zur Erklärung von Beispielen verwenden.) In den Aussagen dieser Schüler\*innen findet sich die Kombination einer Vorstellung davon, was Energieerhaltung bedeutet, mit der Schwierigkeit, dieses Konzept auf konkrete Situationen anzuwenden. Interessant ist die Unterscheidung zwischen der Energie des Balls und der des Systems bei P3. Diese Erklärung, die im Zusammenhang mit dem Analogiespiel ebenfalls eine prominente Rolle einnimmt, scheint ihr zu helfen, ihre Beobachtungen mit dem physikalischen Konzept der Energieerhaltung zu vereinbaren. Außerdem interessant sind die Rückgriffe P11s, P12s und P13s auf das Analogiespiel in ihren Erklärungen der Energieerhaltung. Diese Schüler\*innen stammen aus der Versuchsgruppe S3a, in der die überarbeiteten Materialien verwendet wurden. Eventuell ist ihnen der Zusammenhang deshalb klarer. Die Verwendung des Spiels in den Erklärungen könnte bedeuten, dass das Spiel eine bleibende Verständnishilfe, auch nach der eigentlichen Arbeit mit dem Spiel, für sie darstellt.

Die Auswertung der Interviews zeigt neben den genannten Fehlvorstellungen und Wechseln zwischen verschiedenen Konzepten auch einen größtenteils konsistenten Einsatz des über das Analogiespiel angeeigneten Energieerhaltungskonzepts bei einigen Schüler\*innen. Diese Gruppe besteht aus sechs der

Proband\*innen, nämlich P5-P7 und P14-P16. Sie alle definieren in den Interviews den Begriff der Energieerhaltung auf physikalisch korrekte Art und Weise. P7, P14 und P15 greifen in diesen Definitionen auf das Analogiespiel als Erklärungshilfe zurück (*siehe 6.2 Energie & Energieerhaltung*). Auch für sie könnte das Spiel zu einer Gedächtnishilfe geworden sein, die zur Beschreibung der Energieerhaltung herangezogen werden kann. In den Interpretationen der Beispiele erklären sowohl P5-P7 als auch P14-P16, als sie mit dem Beispiel zum „Energieverbrauch“ konfrontiert werden, dass Energie nicht verbraucht werden könne. P5 und P7 beziehen sich dabei auf Entwertungsvorstellungen, wie unter 6.2 *Energie & Energieerhaltung* bereits erläutert. Dies deutet darauf hin, dass ihnen die Entwertungsvorstellungen bei der Erklärung von aus dem Alltag bekannten, aber im Widerspruch zum physikalischen Konzept stehenden Energieverbrauchsvorstellungen helfen und das Konzept der Energieerhaltung somit auch mit der Alltagserfahrung in Einklang bringen können. P6, P14, P15 und P16 behelfen sich in ihren Interpretationen der Beispiele mit der Reibung bzw. der Umwandlung von anderen Energieformen in Wärme und können dadurch erklären, warum zwar die Energie eines Teils des Systems weniger wird, sie insgesamt aber erhalten bleibt. P7 unterscheidet darüber hinaus in seinen Aussagen explizit zwischen der Alltagssprache, in der „Energieverbrauch“ eine verständliche Aussage sei, und der Physik, in der diese Aussage nicht richtig sei. (*siehe Tabelle 6: Erklärung der Energieerhaltung in den Interviews. & Tabelle 8: Vorstellungen, die die Schüler\*innen zur Erklärung von Beispielen verwenden.*) Den Schüler\*innen P5-P7, die zu den Gruppen S1a und S1b gehören, und den Schüler\*innen P14-P16, die zur Gruppe S3b gehören, scheinen die Konzepte der Energieentwertung und der Reibung bei der Interpretation der Beispiele zu helfen und es ihnen zu ermöglichen, auch scheinbare Widersprüche gegen die Energieerhaltung zu erklären. Dadurch kann das Energieerhaltungskonzept für sie zu einem Interpretationswerkzeug werden. P15 verwendet das Spiel bzw. die Analogie der Bausteine (in diesem Fall der Zuckerwürfel) darüber hinaus in ihrer Erklärung der Energieerhaltung beim Beispiel des Skateboarders (*siehe 6.4.3 Rückgriff auf das Spiel in Erklärungen in den Interviews*).

## 6.6 Vergleich der Klassen

Da die Versionen der Materialien zum Spiel sowie das Vorwissen und der Ablauf nicht in allen Klassen identisch waren, ist ein Vergleich der Ergebnisse nach Klasse interessant. Dadurch kann der Einfluss dieser Faktoren sichtbar gemacht werden, wenngleich zu beachten ist, dass zu den einzelnen Klassen nur jeweils 19 bis 27 Schüler\*innen gehören und aufgrund dieser geringen Proband\*innenzahl pro Klasse einer quantitativen Betrachtung des Erfolgs nur eingeschränkte Reliabilität zukommt.

Die von den Schüler\*innen in den Fragebögen genannten Definitionen der Energie allgemein und des abgeschlossenen Systems sind sehr heterogen. Es ist kein Trend zu erkennen, dass die Schüler\*innen

einer oder mehrerer Klassen tendenziell mehr physikalisch korrekte Antworten geben. Auch die Frage nach der Hauptaussage des Spiels wird auf vielfältige Art und Weise beantwortet, wobei die Konstanz der Legosteinazahl am häufigsten von den Schüler\*innen der Gruppen S3a und S3b genannt wird, diese Konstanz in Verbindung mit der Energieerhaltung wird sogar ausschließlich von fünf Schüler\*innen dieser beiden Gruppen genannt. Allerdings kommen auch unter den Antworten der übrigen Gruppen die Energieerhaltung, die Symbolhaftigkeit der Legosteine für die Energie und die Konstanz der Steine vor, wie *Abbildung 11* zeigt.

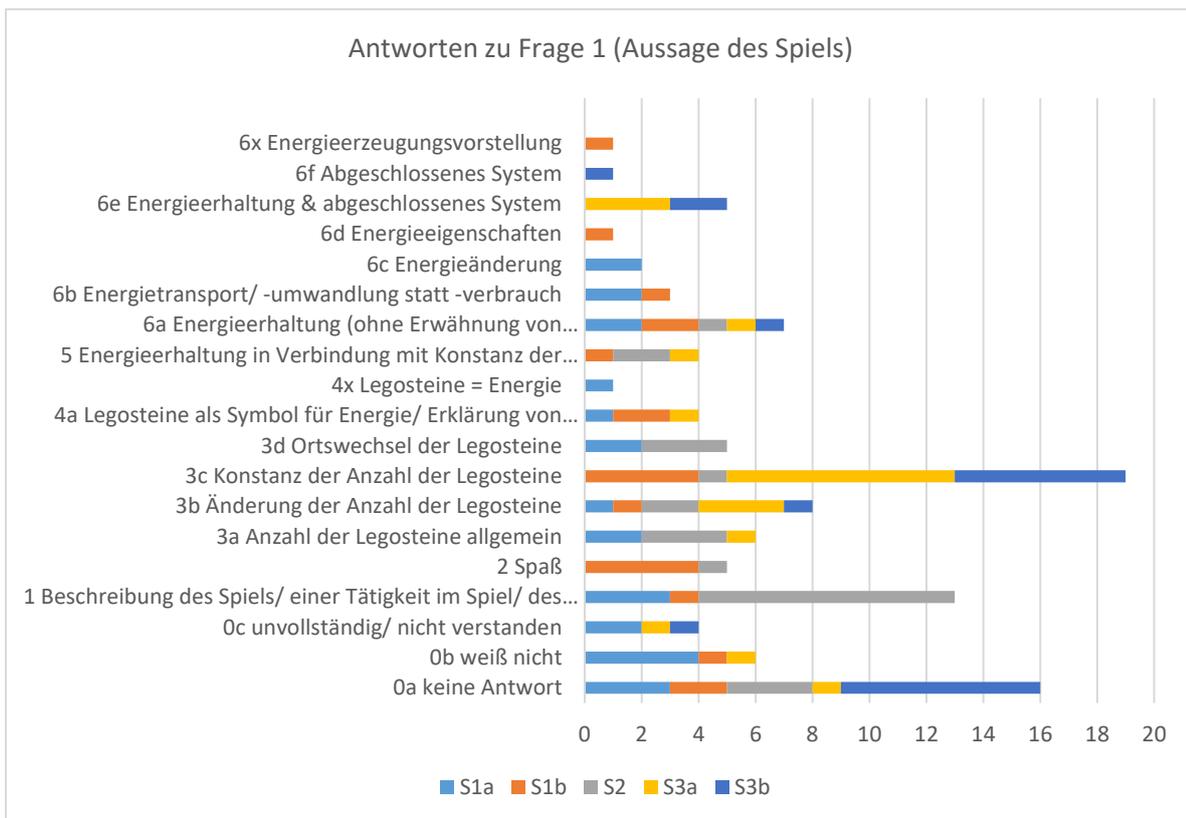


Abbildung 11: Antworten zu Frage 1, nach Klassen geordnet.

Bei den Definitionen der Energieerhaltung, die die Schüler\*innen geben, zeigt sich, dass vor allem Schüler\*innen aus den Gruppen S3a und S3b die Energieerhaltung richtig und teilweise sogar anhand eines Beispiels aus dem Spiel erklären konnten, wie in *Abbildung 12* dargestellt.

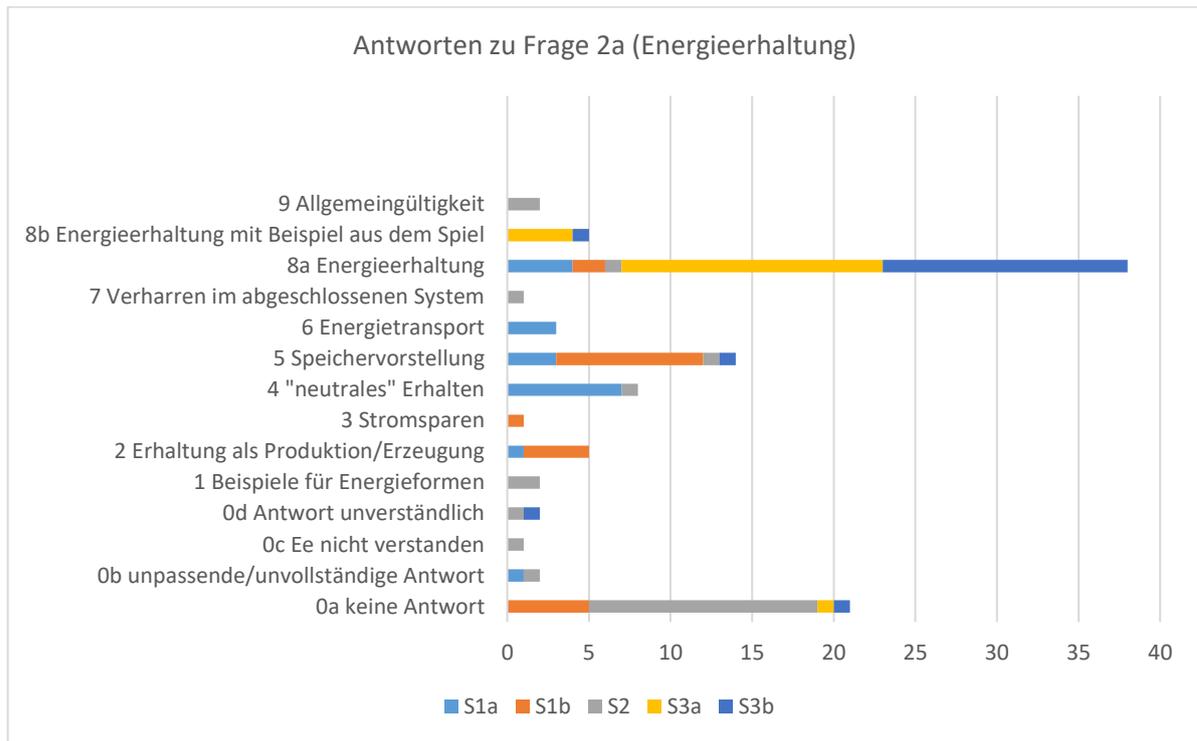


Abbildung 12: Schüler\*Innendefinitionen der Energieerhaltung nach Klassen geordnet.

Bei den Schüler\*innenantworten zu den Anwendungsbeispielen der Energieerhaltung ergibt sich kein einheitliches Bild. Zwar gaben vor allem Schüler\*innen der Gruppe S3a beim Ausschlagen des Pendels an, dass es aufgrund der Energieerhaltung auf dieselbe Höhe schwingen wird, von der es ausgelenkt wurde (siehe Abbildung 14), auf die Frage des Systems mit dem Stein kamen allerdings mit Abstand am meisten der Antworten, in denen mit der Energieerhaltung argumentiert wurde, von Schüler\*innen der Gruppe S3b (siehe Abbildung 13) und beim Vergleich der Bewegungsenergie des schwingenden Pendels mit der Lageenergie des maximal ausgelenkten Pendels argumentierten hauptsächlich Schüler\*innen der Gruppe S2 mit gleich bleibender Energiemenge (siehe Abbildung 15).

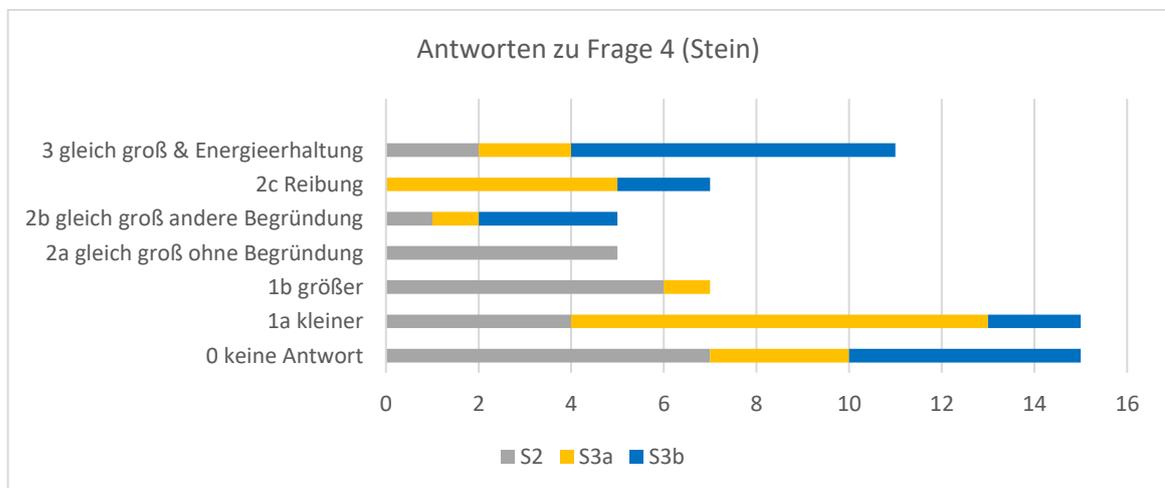


Abbildung 13: Schüler\*innenantworten zum Beispiel "Stein" nach Klasse.

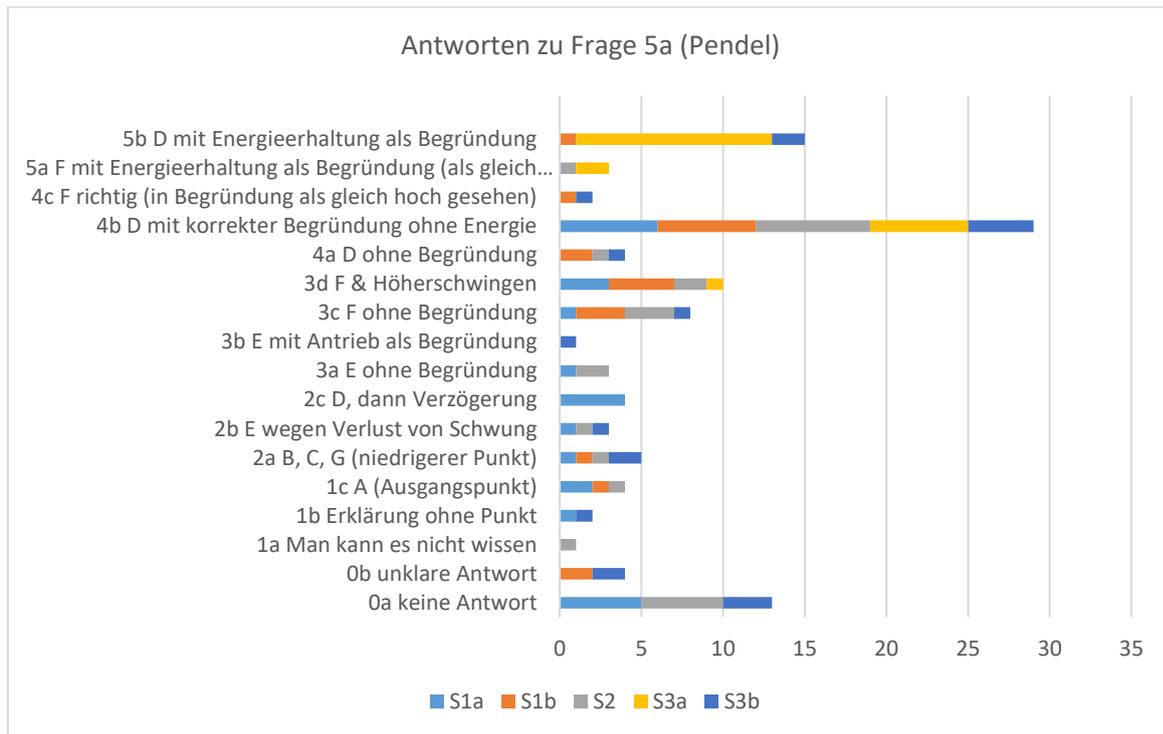


Abbildung 14: Schüler\*innenantworten zum Beispiel "Pendel" (5a) nach Klasse.

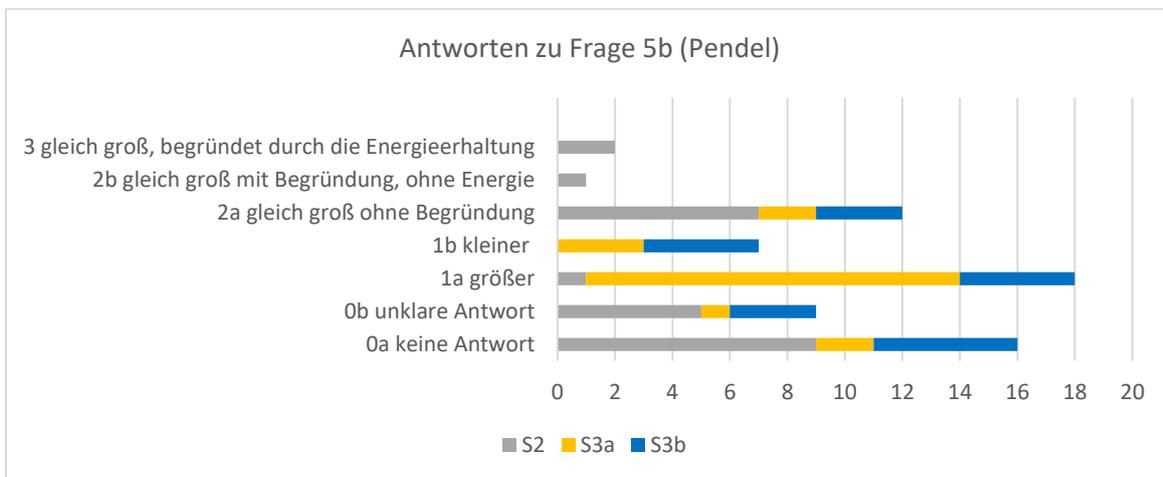


Abbildung 15: Schüler\*innenantworten zum Beispiel "Pendel" (5b) nach Klasse.

### 6.6.1 Einfluss des Materials

Die genannten Trends unter den Schüler\*innenantworten lassen vermuten, dass das verbesserte Material den Schüler\*innen den Zusammenhang des Spiels mit der Energieerhaltung deutlicher vermittelt. Die Proband\*innen der beiden letzten Gruppen, in denen das Material in seinen (überarbeiteten) aktuellsten Versionen verwendet wurde, beschrieben die wichtigsten Aussagen des Spiels und vor allem auch die Energieerhaltung im Sinne des Analogiespiels (siehe *Abbildung 11* und *Abbildung 12*), was auf eine klarere Vorstellung der Hauptaussage des Spiels hinsichtlich der Energieerhaltung schließen lässt.

### 6.6.2 Einfluss des Vorwissens

Das unter 5.1 *Stichprobe* zusammengefasste Vorwissen der Schüler\*innen der einzelnen Gruppen soll hinsichtlich seines Zusammenhangs mit der eigentlichen Untersuchung in diesem Abschnitt betrachtet werden. Das Vorwissen der Schüler\*innen wurde ausschließlich in schriftlicher, stichwortartiger Form erhoben und unter 5.1.1 *Vorwissen Gruppen 1a & 1b (S1a, S1b)*, 5.1.2 *Vorwissen Gruppen 2 & 3b (S2, S3b)* und 5.1.3 *Vorwissen Gruppe 3a (S3a)* vorgestellt. Während der Auswertung der Fragebögen zum Vorwissen ergab sich die Zusammenfassung der Gruppen 1a und 1b sowie der Gruppen 2 und 3b da sich zeigte, dass die Gruppen 1a und 1b über ein ähnliches Vorwissen verfügten, ebenso die Gruppen 2 und 3b. Das aus den Fragebögen der Gruppe 3a hervorgehende Vorwissen dagegen war um einiges detailreicher als das der anderen Gruppen.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen zwar, dass die Schüler\*innen der Gruppe S3a bei den Beschreibungen der Hauptaussage des Spiels und der Energieerhaltung besonders gut abschneiden, allerdings ist das auch bei den Schüler\*innen aus Gruppe S3b der Fall (*siehe Abbildung 11 & Abbildung 12*). Es ist daher zu vermuten, dass das bessere Abschneiden nicht nur am größere Vorwissen, sondern auch an den veränderten verwendeten Materialien, vor allem der Erklärung, liegt. Darüber hinaus wurde die Energieerhaltung in der Befragung zum Vorwissen nur einmal genannt.

Sowohl was die Definition des abgeschlossenen Systems, als auch die Anwendung der Energieerhaltung auf Problemsituationen betrifft lassen sich keine eindeutigen Trends erkennen, die auf das bessere Abschneiden einer der Klassen hinweisen. Allerdings zeigen sich in den Definitionen der Energie größere Einflüsse des Vorwissens. Die Schüler\*innen greifen hierbei teilweise noch auf Begriffe zurück, die schon in der Befragung zum Vorwissen genannt wurden. So beinhalten die Definitionen etwa verschiedene Energieformen wie Strom oder körperliche Energie, die in den Stunden keine große Rolle spielten, oder Verbindungen mit Arbeit und Kraft, die in den Einheiten überhaupt nicht vorkamen.

### 6.7 Leistung der Mädchen

Aufgrund der Ergebnisse von Bader 2001 (*siehe 2.3.2 Münchner Unterrichtskonzept für die Sek II*), die gegenüber dem traditionellen Energieunterricht ein besseres Abschneiden der Mädchen durch das neue Konzept zeigen, ist auch in der vorliegenden Untersuchung ein Fokus der Vergleich zwischen den Geschlechtern. Hierfür werden vor allem die Fragebögen herangezogen, da die Stichprobe der Interviews sehr klein und heterogen ist und es daher schwierig ist, vergleichende Aussagen zu treffen. Bei den Fragebögen gaben 98 Schüler\*innen als Geschlecht männlich oder weiblich an, davon 56 männlich und 42 weiblich (für Fragen 4 und 5b wurden 35 männliche und 24 weibliche gewertet). Die 13 Schü-

ler\*innen, die x ankreuzten bzw. keine oder mehrere widersprüchliche Angaben zum Geschlecht machten, werden im Vergleich von Buben und Mädchen nicht gewertet. Die Gruppe ist dennoch groß genug, um Vergleiche anzustellen. Zu beachten ist bei der Interpretation der Ergebnisse, dass in allen Klassen weniger weibliche Schülerinnen den Fragebogen ausfüllten und damit dieser Teil der Gruppe auch insgesamt kleiner ist.

Bei den Antworten zu Frage 1 ist die in *Abbildung 16* dargestellte Geschlechterverteilung betreffend vor allem der Unterschied in den Antworten interessant, die die Energieerhaltung oder die Anzahl der Legosteine nennen. Während mehr als doppelt so viele Buben wie Mädchen die Anzahl der Legosteine bzw. deren Konstanz als Hauptaussage des Spiels nennen, wird die Energieerhaltung von mehr Mädchen genannt. Die Verbindung von Energieerhaltung und der Konstanz der Legosteinanzahl wird von keinem Buben, aber von drei Mädchen formuliert.

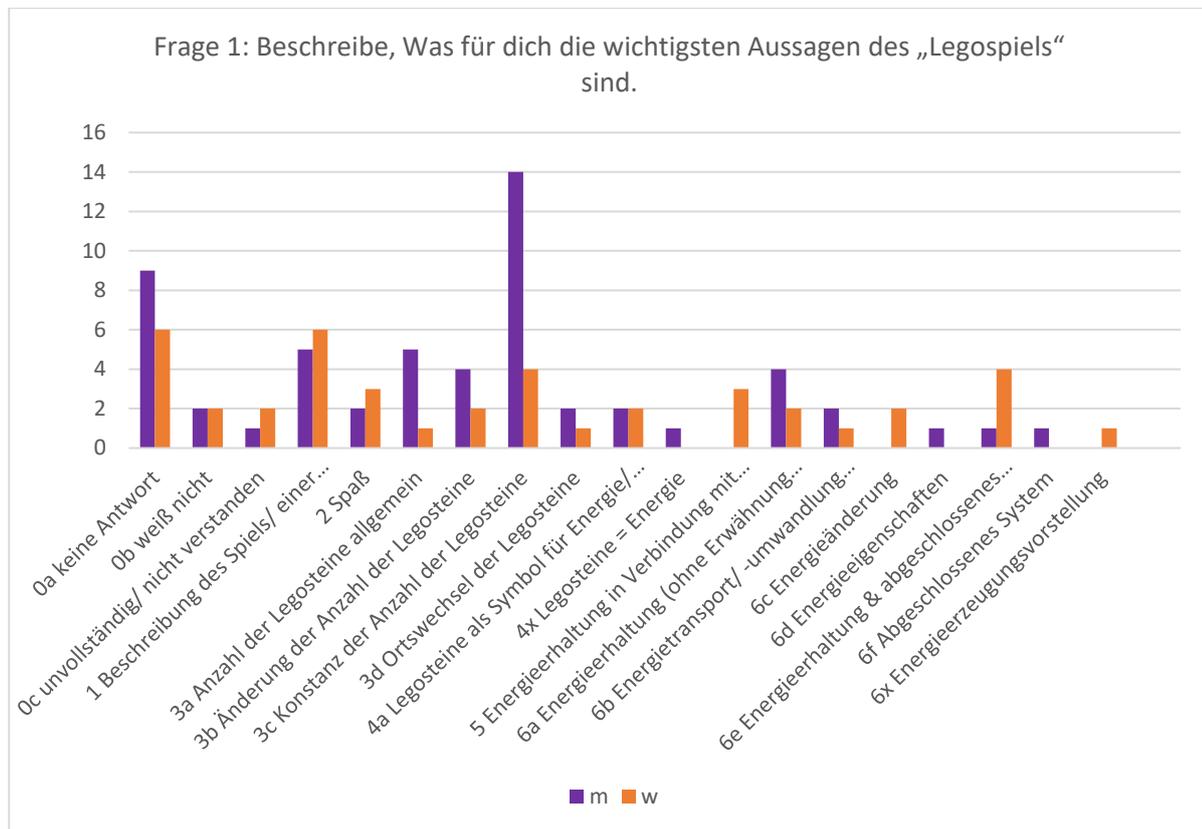


Abbildung 16: Antworten zu Frage 1 nach Geschlecht.

Dagegen lassen sich in den Antworten auf Frage 2a, wie aus *Abbildung 17* hervorgeht, keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Geschlechtern männlich und weiblich feststellen.

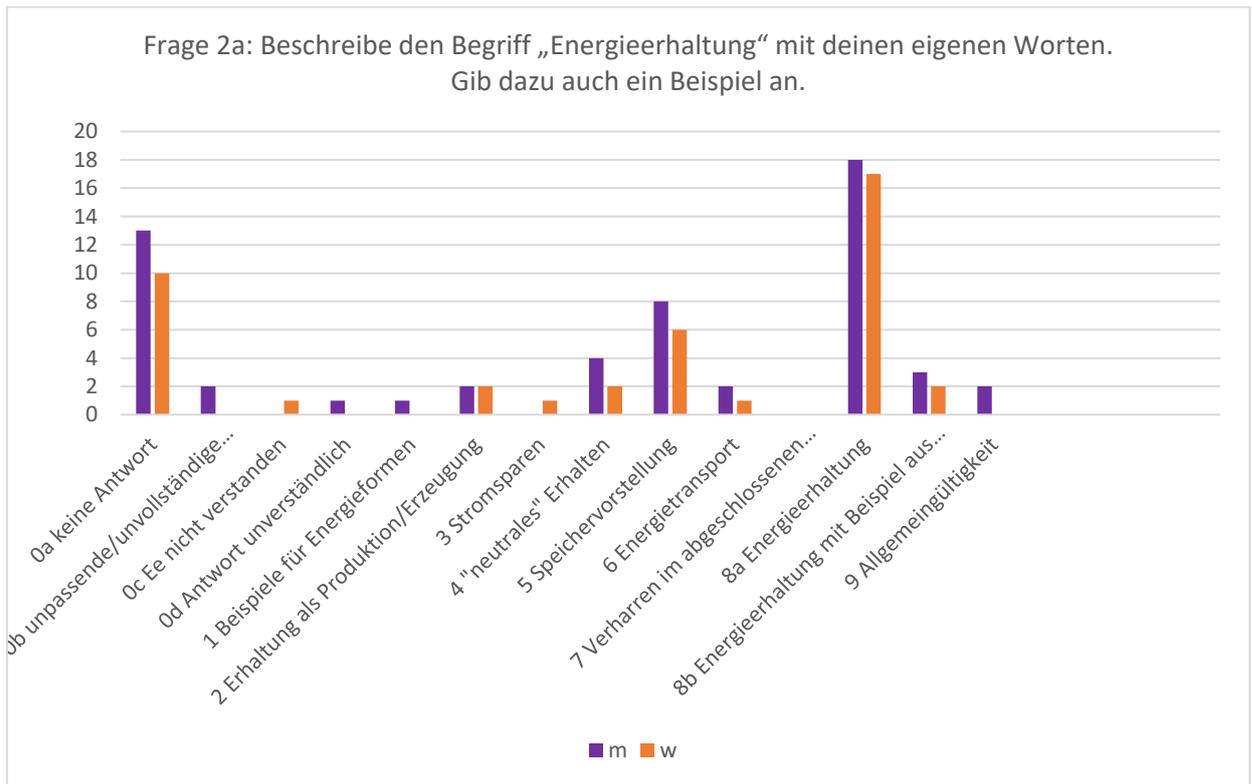


Abbildung 17: Antworten zu Frage 2a nach Geschlecht.

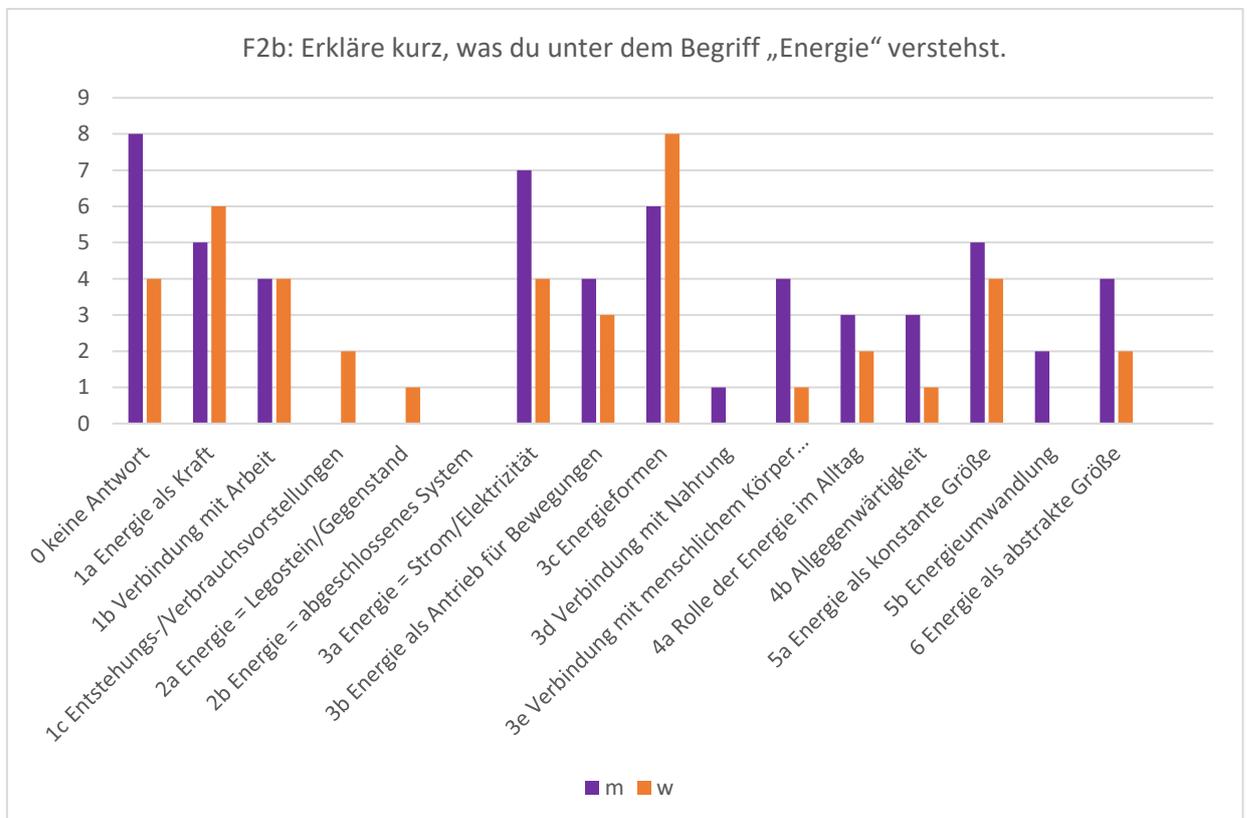


Abbildung 18: Antworten zu Frage 2b nach Geschlecht.

Unter den Antworten zu Frage 2b zeigen sich dagegen leichte Unterschiede, wie aus *Abbildung 18* hervorgeht: Entstehungs- und Verbrauchsvorstellungen sowie die Gleichsetzung der Legosteine mit Energie werden nur von den Mädchen genannt. Bei der Assoziation des Begriffs mit Arbeit und Kraft sind die Mädchen gleichauf mit den Buben, ebenso allerdings auch bei der Definition von Energie als konstante Größe. Strom/Elektrizität und die Energie des menschlichen Körpers kommen in den Antworten der Buben häufiger vor. Bei der Nennung von Eigenschaften der Energie und ihrer Allgegenwärtigkeit und Bedeutung im Alltag liegen die Buben leicht vor den Mädchen.

Auch zur Beschreibung des abgeschlossenen Systems zeigt *Abbildung 19* Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Sieben Mädchen greifen zur Beschreibung des abgeschlossenen Systems auf ein Beispiel aus dem Spiel zurück, eine weitere Probandin verwendet ein anderes Beispiel. Bei den Buben kommt die Beantwortung anhand eines Beispiels nicht vor. Dafür gaben wesentlich mehr männliche Probanden keine Antwort auf diese Frage.

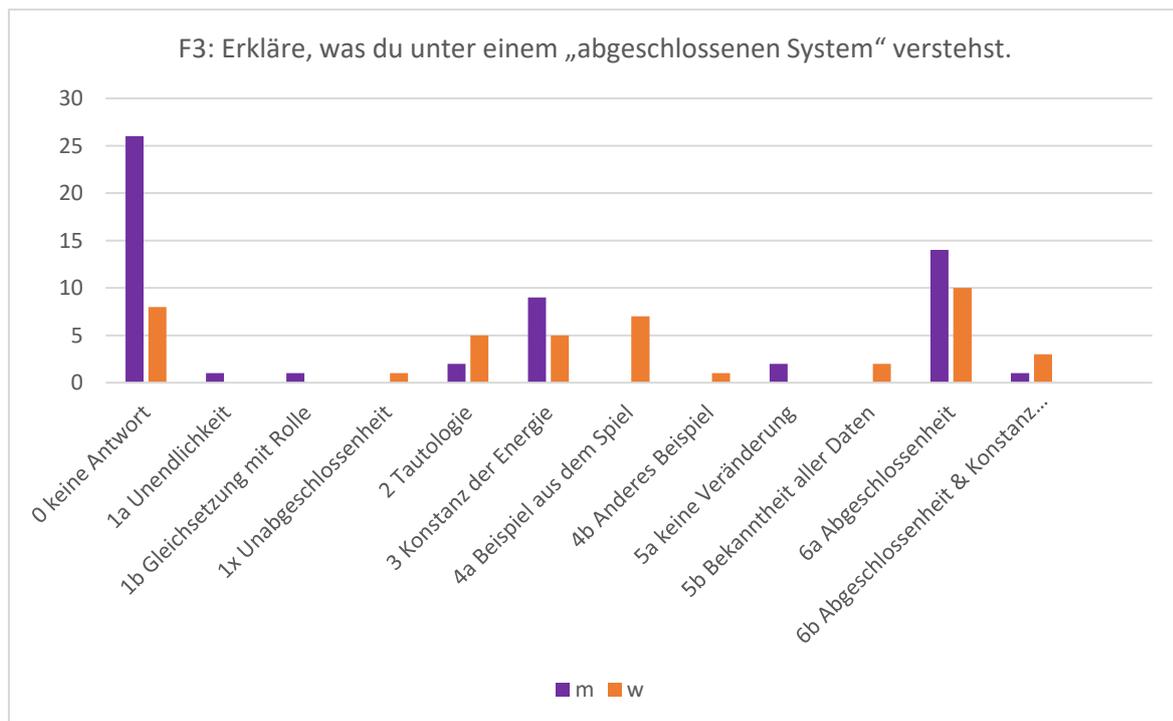


Abbildung 19: Antworten zu Frage 3 nach Geschlecht.

Die Unterschiede in der Beantwortung des ersten Beispiels zur Energieerhaltung mit dem Stein zeigt *Abbildung 20*.

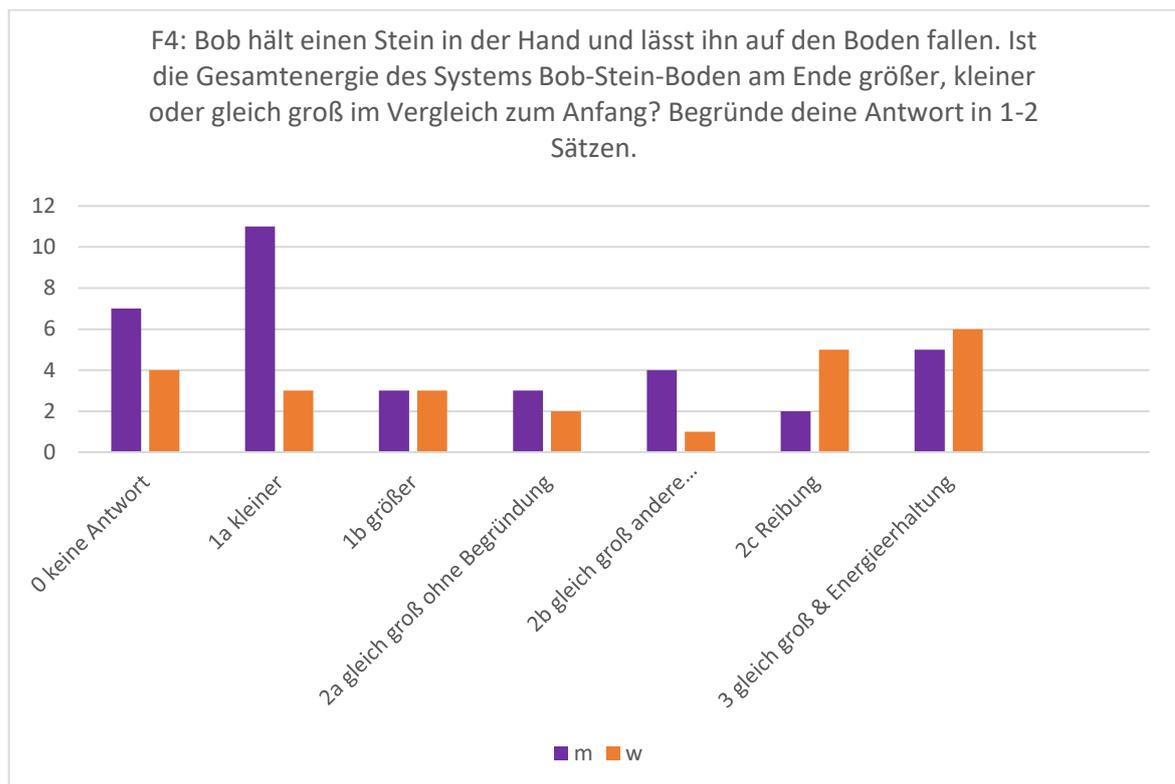


Abbildung 20: Antworten zu Frage 4 nach Geschlecht.

Die Antworten zu Frage 4 lassen einen Trend erkennen: Die Energieerhaltung wurde von einem Mädchen mehr zur Erklärung herangezogen, die Reibung wird von doppelt so vielen Mädchen wie Buben verwendet. Bedenkt man, dass insgesamt 35 Schülerantworten, aber nur 24 Schülerinnenantworten auf diese Frage gegeben wurden, ist dieser Unterschied noch deutlicher. In der Kategorie 0 und bei den falschen Antworten sind dagegen mehr Bubenantworten zu finden.

Zum Beispiel des Pendels stellen *Abbildung 21* und *Abbildung 22* das Antwortverhalten von Buben und Mädchen gegenüber. Zu Frage 5a gaben wesentlich mehr Buben keine Antwort, die Mädchen sind bei den Antworten, die annehmen, dass das Pendel höher als auf dieselbe Höhe hinaufschwingt, vorne. Ansonsten zeigen sich keine wesentlichen Unterschiede. Bei Frage 5b dagegen wird die Energieerhaltung wieder nur von Mädchen zur Begründung herangezogen und auch hier haben mehr Buben keine Antwort gegeben. Ansonsten ist die Verteilung der richtigen und falschen Antworten in etwa ausgeglichen.

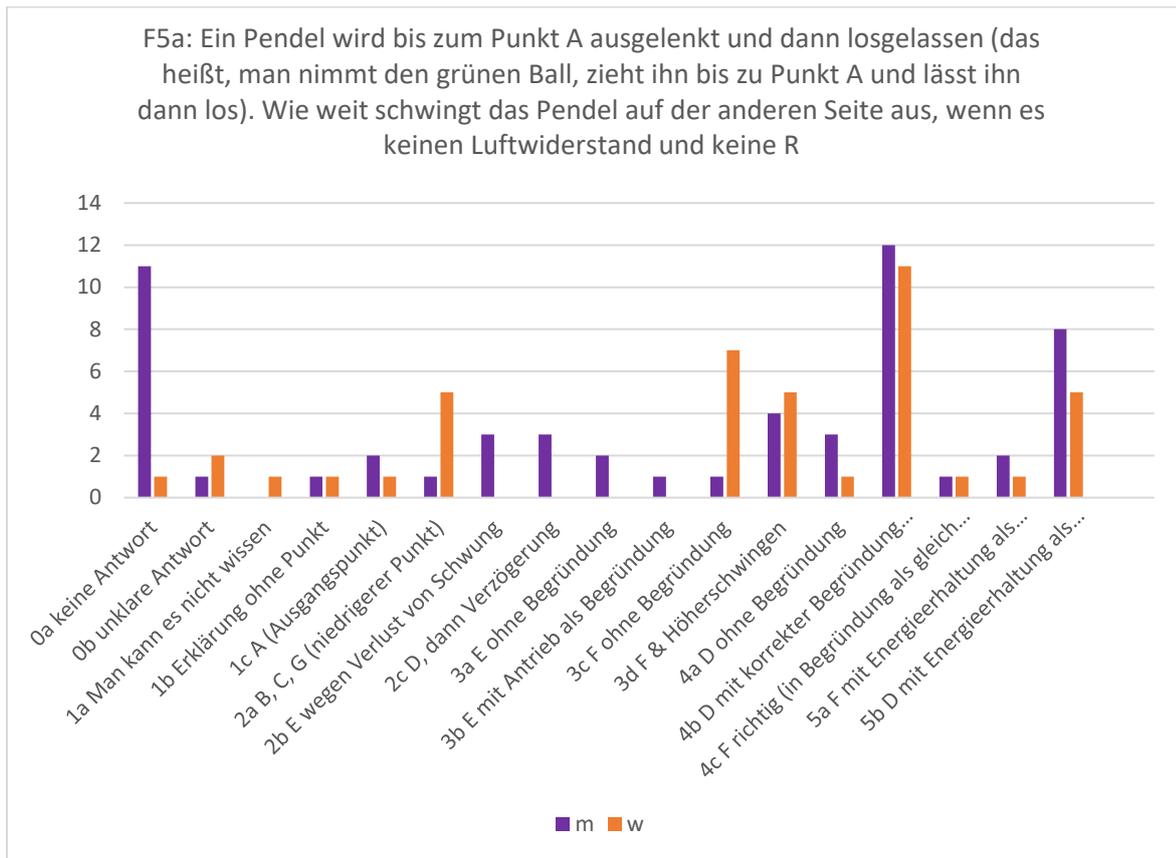


Abbildung 21: Antworten zu Frage 5a nach Geschlecht.

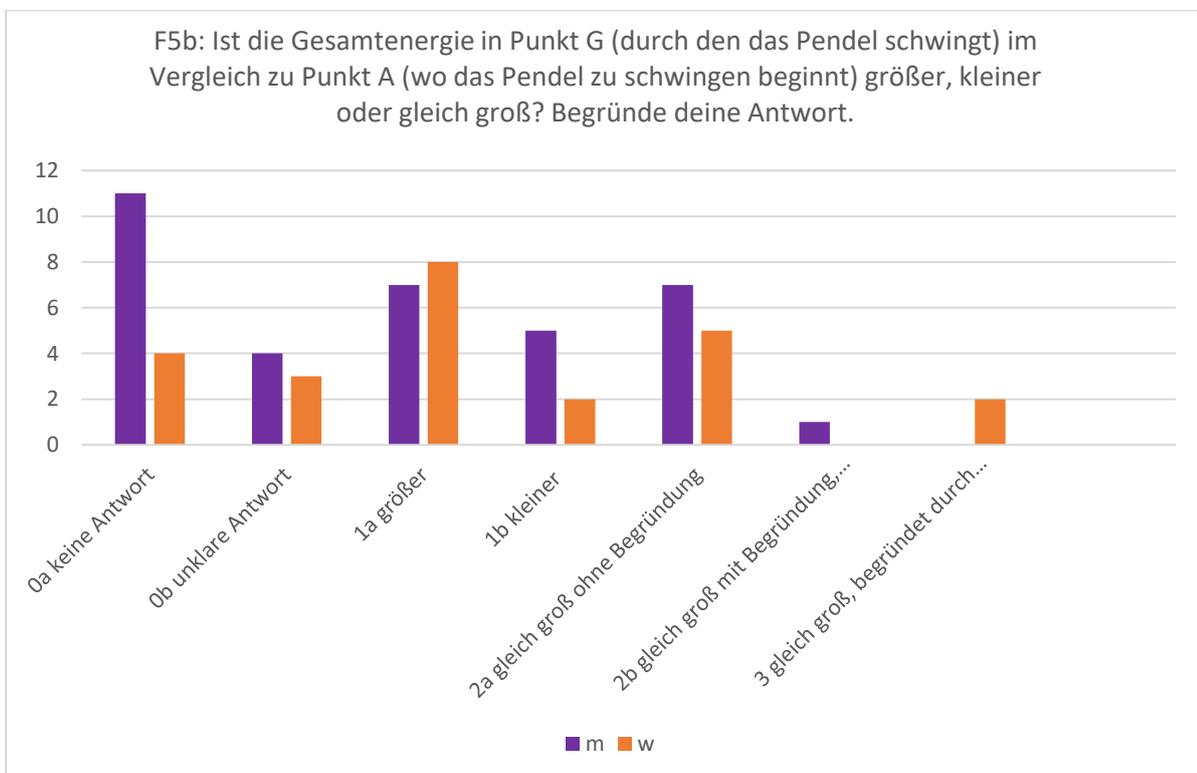


Abbildung 22: Antworten zu Frage 5b nach Geschlecht.

Die Äußerungen der Schüler\*innen in den Interviews zeigen keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Es wurden neun weibliche Schülerinnen und sieben männliche Schüler befragt. Dabei kommen bei beiden Geschlechtern mit dem Spielziel kompatible Aussagen bezüglich der Energie und der Energieerhaltung vor, aber auch teilweise Zuwachsvorstellungen und widersprüchliche Aussagen (*siehe Tabelle 4-7*). Die Unterschiede in der Argumentationsweise bestehen eher zwischen den Klassen als zwischen den Geschlechtern, was sich zum Teil auch auf die verwendeten Materialien (Erklärung, Interviewleitfaden) zurückführen lässt.

Zusammenfassend zeigt die Betrachtung des Antwortverhaltens nach Geschlecht, dass die Mädchen im Vergleich zu den Buben nach dem Energie-Anfangsunterricht mit dem Analogiespiel gleich gute oder leicht bessere Ergebnisse im Fragebogen erzielt haben. Im Rahmen dieser Untersuchung konnte kein Vergleich mit einer Kontrollgruppe angestellt werden, um genaue Aussagen darüber treffen zu können, ob das gegenüber dem traditionellen Energieunterricht in dieser Altersgruppe eine Verbesserung darstellt. Laut Bader 2001 (*siehe 2.3.2 Münchner Unterrichtskonzept für die Sek II*) schneiden Mädchen nach dem traditionellen Energieunterricht in der Sek II schlechter ab als ihre männlichen Kollegen. Dass die Schülerinnen in der vorliegenden Untersuchung gleich gut oder sogar etwas besser als die Schüler abschneiden, ist also durchaus als Erfolg dieses Konzeptes zu werten. Zu bedenken ist jedoch, dass aufgrund des Rahmens der Diplomarbeit die Größe der Stichprobe begrenzt ist.

## 6.8 Die wichtigsten Ergebnisse & ihre Implikationen

An dieser Stelle sollen noch einmal die wichtigsten der in Kapitel 6 vorgestellten Ergebnisse der Untersuchung zusammengetragen und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Arbeit mit dem Analogiespiel analysiert werden, um einen Gesamtüberblick zu ermöglichen.

### 6.8.1 Vorstellungen zur Energieerhaltung & dem Spiel

Aus der Auswertung der Fragebögen ergibt sich, dass 50% der 111 Schüler\*innen der gesamten Versuchsgruppe zur wichtigsten Aussage des Spiels Angaben machten, die dem Ziel der Einführung der Energieerhaltung dienlich und damit im Sinne des Spielziels sind. 22% aller Antworten beinhalten explizit die Energie oder die Energieerhaltung. Der Vergleich der Klassen zeigt, dass dieser Anteil in den Gruppen S3a und S3b deutlich höher ist. Auch in den Interviews konnten die Schüler\*innen dieser Teilgruppen allesamt physikalisch richtige Vorstellungen erläutern, während unter den Interviewpartner\*innen aus den anderen Teilgruppen für drei die Hauptaussage unklar war und zwei weitere Schüler\*innen die Änderung der Energiemenge beschrieben. Es ist daher zu erwarten, dass mit den überarbeiteten und aktualisierten Materialien ein besseres Ergebnis erzielt werden kann. 23% der

Proband\*innen insgesamt konnten keine Antwort auf die Frage geben, 16% gaben Antworten, die weder auf korrekte, noch auf physikalisch falsche Vorstellungen von der Hauptaussage des Spiels schließen lassen. 11% der getesteten Schüler\*innen gaben Antworten, die auf Vorstellungen hindeuten, die dem Spielziel entgegenstehen.

Auf die direkte Frage nach einer Beschreibung der Energieerhaltung hin konnten 41% der Schüler\*innen eine korrekte Definition der Energieerhaltung (mit oder ohne Beispiel aus dem Spiel) oder deren Allgemeingültigkeit formulieren. 27% verwechselten die Energieerhaltung entweder mit anderen Begriffen wie der Speicherung, verbanden damit die „Produktion“ der Energie oder gaben Antworten, die nichts mit der Energieerhaltung zu tun haben. Diese Gruppe hat vermutlich kein belastbares Konzept von Energieerhaltung entwickelt. Der Rest gab entweder keine Antwort oder beschrieb die Energieerhaltung nicht direkt. Die Auswertung der Interviews führte zu dem Schluss, dass elf der 16 interviewten Schüler\*innen eine physikalisch korrekte Vorstellung von der Energieerhaltung ausgebildet haben. Fünf davon beziehen sich in ihren Erklärungen explizit auf das Spiel, zwei greifen auf Energieentwertungsvorstellungen zurück. Auch den Energiebegriff definieren neun Schüler\*innen in ihren Antworten am Fragebogen über seine Konstanz. In den Interviews macht dieser Anteil drei von 16 Schüler\*innen aus. Sie beschreiben, dass Energie etwas sei, das nicht einfach so verschwindet oder verloren gehen kann.

Das abgeschlossene System zu verstehen fiel den Schüler\*innen allem Anschein nach leichter als das Verständnis der Energieerhaltung. Insgesamt konnten es 59 der 111 Schüler\*innen physikalisch korrekt beschreiben, 41 gaben keine Antwort, acht bedienten sich in ihrer Antwort einer Tautologie und lediglich drei der Proband\*innen beantworteten diese Frage auf physikalisch inkorrekte Weise.

### 6.8.2 Anwendung der Energieerhaltung auf Beispiele

Die Auswertung der Fragen zu spezifischen Beispielen zeigt, dass die Schüler\*innen das Konzept der Energieerhaltung dabei nicht konsequent anwenden. Das Antwortverhalten zu den Beispielen des Fragebogens ist in *Tabelle 10* prozentuell angegeben.

Antworten	Stein (Frage 4)	Pendel (Frage 5a)	Pendel (Frage 5b)
Keine/unklare Antwort	23%	22%	38,5%
Richtig	43%	48%	23%
Richtig & Energieerhaltung	17%	16%	3%
Falsch	34%	30%	38,5%

*Tabelle 10: Auswertung der Schüler\*innenantworten zu den Beispielen.*

Der Anteil der Antworten, die mit der Energieerhaltung kongruent sind, variiert vor allem hinsichtlich Frage 5b deutlich, wobei als Ausgleich zu der geringeren Anzahl an richtigen Antworten vor allem der

Anteil der Nicht-Antworten zunimmt. Auch in den Interviews wechselten einige Schüler\*innen zwischen unterschiedlichen Vorstellungen. Doch in den Interviews gab es auch Fälle, in denen es den Schüler\*innen gelang, in ihren Aussagen die Energie betreffend mit dem Konzept der Energieerhaltung kongruent zu bleiben. Die Schüler\*innen, für die das gilt, argumentierten teilweise mit der Energieentwertung, teilweise mit der Reibung, und teilweise griffen sie auf das Spiel zurück.

### 6.8.3 Verwendung des Spiels zur Erklärung

Die Interviewpartner\*innen P14, P15 und P16 wurden in den Interviews mehrmals gefragt, ob sie ihre Ausführungen anhand der Stunden mit der Autorin nochmals erklären könnten. P14 und P15 griffen daraufhin auf das Spiel zurück, um die Energieerhaltung zu erklären, und P14 verwendete es auch zur Verdeutlichung der Energieerhaltung beim Beispiel des Skateboarders.

### 6.8.4 Anteil der „Nicht-Antworten“

Zu jeder Frage gab es einen Anteil an Antworten, der entweder Nichtwissen oder Unverständnis zum Ausdruck brachte bzw. die Frage unbeantwortet ließ. Auf dem Fragebogen machte dieser Anteil zwischen 14% bei der Beschreibung der Energie und 37% bzw. 38% bei den Fragen zum abgeschlossenen System und zum zweiten Teil der Pendel-Frage (5a) aus. Dieser Anteil beträgt also teilweise über ein Drittel der Proband\*innen. Es bleibt unklar, ob und welche Vorstellungen diese Schüler\*innen ausgebildet haben.

### 6.8.5 Vergleich der Klassen

Der Vergleich der Klassen zeigt teilweise Unterschiede. Die Diversität des Vorwissens zeigt den Untersuchungsergebnissen zufolge vor allem die Beschreibungen von Energie allgemein betreffend Auswirkungen, zum Konzept der Energieerhaltung weniger. Weitere Unterschiede in den Vorstellungen zwischen den Klassen, vor allem die Energieerhaltung, ihre Anwendung und die Verbindung mit dem Analogiespiel betreffend, sind vermutlich unter anderem auf das veränderte Material zurückzuführen. Es zeigt sich, dass vor allem die Verbindung zwischen dem Spiel und der Energieerhaltung den Proband\*innen aus den Versuchsgruppen, in denen die Untersuchung später durchgeführt wurde, klarer ist. Daher empfiehlt die Autorin, bei der Verwendung des Spiels die überarbeiteten aktuellsten Versionen des Spiels und der Erklärung zu verwenden.

### 6.8.6 Gutes Abschneiden der Mädchen

Die Analyse des Antwortverhaltens nach Geschlecht ergibt ein mit den Buben vergleichbar gutes, teilweise sogar ein leicht besseres Abschneiden der Mädchen.

### 6.8.7 Konsequenzen der Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Untersuchung deuten darauf hin, dass das Analogiespiel als Ausgangspunkt für die Einführung des Energieerhaltungskonzeptes und damit eines abstrakten Energiebegriffs in der Sek I als Einstieg in den Energieunterricht fungieren kann. Sowohl die Fragebögen, als auch die Interviews zeigen, dass ein Teil der Schüler\*innen die Energieerhaltung mithilfe dieses Spiels erklären und somit vermutlich auch verstehen kann. Vor allem hinsichtlich der Hauptaussage des Spiels und der Definition der Energieerhaltung deuten die Untersuchungsergebnisse auf physikalisch korrekte Vorstellungen der Schüler\*innen zu diesem abstrakten Konzept hin. In der Anwendung der Energieerhaltung zur Lösung von Beispielen tauchen Probleme auf, viele Schüler\*innen verwenden dabei kein konsistentes Energieerhaltungskonzept für die Bearbeitung aller Beispiele. Manchen Schüler\*innen gelang es jedoch über Argumentationen mithilfe der Energieentwertung und der Reibung, in ihren Interpretationen der Beispiele konsistent im Konzept der Energieerhaltung zu bleiben. Die Vermutung liegt daher nahe, dass eine Besprechung der Reibung und der Energieentwertung den Schüler\*innen helfen könnte, das Konzept der Energieerhaltung, das nach dem Spiel bei vielen zumindest im Ansatz in Form einer Definition vorhanden ist, zu festigen und zu einem Interpretationswerkzeug für konkrete Situationen auszubauen. Helfen könnte auch nachfolgende weitere Energieunterricht, indem er immer wieder auf das anfänglich eingeführte Konzept der Energieerhaltung zurückgreift und es durch Aspekte wie die Reibung erweitert. Erfreulich ist das gute Verständnis der Idealisierung des abgeschlossenen Systems durch diese Methode. Auch dies könnte dafür genutzt werden, die Energieerhaltung mithilfe der Idealisierung besser verständlich zu machen. Teilweise verwenden die Schüler\*innen das Analogiespiel auch als Anschauungsmaterial in der Erläuterung von Problemsituationen, was ein Anhaltspunkt für die Nützlichkeit dieser Analogie ist. Ein Bonus dieser Methode ist, dass in der Untersuchung die Mädchen mindestens gleich gut wie die Buben abschnitten, es also vermutlich keine Benachteiligung der weiblichen Schülerinnen durch ihren Einsatz gibt.

## 7 Conclusio

Dieses Kapitel befasst sich mit der Beantwortung der Forschungsfrage auf Grundlage der ausgewerteten Untersuchung. Zunächst werden zu diesem Zweck die Resultate aus *6 Auswertung und Interpretation der Ergebnisse* noch einmal und bereits mit Augenmerk auf die Forschungsfrage zusammengefasst, anschließend folgt in Unterkapitel 7.2 *Beantwortung der Forschungsfrage* basierend auf diesen Resultaten die Beantwortung der Forschungsfrage. Die Folgerungen, die sich aus dieser Beantwortung ergeben, sowie ein Ausblick zu weiteren Fragestellungen, folgen am Ende dieses Abschnitts.

### 7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Vorstellungen, auf die die Auswertung der in der Untersuchung zum Analogiespiel generierten Daten schließen lässt, sollen an dieser Stelle noch einmal kurz zusammengefasst präsentiert werden, um anschließend die Forschungsfrage beantworten zu können. Die Hauptaussage des Spiels verstanden 50% der Schüler\*innen im Sinne des Spielziels. Die Antworten der Schüler\*innen zu der entsprechenden Frage am Fragebogen beziehen sich einerseits auf die Anzahl der Legosteine allgemein, ihre Konstanz oder den Ortswechsel der Legosteine, die Darstellung der Energie durch diese Legosteine, die Energieerhaltung allein, in Verbindung mit dem abgeschlossenen System oder mit der Konstanz der Legosteine, sowie auf Energietransport und/oder -umwandlung anstelle von Energieverbrauch, und andere Eigenschaften der Energie. 11% der Schüler\*innen bezogen sich dagegen auf Vorstellungen der Änderung der Anzahl der Legosteine, Änderung der Energie oder der Gleichsetzung von Energie und Legosteinen. Ihre Antworten stehen damit dem Spielziel entgegen. In den Interviews konnten elf von 16 befragten Proband\*innen den Zusammenhang zwischen dem Legospiel und der Energie bzw. der Energieerhaltung auf physikalisch akzeptable Art beschreiben. Sie bezogen sich dabei auf die Darstellung der Energie durch die Legosteine, sowie auf ihre Erhaltung, Umwandlung und Unsichtbarkeit. Für drei Schüler\*innen war der Zusammenhang zwischen Spiel und Energie unklar, zwei weitere sprachen im Zusammenhang mit dem Spiel von einer Änderung der Energiemenge bzw. von Energieverbrauch. Fünf der Interviewpartner\*innen bezogen sich auch in ihren Beschreibungen des Energieerhaltungsbegriffs explizit auf das Spiel. Die interviewten Schüler\*innen aus den beiden letzten Versuchsgruppen, in denen aufgrund der Erfahrung mit den ersten Gruppen überarbeitetes Material verwendet wurde, konnten ausnahmslos die Energieerhaltung anhand des Spiels, oder in Zusammenhang mit den Unterrichtsstunden dazu, physikalisch korrekt erklären.

Auf die Frage nach einer Beschreibung der Energieerhaltung am Fragebogen konnten 41% der Schüler\*innen eine mit dem physikalischen Konzept kompatible Antwort geben, 27% verwechselten die

Energieerhaltung mit anderen Begriffen oder Konzepten. Der Energiebegriff wurde auf den Fragebögen von 8% der Schüler\*innen über seine Konstanz definiert, in den Fragebögen zum Vorwissen wurde der Begriff Energieerhaltung nur einmal und ohne weitere Erklärung genannt. Das abgeschlossene System konnten am Ende der Unterrichtseinheit zum Spiel 53% der Proband\*innen physikalisch korrekt erklären, falsche Antworten gaben lediglich 3%.

Die Anwendung des Energieerhaltungskonzepts auf konkrete Beispiele zeigt ein uneinheitliches Bild. Viele Schüler\*innen konnten das Konzept nicht konsistent auf alle Beispiele anwenden. Der Anteil an falschen Antworten lag bei etwa einem Drittel, der Anteil richtiger Antworten hingegen weist Schwankungen auf: Das Beispiel zum Stein (Frage 4) und das Beispiel zur Schwinghöhe des Pendels (Frage 5a) konnten 43% bzw. 48% richtig beantworten, 17% bzw. 18% zogen zur Begründung die Energieerhaltung heran. Mit 23% konnten nur etwa halb so viele Schüler\*innen die Frage zum Vergleich der Energie des Pendels an zwei Stellen des Schwingvorgangs (Frage 5b) richtig beantworten, die Energieerhaltung verwendeten dabei sogar nur 3% als Begründung.

Auch in den Interviews wechselten die Schüler\*innen teilweise zwischen unterschiedlichen Vorstellungen zur Energie. Auch Schüler\*innen, die die Energieerhaltung korrekt definieren konnten, griffen unter Umständen in der Beschreibung von Problemsituationen auf Verlustvorstellungen, die Vorstellung von Energie als Eigenschaft bewegter Körper, Impetusvorstellungen, aber auch auf korrekte Konzepte des Energieerhaltungsbegriffs zurück. Sechs der interviewten Proband\*innen blieben jedoch fast an allen Stellen der Interviews in ihren Erklärungen die Energie betreffend konsequent im Rahmen des Energieerhaltungskonzepts. Sie argumentierten unter anderem mit der Reibung und der Energieentwertung. Eine Schülerin verwendete außerdem das Analogiespiel als Erklärungshilfe zur Beschreibung der Energieerhaltung in einem Beispiel, wobei 3 Schüler\*innen in den Interviews in diesem Sinne, jedoch ohne Nennung des Spiels durch die Autorin, befragt wurden.

Das Abschneiden der Mädchen in den Fragebögen zeigt keine bedeutenden Unterschiede im Antwortverhalten der Geschlechter gemessen an der physikalischen Korrektheit. Auch aus den Aussagen der interviewten Schüler\*innen lassen sich keine solchen Unterschiede herauslesen.

Die Ergebnisse der beiden letzten Versuchsgruppen S3a und S3b sind im Vergleich zu den anderen Versuchsgruppen hinsichtlich des Ziels der Arbeit mit dem Analogiespiel besser. Da das Vorwissen dieser beiden Gruppen ihren Angaben zufolge sehr unterschiedlich war, liegt die Vermutung nahe, dass der bessere Lernerfolg mit den überarbeiteten Materialien zusammenhängt.

## 7.2 Beantwortung der Forschungsfrage

Das Forschungsinteresse dieser Arbeit dreht sich um die Untersuchung der Möglichkeiten eines Analogiespiels mit Bauklötzen als Einstieg in den Energieanfangsunterricht der Sek I. In diesem Sinne lauteten die beiden Teile der Forschungsfrage:

- a) Was verbinden Schüler\*innen im Physikanfangsunterricht der Sekundarstufe I nach der Durchführung eines Analogiespiels mit Bauklötzen mit der Energieerhaltung?**
- b) Sind Unterschiede zwischen den Leistungen und Vorstellungen von Mädchen und Buben erkennbar?**

Der erste Teil der Forschungsfrage (a) bezieht sich auf die Vorstellungen, mit denen die Schüler\*innen nach der Durchführung des Spiels und den zugehörigen Erklärungen und Beispielen sozusagen „nach Hause gehen“, und die dann dem weiteren Physikunterricht über Energie als Grundlage dienen können. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass das Spiel und die zugehörigen Erklärungen allein zwar noch nicht dazu führen, dass ein Großteil der Schüler\*innen ein belastbares und konsistentes Konzept der Energieerhaltung ausbildet, welches auch in der Interpretation von Problemsituationen als Werkzeug dient. Allerdings zeigt die Analyse der Fragebögen und der Interviews auch, dass ein wertvolles Fundament einer Vorstellung von Energieerhaltung entsteht, welches dann im Verlauf des Unterrichts weiter ausgebaut und gestärkt werden kann. Folgende Aspekte der Untersuchungsergebnisse seien hierbei hervorgehoben:

- 50% der Proband\*innen beschreiben auf den Fragebögen die Hauptaussage des Spiels im Sinne des Spielziels, zur Erhaltung der Energie überleiten zu können, 11% antworten auf eine diesem Ziel widersprechende Art und Weise.
- 41% der Proband\*innen können die Energieerhaltung am Fragebogen auf physikalisch korrekte Art und Weise beschreiben. 8% der Gesamtgruppe definieren auch den Energiebegriff nach der Durchführung des Spiels über seine Erhaltung. 27% verwechseln die Energieerhaltung auch nach dem Unterricht zum Spiel mit anderen Begriffen oder bringen eine Produktionsvorstellung damit in Zusammenhang.
- 53% der teilnehmenden Schüler\*innen erklären das abgeschlossene System im Rahmen des Fragebogens physikalisch korrekt, nur 3% geben hierzu eine falsche Definition. In den Interviews beschreiben die Proband\*innen das abgeschlossene System vor allem anhand von Beispielen aus dem Spiel oder der Erklärung.

- In den Interviews konnten elf der 16 befragten Schüler\*innen physikalisch korrekte Definitionen der Energieerhaltung geben. Fünf Proband\*innen griffen in diesem Zusammenhang auf das Spiel als Erklärungshilfe zurück.
- In Anwendung der Energieerhaltung auf Beispiele sind die getesteten Schüler\*innen nicht konsistent. Allerdings greift fast ein Fünftel in der Bearbeitung von zwei der drei Beispiele des Fragebogens auf die Energieerhaltung zur Erklärung zurück.
- In den Interviews wechseln einige der befragten Schüler\*innen in der Beschreibung von Problemsituationen teilweise zwischen verschiedenen Vorstellungen die Energie betreffend hin und her. Die Energieerhaltung kommt dabei jedoch fast in allen Interviews in manchen Erklärungen vor.
- Sechs der interviewten Schüler\*innen sind größtenteils konsequent in ihrer Anwendung des Energieerhaltungskonzepts als Interpretationswerkzeug auf die Beispiele. Zwei von ihnen argumentieren mit Energieentwertungsvorstellungen, die vier übrigen mit der Reibung, um Situationen, die der Energieerhaltung scheinbar widersprechen, zu erklären. Dass ihnen diese Vorstellungen in der Interpretation helfen, deutet darauf hin, dass eine Aufnahme der Energieentwertung und der Reibung in den Unterricht zum Analogiespiel nützlich sein kann.
- Eine der drei in diesem Sinne befragten Schüler\*innen greift im Interview zur Erklärung einer konkreten Situation auf das Spiel zurück, indem sie die Energie des Skateboarders in der Halfpipe mit der Menge der Zuckerwürfel, mit denen das Spiel in ihrer Klasse durchgeführt wurde, vergleicht und dadurch die Energieerhaltung erklärt.
- Die Schüler\*innen der Gruppen S3a und S3b, in denen im Sinne des *Design-Based Research* (siehe 2.4 *Design-Based Research*) überarbeitete Spielanleitungen und Erklärungen verwendet wurden, erzielten die Fragebögen, vor allem aber die Interviews betreffend, was die Verbindung von Spiel und Energieerhaltung und eine physikalisch korrektes Konzept der Energieerhaltung angeht, bessere Ergebnisse als die anderen Gruppen.

Alle genannten Punkte sind Teil der Untersuchungsergebnisse. Sie deuten darauf hin, dass die Mehrheit der getesteten Schüler\*innen nach der Durchführung des Analogiespiels und den zugehörigen Erklärungen eine physikalisch korrekte Definition der Energieerhaltung wiedergeben kann und dass hinter dieser Definition auch physikalische Vorstellungen von der Energieerhaltung stehen. Ein kleiner Teil der Schüler\*innen sieht die Energieerhaltung nach der Unterrichtseinheit vielleicht sogar als wichtigste Eigenschaft der Energie. Auch das abgeschlossene System wird den Schüler\*innen durch die Analogie verständlich. Um diesbezüglich bessere Lernerfolge zu erzielen und das Spiel noch besser zu nutzen,

empfeht sich die Verwendung der überarbeiteten Spielanleitung und Erklärungen. Die Untersuchungsergebnisse deuten nämlich darauf hin, dass die Materialien durch die Überarbeitungen tatsächlich verbessert wurden und in ihrer aktuellen Form den gewünschten Resultaten dienlicher sind.

Die Bearbeitung konkreter Beispiele durch die Schüler\*innen am Fragebogen zeigt allerdings, dass allein durch die Durchführung des Spiels und die zugehörigen Erklärungen viele Schüler\*innen kein belastbares, konsistentes Konzept der Energieerhaltung ausbilden, das auch als Interpretationswerkzeug auf konkrete Situationen durchgehend angewendet wird. Zwar verwenden manche Schüler\*innen die Energieerhaltung zur Erklärung mancher Situationen, in anderen greifen sie aber teilweise wieder auf dem widersprechende Vorstellungen zurück. Der Anteil der Schüler\*innen, der die Energieerhaltung als Erklärung von Beispielen auf dem Fragebogen nutzt, ist bedeutend geringer als der Anteil der Schüler\*innen, der die Energieerhaltung erklären kann. Ein besonderes Problem scheint hier die Vorstellung, Energie sei eine Eigenschaft bewegter Körper, darzustellen.

In den Interviews konnten sechs der 16 befragten Schüler\*innen die Energieerhaltung auch konsequent auf Beispiele anwenden. Sie griffen dabei teilweise auf Entwertungsvorstellungen, teilweise auf die Reibung zurück, um die Energieerhaltung anhand des Spiels und in konkreten Beispielen zu beschreiben. Dass die Vorstellung der Energieentwertung Schüler\*innen demnach beim Verständnis der Energieerhaltung hilft, wird auch in der Physikdidaktik diskutiert (*siehe 2.1.3.3 Vorschläge für den Unterricht*), und die Reibung wird bei Bader als einziger Begriff noch vor der Energieerhaltung eingeführt (*siehe Tabelle 1: Gegenüberstellung konventionelles Unterrichtskonzept - Münchner Unterrichtskonzept (Bader 2001, S. 44)*). Es wäre daher möglich, dass das Hinzufügen der Reibung und der Entwertungsvorstellung zur Bearbeitung des Spiels den Schüler\*innen größere Lernerfolge ermöglicht.

Manche Interviewpartner\*innen erklärten die Energieerhaltung an sich anhand des Spiels, eine dazu befragte Schülerin verwendete das Spiel darüber hinaus zur Erklärung ihrer Interpretation eines Beispiels. Dies deutet darauf hin, dass das Spiel den Schüler\*innen auch über die eigentliche Arbeit damit hinaus als Gedächtnisstütze und Vorstellungs- bzw. Erklärungshilfe dafür dienen kann, was Energieerhaltung ist und wie sie funktioniert. Daraus lässt sich folgern, dass auch im folgenden Unterricht über Energie immer wieder auf das Analogiespiel hingewiesen und zurückgegriffen werden kann, wenn es um die Erklärung und das Verständnis konkreter Beispiele geht.

Im zweiten Teil der Forschungsfrage (b) geht es um das Abschneiden der weiblichen Schülerinnen im Vergleich zu dem der männlichen Schüler. Wie unter 2.3.2 *Münchner Unterrichtskonzept für die Sek II* dargelegt, wertet es Bader 2001 als Erfolg seines Konzepts zur Energieerhaltung, allerdings für die Sek II, dass die Mädchen in der Versuchsgruppe etwas besser als ihre Mitschüler abschnitten, wogegen die

Schülerinnen in der Kontrollgruppe signifikant schlechter waren als ihre männlichen Kollegen. Im Rahmen der dieser Arbeit zugrundeliegenden Untersuchung gab es keine Kontrollgruppe. Für die Versuchsgruppe lässt sich aber festhalten, dass zwischen der Leistung der Mädchen und derjenigen der Buben nach den Fragebögen zu urteilen keine großen Unterschiede bestehen. Die Mädchen schnitten in allen Bereichen entweder vergleichbar gut oder leicht besser als die männlichen Probanden ab. Demnach sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern festzustellen, was die Richtigkeit der Aussagen im physikalischen Sinne und auch im Sinne des Spielziels betrifft. Allerdings bringen die Mädchen vergleichsweise häufiger die Energieerhaltung bereits mit der Hauptaussage des Spiels in Verbindung, und was die Beispiele betrifft schneiden sie leicht besser ab.

Die Ergebnisse zusammenfassend zeigt sich in der Untersuchung, dass die Mehrheit der Schüler\*innen durch den Einsatz des Spiels anschlussfähige Vorstellungen zur Energieerhaltung ausbildet, die mit dem physikalischen Konzept kongruent sind. Das Analogiespiel verwenden sie dabei teilweise in ihren Erläuterungen zur Energieerhaltung. In der Interpretation konkreter Situationen zeigen viele Schüler\*innen nach der Arbeit mit dem Analogiespiel allein noch keine Anwendung der Energieerhaltung als Interpretationswerkzeug. Die Aussagen einiger Schüler\*innen in den Interviews legen nahe, dass die Reibung und die Energieentwertung im weiteren Ausbau des Konzepts diesbezüglich wertvolle Ergänzungen sein können. Mädchen und Buben schneiden in der Untersuchung zum Spiel gleich gut ab, teilweise erzielen die Mädchen sogar leicht bessere Ergebnisse. Der Ansatz funktioniert demnach für Mädchen vergleichbar gut wie für Buben.

### 7.3 Folgerungen und Ausblick

Das Analogiespiel mit Bauklötzen zur Energieerhaltung ist als Einstieg in das Thema Energie im Physikunterricht der Sek I gedacht. Da das Spiel als solches Teil eines Unterrichtskonzeptes zur Energie ist, ergeben sich einige Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen dieser Untersuchung.

Einerseits scheinen die Vorstellungen der Schüler\*innen zur Energieerhaltung, die nach der Durchführung des Spiels und den zugehörigen Erklärungen vorhanden sind, mehrheitlich physikalisch korrekt und ausbaufähig zu sein.

Im Rahmen des Energieunterrichts ist zu empfehlen, die überarbeitete Fassung der Spielanleitung und der Erklärung zu verwenden. Eventuell können zusätzliche Überarbeitungsschritte durchgeführt werden, um das Spiel weiter zu verbessern und den bestmöglichen Lernerfolg damit zu erreichen.

Es ist weiters zu überlegen, ob die Reibung und die Energieentwertung erklärend gleich im Anschluss an das Spiel im Unterricht behandelt werden können und sollen. Die Analyse der Interviews zeigt, dass

diese beiden Konzepte einigen der Schüler\*innen helfen, die Energieerhaltung als Interpretationswerkzeug auch auf konkrete Situationen anzuwenden, selbst wenn die Beobachtungen scheinbar im Widerspruch zur Energieerhaltung stehen.

Vor allem den Fragebögen nach zu urteilen fällt die Anwendung des Energieerhaltungskonzepts auf konkrete Beispiele den Schüler\*innen vergleichsweise schwer. Dieser Umstand deutet darauf hin, dass für die Ausbildung eines konsistenten und als Interpretationswerkzeug tauglichen Energieerhaltungsbegriffs die zwei Unterrichtsstunden, die für das Spiel und die Erklärung aufgewendet wurden, noch nicht ausreichen. Die Ergänzung der Reibung und/oder der Energieentwertung könnten die Ergebnisse diesbezüglich verbessern. Interessant ist außerdem der Blick auf die Untersuchung des gesamten Unterrichtskonzeptes. Möglicherweise schaffen es die Schüler\*innen durch den weiteren Unterrichtsverlauf, ihr Konzept von der Energieerhaltung zu festigen und auf praktische Situationen anzuwenden.

Dass das Spiel auch von Schüler\*innen selbst als Erklärungshilfe für die Energieerhaltung an sich oder in bestimmten Situationen verwendet wird zeigt, dass Rückgriffe auf das Spiel als Erklärungs- und Vorstellungshilfe fruchtbringend sein können.

Bezüglich Gendergerechtigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht deuten die Ergebnisse der dieser Arbeit zugrundeliegenden Untersuchung darauf hin, dass Schülerinnen mithilfe des Analogiespiels physikalische Vorstellungen mindestens gleich gut wie ihre männlichen Kollegen ausbilden. Mädchen werden also den Untersuchungsergebnissen zufolge durch die Verwendung dieses Spiels im Physikunterricht nicht benachteiligt, sondern können die Analogie ebenso gut wie, teilweise sogar ein bisschen besser als ihre männlichen Kollegen für die Ausbildung eines physikalischen Verständnisses nutzen.

Relativ jungen Schüler\*innen wird durch das Analogiespiel die Energieerhaltung auf sehr abstrakte Weise beigebracht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung deuten darauf hin, dass diese abstrakte Einführung der Energieerhaltung als Einstieg in das Thema Energie dazu führt, dass eine Mehrheit der Schüler\*innen physikalisch richtige Vorstellungen von der Energieerhaltung entwickelt, ohne dabei zu großen Unterschieden zwischen den Vorstellungen von Buben und Mädchen zu führen. Der nächste Schritt wäre nun, zu untersuchen, wie sich das Spiel im Zusammenhang mit dem Rest des Unterrichtskonzeptes von Hauff-Achleitner auf die Vorstellungen der Schüler\*innen auswirkt.



## Literaturverzeichnis

- AAAS (1993): Benchmarks for science literacy. New York: American Association for the Advancement of Science.
- Bader, M. (2001): Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges „Einführung in die mechanische Energie und Wärmelehre“. München: Univ.-Diss.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung: Lehrplan der AHS Unterstufe für Physik. Onlinequelle: [https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp\\_ahs\\_unterstufe.html](https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_ahs_unterstufe.html), zuletzt aufgerufen am 20.03.2018.
- Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung: Lehrplan der NMS. Onlinequelle: [https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp\\_nms.html](https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_nms.html), zuletzt aufgerufen am 20.03.2018.
- Busker, Maïke (2014): Entwicklung eines Fragebogens zur Untersuchungen des Fachinteresses. In: Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 269-295.
- Constantinou, C.P. & Papadouris, N. (2012): Teaching and learning about energy in middle school: an argument for an epistemic approach. In Studies in Science Education 48, 2, S. 161-186.
- Crossley, A., Hirn, N. & Starauschek, E. (2009): Schülervorstellungen zur Energie. Eine Replikationsstudie. Conference Paper. Bochum: Frühjahrstagung Didaktik der Physik.
- Dahncke, H. (1973): Energieerhaltung in der Vorstellung 10- bis 15-Jähriger. Kiel: IPN.
- Driver, R. & Warrington, L. (1985): Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. In: Physics Education 20, S. 171-176.
- Duit, R. (1984): Learning the energy concept in school – empirical results from The Philippines and West Germany. In: Physics Education 19, S. 59-66.
- Duit, R. (1986a): Der Energiebegriff im Physikunterricht. Kiel: IPN.

- Duit, R. (1986b): Energievorstellungen. In: Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie 34, Heft 13, S. 7-9.
- Duit, R. et al. (2001): Fostering conceptual change by analogies – between Scylla and Charybdis. In: Learning and Instruction 11, S. 283-303.
- Faulstich-Wieland, H. (2004): Mädchen und Naturwissenschaften in der Schule. Expertise für das Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg. Onlinequelle: <http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/fileadmin/MaterialienBT/Expertise.pdf>, zuletzt aufgerufen am 12.04.2018.
- Feynman, R., Leighton, R. & Sands, M. (2016): Feynman-Vorlesungen über Physik, 1, Mechanik. 6. Auflage. Berlin: De Gruyter.
- Fischer, H., Neumann, K. & Viering, T. (2010): Die Entwicklung physikalischer Kompetenz am Beispiel des Energiekonzepts. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 16, S. 285-298.
- Fischer, Novak & Reitingner (2015): Impuls Physik 3. Wien: Österreichischer Bundesverlag Schulbuch.
- Flick, U. et al. (Hg.) (1995): Handbuch qualitative Sozialforschung. Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen. 2. Auflage. Weinheim: Psychologie Verlags-Union.
- Gollenz, F. et al. (2012): Lehrbuch der Physik 3. Klasse. Wien: Österreichischer Bundesverlag Schulbuch.
- Hammann, M. & Jördens, J. (2014): Offene Aufgaben codieren. In: Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 169-178.
- Herrmann-Abell, C. F. & DeBoer, G. E. (2011): Investigating Students' Understanding of Energy Transformation, Energy Transfer, and Conservation of Energy Using Standards-Based Assessment Items. Conference Paper. Orlando: NARST Annual Conference.
- Hopf, M., Schecker, H. & Wiesner, H. (Hg.) (2011): Physikdidaktik kompakt. Freising: Aulis.
- Klafki, W. (1994): Zweite Studie: Grundzüge eines neuen Allgemeinbildungskonzeptes. Im Zentrum: Epochaltypische Schlüsselprobleme. In: Klafki, W.: Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. 4. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz.

- Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hg.) (2014): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Lamnek, S. (2010): Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch. 5. Auflage. Basel, Weinheim: Beltz
- Mayring, P. (2002): Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken. 5. Auflage. Basel, Weinheim: Beltz.
- Mayring, P. (2010): Qualitative Inhaltsanalyse. 11. Auflage. Basel, Weinheim: Beltz.
- Neumann, K. et al. (2013): Towards a Learning Progression of Energy. In: Journal of Research in Science Teaching 50, 2, S. 162-188.
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014): Leitfadengestützte Interviews. In: Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 121-132.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1969): Die Entwicklung der physikalischen Mengenbegriffe beim Kinde. Stuttgart: Klett 1969.
- Reid, S., Paul, A. & Podolefsky, N. (2004-2016): Energy Skate Park: Basics. Colorado: University of Colorado Boulder. Onlinequelle: [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park-basics/latest/energy-skate-park-basics_en.html), zuletzt aufgerufen am 29.03.2018.
- Solomon, J. (1985): Teaching the conservation of energy. In: Physics Education 20, S. 165-170.
- Wilhelm, T & Hopf, M. (2014): Design-Forschung. In: Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 31-42.

## Im persönlichen Archiv der Autorin

Aufzeichnungen der Interviews I1-I16

Beantwortete Fragebögen der Schüler\*innen

Beantwortete Fragebögen der Schüler\*innen zum Vorwissen

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorab-Wissen der Versuchsgruppen S1a und S1b.....	32
Abbildung 2: Vorab-Wissen der Versuchsgruppen S2 und S3b.....	33
Abbildung 3: Vorab-Wissen der Versuchsgruppe S3a.....	34
Abbildung 4: Prozentuelle Verteilung der Schüler*innenantworten zur wichtigsten Aussage des Spiels.....	41
Abbildung 5: Schüler*innenantworten zur Frage nach der Energieerhaltung, $n_{ges.}=111$ .....	45
Abbildung 6: Schüler*innenantworten auf die Frage nach der Energie, $n_{ges.}=111$ . ....	48
Abbildung 7: Schüler*innenantworten auf die Frage nach dem abgeschlossenen System, $n_{ges.}=111$ ..	51
Abbildung 8: Schüler*innenantworten zur Energie des Systems Bob-Stein-Boden, $n_{ges.}=65$ . ....	52
Abbildung 9: Schüler*innenantworten auf Frage 5a (Pendel), $n_{ges.}=111$ .....	54
Abbildung 10: Schüler*innenantworten auf Frage 5a, $n_{ges.}=65$ . ....	55
Abbildung 11: Antworten zu Frage 1, nach Klassen geordnet. ....	64
Abbildung 12: Schüler*Innendefinitionen der Energieerhaltung nach Klassen geordnet. ....	65
Abbildung 13: Schüler*innenantworten zum Beispiel "Stein" nach Klasse. ....	65
Abbildung 14: Schüler*innenantworten zum Beispiel "Pendel" (5a) nach Klasse. ....	66
Abbildung 15: Schüler*innenantworten zum Beispiel "Pendel" (5b) nach Klasse.....	66
Abbildung 16: Antworten zu Frage 1 nach Geschlecht. ....	68
Abbildung 17: Antworten zu Frage 2a nach Geschlecht. ....	69
Abbildung 18: Antworten zu Frage 2b nach Geschlecht. ....	69
Abbildung 19: Antworten zu Frage 3 nach Geschlecht. ....	70
Abbildung 20: Antworten zu Frage 4 nach Geschlecht. ....	71
Abbildung 21: Antworten zu Frage 5a nach Geschlecht. ....	72
Abbildung 22: Antworten zu Frage 5b nach Geschlecht. ....	72

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gegenüberstellung konventionelles Unterrichtskonzept - Münchner Unterrichtskonzept (Bader 2001, S. 44). .....	20
Tabelle 2: Verwendetes Material & Datum der Durchführung nach Versuchsgruppe.....	36
Tabelle 3: Schüler*innenantworten zur Hauptaussage des Spiels. ....	39
Tabelle 4: Zusammenhang Spiel - Energie wie in den Interviews dargestellt.....	42
Tabelle 5: Zusammenhang Spiel – Energie wie in Interviews I11-I16 dargestellt.....	44
Tabelle 6: Erklärung der Energieerhaltung in den Interviews.....	47
Tabelle 7: Schilderungen zur Energie aus den Interviews.....	50
Tabelle 8: Vorstellungen, die die Schüler*innen zur Erklärung von Beispielen verwenden.....	59
Tabelle 9: Rückgriffe auf das Spiel zur Erklärung in den Interviews. ....	60
Tabelle 10: Auswertung der Schüler*innenantworten zu den Beispielen.....	74



## Anhang

### Anhang A Abstract

This study examines the possibilities of an analogy, a game with building blocks, which was designed to introduce energy conservation as the first concept in teaching about energy in lower secondary education. For this purpose, students' ideas after the introduction of energy conservation via the analogy have been explored. The analysis of the study's outcomes shows that the majority of the tested students developed ideas which are compatible with the concept in physics. Some students also used the analogy in their explanations. To improve students' energy concept in order to make it a tool for interpretations, friction and devaluation of energy seem to be useful additions to the concept. Girls performed comparable to, concerning some aspects even slightly better than their male classmates.

### Anhang B Kurzfassung

Diese Arbeit erforscht die Möglichkeiten eines Analogiespiels, durch dessen Einsatz die Energieerhaltung zu Beginn des Energieunterrichts in der Sekundarstufe 1 eingeführt werden soll. Untersucht werden zu diesem Zweck die Vorstellungen von Schüler\*innen nach der Durchführung dieses Spiels. Die Analyse der Ergebnisse ergibt, dass diese Vorstellungen bei der Mehrheit der teilnehmenden Schüler\*innen anschlussfähig im Sinne des physikalischen Konzepts der Energieerhaltung sind und das Analogiespiel teilweise von den Schüler\*innen selbst als Erklärungshilfe verwendet wird. Um die Energieerhaltung zu einem Interpretationswerkzeug für konkrete Situationen zu machen, scheinen die Konzepte der Reibung und der Energieentwertung hilfreich zu sein. Mädchen schneiden im Rahmen der Untersuchung gleich gut, teilweise sogar leicht besser als ihre Mitschüler ab.

## Anhang C Spielmaterial

### Anhang C1 Spielanleitung

**Ziel des Spiels** ist die spielerische Erarbeitung des Energieerhaltungssatzes sowie die Schaffung eines Bewusstseins, dass die Definition eines Systems dabei notwendig ist.

#### **Benötigtes Material**

- Legosteine oder ähnliches (Bauklötze, Jenga-Steine, Würfelzucker, Streichholzschachteln, ...) benötigt, pro Gruppe (zu vier Schülerinnen und Schüler) 30 + 4 identische (gleichförmige und gleichfarbige)
- Pro Gruppe 1 Set von Spielanleitungen (inklusive Rundenliste)
- Pro Gruppe 1 verschließbare und undurchsichtige Box (z.B. ein Kaffeebecher mit Deckel) + 1 zusätzliche
- Pro Gruppe 1 Stoppuhr/ 1 Handy
- 3-5 Küchenwaagen

#### **Spielvorbereitung:**

Für jede Gruppe werden 30 gleichfarbige Legosteine (o.ä.) vorbereitet. Das Spiel besteht aus 8 Runden, wobei die letzten beiden Runden als Zusatz für schnellere Gruppen gedacht sind und nicht unbedingt durchgeführt werden müssen. Die Klasse wird in Kleingruppen zu je 4 Schülerinnen und Schülern eingeteilt. Außerdem soll es 1 bis 4 „Besuchskinder“ geben, die eine Sonderrolle erhalten und zu keiner Vierergruppe gehören.

#### **Wichtige Informationen für alle Schülerinnen und Schüler vor dem Spiel sind:**

- Beim Spiel geht es um Energieerhaltung, auch wenn ihr das vielleicht während des Spielens nicht merken sollt.
- Ihr werdet in Vierergruppen eingeteilt. In diesen Gruppen erhält jeder und jede eine Rolle mit eigener Spielanleitung. Lest euch eure Spielanleitung genau durch und fragt nach, wenn ihr etwas nicht versteht.
- Die Gruppe stellt im Rollenspiel eine „Familie“ dar. Es gibt einen „Vater“ und eine „Mutter“ (oder „großen Bruder“ und „große Schwester“) und zwei „Kinder“. Die Kinder dürfen ihre Rollen miteinander absprechen und Vater und Mutter dürfen ihre Rollen miteinander absprechen. Aber die Kinder dürfen zum Beispiel nicht Vater und Mutter verraten, was in ihrer Anleitung steht.
- Es gibt die Sonderrolle der „Besuchskinder“. Sie kommen jede Gruppe einmal besuchen und spielen mit den Kindern. Die Kinder dürfen sich mit ihnen absprechen und umgekehrt. Außerdem dürfen die Besuchskinder dann bei der Gruppe bleiben, wenn sie ihren Auftrag erfüllt haben.
- Ihr spielt 6 Runden, wobei jede Runde 1 Minute dauert. Es gibt zwei Zusatzrunden, die könnt ihr spielen, ihr müsst aber nicht. Um 1 Minute zu stoppen, könnt ihr pro Gruppe ein Handy/eine Stoppuhr verwenden.

- Während des Spiels wird im Flüsterton miteinander geredet, damit es nicht zu laut wird. Ihr müsst an eurem Tisch bleiben und dürft nicht durch die Klasse laufen. Nur wenn ihr den Auftrag habt, etwas vom Lehrertisch zu holen, dürft ihr dorthin gehen. Niemand wird körperlich angegriffen.

Sinnvoll ist es außerdem, mit den Kindern ein Signal auszumachen, bei dem alle ruhig werden und die Lehrperson die Aufmerksamkeit wiederbekommt. Außerdem sollte die Lehrperson alle Spielanleitungen gut kennen und den Schülerinnen und Schülern v.a. am Anfang für Fragen zur Verfügung stehen. Die „Besuchskinder“ sollten mit der Lehrperson ihre Rolle genau besprechen, damit sie ihren Einsatz nicht verpassen. Sie bekommen vier Legosteine in derselben Farbe wie die der Gruppe(n), die sie besuchen sollen. Wenn alle Gruppen „besucht“ wurden, können die Besuchskinder für den Rest des Spiels bei einer Gruppe als „Kinder“ bleiben. Die Küchenwaagen und die Boxen sollen am Lehrertisch für Runde 6 bereitstehen. Die Anzahl der Legosteine in der verschlossenen Box kann mithilfe der Küchenwaage bestimmt werden (dafür wird die zusätzliche Box benötigt). Die Kinder sollen das selbst herausfinden. Eine einfachere Methode ist das Zählen der Steine außerhalb der Box. Die Schülerinnen und Schüler sollen sich auch die Methode mit der Waage überlegen.

Auf den folgenden Seiten sind die Spielanleitungen für die einzelnen Rollen zu finden.

## Anleitung für den „Vater“

In diesem Spiel hast du die Rolle des „Vaters“ übernommen. Im Folgenden erhältst du Aufgaben für die Spielrunden.



**Lies sie aufmerksam durch, damit du weißt, was du zu tun hast.**

Du darfst dich mit der „Mutter“ absprechen.

### Deine Aufgaben

#### **Spielvorbereitung:**

- ☏ Hole drei gleichfarbige Legotürme vom Lehrertisch. Zähle, wie viele Legosteine du insgesamt hast. Gib diese Steine deinen Mitspieler\*innen. Erkläre deinen Mitspieler\*innen, dass mit diesen Legosteinen nun 10 Runden gespielt wird. Die „Kinder“ dürfen jeweils 1 Minute lang mit den Legosteinen spielen, danach zählen Mutter und Vater die Steine.

#### **Runden 1 – 5:**

- ☏ Achte darauf, dass jede Runde 1 Minute dauert (du kannst eine Stoppuhr verwenden).
- ☏ Zerlege nach jeder Runde die Bauwerke deiner „Spiel-Kinder“ und zähle gemeinsam mit der Mutter ALLE Legosteine (nicht nur die, mit denen gebaut wurde).
- ☏ Gib den Kindern in jeder Runde wieder 30 Legosteine (vom Beginn) zum Spielen.

#### **Runde 6:**

- ☏ Die Kinder dürfen Legosteine in eine Box „aufräumen“. Überlege gemeinsam mit deinen Mitspieler\*innen, wie ihr die Anzahl der Steine in der Box herausfinden könnt, ohne nachzuschauen. Am Lehrertisch gibt es vielleicht Hilfsmittel.

#### **Runden 7-8:**

- ☏ Optional (ihr müsst diese Runden nicht spielen). Du hast dieselben Aufgaben wie in Runden 1-5.

## Anleitung für die „Mutter“

In diesem Spiel hast du die Rolle der „Mutter“ übernommen. Im Folgenden erhältst du Aufgaben für die Spielrunden.



**Lies sie aufmerksam durch, damit du weißt, was du zu tun hast.**

Du darfst dich mit dem „Vater“ absprechen.

### Deine Aufgaben

#### **Spielvorbereitung:**

- 📎 Schau dir die Tabelle an. Darin sollst du nach jeder Runde eintragen, wie viele Legosteine da sind und auch Begründungen dazu (z.B. wenn Steine fehlen oder dazu kommen).

#### **Runden 1-5:**

- 📎 Zähle nach jeder Runde ALLE Legosteine (nicht nur die, mit denen gebaut wurde) gemeinsam mit dem Vater.
- 📎 Notiere das Ergebnis und die Begründung in der Tabelle.
- 📎 Wenn sich die Anzahl der Legosteine ändert, kannst du auch unter dem Tisch nachschauen, oder an einem anderen Platz in dem Raum, in dem du dich gerade befindest. Du musst solange suchen, bis du alle Legosteine gefunden hast.
- 📎 In einer Runde kann jemand zu Besuch kommen. Schreibe dann in die Tabelle „Besuchsrunde“.

#### **Runde 6:**

- 📎 Hole dir vom Lehrertisch eine Box. Sag den Kindern, sie sollen einige Legosteine in diese Box aufräumen. Du und der Vater könnt diese Box nicht öffnen. Gibt es trotzdem eine Möglichkeit, wie ihr die Anzahl der Legosteine in der Box herausfinden könnt? Am Lehrertisch gibt es dafür evtl. Hilfsmittel. Überlege gemeinsam mit deiner Gruppe und notiere euer Ergebnis.

#### **Runden 7-8:**

- 📎 Optional (ihr müsst diese Runden nicht spielen). Du hast dieselben Aufgaben wie in Runden 1-5.

## Anleitung für die „Kinder“

In diesem Spiel hast du die Rolle des „Kindes“ übernommen. Du bist brav und folgsam. Achte darauf, dass du den Anweisungen von deinen Spiel-„Eltern“ immer gleich befolgst. Im Folgenden erhältst du Aufgaben für die Spielrunden.



**Lies sie aufmerksam durch, damit du weißt, was du zu tun hast.**

Du darfst dich mit dem zweiten Kind absprechen. Haltet eure Aufgaben vor „Vater“ und „Mutter“ geheim.

### Deine Aufgaben



#### **Spielvorbereitung:**

- 📌 Besprich deine Aufgaben mit dem zweiten Kind.

#### **Runden 1&2:**

- 📌 Ihr bekommt vom Vater Legosteine. Gemeinsam mit dem zweiten „Kind“ spielst du mit den Legosteinen. Versuche einen Turm zu bauen, etc....
- 📌 Während dieser 2 Runden dürft ihr noch keine Legosteine verstecken.

#### **Runde 3:**

- 📌 Versteckt jetzt 2 Legosteine möglichst gut (aber so, dass die „Eltern“ eine Chance haben, sie zu finden). Ihr dürft dazu den Tisch nicht verlassen. Falls eure „Eltern“ länger als 1 Minute nach den Steinen suchen dürft ihr ihnen helfen.

#### **Runden 4 & 5:**

- 📌 In einer dieser Runden kommt ein „Besuchskind“ zu euch. Das Besuchskind bringt weitere Legosteine mit. Mischt diese Legosteine unter eure, ohne dass eure „Eltern“ es bemerken.
- 📌 In der anderen Runde dürft ihr keine Steine verstecken.
- 📌 Wenn das Besuchskind danach bei euch bleibt: Lasst es mitspielen.

#### **Runde 6:**

- 📌 Ihr bekommt jetzt von der „Mutter“ eine Box, in die ihr ein paar Legosteine „aufräumen“ könnt. Die „Eltern“ dürfen diese Box nicht öffnen. Hilf den „Eltern“ zu überlegen, wie sie trotzdem herausfinden können, wie viele Legosteine in der Box sind.

#### **Runden 7 & 8:**

- 📌 Optional (ihr müsst diese Runden nicht spielen). Versteckt in diesen Runden wieder mehrere Legosteine.

## Anleitung für die „Kinder“

In diesem Spiel hast du die Rolle des „Kindes“ übernommen. Du bist brav und folgsam. Achte darauf, dass du den Anweisungen von deinen Spiel-„Eltern“ immer gleich befolgst. Im Folgenden erhältst du Aufgaben für die Spielrunden.



### Lies sie aufmerksam durch, damit du weißt, was du zu tun hast.

Du darfst dich mit dem zweiten Kind absprechen. Haltet eure Aufgaben vor „Vater“ und „Mutter“ geheim.

### Deine Aufgaben



#### **Spielvorbereitung:**

- 📎 Besprich deine Aufgaben mit dem zweiten Kind.

#### **Runden 1&2:**

- 📎 Ihr bekommt vom Vater Legosteine. Gemeinsam mit dem zweiten „Kind“ spielst du mit den Legosteinen. Versuche einen Turm zu bauen, etc....
- 📎 Während dieser 2 Runden dürft ihr noch keine Legosteine verstecken.

#### **Runde 3:**

- 📎 Versteckt jetzt 2 Legosteine möglichst gut (aber so, dass die „Eltern“ eine Chance haben, sie zu finden). Ihr dürft dazu den Tisch nicht verlassen. Falls eure „Eltern“ länger als 1 Minute nach den Steinen suchen dürft ihr ihnen helfen.

#### **Runden 4 & 5:**

- 📎 In einer dieser Runden kommt ein „Besuchskind“ zu euch. Das Besuchskind bringt weitere Legosteine mit. Mischt diese Legosteine unter eure, ohne dass eure „Eltern“ es bemerken.
- 📎 In der anderen Runde dürft ihr keine Steine verstecken.
- 📎 Wenn das Besuchskind danach bei euch bleibt: Lasst es mitspielen.

#### **Runde 6:**

- 📎 Ihr bekommt jetzt von der „Mutter“ eine Box, in die ihr ein paar Legosteine „aufräumen“ könnt. Die „Eltern“ dürfen diese Box nicht öffnen. Hilf den „Eltern“ zu überlegen, wie sie trotzdem herausfinden können, wie viele Legosteine in der Box sind.

#### **Runden 7 & 8:**

- 📎 Optional (ihr müsst diese Runden nicht spielen). Versteckt in diesen Runden wieder mehrere Legosteine.

Tabelle für Notizen

Runde	Anzahl	Begründung
Runde 1		
Runde 2		
Runde 3		
Runde 4		
Runde 5		
Runde 6		
(Runde 7)		
(Runde 8)		

Strategie um herauszufinden, wie viele Legosteine in der Box sind:

---

---

---

---

---

## Anleitung für das „Besuchskind“

In diesem Spiel hast du die Rolle des „Besuchskindes“ übernommen. Im Folgenden erhältst du deine Aufgaben für die Spielrunden.



**Lies sie aufmerksam durch, damit du weißt was du zu tun hast.**

Du darfst dich mit den anderen Besuchskindern absprechen.

### Deine Aufgaben

#### **Spielvorbereitung:**

- 📌 Hole dir 4 gleichfarbige Legosteine vom Lehrertisch. Besprich mit den anderen Besuchskindern eure Aufgaben.

#### **Runden 1-3:**

- 📌 Gehe durch die Klasse und frage die anderen Gruppen immer wieder, in welcher Runde sie gerade sind.

#### **Runden 4 & 5:**

- 📌 „Besuche“ in Runde 3 die Gruppe, deren Legosteine dieselbe Farbe wie deine haben.
- 📌 Falls es 2 Gruppen mit derselben Farbe gibt: Besuche eine in Runde
- 📌 Spiele mit den „Kindern“ dieser Gruppe(n). Mische dabei deine Legosteine so unter die Steine der Gruppe, dass die „Eltern“ möglichst nichts mitbekommen. Die „Kinder“ dürfen es mitbekommen. Spielt dann zusammen mit allen Steinen in dieser Runde.
- 📌 Bring nach deiner letzten Besuchsrunde die 4 Legosteine zurück zum Lehrertisch. Du kannst nun bei einer der beiden Gruppen für den Rest des Spiels bleiben. Lass dir von den „Kindern“ dieser Gruppe ihre weiteren Aufgaben erklären.

Anhang C2 Kleingruppendiskussion zum Spiel

Besprecht nun miteinander:

- ? Blieb die Anzahl der Legosteine immer gleich?  
Findet gute Argumente für eure Entscheidung und begründet diese!
- ? Worüber könntet ihr diskutieren, wenn eure Lehrkraft die Behauptung aufstellt: „Die Anzahl der Legosteine (sie sind unzerstörbar) bleibt immer gleich, egal was ihr damit macht!“
- ? Welche Strategie findet ihr, um die Anzahl der Legosteine in einer verschlossenen Kiste zu bestimmen?



Anhang C3 Erklärungen finale Version

**Energieerhaltung**

- Im Spiel ist insgesamt die Anzahl der Legosteine immer gleich geblieben. Ihr habt gesagt, dass zwar Steine dazu- und weggekommen sind, aber dass das passiert ist, weil jemand sie dazu- gegeben oder versteckt hat. Sie waren insgesamt im Raum aber immer noch da. Wenn etwas immer gleich viel bleibt, dann nennt man es in der Physik **konstant**. Die Anzahl der Legosteine bleibt also konstant.

Moderationskarte konstant (gleich viel) wird aufgeklebt

- Die Legosteine, die wir in diesem Spiel verwendet haben, die sollen die **Energie** in unserem System darstellen. Die Energie bleibt auch immer konstant, also gleich viel, so wie die Legosteine.

Moderationskarte Energie aufgeklebt

- Die Legosteine sind also ein **Symbol**, sie sind aber nicht wirklich Energie. Wir hätten auch etwas anderes als Symbol verwenden können.

Moderationskarte ≠ Legosteine wird aufgeklebt

- Was ist jetzt also Energie? **Wir wissen nicht genau, was Energie ist**. Aber wir können zum Beispiel die Legosteine als Vorstellungshilfe verwenden, weil sie genauso konstant ist.

Moderationskarte = ??? wird aufgeklebt

- Dass die Energiemenge genauso wie die Anzahl der Legosteine konstant bleibt heißt auch **Energieerhaltung**.

Moderationskarte Energieerhaltung wird aufgeklebt

- Das heißt also, die Energiemenge bleibt immer gleich. Energieerhaltung heißt, dass die Energiemenge konstant bleibt. So wie die Anzahl der Legosteine in unserem Spiel.
- Wir wissen zwar nicht, was Energie genau ist. Aber wir wissen, dass Energie für sehr viele Dinge wichtig ist. Wir können sie nicht sehen, aber wir können die Energie, die etwas oder jemand hat **berechnen**. So wie ihr die Anzahl der Legosteine im Becher berechnet habt, obwohl ihr die Steine nicht sehen oder berühren konntet.

Moderationskarte Zahl (kann man berechnen) wird aufgeklebt

- Und wir wissen auch, das hat man herausgefunden, dass diese Zahl, die Energiemenge, **immer gleich** bleibt, also konstant, wie die Anzahl der Legosteine.
- Also, Energieerhaltung heißt, wir haben in unserem System immer gleich viel Energie. Die kann nicht weniger oder mehr werden, so wie unsere Legosteine sich nicht auflösen oder einfach so entstehen. Sie kann nur den Ort wechseln, z.B. wie ein Legostein ins Versteck kommt, oder sie kann von einer Form in eine andere umgewandelt werden. Es gibt nämlich viele **verschiedene Formen** von Energie, ich hab hier z.B. die Wärmeenergie und die Bewegungsenergie aufgeschrieben. Ihr kennt aber bestimmt noch mehr Arten.

Moderationskarte Wärmeenergie, Bewegungsenergie, ... wird aufgeklebt

- Das bedeutet für uns, dass die Energie an verschiedenen Orten sein kann, so wie die Legosteine. Wir müssen also den ganzen Ort **genau untersuchen**, ich hab das genau hinschauen genannt, man kann Energie ja nicht sehen, das meint also, wir müssen alles genau untersuchen, damit wir die gesamte Energie finden.

Moderationskarte genau hinschauen wird aufgeklebt

### Zum System:

- Im Spiel war dieser Ort der Tisch, und dazu gehörten auch die Eltern und die zwei Kinder. In der Physik nennen wir so einen Bereich, in dem sich das, was wir beobachten, abspielt, ein **System**.

Moderationskarte „System“ aufgeklebt

- Was gehörte also ganz am Anfang zu unserem System, in dem sich die Legosteine aufgehalten haben? Antwort: Vater, Mutter, Kinder, Tisch

Moderationskarte Eltern + 2 Kinder aufkleben

- In diesem System waren dann die Legosteine enthalten.
- Um was mussten wir das System dann in den weiteren Spielrunden erweitern, als Steine versteckt wurden und mitgebracht wurden, damit wir wieder alle Steine finden können? Antwort: Versteck, Besuchskind

Moderationskarten Versteck, Besuchskind aufkleben, Hinweis, dass das alles in der Klasse, um die Karten Eltern + 2 Kinder, Versteck & Besuchskind mit Kreide Kästchen malen

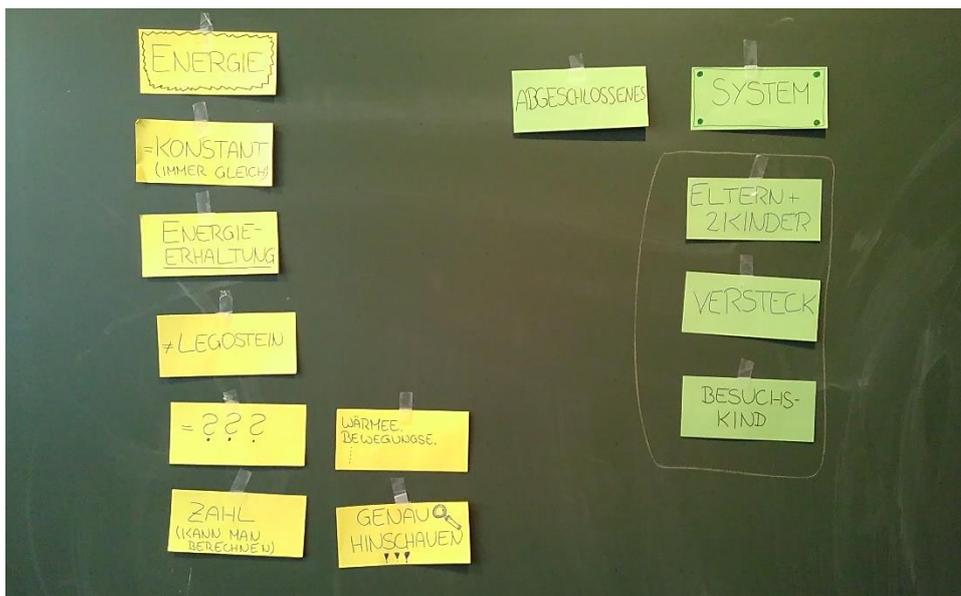
- In der Physik brauchen wir manchmal für unsere Beobachtungen und Berechnungen so ein System, in das nichts hinein- oder hinaus kann. So, als ob wir die Klassentür und die Fenster zu machen und deshalb keine Legosteine hinaus- oder hineinkönnen. Das nennen wir dann ein **abgeschlossenes System**, wenn nichts hinaus und hineinkann.

Moderationskarte abgeschlossenes wird aufgeklebt (vor System)

- So ein abgeschlossenes System ist nützlich für unsere Berechnungen, aber in echt gibt es eigentlich immer einen Austausch. Das ist also etwas, das wir annehmen, weil es für uns einfacher ist.
- Möglichkeit für Fragen der Schüler\*innen

Dann: Beispiele: Tischtennisball, Pendel -> Was gehört zum System, wie groß ist die Gesamtenergie zu verschiedenen Zeitpunkten, wenn wir an die Erklärung denken?

#### Anhang C4 Tafelbild Erklärung



#### Anhang C5 Erklärung Erstversion

##### Erklärung

##### Zum System:

- Im Spiel war es wichtig, überall nachzuschauen, wenn wir alle Legosteine finden wollten. Manchmal waren alle Steine auf dem Tisch, manchmal musset ihr z.B. auch unter dem Tisch schauen. In der Physik nennen wir so einen Bereich, in dem sich das, was wir beobachten, abspielt, ein **System**.

Moderationskarte „System“ aufgeklebt

- Was gehörte also ganz am Anfang zu unserem System, in dem sich die Legosteine aufgehoben haben? Antwort: Vater, Mutter, Kinder, Tisch

Moderationskarte Eltern + 2 Kinder aufkleben

- Um was mussten wir das System dann in den weiteren Spielrunden erweitern, als Steine versteckt wurden und mitgebracht wurden, damit wir wieder alle Steine finden können? Antwort: Versteck, Besuchskind

Moderationskarten Versteck, Besuchskind aufkleben, Hinweis, dass das alles in der Klasse, um die Karten Eltern + 2 Kinder, Versteck & Besuchskind mit Kreide Kästchen malen

- In der Physik brauchen wir manchmal für unsere Beobachtungen und Berechnungen so ein System, in das nichts hinein oder hinaus kann. So, als ob wir die Klassentür und die Fenster zu machen und deshalb keine Legosteine hinaus- oder hineinkönnen. Das nennen wir dann ein **abgeschlossenes System**, wenn nichts hinaus und hineinkann.

Moderationskarte abgeschlossenes wird aufgeklebt (vor System)

- So ein abgeschlossenes System ist nützlich für unsere Berechnungen, aber in echt gibt es eigentlich immer einen Austausch. Das ist also etwas, das wir annehmen, weil es für uns einfacher ist.

## Energieerhaltung

- Jetzt kommen wir dazu, was das Spiel mit **Energie** zu tun hat

Moderationskarte Energie aufgeklebt

- Die Legosteine, die wir in diesem Spiel verwendet haben, die sollen die Energie in unserem System darstellen. Die Legosteine sind also ein **Symbol**, sie sind aber nicht wirklich Energie. Wir hätten auch etwas anderes als Symbol verwenden können.

Moderationskarte ≠Legosteine wird aufgeklebt

- Was ist jetzt also Energie? **Wir wissen nicht genau, was Energie ist.**

Moderationskarte =??? wird aufgeklebt

- Aber wir wissen, dass Energie für sehr viele Dinge wichtig ist. Wir können sie nicht sehen, aber wir können die Energie, die etwas oder jemand hat **berechnen**.

Moderationskarte Zahl (kann man berechnen) wird aufgeklebt

- Und wir wissen auch, das hat man herausgefunden, dass diese Zahl, die Energiemenge, **immer gleich** bleibt. Mit einem physikalischen Fachwort sagt man, sie ist **konstant**. Konstant heißt also, die Energie bleibt immer gleich.

Moderationskarte =konstant (immer gleich) wird aufgeklebt

- Und dass die Energiemenge immer konstant, also gleich viel bleibt, das nennt man auch die **Energieerhaltung**

Moderationskarte Energieerhaltung wird aufgeklebt

- Also, Energieerhaltung heißt, wir haben in unserem System immer gleich viel Energie. Die kann nicht weniger oder mehr werden, so wie unsere Legosteine sich nicht auflösen oder einfach so entstehen. Sie kann nur den Ort wechseln, z.B. wie ein Legostein ins Versteck kommt, oder sie kann von einer Form in eine andere umgewandelt werden. Es gibt nämlich viele **verschiedene Formen** von Energie, ich hab hier z.B. die Wärmeenergie und die Bewegungsenergie aufgeschrieben. Ihr kennt aber bestimmt noch mehr Arten.

Moderationskarte Wärmeenergie, Bewegungsenergie, ... wird aufgeklebt

- Das bedeutet für uns, dass die Energie an verschiedenen Stellen im System sein kann. Wir müssen also alle Teile des Systems **genau untersuchen**, ich hab das genau hinschauen genannt, man kann Energie ja nicht sehen, das meint also, wir müssen alles genau untersuchen, damit wir die gesamte Energie im System finden.

Moderationskarte genau hinschauen wird aufgeklebt

➔ Möglichkeit für Fragen der Schüler\*innen

Dann: Beispiele: Tischtennisball, Pendel -> Was gehört zum System, wie groß ist die Gesamtenergie zu verschiedenen Zeitpunkten, wenn wir an die Erklärung denken?

## Anhang D Unterrichtsplanung & Fragebogen Vorwissen

### Anhang D1 Unterrichtsplanung Version 1

Zeit	Inhalt + Methode	Material
5-10'	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vorstellung der Lehrperson &amp; des Themas der nächsten beiden Unterrichtsstunden (Spiel zur Energieerhaltung)</li> <li>2. Abklären des Vorwissens über Energie Methode: Fragebogen (Einzelarbeit): Habt ihr in der Schule oder anderswo schon etwas zu Energie gehört? Wenn ja, was?</li> </ol>	Kopien Fragebogen
40'	Spiel zur Energieerhaltung <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erklärung des Spiels durch Lehrperson (5')</li> <li>2. Gruppeneinteilung (abzählen) (5')</li> <li>3. Verteilen der Rollen, Zeit sich alles durchzulesen, Fragemöglichkeit bei Unklarheiten (10')</li> <li>4. Spiel (20')</li> </ol>	Legosteine/ Bauklötze/ Jengasteine/ Mühlesteine/ Mensch Ärgere Dich Nicht – Figuren/ Würfelzucker/ ...  Spielanleitungen  Undurchsichtige Boxen/Sackerl

Zeit	Inhalt + Methode	Material
5'	Reminder an letzte Stunde durch Lehrperson (falls keine Doppelstunde)	
15-20'	Diskussion und Lösung der Aufgaben in den Kleingruppen, dabei wird die Diskussion aufgenommen (mit den Smartphones der SuS) (10-15')  Anschl. Besprechung der Ergebnisse im Plenum (5')	Aufgabenstellung (Kopien)  Smartphones  Computer zum Überspielen d. Aufnahmen
10'	Konnex Spiel – Energieerhaltung Methode: Input durch Lehrperson (+Möglichkeit für SuS, sich durch Wortmeldungen zu beteiligen)  Besprechung von: System (von SuS: Beispiele für System im Spiel?) Analogie zur Energieerhaltung nach Feynman  Siehe dazu Dokument „Zusatzmaterial“	Moderationskarten mit wichtigsten Stichworten zu System und Energieerhaltung (Werden während Erklärung an Tafel gesammelt)
15-20'	Einzelarbeit: Lösen der Fragebögen	Fragebögen

## Anhang D2 Unterrichtsplanung Version 2

Zeit	Inhalt + Methode	Material
5-10'	3. Vorstellung der Lehrperson & des Themas der nächsten beiden Unterrichtsstunden (Spiel zur Energieerhaltung) 4. Abklären des Vorwissens über Energie Methode: Fragebogen (Einzelarbeit): Habt ihr in der Schule oder anderswo schon etwas zu Energie gehört? Wenn ja, was?	Kopien Fragebogen
40'	Spiel zur Energieerhaltung 5. Erklärung des Spiels durch Lehrperson (5') 6. Gruppeneinteilung (abzählen) (5') 7. Verteilen der Rollen, Zeit sich alles durchzulesen, Fragemöglichkeit bei Unklarheiten (5') 8. Spiel (25')	Legosteine/ Bauklötze/ Jengasteine/ Mühlesteine/ Mensch Ärgere Dich Nicht – Figuren/ Würfelzucker/ ...  Spielanleitungen  Undurchsichtige Boxen/Sackerl

Zeit	Inhalt + Methode	Material
5'	Reminder an letzte Stunde durch Lehrperson (falls keine Doppelstunde)	
10'	Diskussion von Fragestellungen zum Spiel in den Kleingruppen oder zu zweit (5') Anschl. Besprechung der Ergebnisse im Plenum (5')	Aufgabenstellung (Kopien)
10'	Konnex Spiel – Energieerhaltung Methode: Input durch Lehrperson (+Möglichkeit für SuS, sich durch Wortmeldungen zu beteiligen)  Besprechung von: System (von SuS: Beispiele für System im Spiel?) Analogie zur Energieerhaltung nach Feynman  Siehe dazu Dokument „Zusatzmaterial“	Moderationskarten mit wichtigsten Stichworten zu System und Energieerhaltung (Werden während Erklärung an Tafel gesammelt)
10'	Besprechung zu zweit: Wie funktioniert das bei einem Tischtennisball? Was ist das System hier? Wie geht hier die Energieerhaltung? Dann selbe Fragen zu Pendel	Tischtennisball & Pendel zum Veranschaulichen
15'	Einzelarbeit: Lösen der Fragebögen	Fragebögen

Anhang D3 Fragebogen Vorwissen

Nummer:                      Klasse:                      Alter:                      Geschlecht: m / w / x

Beantworte bitte kurz (Sätze oder Stichworte): Hast du in der Schule oder anderswo schon etwas über Energie gehört? Wenn ja, wo & was?

Wo?	Was? (Inhalt/Thema)

Anhang E Fragebogen

Anhang E1 Fragebogen Pilotversion

**Fragebogen zum Legospiel „Energie“**

Fülle bitte diesen Fragebogen aus. Pro Frage genügen 2-3 Sätze als Antwort. Versuche deine Antworten zu begründen. Deine Antworten werden nicht bewertet, sondern helfen mir, diese Unterrichtseinheit zu evaluieren. Danke für deine Teilnahme!

1. Wie kannst du Energieerhaltung beschreiben?

---

---

2. Was ist ein abgeschlossenes System? Und warum ist das im Zusammenhang mit Energieerhaltung wichtig?

---

---

3. Du hebst einen Stein vom Boden auf und lässt ihn wieder fallen. Was kannst du über die Gesamtenergie im Vergleich von vorher und nachher sagen? Begründe deine Antwort.

---

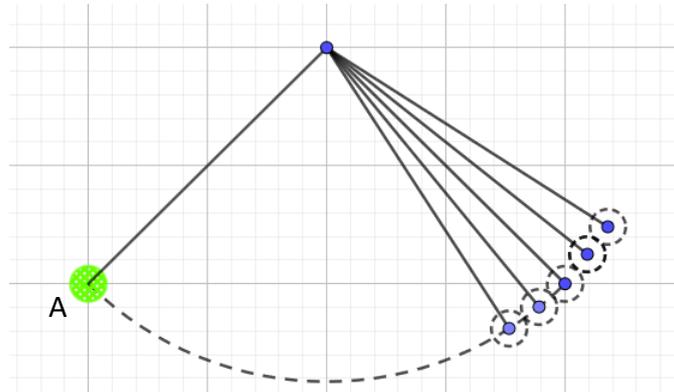
---

4. Ein Liter Milch mit der Temperatur 80°C und ein Liter Milch mit der Temperatur 20°C werden zusammengemischt. Die Mischung hat dann eine Temperatur von 50°C. Was kannst du über die thermische Energie der warmen und der kalten Milch sowie der Mischung sagen? Begründe deine Antwort.

---

---

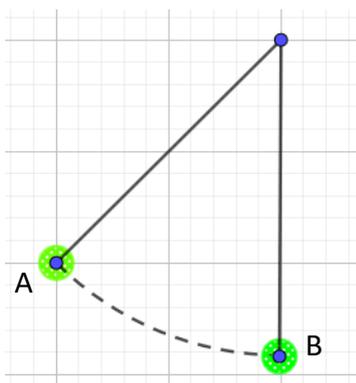
5. Ein Pendel wird zum Punkt A ausgelenkt (siehe Abbildung) und dann losgelassen. Wie weit schwingt das Pendel auf der anderen Seite aus, wenn es keinen Luftwiderstand und keine Reibung gibt? Markiere das „richtige“ Pendel in der Abbildung. Schreibe eine kurze Begründung für deine Einschätzung.



---

---

6. Ein Pendel wird ausgelenkt. In Punkt A hat es eine Lageenergie  $L=100\text{J}$ , seine Bewegungsenergie beträgt  $0\text{J}$ . Dann wird das Pendel losgelassen und schwingt. In Punkt B beträgt die Lageenergie  $0\text{J}$ , wie groß ist die Bewegungsenergie? Warum?



---

---

---

---

Anhang E2 Fragebogen Version 1

**Fragebogen zum Legospiel „Energie“**

Fülle bitte diesen Fragebogen aus. Pro Frage genügen **1-2 Sätze als Antwort**. Versuche, **wie eine Physikerin/ ein Physiker** zu antworten und deine Antworten zu **begründen**. Deine Antworten werden nicht bewertet, sondern helfen mir, diese Unterrichtseinheit zu evaluieren. Danke für deine Teilnahme!

1. Beschreibe, was für dich die wichtigsten Aussagen des „Legospiels“ sind.

---

---

2. a) Beschreibe den Begriff „Energieerhaltung“ mit deinen eigenen Worten. Gib dazu auch ein Beispiel an.

---

---

- c) Erkläre kurz, was du unter dem Begriff „Energie“ verstehst.

---

---

3. Erkläre, was du unter einem „abgeschlossenen System“ verstehst. Begründe dessen Wichtigkeit im Zusammenhang mit der Energieerhaltung.

---

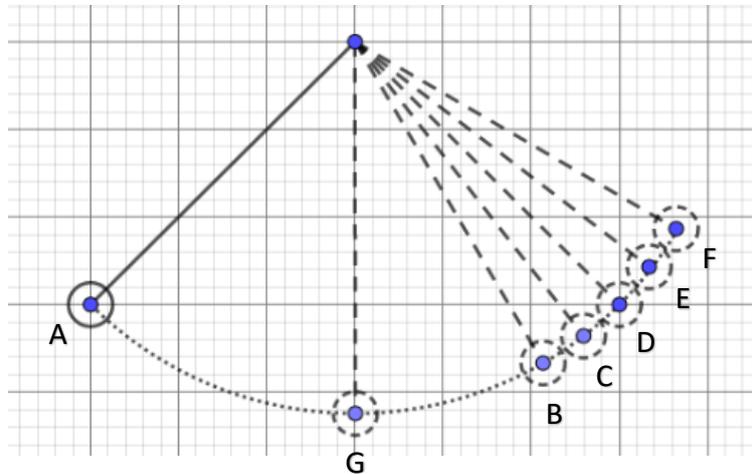
---

4. Bob hält einen Stein in der Hand und lässt ihn auf den Boden fallen. Ist die Gesamtenergie des Systems Bob-Stein-Boden am Ende größer, kleiner oder gleich groß im Vergleich zum Anfang? \_\_\_\_\_ Begründe deine Antwort in 1-2 Sätzen.

---

---

5. Ein Pendel wird bis zum Punkt A ausgelenkt und dann losgelassen (das heißt, man nimmt den grünen Ball, zieht ihn bis zu Punkt A und lässt ihn dann los).



- a) Wie weit schwingt das Pendel auf der anderen Seite aus, wenn es keinen Luftwiderstand und keine Reibung gibt? Welcher Buchstabe bezeichnet das „richtige“ Pendel? \_\_\_\_\_

Begründe deine Antwort in 1-2 Sätzen

---

---

- b) Ist die Gesamtenergie in Punkt G (durch den das Pendel schwingt) im Vergleich zu Punkt A (wo das Pendel zu schwingen beginnt) größer, kleiner oder gleich groß?

---

---

---

Anhang E3 Fragebogen Version 2

**Fragebogen zum Legospiel „Energie“**

Fülle bitte diesen Fragebogen aus. Pro Frage genügen **1-2 Sätze als Antwort**. Versuche, **wie eine Physikerin/ ein Physiker** zu antworten und deine Antworten zu **begründen**. Deine Antworten werden nicht bewertet, sondern helfen mir, diese Unterrichtseinheit zu evaluieren. Danke für deine Teilnahme!

1. Beschreibe, was für dich die wichtigsten Aussagen des „Legospiels“ sind.

---

---

2. a) Beschreibe den Begriff „Energieerhaltung“ mit deinen eigenen Worten. Gib dazu auch ein Beispiel an.

---

---

- c) Erkläre kurz, was du unter dem Begriff „Energie“ verstehst.

---

---

3. Erkläre, was du unter einem „abgeschlossenen System“ verstehst. Begründe dessen Wichtigkeit im Zusammenhang mit der Energieerhaltung.

---

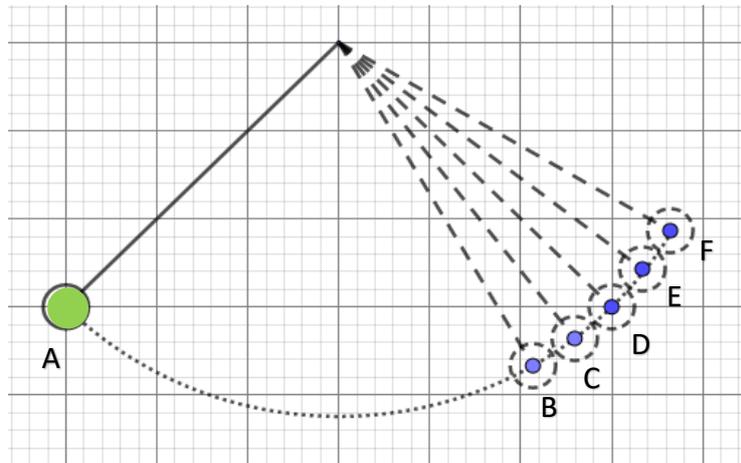
---

4. Bob hält einen Stein in der Hand und lässt ihn auf den Boden fallen. Ist die Gesamtenergie des Systems Bob-Stein-Boden am Ende größer, kleiner oder gleich groß im Vergleich zum Anfang? \_\_\_\_\_ Begründe deine Antwort in 1-2 Sätzen.

---

---

5. Ein Pendel wird bis zum Punkt A ausgelenkt und dann losgelassen (das heißt, man nimmt den grünen Ball, zieht ihn bis zu Punkt A und lässt ihn dann los).



d) Wie weit schwingt das Pendel auf der anderen Seite aus, wenn es keinen Luftwiderstand und keine Reibung gibt? Welcher Buchstabe bezeichnet das „richtige“ Pendel? \_\_\_\_\_

Begründe deine Antwort in 1-2 Sätzen.

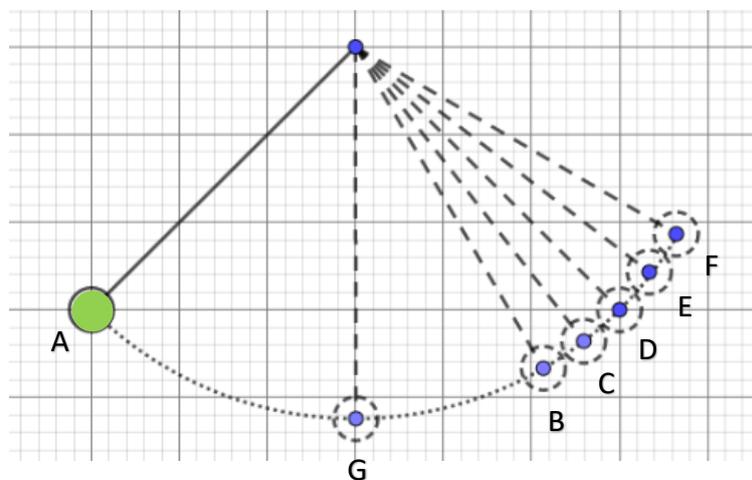
---



---

e) Ist die Gesamtenergie in Punkt G (durch den das Pendel schwingt) im Vergleich zu Punkt A (wo das Pendel zu schwingen beginnt) größer, kleiner oder gleich groß?

---



Begründe deine Antwort in 1-2 Sätzen.

---

## Anhang E4 Codierung Fragebogen

## Codierung Frage 1

Code	Definition	Codierregel	Beispiele
<b>0a</b>	Keine Antwort	Es steht keine Antwort/eine durchgestrichene Antwort/? als Antwort	???
<b>0b</b>	Weiß die Aussage nicht	Keine Ahnung/ Ich weiß es nicht kommen in der Antwort vor	Keine Ahnung, I don't know, Ich weiß es nicht
<b>0c</b>	Frage nicht verstanden/Unvollständige Antwort	Die SuS geben eine unpassende od. unvollständige Antwort/ die Antwort, dass die Frage nicht verstanden wurde	Ich verstehe das mit den „Aussagen“ nicht, Stop! Los baut!,
<b>1</b>	Beschreibung des Spiels/Einer Tätigkeit im Spiel/Des Spielaufbaus	Die SuS beschreiben allgemein den Spielablauf, die Spielregeln oder eine Tätigkeit im Spiel bzw. des Settings	zählen, verstecken, Vater sein und Kinder anschimpfen Dass mehrere Legosteine auf dem Tisch waren.
<b>2</b>	Spaß/Spiel	In der Antwort werden Spiel/spielen, Spaß oder Spaß am Lernen genannt	Spaß, Spaß am Lernen, Der Spaß und das Wissen, Spaß haben?
<b>3a</b>	Anzahl der Legosteine allgem.	Die Anzahl der Legosteine wird erwähnt, aber ohne Hinweis auf Konstanz oder Veränderung (Wort Legosteine erwähnt oder nicht erwähnt), verschwinden & wiederauftauchen werden genannt	Die Anzahl der Legosteine.
<b>3b</b>	Änderung der Anzahl der Legosteine	Die Änderung der Anzahl der Legosteine wird als Antwort gegeben (ohne Bezug zu Energie, auch ohne Erwähnung des Wortes Legosteine)	Dass die Anzahl der Legosteine sich verändert
<b>3c</b>	Konstanz der Anzahl der Legosteine	Die Antwort beinhaltet die Konstanz der Anzahl der Legosteine oder die Änderung am Tisch aber die Konstanz im Raum, ohne Bezug zu Energie. (auch ohne Erwähnung des Wortes Legosteine)	Es bleiben immer gleich viele Legosteine. Die Anzahl im Raum bleibt, aber auf dem Tisch werden es mehr oder weniger
<b>3d</b>	Ort(swechsel) der Legosteine	Legosteine sind „da“, oder woanders kommt in der Antwort vor/ Der Aufenthaltsort wird genannt (u.U. im Zusammenhang mit einer Veränderung), die Akteure werden im Zusammenhang mit der Veränderung genannt, dazukommen & wegnehmen genannt	Es sind nicht immer alle Legosteine da.

<b>4a</b>	Legosteine als Symbol für Energie/Erklärung durch das Spiel	Legosteine als Symbol für Energie genannt/Lernen über Energie anhand der Legosteine/des Spiels kommt in der Antwort vor	Dass die Legosteine Energie darstellen sollen. Man bekommt durch das Spiel Energie erklärt
<b>4x</b>	Legosteine = Energie	Die Legosteine werden in der Antwort mit Energie gleichgesetzt oder die Energie „in“ Legosteinen wird als wichtigste Aussage genannt.	Dass in Legosteinen Energie ist. Legosteine sind Energie
<b>5a</b>	<b>Energieerhaltung &amp; Konstanz der Steine</b>	<b>Die Konstanz der Anzahl der Legosteine und die Konstanz der Energie werden in einen Zusammenhang gebracht.</b>	<b>Dass in der Klasse immer gleich viele Legosteine waren. Es ist auch immer gleich viel Energie (Konstante Energie).</b>
<b>5x</b>	Energieänderung & Varianz der Legosteine	Eine Änderung der Anzahl der Legosteine wird mit einer Energieänderung in Verbindung gebracht	Die Legosteine verschwinden. Energie kann auch verschwinden.
<b>6a</b>	Energieerhaltung	Die Energieerhaltung wird genannt (ohne Erwähnung von unmittelbaren Erkenntnissen aus dem Spiel)	Energie kann nicht verschwinden. Energie kann sich nicht auflösen.
<b>6b</b>	Energietransport/ Energieumwandlung statt Energieverbrauch	Energietransport oder Energieumwandlung werden in der Antwort genannt.	Die Energie kann nicht in einem System verloren gehen, sie wird immer nur umgewandelt wenn sie „verloren“ scheint.
<b>6c</b>	Energieänderung	„Energie“ und ein Wort, das Veränderung bedeutet, kommen vor.	Die Energie ist verschieden
<b>6d</b>	Energieeigenschaften	Andere Eigenschaften von Energie als die Erhaltung kommen in der Antwort vor.	Man kann Energie nicht sehen. Man kann Energie berechnen.
<b>6x</b>	Energieerzeugungsvorstellung	In der Antwort ist von Energieerzeugung die Rede	Energie kann körperlich erzeugt werden. (Arbeit)

**Codierung Frage 2a**

<b>Code</b>	<b>Definition</b>	<b>Codierregel</b>	<b>Beispiele</b>
<b>0a</b>	Keine Antwort	Es steht keine Antwort am Fragebogen oder die Antwort ich weiß es nicht/habe die Frage nicht verstanden/	
<b>0b</b>	unvollständige/unpassende Antwort	Die Antwort passt nicht zur Frage oder ist unvollständig (es ist nicht erkennbar, was gemeint ist)	Energieerhaltung
<b>0c</b>	nicht verstanden	Es wird artikuliert, dass Energieerhaltung nicht verstanden wurde.	Ich habe das nicht verstanden.

<b>0d</b>	Antwort unverständlich	Die Antwort bleibt mir (Autorin) unverständlich	Die Haltung der Energie bleibt nicht immer gleich
<b>1</b>	Beispiele für Energieformen	Es werden Beispiele für Energieformen gegeben, ohne Bezug zur Energieerhaltung	Wärme, Technik, Bewegung
<b>2</b>	Erhaltung als Produktion/Erzeugung	Die Herstellung/Produktion von Energie wird in der Antwort beschrieben.	Ein Windrad produziert Energie.
<b>3</b>	Stromsparen	Energieerhaltung wird mit Stromsparen assoziiert.	Man sollte wenig Strom verwenden.
<b>4</b>	„neutrales“ Erhalten	Das Erhalten von Energie kommt vor, allerdings ohne Erklärung. Es ist unklar, ob „erhalten“ die Beständigkeit oder ein „Bekommen“ meint.	Man erhält Energie
<b>5</b>	Speichervorstellung	Die Antwort enthält das Speichern von Energie (evt.: Batterie wird erwähnt)	Energieerhaltung heißt man speichert Energie, man lässt sie nicht gehen. z.B. eine Batterie erhält Energie und speichert sie
<b>6</b>	Energietransport	Energie wird „abgegeben“, z.B. von einer Batterie	Eine Batterie wird leer und sie leitet sich zum Gegenstand, in dem die Batterie ist
<b>7</b>	Verharren im abgeschlossenen System	Die SuS argumentieren mit dem System/ „Ort“	Die Energie immer in einem Raum bleibt.
<b>8</b>	Energieerhaltung	Die Antwort beinhaltet das Nichtverschwinden/Erhaltenbleiben von Energie.	Die Energie kann nie verschwinden/verbraucht werden.
<b>9</b>	Allgemeingültigkeit	Die Allgemeingültigkeit der Energieerhaltung wird erwähnt.	Die Energieerhaltung bleibt immer

### Codierung Frage 2b

<b>Code</b>	<b>Definition</b>	<b>Codierregel</b>	<b>Beispiele</b>
<b>0</b>	Keine Antwort	Die SuS geben keine Antwort/ Ich weiß nicht/ nicht verstanden.	Ich habe es nicht verstanden. ?
<b>1a</b>	Energie als Kraft	In der Antwort kommt vor, dass Energie mit Kraft gleichgesetzt wird/ als eine Kraft bezeichnet wird.	Eine bestimmte Kraft.
<b>1b</b>	Entstehungs-/Verbrauchsvorstellung	Die SuS beschreiben Energie als etwas, das entsteht/produziert werden kann.	Wenn etwas verbrennt entsteht Energie.

<b>2a</b>	Energie = Legosteine/Gegenstand	Legosteine werden mit Energie gleichgesetzt.	Energie beschreibt Gegenstände (z.B. Energie = Legosteine)
<b>2b</b>	Energie = abgeschlossenes System	In der Antwort werden Energie und das abgeschlossene System gleichgesetzt.	Energie ist ein abgeschlossenes System.
<b>3a</b>	Energie = Strom/Elektrizität	In der Antwort setzen die SuS Energie und Elektrizität/Strom gleich.	Energie ist Strom.
<b>3b</b>	Energie als Antrieb für Bewegungen	Die SuS beschreiben Energie als Voraussetzung von Bewegungen	Energie braucht man, um sich zu bewegen.
<b>3c</b>	Energieformen	Die SuS zählen mehrere Beispiele von Energieformen auf	Energie ist z.B. Wärme, Strom,
<b>4a</b>	Rolle der Energie im Alltag	Energie wird als für den Alltag wichtig beschrieben, die Bedeutung für die Menschen wird betont	Energie spielt in unserem Leben eine wichtige Rolle.
<b>4b</b>	Allgegenwärtigkeit	Die SuS beschreiben in ihrer Antwort, dass Energie immer und überall „da“ ist.	Energie ist überall.
<b>5</b>	Energie als konstante Größe	Die Konstanz der Energie wird in der Antwort erwähnt.	Die Energie ist konstant. Energie kann nicht verschwinden.
<b>6</b>	Energie als abstrakte Größe, Ursache	Unsichtbarkeit/Unklarheit, was Energie ist/dass sie über Auswirkungen feststellbar ist, wird beschrieben	Energie ist für mich eine Art des „daseins“ die in verschiedenen Formen vorkommt. Man weiß nicht genau was Energie ist. Man kann sie nicht sehen.

### Codierung Frage 3

<b>Code</b>	<b>Definition</b>	<b>Codierregel</b>	<b>Beispiele</b>
<b>0</b>	Keine verwertbare Antwort	Es steht keine Antwort da/ Die SuS antworten mit „weiß nicht“/„nicht verstanden“	Ich habe es nicht verstanden. Ich weiß es nicht.
<b>1a</b>	Unendlichkeit	Das a. S. wird als unendlich beschrieben.	Ein System das kein Ende hat.
<b>1b</b>	Rolle	Das a. S. wird mit einer Rolle aus dem Spiel gleichgesetzt.	Ist die wichtigste Rolle. Also sowas wie Vater.
<b>2</b>	Tautologie	Das abgeschlossene System wird als abgeschlossenes System erklärt.	Wenn es abgeschlossen ist.
<b>3</b>	Nur Energie betreffend	Es wird als System erklärt, in dem keine Energie dazu/wegkommt.	Dass halt Energie erhalten bleibt. Energie kann nicht raus oder rein.
<b>4</b>	Beispiel aus dem Spiel	Es wird ein Beispiel für ein System aus dem Spiel gegeben.	Ein abgeschlossenes System waren z.B. die Eltern und die Kinder.

<b>5a</b>	Keine Veränderung	Es wird erklärt, dass sich in einem a.S. nichts verändert.	... wenn man nichts mehr verändert.
<b>5b</b>	Bekanntheit aller Daten	Es kommt vor, dass wir alles über das System wissen.	Über ein abgeschlossenes System wissen wir alles.
<b>6</b>	Abgeschlossenheit	In der Antwort kommt vor, dass nichts hinaus oder hinein kann.	Wenn nichts reinkommt u. nicht rauskommt.

## Codierung Frage 4

Code	Definition	Codierregel	Beispiele
<b>0</b>	Keine Antwort	Es steht keine Antwort da/ Die SuS antworten mit „weiß nicht“/„nicht verstanden“	Ich habe es nicht verstanden. Ich weiß es nicht.
<b>1a</b>	kleiner	Mit/ohne Begründung wird als Antwort kleiner gegeben.	
<b>1b</b>	größer	Mit/ohne Begründung wird als Antwort größer gegeben.	
<b>2a</b>	gleich groß o.B.	Gleich groß wird als Antwort gegeben, die Begründung fehlt.	Wenn es abgeschlossen ist.
<b>2b</b>	gleich groß a.B.	Gleich groß wird als Antwort gegeben, mit einer Begründung, in der die Energie nicht vorkommt.	Gleich groß, weil der Stein schwer ist.
<b>3</b>	gleich groß + Energieerhaltung	Gleich groß wird als Antwort gegeben, in der Erklärung kommt die Energieerhaltung vor („ändert sich nicht“, „bleibt gleich“)	...weil die Energie immer gleich ist. ...Energie muss immer konstant bleiben.

## Codierung Frage 5a

Code	Definition	Codierregel	Beispiele
<b>0a</b>	Keine Antwort/Weiß nicht	Es steht keine Antwort da/ Die SuS antworten mit „weiß nicht“/„nicht verstanden“	Ich habe es nicht verstanden. Ich weiß es nicht.
<b>0b</b>	Unklare Antwort	Es werden mehrere Antworten gegeben, es gibt keine Begründung aus der hervorgeht, wie das gemeint ist.	?? G oder A, bis F oder E.
<b>1a</b>	Man kann es nicht Wissen.	In der Antwort wird angegeben, dass man das nicht wissen kann.	Man kann das nicht wissen. Es kommt darauf an wie stark man das Pendel anstößt.
<b>1b</b>	Kein Punkt aber Erklärung	Es wird kein Punkt angegeben aber eine Erklärung, was passiert (nicht korrekt).	Es würde sich länger drehen.
<b>1c</b>	A	A (Stillstand) wird angegeben, mit oder ohne Begründung	A
<b>2a</b>	B, C, G	Es wird ein Pendel angegeben, das niedriger ausschwingt als D.	C

<b>2b</b>	E m.B.	E mit der Begründung, das Pendel würde langsamer/verliere Schwung.	E, weil es Schwung verliert
<b>2c</b>	D, dann Verzögerung	Es wird D angegeben und in der Begründung steht, dass das Pendel beim ersten Mal bis zu D ausschwingt, dann aber langsamer wird.	D, Weil es genau zum selben Punkt schwingt und sich dann verlangsamt.
<b>3a</b>	E	E wird ohne Begründung angegeben	E
<b>3b</b>	F	F wird angegeben, ohne Begründung	F
<b>3c</b>	F m.B.	F wird angegeben mit einer Begründung, in der das „Höher-schwingen“, Ungebremstheit, größter Abstand vorkommt.	F, weil es ja ohne Luftwiderstand am höchsten fliegt
<b>4a</b>	D o.B.	D wird angegeben oder markiert, die Begründung fehlt.	D
<b>4b</b>	D m.B. ohne E.	D wird angegeben, die Begründung ist korrekt aber Energieerhaltung kommt nicht vor.	Weil D auf dem Strich von A ist/ Es ist immer gleichmäßig/ Das Pendel kann nur so weit schwingen, wie es auch weggezogen wurde...
<b>4c</b>	F m.B. gleich	F wird angegeben, mit der Begründung, dass das gegengleich zu A sei. Die Energie kommt in der Erklärung nicht vor.	F, wenn man es auf der anderen Seite loslässt pendelt es gegengleich.
<b>5a</b>	F richtig + Energie	F, mit der Begründung dass die Energie gleich bleibt und F wird in der Antwort als auf derselben Höhe wie A identifiziert.	F, Weil die Energie gleich bleibt schwingt es wieder bis zum Lagepunkt
<b>5b</b>	D, erklärt mit Energieerhaltung	D wird angegeben, in der Begründung kommt vor, dass die Energie gleich bleibt und das Pendel deshalb immer gleich hoch schwingt.	D, weil keine Energie verloren geht. Deswegen schwingt das Pendel immer gleich.

**Codierung Frage 5b**

Code	Definition	Codierregel	Beispiele	Antworten
<b>0a</b>	Keine Antwort/Weiß nicht	Es steht keine Antwort/eine durchgestrichene Antwort/? als Antwort/ Ich weiß es nicht/ keine Ahnung kommt vor.	???	

<b>0b</b>	unverständliche Antwort	Die Antwort ist der Forscherin nicht verständlich/ passt nicht zur Frage oder es ist ein mögliches Pendel in der Zeichnung markiert.	Nein, weil die Energie gleich bleibt. B, weil es der kleinste Abstand ist.
<b>1</b>	größer	Es wird größer als Antwort gegeben. In der Begründung kommt „Schwung“ (Bewegung) vor.	Größer, weil das Pendel Schwung hat.
<b>2a</b>	gleich groß o.B.	Es wird gleich groß als Antwort gegeben, eine Begründung fehlt.	gleich groß
<b>2b</b>	gleich groß m. B. ohne E.	Es wird gleich groß als Antwort gegeben, in der Begründung kommt die Energie nicht vor.	Spaß, Spaß am Lernen, Der Spaß und das Wissen, Spaß haben?
<b>3</b>	gleich groß m. Energie	Es wird gleich groß als Antwort gegeben. Als Begründung wird die Energieerhaltung angeführt.	gleich groß, Begründung: Energie immer gleich (konstant)

## Anhang F Interviews

## Anhang F1 Interviewleitfaden Version 1

Interventionen	Erwartete Vorstellungen	Bemerkungen
<b>Einstiegsimpuls</b>		
<b>Beschreibe mir bitte, was für dich Energie ist.</b>	Energie ist... unsichtbar, immer gleich, man sieht die Auswirkungen, was man für Bewegung braucht, Strom, Licht, Wärme, ...	Ev. nach Beispielen fragen, Verweis auf Spiel: Sind die Legosteine Energie?
<b>Erstimpuls Energieerhaltung</b>		
<b>Beschreibe einmal, was dir zur Energieerhaltung einfällt.</b>	Energieerhaltung bedeutet... Energiemenge bleibt gleich, Energie kann nicht verbraucht oder erzeugt werden, umwandelbar, Bezug zu Spiel	Beispiele geben lassen.
<b>Weiterführende Impulse im Gespräch</b>		
<b>Nachfrage: Du hast gesagt, „die Energiemenge bleibt gleich“. Gib ein Beispiel, wo das gilt.</b>	Abgeschlossenes System genannt	Ggf umformulieren: Gilt die Energieerhaltung immer?
<b>Wenn jetzt jemand sagt „Wir müssen Energie sparen, wir verbrauchen zu viel Energie.“ Was würdest du als Physiker*in, nachdem wir darüber gesprochen haben, dazu sagen? Was heißt da Energie verbrauchen?</b>	Umwandlung von Energie	Ggf weiter nachfragen, auch „Erzeugung“ von Energie einbringen („Windräder produzieren Energie“) Ev. Grafik zum Verständnis, Abb dann auch erklären (auch zur Doppelung)
<b>Tischtennisball: Ich habe hier diesen Tischtennisball. Kannst du mir voraussagen, was passiert, wenn ich ihn auf den Boden werfe?</b>	Hüpft so hoch wie er zuvor hochgehoben wurde.	Hinweis, dass hier auch Energieumwandlung. Zum System gehört nicht nur der Ball, auch der Boden. Beispiel zur Energieerhaltung
<b>Applet Skateboarder (Phet): Screenshot von Skateboarder in Halfpipe. Du hast gesagt, die Energie bleibt immer gleich groß. Wenn der Skateboarder in die Halfpipe hinunterfährt und wir sagen, es gibt keinen Luftwiderstand und keine Reibung, wie hoch müsste er also auf der anderen Seite wieder hinauf kommen?</b>	Gleich hoch wie er auf der einen Seite gestanden ist.	In Screenshot einzeichnen lassen Applet dann ausprobieren lassen, mit und ohne Reibung Phet colorado -> Energie html 5  Reibung: Bsp Hände reiben wenn nötig

## Anhang F2 Interviewleitfaden Version 2

Interventionen	Erwartete Vorstellungen	Bemerkungen
<b><i>Einstiegsimpuls</i></b>		
<b>Beschreibe mir Bitte, was für dich die wichtigsten Aussagen des Spiels sind? Was ist beim Spiel herausgekommen?</b>	Es gab immer gleich viele Legosteine./ Energie bleibt immer gleich viel./ Wenn nichts hinaus und nichts rein kann, muss die Anzahl der Legosteine/Energie gleich bleiben.	Ev. Reformulieren und erinnern: Was habt ihr in der Gruppe gemacht? Was war da das Wichtigste?
<b><i>Erstimpuls Energie</i></b>		
<b>Beschreibe mir bitte, was für dich Energie ist.</b>	Energie ist... unsichtbar, immer gleich, man sieht die Auswirkungen, was man für Bewegung braucht, Strom, Licht, Wärme, ...	Ev. nach Beispielen fragen
<b><i>Erstimpuls Energieerhaltung</i></b>		
<b>Beschreibe einmal, was dir zur Energieerhaltung einfällt.</b>	Energieerhaltung bedeutet... Energiemenge bleibt gleich, Energie kann nicht verbraucht oder erzeugt werden, umwandelbar, Bezug zu Spiel	Beispiele geben lassen. Ev. Nachfragen: Kannst du mir das noch einmal mit einem Beispiel erklären? Ich habe noch nicht ganz verstanden wie du das meinst. Oder: Fällt dir dazu etwas aus der Stunde ein, wie man das erklären kann?
<b><i>Weiterführende Impulse im Gespräch</i></b>		
<b>Nachfrage: Du hast gesagt, „die Energiemenge bleibt gleich“. Gib ein Beispiel, wo das gilt.</b>	Abgeschlossenes System genannt	Ggf umformulieren: Gilt die Energieerhaltung immer?
<b>Wenn jetzt jemand sagt „Wir müssen Energie sparen, wir verbrauchen zu viel Energie.“ Was würdest du als Physiker*in, nachdem wir darüber gesprochen haben, dazu sagen? Was heißt da Energie verbrauchen?</b>	Umwandlung von Energie	Ggf weiter nachfragen, auch „Erzeugung“ von Energie einbringen („Windräder produzieren Energie“) Ev. Grafik zum Verständnis, Abb dann auch erklären (auch zur Doppelung)
<b>Tischtennisball: Ich habe hier diesen Tischtennisball. Kannst du mir voraussagen, was passiert, wenn ich ihn auf den Boden werfe?</b>	Hüpft so hoch wie er zuvor hochgehoben wurde.	Hinweis, dass hier auch Energieumwandlung. Zum System gehört nicht nur der Ball, auch der Boden. Beispiel zur Energieerhaltung Nachfrage: Fällt dir aus der Stunde dazu etwas ein, wie man das erklären könnte?
<b>Applet Skateboarder (Phet): Screenshot von Skateboarder</b>	Gleich hoch wie er auf der einen Seite gestanden ist.	In Screenshot einzeichnen lassen

<p><b>in Halfpipe. Du hast gesagt, die Energie bleibt immer gleich groß. Wenn der Skateboarder in die Halfpipe hinunterfährt und wir sagen, es gibt keinen Luftwiderstand und keine Reibung, wie hoch müsste er also auf der anderen Seite wieder hinauf kommen?</b></p>		<p>Applet dann ausprobieren lassen, mit und ohne Reibung Phet colorado -&gt; Energie html 5</p> <p>Reibung: Bsp Hände reiben wenn nötig</p>
--	--	---

Anhang F3 Transkripte

Anhang F3.1 Transkript Interview 1

- 1 I: - Gut, ähm, danke dass du das Interview mit mir machst  
2 S: Ja, gerne.  
3 I: Dass du mir hilfst. Und wie gesagt es ist alles anonym.  
4 S: Ja.  
5 I: Ah und deshalb es wird auch nicht bewertet deshalb wär's super wenn du mir einfach alles antwor-  
6 test was dir dazu einfällt  
7 S: Okay.  
8 I: Genau. Es gibt keine richtigen und falschen Antworten.  
9 S: Hm.  
10 I: Kannst du mir bitte gleich am Anfang mal beschreiben was für dich jetzt Energie ist?  
11 S: Energie ist für mich, ähm, Strom sozusagen. Elektrizität – oder Licht. Für mich ist einfach Energie  
12 Licht. –  
13 I: Und, ähm, hat das was mit dem Spiel zu tun was wir gespielt haben?  
14 S: Kann das eben nicht sagen weil ich das Spiel nie richtig verstanden hab, aber sonst könnte es schon  
15 sein. –  
16 I: Okay. Kannst du, gibt's noch andere Beispiele für Energie außer Strom?  
17 S: Energie das der Mensch hat, also wenn man energiegeladen ist oder – ja Licht ist Energie oder  
18 wenn ein Auto fährt - - -  
19 I: Okay, und, ähm, sind jetzt die Legosteine Energie?  
20 S: - Ähm –  
21 I: Mit denen wir gespielt haben  
22 S: - Ähm, pff – naja, wenn, weiß ich eigentlich nicht. –  
23 I: Okay. Fällt dir was zur Energieerhaltung ein, kannst du mir das beschreiben?  
24 S: - Wenn man etwas macht das die Energie, halt dass da halt Energie entsteht.  
25 I: Okay. - Zum Beispiel?  
26 S: - Wenn ich jetzt einen Tischtennisball fal fallen lasse dass da halt Energie entsteht wenn er dann  
27 wieder aufprallt.  
28 I: Mhm. Und da entsteht Ener, das heißt es wird mehr Energie?  
29 S: Es wird mehr Energie.  
30 I: Versteh ich das richtig?  
31 S: Ja.  
32 I: Okay. Hast du da noch Beispiele dazu?  
33 S: Ähm. - - Also die Energie wenn man ein Licht ein und ausschaltet. -  
34 I: Mhm. - - - Okay, und, ähm, wie ist das jetzt bei dem Pendel? - Ähm, wir hatten ja ein Beispiel mit  
35 dem Pendel. [Pendel wird hervorgeholt]  
36 S: Ja.  
37 I: Auch zum Test. Und wenn da, wenn ich das hier loslasse, wie weit glaubst du wird es zur einen  
38 Seite dann ausschwingen?  
39 S: Also, es geht wieder zurück. Es ist auf der gleichen Seite. -  
40 I: Auf der gleichen, hm, Seite?  
41 S: Der gleichen Höhe.  
42 I: Auf der gleichen Höhe? Okay, kannst du das mit Energie irgendwie begründen?

- 43 S: Ja die Energie wenn man's mit der Hand halt, ein wie einen Schub halt gibt dass es sich – pendelt. -  
44 -  
45 I: Und ist die Energie dann wenn's auf der Seite ist größer oder kleiner oder gleich groß wie auf der  
46 Seite?  
47 S: Es ist eigentlich gleich groß.  
48 I: Okay, und wenn's in der Mitte ist, da haben wir gesagt da hat's eine andere Form von Energie –  
49 S: Ja dann, kann sich's halt irgendwie bewegen.  
50 I: Wenn wir jetzt sagen hier hat's Lageenergie und, hier hat's nur Lageenergie keine Bewegungsener-  
51 gie, und hier hat's nur Bewegungsenergie keine Lageenergie, wie groß ist dann die Bewegungsener-  
52 gie hier im Vergleich zur Lageenergie dort?  
53 S: Weniger.  
54 I: Weniger? – Warum?  
55 S: Weil sich's halt nicht so stark bewegt dass wenn man von dort mehr runterlasst. -  
56 I: Okay. - Und beim Tischtennisball da hast du, das ist auch ein Beispiel dafür, da hast du gesagt da  
57 entsteht Energie.  
58 S: Ja wenn ich's halt fallen lass. – Dann - - dann prallt er halt auf. Entsteht Energie.  
59 I: Hm. Kannst du dich an die Erklärung erinnern, die wir, mit der Energie und mit dem System?  
60 S: Hm - - - nicht wirklich. –  
61 I: Okay. Ähm, und wenn du den Ball jetzt so in deiner Hand hältst, hat er dann auch Energie?  
62 S: Naja er bewegt sich trotzdem. Also, eigentlich schon.  
63 I: Muss sich etwas bewegen damit es Energie hat?  
64 S: Ja. - - -  
65 I: Also kann auch, würdest du sagen etwas Unbewegtes kann Energie haben?  
66 S: - - Hm, auch eigentlich, weil zum Beispiel der Stuhl, der steht da ganz genau und der macht einfach  
67 nichts, und wie soll dann Energie drin sein? - -  
68 I: Das heißt, der hätte jetzt Energie wenn er sich bewegen würde?  
69 S: Ja. - -  
70 I: Okay. – Ähm. - - Du hast das sicher schon einmal gehört, wenn - , wenn Politiker sagen, wir müssen  
71 Energie sparen, weil wir brauchen zu viel Energie.  
72 S: Ja.  
73 I: Was würdest du sagen, was, was heißt Energie verbrauchen in diesem Zusammenhang?  
74 S: Wenn man zum Beispiel  
75 I: Zum Beispiel hier haben wir eine Grafik zu Energieverbrauch. [Grafik wird gezeigt]  
76 S: Ja wenn man halt zu lang, wenn man zum Beispiel aus dem Haus geht sollte man auch das Licht ab-  
77 drehen weil sonst zu viel Energie verbraucht wird, vom Strom oder auch Wasser, wenn das läuft dass  
78 was man abstellen kann.  
79 I: Und was heißt jetzt Energie verbrauchen?  
80 S: Dass es halt immer weniger von der Energie wird.  
81 I: Also Energie wird weniger.  
82 S: Ja. –  
83 I: Ich hab noch ein anderes Beispiel – [Bild des Skateboarders in der Halfpipe wird gezeigt] wir haben  
84 jetzt hier einen Skateboarder in einer Halfpipe, und der, wenn der jetzt hier losgelassen wird, und  
85 nun sagen wir mal es gäbe keine Reibung, wie hoch würde der dann auf der anderen Seite wieder  
86 nach oben kommen?  
87 S: - Eigentlich auch wieder da.  
88 I: Da wo er gestartet ist? Also,

- 89 S: Ja  
90 I: Auf gleicher Höhe?  
91 S: Ja.  
92 I: Okay, kannst du mir dafür eine Begründung geben?  
93 S: Weil es geht dann, so viel Schub hat, wenn man ihn da anstoßt, dann fährt er genauso und geht  
94 halt immer so weiter. Weil's, weil' wenn er wenig, wenn er langsamer wird, wird er halt nur noch  
95 ganz unten sein.  
96 I: Also wird er dann langsamer mit der Zeit?  
97 S: Ja.  
98 I: Und wenn wir sagen es gibt keine Reibung, wird er dann auch langsamer?  
99 S: - - - Ja.  
100 I: Sagt das was, Reibung?  
101 S: Mm.  
102 I: Reibung ist zum Beispiel wenn ich meine Hände so aneinander reibe, dann wird das irgendwie  
103 warm. Und das ist die Reibung, die dafür verantwortlich ist.  
104 S: Ja aber er würde sowieso langsamer werden.  
105 I: Warum?  
106 S: Weil es nur einen bestimmten An, es nur eine bestimmte Anzahl von Schub hat.  
107 I: Kannst du mir dafür eine Begründung geben, in der Energie vorkommt?  
108 S: Wenn man mehr verbrauchen von der Energie dann wird's auch langsamer dadurch. –  
109 I: Okay. (hustet) Ja, dankeschön, das war's mit meinen Fragen. Möchtest du noch irgendwas sagen,  
110 irgendwas anmerken das nicht vorgekommen ist?  
111 S: Nein.  
112 I: Oder vielleicht auch was zum Spiel, was hätte dir geholfen damit du es besser verstehst?  
113 S: Keine Ahnung, ich hab's nicht verstanden.  
114 I: Und was genau? Die Erklärung nicht, oder die Anleitung vom Spiel?  
115 S: Die Anleitung, weil, und den Sinn nicht. –  
116 I: Okay, hätte man das irgendwie noch besser machen können?  
117 S: Weiß ich selbst eigentlich gar nicht, weil ich hab's eben nicht verstanden mit den Fragen, und weg-  
118 nehmen, und wiederaufbauen – hab's nicht richtig verstanden.  
119 I: Okay, gut dann Dankeschön. Ich stoppe die Aufnahme.

### *Anhang F3.2 Transkript Interview 2*

- 1 I: Okay. Also, danke dass du dich bereiterklärt hast mir das Interview zu geben. Wie gesagt, es ist al-  
2 les anonym.  
3 S: Okay.  
4 I: Es wird dann für meine Arbeit verwendet und du würdest mir voll helfen wenn du einfach alles  
5 sagst was dir zu den Fragen einfällt. Okay?  
6 S: Okay.  
7 I: Es wird nix bewertet, es gibt kein richtig und falsch, einfach nur sagen was dir einfällt.  
8 S: Okay.  
9 I: Super. Also, als erstes, ähm. Hätte ich bitte gerne dass du mir jetzt einmal beschreibst was für dich  
10 Energie ist.  
11 S: - Ähm - - Soll ich sagen - - - Ähm - - - Hm.  
12 I: Wenn du zum Beispiel zurückdenkst an das Legospiel, hat das was mit Energie zu tun?  
13 S: Ähm, ja. – Es hat, ja das hat mit Energie zu tun halt. - - Ähm - - -

- 14 I: Kannst du mir ein Beispiel geben, was das mit Energie zu tun hat?  
15 S: Ja, also, ähm, dass Energie verschwindet einfach nicht so. Es bleibt immer, also, da, ähm, es bleibt  
16 halt immer an einem Ort, - und es kann nicht verschwinden oder so.  
17 I: Und, würdest du sagen die Legosteine sind Energie oder was haben die Legosteine damit zu tun?  
18 S: Ja die Legosteine sind, halt als Energie dargestellt. Ja. –  
19 I: Und in echt, ist das in echt auch, sind Legosteine in echt auch Energie?  
20 S: - Hm, nein.  
21 I: Und, was fällt dir jetzt zu Energieerhaltung ein? Fällt dir da was ein?  
22 S: - Eigentlich nicht so viel.  
23 I: Aber hast du den Begriff schon gehört?  
24 S: - - Nein. - -  
25 I: Okay. Ähm, - also du hast vorher gesagt die Energie muss immer gleich viel bleiben.  
26 S: Ja.  
27 I: Kann nicht verschwinden oder, und nicht, kannst du mir dafür ein Beispiel geben, dass Energie  
28 nicht verschwindet?  
29 S: - - Ähm, also – zu elektrischer, oder einfach nur zu Energie?  
30 I: Was dir einfällt.  
31 S: Jaaa - - zum Beispiel - - äh, Elektrizität, zitat, es bleibt zum Beispiel da drin, und wenn es keinen Weg  
32 raus gibt bleibt es einfach immer da drinnen. Und kann nicht verschwinden.  
33 I: Was bleibt drin?  
34 S: Ja, das was halt da drin war. Ohne Leitung nach draußen bleibt es immer drinnen. - - -  
35 I: Und, wenn jetzt jemand zum Beispiel sagt, ein Politiker, dass wir Energie sparen müssen, weil wir  
36 zu viel Energie verbrauchen, was würdest du jetzt als Physiker zu dieser Aussage sagen? Weil wir das  
37 ja jetzt schon in Physik schon gemacht haben. - -  
38 S: Hm, ich würd sagen - das stimmt ein bisschen weil jeder Mensch braucht, äh, verbraucht eigentlich  
39 zu viel Energie. Eigentlich könnten äh sie mehr sparen, weil äh einige Sachen ist eigentlich unnötig,  
40 und ja.  
41 I: Und was würdest du zu dem Satz sagen, wir verbrauchen zu viel Energie? - - Stimmt das wenn man  
42 jetzt als Physiker denkt?  
43 S: Na ein bisschen. Es stimmt schon – sehr gut. Dass wir zu viel Energie verbrauchen. - - Es stimmt so  
44 halb.  
45 I: Was meinst du mit so halb?  
46 S: Weil, äh - - - wir verschwenden zu viel Energie, das stimmt, aber, ja. Manche ver, manche ver-  
47 schwenden echt zu viel Energie und manche halt nicht.  
48 I: Du hast jetzt das Wort verwendet verschwenden, findest du verschwenden und verbrauchen ist  
49 das gleiche da?  
50 S: - - Nein. - -  
51 I: Würdest du sagen man kann Energie verbrauchen?  
52 S: Ja. –  
53 I: Und gibt's, was ist der Unterschied für dich zwischen verschwenden und verbrauchen?  
54 S: Äh, verschwenden ist halt, dass unnötig, äh das halt so unnötig für was ausgeben und äh ver-  
55 schwenden ist halt für äh gewiss rauszugeben.  
56 I: Ähm, kannst du dich an vorhin an das Beispiel erinnern mit dem Tischtennisball?  
57 S: - Ja.  
58 I: Wenn ich jetzt den Tischtennisball hab, und den, den halte. [Tischtennisball wird verwendet]  
59 S: Ja.

- 60 I: Und dann lass ich ihn wieder auf den Boden fallen. Was passiert da mit der Energie? Wo ist Ener-  
61 gie? Und was muss man miteinbeziehen?  
62 S: - - am Boden ist halt Energie.  
63 I: Hm? - -  
64 S: Kann mich nicht so gut erinnern. -  
65 I: Okay. Und wenn wir jetzt sagen, du hast vorhin ja einmal gesagt die Energie kann nicht verbraucht  
66 werden, muss gleich viel bleiben.  
67 S: Ja.  
68 I: Also kann nicht, kann nicht verschwinden.  
69 S: Ja.  
70 I: - Wenn ich den jetzt fallen lasse, und das gilt dass die Energie nicht verschwinden kann, wie hoch  
71 muss der dann wieder hinaufhüpfen?  
72 S: - Circa – gleich groß oder mindestens die Hälfte.  
73 I: Okay. - - Sollen wir's mal ausprobieren?  
74 S: Ja.  
75 I: - - Stimmt das was du gesagt hast?  
76 S: Ja. Ja, er ist. Ja.  
77 I: Warum ist er denn nicht ganz gleich hinauf?  
78 S: Äh, ja weil auch etwas von der Energie dann verbraucht wird.  
79 I: Verbraucht?  
80 S: Ja.  
81 I: Okay. - - Und, was gehört jetzt da zu dem System dazu, über das wir mal geredet haben?  
82 - - - -  
83 I: Kannst du dich daran erinnern? - - -  
84 (Unverständlich)  
85 S: Ich kann mich nicht so gut erinnern. Ich kann allgemein nicht mich immer so gut erinnern.  
86 I: Okay. Ähm, ich hab jetzt noch ein anderes Beispiel. – Und zwar hab ich hier ein Bild von einem  
87 Skateboarder, hier. Der steht hier in einer Halfpipe. [Bild von Skater wird hergezeigt]  
88 S: Ja.  
89 I: Und, wenn wir jetzt mal annehmen es gibt da keinen Luftwiderstand und keine Reibung. Hast du  
90 vielleicht schon einmal gehört von Reibung, ja?  
91 S: Ja.  
92 I: Wenn's das nicht gibt, wie hoch glaubst du würde er auf der anderen Seite wieder hinaufkommen  
93 wenn er einfach nur so runterrollt, ohne Anschlag zu haben. Wenn wir ihn hier loslassen, runterrol-  
94 len, wie hoch würde er auf der anderen Seite kommen?  
95 S: - - Mmmh, circa, hier oder hier.  
96 I: Wo?  
97 S: Hier circa.  
98 I: In diesem Bereich.  
99 S: Ja.  
100 I: Okay. Und – ähm, Moment, kannst du mir das kurz – markieren - - Moment - - - ich muss noch den  
101 Stift suchen - - - - - wo würdest du jetzt, oder einfach nur den Stift hinlegen -  
102 S: Okay - - - hier.  
103 I: Hier? –  
104 S: Ja. –

- 105 I: Okay. - - - Sollen wir es mal ausprobieren? Ich habe ein Applet, da kann man das ausprobieren.  
106 [Applet wird am PC gestartet]  
107 S: Ja.  
108 I: - - - Das muss hier sein. - - Okay, ich nehm' ihn jetzt mal.  
109 S: Okay.  
110 I: Und geb ihn hierher.  
111 S: Ja.  
112 I: Und jetzt lass ich einfach los, okay?  
113 S: Okay. - - -  
114 I: Stimmt das mit deiner Vorhersage überein?  
115 S: - Nicht so genau.  
116 I: Okay. Was beobachtest du jetzt, wie hoch er fährt?  
117 S: Gleich so hoch wie er äh circa die Höhe wo er gestartet ist.  
118 I: Mhm, machen wir noch ein Raster dazu dann sieht man's besser. - - Ja.  
119 S: Ja.  
120 I: Was sagt dir das jetzt? Kannst du damit was anfangen? Passt das zu dem über was wir heute ge-  
121 sprochen haben in der Stunde?  
122 S: - - - Ja. (unverständlich) –  
123 I: Kannst du das begründen, warum's dazu passt?  
124 S: - - Nicht so. - - -  
125 I: Okay.  
126 S: Ja, darum.  
127 I: So wenn wir jetzt eine Reibung dazu nehmen, Reibung ist Energieumwandlung, da haben wir ganz  
128 kurz drüber gesprochen. Wenn wir jetzt die Reibung dazu haben, was passiert dann?  
129 S: Äh – dann bleibt er bisschen tiefer. Also, nicht so hoch.  
130 I: Warum, gibt's dafür einen Grund?  
131 S: Äh, wenn Reibung halt entsteht wird er halt langsamer.  
132 I: Okay. Und könntest du das mit der Energie begründen? - - - Schau ma uns das an.  
133 S: Mhm.  
134 I: Ist das so wie du es vorausgesagt hast?  
135 S: Ja. –  
136 I: Okay. - - - Auf dem Fragebogen hatten wir dann auch noch das Beispiel mit dem Pendel. Kannst du  
137 dich erinnern was du da als Antwort gegeben hast? - - Wie hoch das hinaufschwingt auf der anderen  
138 Seite? - - - [Pendel wird gezeigt]  
139 S: Hm.  
140 I: Schwingt das höher, tiefer, gleich hoch?  
141 S: Bisschen, äh es wird ein bisschen langsamer und schwingt bis, immer bisschen tiefer.  
142 I: Und warum?  
143 S: - Ähm - -, weil er halt durch, - wenn halt Luft, halt immer langsamer wird. –  
144 I: Und gibt's dafür wieder eine Begründung wo die Energie vorkommt? - - - - - Fällt dir keine ein?  
145 S: Nein.  
146 I: Okay. – Ja das waren eigentlich schon meine Fragen. Gibt's noch irgendwas worüber wir jetzt nicht  
147 geredet haben was du noch wichtig findest? – Im Zusammenhang mit dem Spiel oder Energie, Ener-  
148 gieerhaltung?  
149 S: - - Hm, nein. - - Nein.  
150 I: Okay. – Dann danke dir. Dann stoppe ich mal die Aufnahme.

## Anhang F3.3 Transkript Interview 3

- 1 I: Also, danke dass du dich bereiterklärst hast dass du das Interview mit mir machst, wie gesagt es ist  
2 alles anonym und es wird auch nicht bewertet, deshalb wär es super wenn du mir einfach alles sagst,  
3 was dir einfällt zu den Fragen.
- 4 S: Okay.
- 5 I: Okay? – Ja, das erste ist einmal, kannst du mir bitte beschreiben was für dich Energie ist?
- 6 S: Also Energie ist eigentlich, also es spielt eine wichtige Rolle im Leben, da, also es ist -, damit kann  
7 man Licht erzeugen und so, also – ja.
- 8 I: Okay. Kannst du mir Beispiele für Energie geben, außer Licht?
- 9 S: Ähm, glaub nicht. –
- 10 I: Ähm, hat das Legospiel was damit, was wir gespielt haben, mit Energie zu tun?
- 11 S: Also - - -
- 12 I: Hat das was mit Energie zu tun?
- 13 S: - Naja, es ist halt – ich – glaub nicht - - -
- 14 I: Okay. Ähm, fällt dir was zu Energieerhaltung ein, hast du das Wort schon einmal gehört?
- 15 S: Nein.
- 16 I: Und wenn du jetzt zurückdenkst, an die Stunde die wir hatten?
- 17 S: Also das ist halt ein geschlossenes System ist. Und da sind dann Bausteine halt, dass, halt dass es  
18 halt zwei Eltern gibt und dem halt, mit den Bausteinen, dass halt, hm, also es ist im Raum erhalten  
19 die Bausteine, nur sind halt immer gleich viele, nur, sie sind versteckt. - - Also wenn es in einem ge-  
20 schlossenen System ist, sind sie trotzdem immer noch da, aber wenn man dann ein paar weggibt,  
21 dann sind's halt weniger. –
- 22 I: Okay, und hat das was mit Energie zu tun?
- 23 S: Ja, da, weil das kann man halt dann anders, genau wie bei uns jetzt ohne Legobausteine, wenn die,  
24 wenn man in einem Raum ist, ist gleich viel Energie im Raum. –
- 25 I: Und du hast gesagt es ist gleich viel Energie, kannst du mir da ein Beispiel geben, wo es gleich viel  
26 Energie bleibt? - - -
- 27 I: Okay, wenn jetzt zum Beispiel ein Politiker sagt wir müssen Energie sparen weil wir verbrauchen zu  
28 viel Energie, was würdest du als Physikerin dazu sagen, dass der sagt Energieverbrauch?
- 29 S: Eigentlich, wenn man, also wenn man aus dem Haus raus geht und das Licht anmacht ist das ja  
30 auch wiederum Energieverbrauch.
- 31 I: Also kann man Energie verbrauchen?
- 32 S: Ja, schon. Hm.
- 33 I: Okay. Aber du hast grad vorher gesagt, die Energie im System ist gleich viel. Passt das dann dazu,  
34 das Energieverbrauch?
- 35 S: Ne, eigentlich nicht. - -
- 36 I: Okay, wenn wir jetzt zurückdenken an das Beispiel mit dem Pendel, wie war das denn beim Pen-  
37 del? [Pendel wird gezeigt]
- 38 S: Also wenn man das so loslässt, dann ist das in der Mitte – also es ist immer gleich viel.
- 39 I: Gleich viel was?
- 40 S: Energie eigentlich. –
- 41 I: Und, ähm. – also wenn ich's hier hab oder hier hab oder hier hab ist immer gleich viel?
- 42 S: Ja.
- 43 I: Und wie ist das bei einem Tischtennisball? [Tischtennisball wird gezeigt]

- 44 S: Wenn man das fallen, also da zu, zum System gehört die Hand, der Tischtennisball und der Boden  
45 oder der Tisch, je nachdem wo man das macht. –
- 46 I: Und wie ist das hier mit der Energie?
- 47 S: Also ich glaub dass, dass wenn man den Ball runterfällt, dass es halt die Energie halt im Ball steckt  
48 und dass es auch deshalb abprallt. Noch ein paar Mal.
- 49 I: Und wird die Energie da weniger oder mehr oder bleibt sie gleich.
- 50 S: Ich glaub, dann nachdem es ein paar mal abgeprallt ist wird sie weniger.
- 51 I: Okay. Die Energie im ganzen System?
- 52 S: Ja. Also nicht im ganzen System. - -
- 53 I: Sondern wo?
- 54 S: Also wenn man den Ball halt runterfällt dass es dann halt am Boden abprallt und dann wird's wie-  
55 der gleich viel.
- 56 I: Gleich viel was?
- 57 S: Energie. - -
- 58 I: Okay, nach dem Abprall, oder während dem Abprall?
- 59 S: Nach dem Abprall.
- 60 I: Wird's wieder gleich viel?
- 61 S: Ja.
- 62 I: Ja? – Und du sagst wie hoch fliegt der Ball dann wieder hinauf?
- 63 S: Eigentlich bis zur Hälfte.
- 64 I: Und wieso nicht wieder ganz hinauf?
- 65 S: Weil's dann zu wenig Energie ist.
- 66 I: Um ganz hinauf zu kommen? Und was passiert mit der Energie?
- 67 S: Die wird immer langsamer und langsam weniger.
- 68 I: Okay, und, aber du hast vorher gesagt das muss gleich viel sein, geht die dann irgendwohin die  
69 Energie, oder verschwindet die?
- 70 S: Ne die bleibt immer da.
- 71 I: Okay. Und, ähm, wo muss man dann noch schauen.
- 72 S: Man kann Energie nicht sehen.
- 73 I: Okay, das stimmt. Was müsste man noch untersuchen? - - - Damit man die gesamte Energie wie-  
74 derfindet?
- 75 S: - - Weiß ich nicht.
- 76 I: Okay, gut, und ich hab noch ein anderes Beispiel. - - Weil – wenn wir zum Beispiel einen Skater neh-  
77 men, der in der Halfpipe steht. [Bild vom Skater in der Halfpipe wird gezeigt]
- 78 S: Ja.
- 79 I: Und er ist hier oben.
- 80 S: Okay.
- 81 I: Du, ähm, da hast du vorher beim Tischtennisball gesagt das, das System ist die Hand und der Ball  
82 und der Boden. Was ist denn hier das System?
- 83 S: Halt die Bahn
- 84 I: Und was noch?
- 85 S: Das Skateboard und der Skateboarder.
- 86 I: Okay, das heißt ähm, - die drei Sachen muss man im Blick behalten. – und die drei Sachen muss  
87 man untersuchen.
- 88 S: Ja.

- 89 I: Okay. Und wenn der jetzt hier losgelassen wird und runterfährt und auf der anderen Seite wieder  
90 rauf, wenn wir jetzt sagen es gibt keine Reibung, wie weit müsste der dann auf der anderen Seite  
91 wieder rauf kommen.  
92 S: Eigentlich – da. –  
93 I: Da? Weißt du was Reibung heißt?  
94 S: Nein.  
95 I: Reibung ist das, wenn man so reibt, dann wird's warm.  
96 S: Ja.  
97 I: Das gibt's normalerweise immer, wenn man fährt zum Beispiel gibt's eine Reibung und es gibt eine  
98 Rollreibung. Wenn's jetzt die Reibung gibt, wie weit muss der dann fahren?  
99 S: - - - Eigentlich, mit dem Schwung was er hat könnte er schon bis daher.  
100 I: Aha, wenn wir jetzt sagen es gibt keine Reibung und es wird nix warm oder wenn wir sagen es gibt  
101 Reibung?  
102 S: Es gibt, ähm, Reibung?  
103 I: Dann kommt er hier rauf?  
104 S: Ja.  
105 I: Und ohne Reibung?  
106 S: Würde er vielleicht bis daher kommen.  
107 I: Okay. Und kannst du mir das irgendwie mit Energie begründen?  
108 S: - - Mm. –  
109 I: Okay. Dann probieren wir's mal aus. - - - (unverständlich, PC an Strom angeschlossen) [Applet wird  
110 gestartet]  
111 I: Ich hab hier den Skateboarder, und den können wir da anschauen. – Und ich stell ihn jetzt da her  
112 und lass ihn einfach los, okay? - - Und das ist jetzt ohne Reibung. - - Passt das dazu was du vorherge-  
113 sagt hast?  
114 S: - Mm.  
115 I: Okay, kann da, fällt dir dazu eine Begründung ein, warum das nicht dazupasst?  
116 S: - - Weil der jetzt ohne Reibung höher kommt eigentlich. –  
117 I: Aha. Und kannst du das mit Energie irgendwie begründen?  
118 S: - - Eigentlich, mm, immer noch nicht.  
119 I: Und wenn wir die Reibung einschalten. - - - kurz - - so - - passt das zu dem was du vorausgesagt  
120 hast? –  
121 S: Ja eher schon. Weil dann wird er immer langsamer und, mit Reibung wird er langsamer.  
122 I: Okay und wenn der langsamer wird, aber wir haben ja gesagt die Energie muss gleich bleiben, hast  
123 du ganz am Anfang mal gesagt, oder?  
124 S: Ja.  
125 I: Wo ist die dann jetzt hin? - - - Was müssen wir untersuchen hast du gesagt, das System ist  
126 S: Die Bahn vielleicht.  
127 I: Also wenn's Reibung gibt dann entsteht hier Wärme.  
128 S: Ja. -  
129 I: Fällt dir dazu was mit Energie ein?  
130 S: - - - Ne.  
131 I: Okay ich schalt dir mal ein Energiediagramm ein. - - - - -  
132 S: Wenn er in der Mitte ist. Hm. - Also wenn er von oben startet dann hat es noch mehr Energie,  
133 wenn's dann in der Mitte ist dann eher wenig und dann oben mehr?  
134 I: Okay, gut. Wir reden nachher nochmal drüber. Ähm, und.

- 135 A: Nicht schrecken.  
136 I: Wir machen kurz ein Interview.  
137 A: Aso, ja, i hol nur kurz was.  
138 I: Ja passt.  
139 A: Jo.  
140 I: Okay, aber das war's eh schon mit meinen Fragen. Gibt's noch irgendwas was du noch dazu sagen  
141 möchtest, was wir nicht besprochen haben irgendwie zum Spiel oder zur Energieerhaltung, zur Ener-  
142 gie  
143 S: Eigentlich mm, nichts.  
144 I: Irgendwas was dir noch einfallt? - - - Okay, dann danke.

*Anhang F3.4 Transkript Interview 4*

- 1 I: Also, danke dass du das Interview mit mir machst. – Sehr nett dass du dich bereit erklärt hast, ähm  
2 wie gesagt das ist alles anonym und es hilft mir aber sehr wenn du einfach alles jetzt erzählst was dir  
3 einfällt, weil je mehr Material ich hab umso mehr kann ich dann verwenden. Und es wird auch nicht  
4 benotet oder so, ich sag's auch deiner Lehrerin nicht.  
5 S: Okay. –  
6 I: Okay, dann fangen wir mal an damit dass du, dass ich gerne hätte dass du mir bitte beschreibst was  
7 für dich jetzt Energie ist.  
8 S: Ähm, ähm ich glaub, ähm (unverständlich)  
9 I: Ich hol das Aufnahmegerät näher.  
10 S: Ähm, nur (unverständlich)  
11 I: Okay, und wenn du jetzt an das Legospiel zurückdenkst, hat das was mit Energie zu tun?  
12 S: Hm. – Ein bisschen. - -  
13 I: Kannst du beschreiben wie, inwiefern?  
14 S: Ähm. - - - hm –  
15 I: Sind jetzt zum Beispiel die Legosteine Energie?  
16 S: Nein. – Eigentlich nicht.  
17 I: Und für was haben wir die Legosteine gebraucht?  
18 S: Hm - - - - -  
19 I: Okay. Ähm, fällt dir denn irgendwas zur Energieerhaltung ein? - - Hast du das Wort schonmal ge-  
20 hört, Energieerhaltung?  
21 S: Jaa - - Aber mir fällt nichts dazu ein. Ich hab eh fast keine Fragen am Fragebogen beantwortet.  
22 I: Okay, fällt dir ein Beispiel ein zur Energieerhaltung oder zur Energie? – Wo das wichtig ist?  
23 S: - - - - Ähm – Energie ist eigentlich für fast alles wichtig, also für - - Energie ist eigentlich auch was,  
24 zum Beispiel, das Licht, das, das ist auch – eine Art Energie - - - ähm.  
25 I: Okay. – Ähm, - und wenn jetzt – zum Beispiel ein Politiker oder so sagt, wir haben hier eine Grafik,  
26 da steht drauf, das ist der Energieverbrauch, und wir verbrauchen zu viel Energie. Was würdest du  
27 jetzt, wenn du jetzt wie eine Physikerin redest dazu sagen, dass der sagt wir verbrauchen zu viel  
28 Energie? - - Was heißt da Energie verbrauchen?  
29 S: - - hm, ähm - - - - - ähm, hm.  
30 I: Wenn du zurückdenkst an die Stunde heute, ist das eine Aussage die Sinn macht, wir verbrauchen  
31 Energie?  
32 S: - - Nicht wirklich, weil man ja nicht, wissen muss welche Energie, ja, also, so - - keine Ahnung.  
33 I: Okay. - - - Ähm, kannst du dich erinnern an die Frage mit dem Pendel? [Pendel wird gezeigt]  
34 S: Mhm.

- 35 I: Wie ist denn das mit dem Pendel? Wenn man jetzt das Pendel anschaut - - und hier so raufgibt - -  
36 und wenn jetzt, ähm, wenn ich das jetzt schwingen lasse und sagen wir es gäbe keinen Luftwider-  
37 stand, wie hoch wird's auf der anderen Seite hinaufschwingen?  
38 S: - - - äh, gleich hoch?  
39 I: Okay, und warum?  
40 S: - - hm - - - - -  
41 I: Fällt dir vielleicht ein Grund ein wo die Energie vorkommt?  
42 S: - - - - äh - -  
43 I: Warte ich schau kurz - - - - - (unverständlich) aber er hört uns gar nicht.  
44 S: Ich hätt's ihm nicht (unverständlich)  
45 I: Hm?  
46 S: Ich hätt's ihm nicht geben sollen. - -  
47 I: Okay. Also, fällt dir eine Begründung ein mit Energie? - - Und wenn das jetzt, wenn ich's schwingen  
48 lasse, und es ist hier.  
49 S: Mm.  
50 I: Und da bewegt sich's ja noch nicht, oder? - - Und da bewegt sich's dann. Hat die, die Bewegungs-  
51 energie da was mit der Lageenergie hier zu tun? - - - Hier hat's eine Lageenergie, und hier hat's dann  
52 eine Bewegungsenergie – wie verhalten sich die zueinander?  
53 S: - - - hm - - - ähm - - - - - keine Ahnung -  
54 I: Okay, dann hab ich jetzt ein anderes Beispiel. Ich werde einfach den Tischtennisball, wenn ich ihn  
55 finde - - den Tischtennisball, darüber haben wir ja vorhin in der Klasse schon kurz geredet. [Tischen-  
56 nisball wird gezeigt]  
57 S: Mhm.  
58 I: Wenn ich den Tischtennisball fallen lasse - - ähm, ist da, kommt da, ist da Energie irgendwo? -  
59 Kommt da Energie vor?  
60 S: Hm, jaaa.  
61 I: Und wenn ich ihn fallen lasse, und die – Energieerhaltung – nein Energieerhaltung haben wir ge-  
62 sagt, haben wir nicht, gell, aber wenn, ähm, wenn – ich ihn fallen lasse, worauf muss ich dann ach-  
63 ten? – Wo muss ich überall, ähm was muss ich alles einbeziehen damit ich die ganze Energie dann,  
64 ähm, dabei habe und berechnen kann? - - - Was ist alles wichtig? - - Im Hinblick auf die Energie? - - -  
65 - - - Fällt dir nichts ein? Okay warte mal - - ich hab noch ein anderes Beispiel. Wir haben hier einen  
66 Skateboarder. [Bild vom Skateboarder in der Halfpipe wird gezeigt] – Und der wird in der Halfpipe  
67 einfach losgelassen, er - nimmt keinen Anlauf. Er fährt einfach nur hinunter, und wie weit muss er  
68 dann auf der anderen Seite wieder hinaufkommen wenn es keine Reibung gibt? - - Sagt dir Reibung  
69 was?  
70 S: Ja. - -  
71 I: Das, zum Beispiel bei den Händen wenn man so macht dann wird's warm. - - Wie weit muss der  
72 dann auf der anderen Seite wieder hinaufkommen? - - - Fällt dir da was ein? - - -  
73 S: Wenn er keinen Schwung hat dann zirka auf der Hälfte, da hoch.  
74 I: Also er, er stößt sich nicht mehr an, er hat nur den Schwung den er hat wenn er einfach so, so run-  
75 terfährt. - - Kannst du mir kurz zeigen wohin?  
76 S: Ich würd - da würd er dann.  
77 I: Okay. Ich zeichne mir das kurz ein. - - - Wo hast du nochmal gesagt? Da? Oder da?  
78 S: - Da zirka. -  
79 I: Da so?  
80 S: Mhm

- 81 I: Okay. - Gut - Ähm. - - Sollen wir's einfach mal ausprobieren, es gibt hier ein Applet, da kann man  
82 das selber machen [Applet wird gestartet] - - - Moment – So, ich nehm ihn jetzt und geb ihn da her. -  
83 Und dann kann ich ihn losfahren lassen – und dann schauen wir uns das an, und da machen wir, von  
84 der gleichen Stelle wie am Arbeitsblatt zirka, da ist der Raster.  
85 S: Okay. - - -  
86 I: Ist das jetzt so wie du's vorausgesagt hast?  
87 S: Nein.  
88 I: Fällt dir eine Erklärung dazu ein, warum's nicht so ist?  
89 S: - - Weil er das Gleichgewicht eigentlich die ganze Zeit auf die andere Seite verlagert. – Ja, eigent-  
90 lich, ähm - - -  
91 I: Okay. Und wenn wir jetzt die Reibung einschalten würden. - - - Das heißt dass da auch was warm  
92 wird - wie weit kommt er dann?  
93 S: - - - Ähm, - ich - zirka so weit wie ich's gesagt hab aber –  
94 I: Okay, schauen wir. - - - Ist das so wie du's gesagt hast?  
95 S: Mm. - - zu hoch.  
96 I: Aber was, was passiert da jetzt?  
97 S: Ähm - - er hat, er verliert halt an Schwung - -  
98 I: Okay und fällt dir dafür eine Begründung ein?  
99 S: - - - Ähm - - ja weil durch die Reibung wird eigentlich, - werden die Räder auch wärmer und  
100 dadurch wird's auch ein bisschen abgebremst.  
101 I: Aha, okay. - - Also es entsteht dabei Wärme? - - Und hat Wärme was mit Energie zu tun?  
102 S: Ja. -  
103 I: Was?  
104 S: Ähm - - - - -  
105 I: Oder sagen wir was passiert mit seiner Energie wenn, wenn da – etwas in Wärme umgewandelt  
106 wird? - - - - - Macht das dann was mit seiner Energie?  
107 S: Ja, was hm, oder - -  
108 I: Du glaubst schon? Und was macht das mit seiner Energie? Bleibt die gleich, wird die mehr, wird die  
109 weniger?  
110 S: Es wird weniger.  
111 I: Okay und warum? - - - - Wegen der Wärme hast du gemeint, oder?  
112 S: Ja, und vorhin wegen, eher wegen den Rädern weil die Räder das abbremsten. - -  
113 I: Und - - hat das denkst du irgendetwas mit dem Spiel zu tun das wir gespielt haben? – Mit der Erklä-  
114 rung die wir danach gehört haben?  
115 S: Hmja, hm - - - -  
116 I: Fällt dir nicht ein, was? - - Okay, dann Dankeschön.

*Anhang F3.5 Transkript Interview 5*

- 1 I: Also - -, danke dass du dich bereiterklärst hast das Interview mit mir zu machen – ähm, es wird nur  
2 für meine Arbeit verwendet, das wird nicht benotet, ich zeig's auch nicht deiner Lehrerin. Und es ist  
3 anonym, - und ich werd dir ein paar Fragen stellen, es wär cool wenn du mir einfach alles antwortest  
4 was dir dazu einfällt. Okay? – Also, kannst du mir bitte kurz beschreiben, was Energie für dich ist?  
5 S: Ich würde sagen dass Energie -, halt, man braucht es ja im Leben und – es wird halt immer verar-  
6 beitet. Und man kann Energie, also, aufbewahren, aber es kann einfach nie verloren gehen und man  
7 kann Energie auch nicht sehen. Man kann eigentlich nur ihre Auswirkungen sehen.

- 8 I: Okay, und ähm, würdest du sagen dass das, das Spiel das wir letzte Woche gespielt haben mit den  
9 Legosteinen, hat das was damit zu tun?
- 10 S: Ja, weil ich glaub die Legosteine haben halt dargestellt was halt Energie ist und wie sie halt verteilt  
11 wird, und halt wie, und dass auch etwas dazukommen kann. Und sie haben sie ja, also die anderen  
12 Kinder, die haben sie halt verteilt, aber sie waren halt noch immer da. Und ich glaub das sollt halt  
13 auch die Energie, weil, also, zeigen, weil sie ist ja immer da aber man sieht sie halt manchmal nicht  
14 mehr.
- 15 I: Das heißt, sind jetzt die Legosteine Energie?
- 16 S: Ich glaub halt dass sie Energie darstellen.
- 17 I: Okay. Das ist nur eine Darstellungsform?
- 18 S: Ja. –
- 19 I: Ähm, - super, danke, kannst du mir noch beschreiben was Energieerhaltung jetzt für dich heißt?
- 20 S: - - Hm, ähm, - dass vielleicht, man – diese Energie auch – behalten kann - - und dass sie - - - - dass  
21 sie - - niemals verloren wird - - (unverständlich)
- 22 I: Niemals verloren?
- 23 S: Ja, wird nicht verloren.
- 24 I: Okay. Das heißt - - kannst du mir ein Beispiel geben, dafür dass die Energie niemals verloren geht?
- 25 S: - Also, hm, ich würd sagen, auch Licht, - - sie, oder auch, hm, Wärmekraftwerken, sie sagen halt  
26 auch dass die Energie dort verloren geht aber das ist nicht richtig, weil sie ist schon da aber man kann  
27 sie nicht brauchen und sie sagen deswegen dass sie verloren geht weil die Menschen, weil sie für die  
28 Menschen verloren geht aber eigentlich nicht.
- 29 I: Das heißt wenn wir jetzt, ich hab hier so ein Energieverbrauchsdiagramm mitgebracht das ich im  
30 Internet gefunden hab, was würdest du dazu sagen wenn das heißt Energieverbrauchsdiagramm?  
31 [Diagramm wird gezeigt]
- 32 S: - Naja dass das nicht ganz stimmt. Wir verbrauchen ja nicht Energie weil sie ja da ist, aber halt dass  
33 (unverständlich – Schüler gehen vorbei)
- 34 I: Okay, das heißt sie wird genutzt aber nicht verbraucht. --- es ist ein bisschen laut, ich stell den Com-  
35 puter ein bisschen her damit wir uns trotzdem hören.
- 36 S: Mhm.
- 37 I: Ähm, wenn ich jetzt als Beispiel diesen Ball nehme, und du hast gesagt die Energie wird nicht weni-  
38 ger. Wenn ich den von hier runterfallen lasse, wie hoch muss er dann wieder raufhüpfen? [Tischen-  
39 nisball wird gezeigt]
- 40 S: - - Es, ich glaube, doch nicht ganz so hoch.
- 41 I: Also ein bisschen weniger?
- 42 S: Mhm.
- 43 I: - - hast du gesehen? Also das stimmt, was du gesagt hast.
- 44 S: Aber es kann schon sein dass ein bisschen verloren geht. - -
- 45 I: Ja wie kannst du dir das erklären jetzt in diesem Fall?
- 46 S: Weil dort unten vielleicht Reibungsenergie entsteht, weil's in den Boden trifft, und dadurch den  
47 Ball abbremst.
- 48 I: Das heißt wir müssen den Boden miteinberechnen würdest du sagen, damit wir sagen können - die  
49 Energie bleibt erhalten?
- 50 S: Naja im Weltall, da würd ich dann, wenn man einen Ball wegwirft würde er niemals, dann würde er  
51 immer die ganze Zeit in der gleichen Richtung sich verhalten. –
- 52 I: Und wenn wir jetzt zurückgehen auf das Spiel, und ich sag eben das mit dem Ball und die Energieer-  
53 haltung gilt – und du hast dann gesagt ja aber es kann da unten Reibungsenergie entstehen

- 54 S: Mhm  
55 I: Das heißt wir müssen schauen was am Boden auch passiert, fällt dir da was zu dem Spiel ein was  
56 wir auch anschauen müssen haben?  
57 S: Ähm, hm mit dem Spiel - - - - - vielleicht wegen dem Trich, also mit diesem Becher  
58 I: Mhm  
59 S: Vielleicht wegen dem Becher? -  
60 I: Was war mit dem Becher?  
61 S: Naja man hat dort die Ener, also man hat die Legosteine reingegeben, aber weiß nicht ob das  
62 jetzt was mit dem Ball zu tun hat oder nicht. - - Oh warte, ich glaub das mit dem Becher hat gezeigt  
63 dass man die Energie vielleicht nicht sehen kann aber sie trotzdem da ist? - - -  
64 I: Cool, danke. Und dann hab ich noch ein Beispiel. [Bild von Skateboarder wird gezeigt] Einen Skate-  
65 boarder hier. Und wenn der - da runterfährt. Einfach nur, er fährt einfach nur runter ohne Schwung  
66 zu holen, wie hoch muss er dann auf der anderen Seite wieder raufkommen wenn jetzt das gilt dass  
67 die Energie nicht verloren wird und wir sagen wir haben keine Reibung und keinen Luftwiderstand?  
68 S: Ähm, hm keinen Luftwiderstand. Also keine Reibung und keinen Luftwiderstand. - - auch wenn er  
69 hier nicht Reibung hat?  
70 I: Genau.  
71 S: Hm, dann, so hoch, zirka?  
72 I: Warum?  
73 S: Ich würd's halt schätzen weil dort kommt da halt die Kraft auf und wenn ich keine Reibung hätte  
74 dann würde er genauso wieder raufkommen.  
75 I: Genauso hoch?  
76 S: Mhm.  
77 I: Probieren wir's mal kurz aus. [Applet wird gestartet] - - - - sooo - - - und jetzt, schau wir haben hier  
78 noch Energiebalken. Da sehen wir, das ist die gesamte Energie, die – Bewegungsenergie und die, hier  
79 die Bewegungsenergie und hier die Lageenergie, potentielle. - - - - Also – und wenn wir's jetzt mit  
80 Reibung machen – wo dann eben diese Wärme entsteht wie du gesagt hast  
81 S: Ja dann wird's nicht so hoch fahren.  
82 I: Genau. Aber man sieht, da wächst dafür  
83 S: Die Energie weil's ja die Reibungsenergie ist  
84 I: Das heißt die Wärmeenergie wächst und insgesamt - - - (unverständlich) okay. Dann danke dir.

*Anhang F3.6 Transkript Interview 6*

- 1 I: Gut, also noch einmal Dankeschön dass du das Interview mit mir machst. Ähm, wie gesagt es ist  
2 anonym und, ähm, - und es ist auch kein Test, das heißt es wird nicht bewertet. – Ja, am Anfang,  
3 kannst du mir bitte einmal, so grob beschreiben, was für dich jetzt Energie ist?  
4 S: Also Energie kann man, kann man nicht verloren gehen, man kann's nur umwandeln, also, zum  
5 Beispiel was, also dreht sich und dann wird Strom daraus gemacht und dann zum Beispiel der Strom  
6 ist da so, für die Heizung da so - ähm, ja, Wärme. Und die Wärmemoleküle gehen dann in die Luft  
7 und machen wieder was anderes, also - - die kann als, also nicht verloren gehen.  
8 I: Okay. Ähm, und – hat, fällt dir das was ein was das mit dem Spiel zu tun hat, das wir gespielt ha-  
9 ben?  
10 S: Ja weil die Kinder haben ja quasi immer die Steine weggegeben aber sie sind nicht verloren gegan-  
11 gen nur woanders hingegangen worden, also quasi umgewandelt worden, im, ähm, Raum. Ja. –  
12 I: Und, heißt das jetzt dass die Legosteine Energie sind?

- 13 S: M, nein aber man kann Energie nicht sehen, drum, ähm, haben wir die Legosteine genommen. - -  
14 Aber so ähn, so kann man sich das aber vorstellen
- 15 I: Das heißt die Legosteine sind einfach dass man eine bessere Vorstellung davon hat?  
16 S: Ja.
- 17 I: Ist das richtig? Okay. Hm, ja. Und was genau würdest du jetzt als Energieerhaltung bezeichnen?  
18 S: - - Naja dass es nicht verloren geht, also, sie kann nur umgewandelt werden und nicht verlorengelassen. Also man kann sie jetzt nicht einfach, ähm, - ich schmeiß jetzt in den Mistkübel zum Beispiel (unverständlich), ähm, irgendwie, ähm, also - - - dass sie nur umgewandelt werden kann. – Sowas.
- 21 I: Hast du da noch ein Beispiel? Du hast vorher schon gesagt mit der Heizung, fällt dir noch ein Beispiel ein?  
22  
23 S: Ja, also, ähm, - - zum Beispiel wenn man immer, ähm, - - ähm, ähm, - - zum Beispiel wenn - - die Sonne auf die Erde strahlt, und dann wird, sind da ganz viele Sonnenmoleküle, und durch so Refleg, wie heißt das, so Solarenergie, ähm, wird das dann aufgenommen und dann wird das zum Beispiel für's Licht verwendet und das Licht – kann, in diesem ganzen Licht eigentlich immer in der Luft (unverständlich), ähm, ja.
- 28 I: Und, wenn jetzt jemand zu dir sagt, ja wir verbrauchen zu viel Energie deshalb müssen wir Energie sparen, was würdest du da als Physikerin jetzt dazu sagen?  
29  
30 S: M, dass wir keine Energie verbrauchen sondern nur Energie umwandeln, in was and, in eine andere Energie. – ähm, dass wir Strom sparen können aber keine Energie sparen können.
- 32 I: Okay, danke für deine Antwort. – Ähm, ich hab jetzt noch zwei Beispiele vorbereitet, und zwar einmal diesen Ball – und du hast gesagt, die Energie muss immer gleich viel bleiben. [Tischtennisball wird gezeigt]  
34  
35 S: Ja.
- 36 I: Also sie kann nur umgewandelt werden, aber nicht verbraucht. Was würdest du jetzt sagen, wenn das gilt für diesen Ball, wenn ich ihn jetzt fallen lasse, wie hoch muss er dann wieder nach oben kommen, also wie hoch muss er dann zurückhüpfen?  
38  
39 S: Also, er macht eigentlich gar nicht so, also, der Tennisball wird schon zurückhüpfen, aber wenn jetzt zum Beispiel irgendein – Blatt Papier am Boden fällt, dann wurde es ja umgewandelt, die Energie – also wenn der Tennisball jetzt ähm, quasi Energie braucht, ja, und man, ähm, - - wird die Energie ja nur umgewandelt in dem Moment und gar nicht mehr, ähm, dann sind es, dann würde der Tennisball nicht mehr so hoch.
- 44 I: Also ein bisschen niedriger sagst du?  
45 S: Ja. –
- 46 I: Und warum ein bisschen niedriger?  
47 S: Weil die Luft ja Reibung hat. –
- 48 I: Okay. – Schauen wir. - - - (Tischtennisball hüpfte) - ah – du hast Recht gehabt. - - Wie würdest du das erklären jetzt nochmal?  
49  
50 S: Also, - - ähm - - die Energie kann umgewandelt werden und die Luft hat Reibung, deshalb reibt der Ball an der Luft und – es wird halt wieder abgeschwächt und der Boden hat ja auch Anziehungskraft und dann, dann springt der nicht so hoch da oben.
- 53 I: Okay das heißt man muss die Luft und den Boden mitberücksichtigen. – Fällt dir dazu was vom Spiel ein worüber wir geredet haben, vielleicht auch in der Erklärung danach?  
54  
55 S: Ähm, - - - dass die Steine nur, also dass sie alle ein System waren und, ja. - - -
- 56 I: Mhm, okay. Das heißt, wo würdest du jetzt sagen war da jetzt unser System?  
57 S: Also der Raum und der Boden und die Luft und deine Hand und der Tennisball. Also deine Hand, der Ball und der Boden und die Luft.  
58

- 59 I: Also alles was irgendwie da war.
- 60 S: Ja. - -
- 61 I: Okay, danke. Ähm, - und das zweite Beispiel das ich hab, das ist ein Skater und da haben wir ein  
62 Bild [Bild vom Skateboarder in der Halfpipe wird gezeigt] - - - ähm, und der steht da in dieser Half-  
63 pipe. – Und wenn der jetzt, nehmen wir mal an es gibt keine Reibung. Wenn der jetzt da runterfährt,  
64 wie hoch müsste er dann auf der anderen Seite wieder raufkommen?
- 65 S: Eigentlich - - glaub ich gleich hoch, aber ich weiß es nicht. - - Ich glaube er kommt gleich hoch, weil  
66 es ja keine Reibung gibt. – Aber er wird ja da wieder, ich glaub bei vier, oder bei sechs, ich bin mir  
67 nicht sicher.
- 68 I: Magst du mir einzeichnen, wo du glaubst?
- 69 S: Also, entweder - -, ähm, er macht, -
- 70 I: Du musst drehen (bezogen auf den Kugelschreiber)
- 71 S: Achso. – Ähm zirka da irgendwo. Eben zwischen, also da irgendwo, irgendwie, keine Ahnung. -  
72 Glaub ich - - -
- 73 I: Und warum nocheinmal?
- 74 S: Weil es ja keine Reibung gibt, und er hier eigentlich dann hoch geht, also es ist dann so –
- 75 I: Könntest du das jetzt, wenn man sagt als Physikerin noch einmal anders formulieren, sodass die  
76 Energie irgendwie vorkommt? Kann man das mit der Energie begründen?
- 77 S: Ähm, die Energie - - wird - - - vielleicht – fa, halt, - also schwingt und, ich weiß nicht wie ich das be-  
78 schreiben soll. Also vielleicht, ähm, - - durch die Reibung am Boden wird ja Wärmeenergie erzeugt.  
79 Und – ja. –
- 80 I: Würdest du sagen der hat Energie wenn er da steht?
- 81 S: Hmm. Vielleicht durch's Atmen und Bewegen und so? - - Aber eher nicht.
- 82 I: Und wenn du jetzt den Ball hier nimmst, hat der Ball Energie wenn er hier ist? - -
- 83 S: Nein, auch nicht. –
- 84 I: Warum nicht? Wann hätte er Energie?
- 85 S: Wenn er sich bewegt. –
- 86 I: Okay. – Dann schauen wir's uns mal an, ich hab hier dieses Applet. [Applet wird gestartet] Da kann  
87 man sich's anschauen. Da steht er. Da sind die Energieformen in einem Diagramm. Da können wir  
88 uns anschauen, lassen wir ihn mal fahren. - - - - - Ist das so wie du es vorausgesagt hast?
- 89 S: Ja so ungefähr.
- 90 I: Sollen wir's mal mit Reibung machen?
- 91 S: Mhm. - -
- 92 I: Okay. – Wenn wir jetzt hier Reibung haben, was, was würdest du voraussagen, was passiert dann?
- 93 S: Ähm, er würde nicht so hoch kommen weil ja die Reibung, oder zuerst mal kommt er gleich hoch  
94 aber beim zweiten Mal dann eher nicht.
- 95 I: Schauen wir. - -
- 96 S: Ja. - - - - -
- 97 I: Passt das mit dem zusammen wie du es dir vorgestellt hast?
- 98 S: Ja.
- 99 I: Okay. Ähm, - - ja, dann, haben wir noch ein, - da kann man die, die Bahn hier verändern. Wenn jetzt  
100 die Bahn so aussieht, was glaubst du, wenn wir jetzt wieder ohne Reibung haben und ich stell ihn da  
101 her, wie hoch muss er dann auf der anderen Seite hochkommen? [Asymmetrische Bahn am Applet]
- 102 S: Zirka so, so ein paar Zentimeter, also, jetzt, so ein paar Zentimeter unter dem weil's ja rauf geht.  
103 Nein es geht ja dann wieder runter. Ich glaub gleich hoch.
- 104 I: Gleich hoch? Warum?

- 105 S: Weil es ja wieder keine Reibung gibt und da geht er zwar hoch, aber dann geht er wieder runter  
106 und hat mehr Schwung. Glaub ich, genau.  
107 I: Schauen wir. - - - - - Ist das so?  
108 S: Ja.  
109 I: Sollen wir's noch mit Reibung probieren?  
110 S: Mhm.  
111 I: Was wird hier mit Reibung passieren?  
112 S: Dass er nicht so hoch kommt, glaube ich.  
113 I: Okay. - - - - Und wenn ich hier, jetzt noch als letzte Bahn, so eine Bahn hätte, was wird da passie-  
114 ren wenn er da so raus fährt? [Bahn, die unten gerade wird, wird im Applet verwendet]  
115 S: Er wird, also ohne Reibung wird er die ganze Zeit weiterfahren glaube ich.  
116 I: Also er stoppt nie dann?  
117 S: Ja weil es ja keine Reibung gibt. - - - -  
118 I: Ähm ja, er ist jetzt aus dem Bild rausgefahren aber ich kann dir sagen er würde sich so weiterbewe-  
119 gen, so wie du es gesagt hast. – Wenn wir jetzt hier die Reibung wieder einschalten, was passiert  
120 dann?  
121 S: Dann würde er nach einer Zeit, ähm, nach einer Zeit stoppen.  
122 I: Okay. - - machen wir ein bisschen weiter unten, damit er nicht aus dem Bild rausfährt. - - - hm, also  
123 es ist hier nicht lang genug.  
124 S: Ja.  
125 I: Aber hast du gesehen, ist er langsamer geworden schon?  
126 S: Ja er ist auf jeden Fall langsamer geworden. –  
127 I: Okay. - - cool. Ähm, - ja, dann sind wir eh schon fast am Ende. Kannst du mir zum Abschluss, ähm, -  
128 - gibt's noch irgendeine Frage die wir vergessen haben, irgendwas was du noch gerne sagen möch-  
129 test - - was, worüber wir nicht geredet haben jetzt?  
130 S: - Vielleicht -, Arten von der Energie, also mit der, mit, haben wir das bei dir gemacht? Ich glaub das  
131 haben wir nicht mit dir gemacht, oder, die Arten von der Energie, haben wir das, oder, nein (unver-  
132 ständlich)  
133 I: Ich glaub - -, ich glaub das habt ihr später gemacht.  
134 S: Ja.  
135 I: Kannst du vielleicht noch irgendwas zum Spiel sagen?  
136 S: Das Spiel war voll cool, hm man hat dann, also, weil, als erstes hab ich mir gedacht hä was soll das  
137 mit Energie bitte zu tun haben, aber dann, wo du's dann erklärt hast wurde es mir sofort klar irgend-  
138 wie, und dann war's auch logisch. - -  
139 I: Also die Erklärung hat dann geholfen?  
140 S: Ja.  
141 I: Gibt's noch irgendwas was du findest was man bei der Erklärung besser machen könnte vielleicht?  
142 Oder bei den Aufgaben die ihr dann in der Kleingruppe besprochen habt?  
143 S: Hm, eigentlich nicht, also mir würde jetzt nichts einfallen.  
144 I: Für dich hat's so gepasst?  
145 S: Ja.  
146 I: Dann Dankeschön.

### Anhang F3.7 Transkript Interview 7

- 1 S: Hm.  
2 I: Also, danke dass du dich bereiterklärst, dass du mit mir dieses Interview jetzt machst.

- 3 S: Ja.
- 4 I: Es geht wieder um das Legospiel von letzter Woche.
- 5 S: Ja.
- 6 I: Und es wird alles nicht bewertet
- 7 S: Ja.
- 8 I: Wie schon gesagt, deshalb wär's voll gut wenn du mir jetzt einfach alles sagst was dir dazu einfällt.
- 9 Und es ist auch alles anonym, du bist dann wie vorher gesagt Schüler 1 oder 2 oder so in der Arbeit.
- 10 Genau, und als erstes hätte ich gern dass du mir einfach kurz beschreibst was für dich jetzt Energie ist.
- 11 S: Naja, Energie ist für mich irgendwie - - ähm, eine Art, ähm, von Ding die da ist die ganze Zeit, zum
- 12 Beispiel die potentielle Energie ist, ähm, zum Beispiel diese Bank hier ist auch die ganze Zeit in poten-
- 13 tieller Energie. Und ähm, wir sind auch meist immer in kinetischer Energie, also wir bewegen uns ja
- 14 auch immer. Und, ähm, man kann das aber nicht sehen, und ich glaube das ist einfach nur so etwas
- 15 was es gibt, wie die Kraft, so ähnlich, nur man sieht's halt nicht. Man sieht halt nur die Auswirkung. –
- 16 I: Mhm, okay. Und, ähm, hat das Legospiel damit was zu tun? Kann man das irgendwie damit verbind-
- 17 den?
- 18 S: Ähm, also beim Legospiel hat man gemerkt, dass, ähm, - - zwar die Legosteine dazukamen, aber
- 19 insgesamt im Raum, w, blieben sie gleich, weil sie ja nur weggelegt wurden in dem Raum. Auf einen
- 20 anderen Platz. Aber nicht aus dem Raum. - - Ähm, ich hab gedacht es ging um den Tisch und hab im-
- 21 mer gesagt ja, jetzt ist was verloren gegangen. Weil es ist ja auch etwas weggegangen und war nicht
- 22 mehr auf unserem Tisch, ähm, und, aber im Insgesamten, auch wenn man das im Kinderzimmer ver-
- 23 liert, ist es immer noch da, aber man findet's halt nicht. – Das ist wie wenn wir jetzt was umwandeln -
- 24 und es nicht merken dabei, dass wir das umgewandelt haben. Also die Energie.
- 25 I: Mhm.
- 26 S: Sie geht nicht verloren.
- 27 I: Und passiert das so auch manchmal dass wir das umwandeln und das nicht merken?
- 28 S: Äh, sicher -, also, ich glaube, äh, ganz oft, wenn wir Kraft ausüben -, dass wir, äh, dann nicht be-
- 29 wusst sind dass die Energie rü, ähm, - umgewandelt wird, äh in potentielle Energie dann wenn, was
- 30 dann, äh, wenn ich diese Wand hier schlage sozusagen, - ähm, dass die Energie jetzt da drauf ist.
- 31 Sozusagen. Aber immer noch ich Energie hab. Und das merkt man halt nicht – so leicht. - - -
- 32 I: Das heißt, insgesamt – wird die Energie umgewandelt, aber alles zusammen, hast du gesagt, -
- 33 S: Ja, bleibt, - und das heißt wenn's, es gibt nicht auf unserem Planeten, hm, oder in unserem Univer-
- 34 sum mehr Energie, und plötzlich weniger. - - Glaube ich, also, so wie ich das jetzt im Unterricht ver-
- 35 standen habe.
- 36 I: Okay. Und, ähm, - gibt's da eine Bedingung, was sein muss, - damit das gilt, dass die Energie immer
- 37 gleichbleibt? - - Wenn du jetzt wieder an das Spiel denkst? - -
- 38 S: Ja die Kinder haben was mitgebracht und was weggenommen. – Ein geben und nehmen. - - Ähm,
- 39 aber - - - ja, das ist jetzt nicht irgendwie, dass wir jetzt den – Stein irgendwie rausnehmen und dann
- 40 sagen der ist jetzt weg. Der ist – verschollen. –
- 41 I: Hat da der Begriff System was damit zu tun?
- 42 S: Sicher, der Raum ist das System, was ich jetzt bei dir verstanden habe ist der Raum das System ge-
- 43 wesen und wir waren so kleine Teilchen davon. – Sozusagen. –
- 44 I: Okay. Und, was würdest du jetzt als Physiker, der das jetzt schon gelernt hat, sagen wenn jemand,
- 45 ähm, ein Politiker zum Beispiel sagt, ja, wir verbrauchen viel zu viel Energie. Was würdest du zu so
- 46 einer Aussage sagen?

- 47 S: - - Die Aussage ist zwar nicht ganz richtig, - ähm, - - aber, irgendwo kann man dann schon nachvoll-  
48 ziehen, dass man, ähm, - die Energie schlecht umwandelt. – Also, das könnte man so sagen überset-  
49 zen, dass er meint dass wir die Energie schlecht umwandeln, und ähm, - was, wenn dieser Politiker  
50 das sagt, ähm, das nicht ganz korrekt ist, aber dass – man, es verständlich ist. Also, für den Alltag.  
51 I: Okay. - Und, ähm, wenn wir jetzt zu einem Beispiel noch gehen.  
52 S: Mhm.  
53 I: Wenn ich jetzt den Ball hab, und du hast gesagt, die Energie bleibt insgesamt gleich, wenn wir jetzt  
54 den hier auf den Boden fallenlassen, wie hoch muss er dann wieder hinaufhüpfen? [Tischtennisball  
55 wird gezeigt]  
56 S: - - - Mmh, kommt drauf an, ähm, wie viel der Luftwiderstand hier ist. Wenn der, wenn er auf-  
57 springt und dann zu wenig, wenig Luftwiderstand, wie wenn jemand, jemand den fallen lässt, wird er  
58 wahrscheinlich, wie im Weltall, gleich hoch hinaufhüpfen.  
59 I: Das heißt wenn ich keinen Luftwiderstand habe  
60 S: Ja.  
61 I: Dann gilt das, dass ganz gleich viel ist  
62 S: Ja und keine, keine Anziehungskraft, weil er wird ja auch angezogen. – Nein, nein, das stimmt  
63 nicht, weil ohne Anziehungskraft würde er nicht auf den Boden fallen. Nein, ohne Luftwiderstand.  
64 Weil wenn wir ihn jetzt loslassen und mit weniger, mit weniger – das ist schwierig. – Weil wenn wir  
65 den Ball am Boden schmeißen und er kommt hoch, wird er ja trotzdem von der Erde angezogen – wir  
66 bräuchten einen anderen Planeten der genauso groß ist, der das auch anzieht – dann würde er wie-  
67 der am anderen Planeten anstoßen. Ohne Luftwiderstand.  
68 I: Du meinst dann zwischen den zwei Planeten hin und her hüpfen?  
69 S: Genau. Hin und her pendeln.  
70 I: Ich probier's mal aus. – [Tischtennisball schlägt auf] –  
71 S: Ein bisschen ist er – weniger geworden, sozusagen –  
72 I: Wie kannst du dir das erklären?  
73 S: Ähm, wegen dem Luftwiderstand und weil deine Hand – ist nicht so groß wie die Erde. Die Erde  
74 zieht viel stärker was an. Weil wenn ich hüpfen werde ich angezogen aber ich ziehe auch die Erde an. –  
75 Aber ich bin ja nicht so groß wie die Erde. – Deswegen ist es eher dass ich zur Erde hingezogen werde  
76 als die Erde zu mir. Da sich die Erde sozusagen bewegen kann. So ist es bei dem glaub ich auch.  
77 I: Ja, und was da noch dazukommt ist wenn er am Boden ist – dann wird da ein Teil, mh, in Wärme  
78 umgewandelt.  
79 S: Ah.  
80 I: Wenn die aufeinander aufkommen.  
81 S: Das ist wie wenn ich klatsche?  
82 I: Mhm. - - Oder, noch mehr, wenn du reibst  
83 S: Ja das ist Reibung.  
84 I: Genau. Und das ist auch eine Art von Reibung – (Klatschen) Nur man spürt's nicht so stark. - -  
85 S: Ja.  
86 I: Und da haben wir jetzt noch, ähm, - - - ein anderes Beispiel dazu, - und das probieren wir dann  
87 gleich am Computer noch aus in einer Simulation. – Ich habe hier einen Skateboarder, und wenn wir  
88 jetzt sagen es gibt diesen Luftwiderstand und die Reibung, wovon wir grade geredet haben, nicht, -  
89 wie hoch glaubst du kommt der dann auf der anderen Seite hier? Also wenn er jetzt runterfährt?  
90 [Bild des Skateboarders in der Halfpipe wird gezeigt]  
91 S: Also wenn er keine Reibung, keine Anziehungskräfte, keinen Luftwiderstand hat, - - wahrscheinlich  
92 - - - gleich hoch.

- 93 I: Kannst du mir das einzeichnen?  
94 S: Naja, hier. Oder wie?  
95 I: Nehmen wir das da als Mittelpunkt. - - - -  
96 S: Sooo, würd ich jetzt mal sagen, logisch sagen, weil er, wenn's keinen Luftwiderstand, keine Reibung oder so gibt, würde er ja nicht schneller werden - - schneller würde er schon werden aber wenn  
97 es, ähm, die gleiche Höhe ist sozusagen, - - dann würde, wenn diese schräge hier so schräg wäre  
98 würde er drüberfliegen, sozusagen, - über diese Rampe.  
100 I: Okay.  
101 S: Aber wenn das gleich ist wie hier, dann würde ich sagen bleibt er beim gleichen Punkt. Wenn's das  
102 alles nicht gibt.  
103 I: Probieren wir's mal aus. [Applet wird gestartet] – So, ich nehm den mal, - und warte mal da haben  
104 wir schon mit Reibung, machen wir noch ohne Reibung, - - - und hier haben wir die Energiebalken,  
105 die zeigen uns das an. - - - - -  
106 S: Aber er wird nicht, irgendwie, kleiner. - - hä  
107 I: Was meinst du mit kleiner?  
108 S: Nein, er wird, er wird nicht langsamer.  
109 I: Mhm, dann können wir jetzt die Reibung einschalten.  
110 S: Dann wird er schon. Dann bleibt er irgendwann mal stehen.  
111 I: So da siehst du - - insgesamt – bleibt die Energie trotzdem gleich – wir haben hier nur die thermische Energie die anwächst.  
112 S: Was ist das für eine Energie?  
113 I: Das ist diese Wärme.  
114 S: Ah.  
115 I: Und wir haben hier noch ein anderes. [Asymmetrische Bahn wird am Applet verwendet] Was würdest du da sagen, wenn man jetzt  
116 S: Naja  
117 I: Wenn wir jetzt den Skateboarder da her stellen.  
118 S: Die Energie bleibt zwar gleich, wie wir grad gesehen haben.  
119 I: Mhm.  
120 S: Wegen der thermischen, also wegen dieser  
121 I: Wenn wir jetzt die Reibung wieder wegnehmen, wir haben die Reibung weg.  
122 S: Ja, dann - - -  
123 I: Ich geb den da her, und wie hoch  
124 S: Nicht ganz hoch, weil – er hat zwei Tiefpunkte glaub ich. Ich weiß es nicht ehrlich gesagt.  
125 I: Probieren wir mal. - - -  
126 S: Ah, er bleibt gleich hoch.  
127 I: Ja. Was könnte denn das bedeuten? - - -  
128 S: Dass – diese Schräge - - diese Schräge ist genauso schräg, sozusagen im gleichen Winkel wie diese  
129 und diese. Würd ich jetzt mal so sagen.  
130 I: Okay, gut.

*Anhang F3.8 Transkript Interview 8*

- 1 I: Also, Dankeschön dass du das Interview mit mir machst. – Ähm, also wie gesagt, alles anonym, es  
2 ist kein Test, - und – ja, ich werd ein paarmal nachfragen, bei manchen Sachen, und ich würd vor-  
3 schlagen wir starten gleich mit meiner ersten Frage. Kannst du mir einfach kurz beschreiben was für  
4 dich Energie ist?

- 5 S: Energie ist halt so, Energie braucht man halt für – Arbeit, um Arbeit zu verrichten, mit Energie kann  
6 man zum Beispiel, Strom erzeugen, oder - -, einen Herd betreiben oder so. - - -
- 7 I: Okay. Ähm, und hat das jetzt was mit dem Legospiel zu tun das wir gemacht haben?
- 8 S: Ähm, bisschen, ja, schon. –
- 9 I: Hm, und wie? Oder was hat's damit zu tun?
- 10 S: Halt, es ist Energie dazugekommen wie das Gästekind gekommen ist -, und dann ist wieder Energie  
11 gegangen wie es wieder gegangen ist. Mit seinen Legosteinen. –
- 12 I: Und, sind die Legosteine jetzt Energie?
- 13 S: Ähm, ich denke schon, weil – je mehr Energie auf etwas kommt desto – ich glaub desto stärker  
14 wirkt es auf die Kraft. Auf die Arbeit. - -
- 15 I: Okay. Und was würdest du jetzt sagen was die Energieerhaltung ist oder was fällt dir zu Energieer-  
16 haltung ein?
- 17 S: Ähm, zum Beispiel Energieerhaltung - -, Windrad, ich glaub das Windrad betreibt Energie – halt, es  
18 produziert Energie, - und deswegen - -
- 19 I: Also Erhaltung, versteh ich das richtig, würdest du sagen in dem Fall ist die Produktion?
- 20 S: Ja.
- 21 I: Okay, ähm, und wir haben jetzt, kannst du dich erinnern als wir diese Diskussion nach dem Spiel  
22 hatten, da war eine, ähm, eine Aussage dass die, wenn, wenn eure Lehrerin jetzt sagt die Anzahl der  
23 Legosteine bleibt immer gleich, was ihr da sagen würdet. Kannst du dich da noch erinnern?
- 24 S: Nein. - - -
- 25 I: Ähm, - das heißt, ähm, - - - - wenn man die Energie, ähm, - wenn jetzt jemand sagt, - Energie wird  
26 verbraucht, wie würdest du darauf als, als Physiker der da schon im Unterricht drüber geredet hat,  
27 was würdest du da jetzt sagen? Energieverbrauch?
- 28 S: Ähm, wenn ich zum Beispiel einen Lichtschalter einschalte und da ist das Licht, ich verlass das  
29 Haus, hm, und das Licht brennt immer noch weiter, das ist ja Energieverbrauch.
- 30 I: Das verbraucht Energie, das Licht?
- 31 S: Ja.
- 32 I: Und wo kommt diese Energie dann hin?
- 33 S: - In die Lampe, halt - - von Elektroenergie geht's in Wärmeenergie über und das bleibt halt dann im  
34 Raum. Die Wärmeenergie.
- 35 I: Die bleibt im Raum?
- 36 S: Ja.
- 37 I: Gut. Das heißt die – bleibt noch da würdest du sagen. Ist sie dann verbraucht?
- 38 S: Nein aber es wird weitergebraucht.
- 39 I: Es wird weitergebraucht, weitergegeben auch?
- 40 S: Ja.
- 41 I: Okay. – Ich hab jetzt als Beispiel, hm, diesen Ball dabei. Würdest du sagen wenn ich den jetzt hier  
42 halte, hat der Energie? [Tischtennisball wird gezeigt]
- 43 S: Nein. - -
- 44 I: Und wenn er auf den Boden fällt?
- 45 S: Ja.
- 46 I: Und warum hat er dann Energie?
- 47 S: Nein er hat vorher schon Energie, und wenn er auf den Boden prallt hat der Boden Energie vom  
48 Ball.
- 49 I: Okay. – Also, die gibt der Ball weiter an den Boden?
- 50 S: Ja.

- 51 I: Und hat der Ball dann auch noch Energie? –
- 52 S: Ich glaube schon, ja. –
- 53 I: Und, wenn wir jetzt annehmen der Ball würd gar keine Energie an den Boden abgeben.
- 54 S: Mhm.
- 55 I: Und ich lasse ihn fallen, wie hoch müsste er dann wieder zurückspringen? - -
- 56 S: Ich glaub – auf der Höhe wie er war glaub ich.
- 57 I: Und warum? - - -
- 58 S: Weiß ich nicht.
- 59 I: Probieren wir's mal aus. –
- 60 S: Etwas weniger.
- 61 I: Weniger, aber wir haben ja den Boden dabei. Und so wie du gesagt hast –
- 62 S: Der Boden bekommt Energie vom Ball.
- 63 I: Mhm, also da gibt's eine Reibung, und da entsteht ein bisschen Wärme. - - Das ist ja auch Energie.
- 64 Aber insgesamt, wenn jetzt der Ball hier fast gleich viel Energie hatte und ein bisschen Energie umge-
- 65 wandelt wird da unten, - ist dann die Energie insgesamt gleich, weniger, mehr geworden?
- 66 S: Ähm, ich glaub gleich.
- 67 I: Okay, das heißt in diesem, also von Ball und Boden ist insgesamt die Energie gleich geblieben?
- 68 S: Mhm. - -
- 69 I: Okay. - - Und, wenn man das jetzt mit einem anderen Beispiel macht. - - Hier hab ich noch einen
- 70 Skateboarder. [Bild vom Skateboarder in der Halfpipe wird gezeigt]
- 71 S: Mhm.
- 72 I: Wenn der jetzt, sagen wir da gäb's jetzt keinen Luftwiderstand und keine Reibung, wenn der jetzt
- 73 da runterfährt in der Halfpipe, wie hoch kommt der dann glaubst du wieder nach oben?
- 74 S: Wenn's keine Reibung gibt? - - Ich glaub so, ungefähr hier.
- 75 I: Okay, kannst du mir das einzeichnen?
- 76 S: Ja. - - - Hier ungefähr.
- 77 I: Ist das die gleiche Höhe wie beim, höher, oder? -
- 78 S: Ein bisschen niedriger. - - Zirka hier.
- 79 I: Unter dem?
- 80 S: Mhm.
- 81 I: Und warum?
- 82 S: Ähm, weil keine Reibung herrscht, und dann – kommt noch der Wind dazu, halt wenn's Wind gibt.
- 83 I: Sagen wir mal es gäbe keinen Wind. Und keinen Luftwiderstand. –
- 84 S: (unverständlich) halt dann würde er - - halt drüberspringen.
- 85 I: Darüber hinaus?
- 86 S: Ja. –
- 87 I: Könntest du mir dafür eine, eine Begründung geben wo Energie vorkommt?
- 88 S: Ähm, der Skateboarder steht auf dem Skateboard, und das Skateboard hat zwei Rollen. Und, auf
- 89 der Halfpipe, die ist meistens aus Beton, und, die Rollen geben Reibung ab auf den Beton, da ent-
- 90 steht Wärme und die Energie herrscht auf die Halfpipe.
- 91 I: Wenn wir Reibung haben?
- 92 S: Ja. -
- 93 I: Das heißt da wird dann Energie – auf
- 94 S: Umgewandelt.
- 95 I: Umgewandelt?
- 96 S: Ja.

- 97 I: Okay. Und wenn wir jetzt keine Reibung hätten? - -
- 98 S: Ähm, ich glaub dann würde er genauso weit fahren.
- 99 I: Genauso weit wie er jetzt ist?
- 100 S: Ja.
- 101 I: Könntest du dafür eine Begründung geben wo die Energie vorkommt?
- 102 S: Nein. -
- 103 I: Okay. Dann probieren wir's einfach mal aus. [Applet wird gestartet] Ich hab hier - - eine Halfpipe - -
- 104 ohne Reibung, da geben wir den mal rauf, und dann lassen wir ihn los. - - - - - Ist das so wie du es vo-
- 105 rausgesagt hast?
- 106 S: Glaub schon. -
- 107 I: Es ist ziemlich gleich hoch. - Und wenn wir jetzt die Reibung einschalten, dann hast du gesagt, dann
- 108 wird hier, etwas umgewandelt.
- 109 S: In Wärmeenergie. - -
- 110 I: Und was heißt das dann für den Skateboarder?
- 111 S: Ich glaub weniger.
- 112 I: Weniger. Okay, schauen wir. - -
- 113 S: Ja. -
- 114 I: Okay. Und wenn ich jetzt hier das da hernehm. Das ist ein bisschen asymmetrisch, und wieder ohne
- 115 Reibung. Wie hoch müsste er dann hier kommen?
- 116 S: Genauso weit. -
- 117 I: Genauso weit wie wenn, wie
- 118 S: Ja.
- 119 I: Warum?
- 120 S: Weil, es war auch vorhin schon bei der Halfpipe genau dasselbe.
- 121 I: Gut. - - - - - Ist das so wie du es gesagt hast?
- 122 S: Ja.
- 123 I: Und, wenn wir jetzt dieses hier nehmen und ihn da raufsetzen ohne Reibung [Bahn, in der Skate-
- 124 boarder runterfährt und dann immer gerade]
- 125 S: Dann würde er weiterfahren ganz lang -
- 126 I: Würde er irgendwann stehen bleiben dann?
- 127 S: Sicher, ja. - - Glaub schon.
- 128 I: Aber du hast grade gesagt er würde weiterfahren.
- 129 S: Ja ganz normal würde er weiterfahren und dann irgendwann würde er stehen bleiben. -
- 130 I: Auch wenn's keine Reibung gibt?
- 131 S: Wenn's keine Reibung gibt, dann ja. -
- 132 I: Mhm. - - - Lassen wir ihn einmal von weiter unten wegfahren. - - - - - Das sieht man jetzt lei-
- 133 der nicht weil der Bildschirm nicht so weit geht, aber der würde hier ganz ewig weiterfahren. -
- 134 S: Warum?
- 135 I: Erzähl ich dir nachher, okay? Machen wir noch die Aufnahmen fertig. Wenn ich jetzt die Reibung
- 136 hier einschalte, was würde dann passieren?
- 137 S: Dann würde er gestoppt. - - - - -
- 138 I: Also er ist jetzt aus dem Bildschirm rausgefahren, aber er würde hier ungefähr stehenbleiben.
- 139 S: Ja.
- 140 I: Also so wie du es gesagt hast. Gut, ähm, - - dann, kannst du mir vielleicht noch irgendetwas Allge-
- 141 meines sagen was wir jetzt vergessen haben oder irgendeine Frage die wir vergessen haben, was dir
- 142 noch wichtig wäre, oder fällt dir noch irgendwas zum Spiel ein?

- 143 S: Nein.  
144 I: Was waren für dich so die wichtigsten Aussagen vom Spiel? - -  
145 S: Halt, wie das Kind gekommen ist ist ja die Energie dazugekommen und wie's gegangen ist ist sie  
146 wieder weggegangen.  
147 I: Und kannst du da in dem Zusammenhang, könnten wir da den Begriff Energieerhaltung einbringen?  
148 S: Weiß ich nicht. Nein, glaub nicht. - -  
149 I: Und, ähm, - - sonst, generell, von der, ähm, wir haben ja danach noch eine Stunde gehabt wo ihr in  
150 der Gruppe geredet habt und es noch eine Erklärung gab. Fällt dir da noch irgendwas  
151 S: Nein.  
152 I: Ist da noch irgendwas was interessant ist zur Stunde?  
153 S: Mm.  
154 I: Okay. – Dankeschön.

*Anhang F3.9 Transkript Interview 9*

- 1  
1 I: Also, Dankeschön dass du dich bereiterklärst hast  
2 S: Bitte.  
3 I: Mit mir das Interview zu machen. Ähm, es geht um das Legospiel das wir ja letzte Woche gemacht  
4 haben.  
5 S: Okay.  
6 I: Und, in diesem Interview, das ist keine Testsituation, ich wird das deiner Lehrerin auch nicht sagen  
7 was da herausgekommen ist, sondern nur für mich. Ich hör mir das dann später wieder an, damit ich  
8 das dann für meine Arbeit verwenden kann.  
9 S: Ja.  
10 I: Und deshalb wär's voll gut wenn du einfach alles sagst was dir dazu einfällt.  
11 S: Okay.  
12 I: Und, genau, du brauchst keinen Stress haben, dass irgendwas nicht stimmen könnte oder so.  
13 S: Okay.  
14 I: Genau. Also, wir haben ja letzte Woche das Legospiel gemacht und dann besprochen, und ähm,  
15 jetzt würd ich, jetzt würd ich als erstes, hätte ich gerne dass du mir beschreibst, was für dich jetzt  
16 Energie ist.  
17 S: Also, für mich gibt's halt zwei Themen von Energie, also die Energie die halt quasi aus der Steck-  
18 dose kommt, also quasi, und die körperliche Energie, also, also, naja, hm, - weil also, ich weiß jetzt  
19 dass das was aus der Steckdose kommt, dass man das, also dass das halt von verschiedenen Sachen  
20 her gewinnt und ähm, und von der körperlichen Energie dass man halt viel davon verbraucht. Und  
21 das kann man halt auch nicht wiederherstellen und bei der Energie ist das halt oft so. Dass man sie  
22 nicht verbrauchen aber auch nicht herstellen kann. –  
23 I: Okay. - - - Ähm, und, jetzt mit dem Spiel, wie würdest du, kannst du damit die Energie irgendwie in  
24 Verbindung bringen?  
25 S: Ähm, irgendwie schon, weil, es hat, ähm, ich hab's irgendwie so verstanden dass das jetzt auch  
26 Energie verbraucht hat wenn man jetzt die Legosteine auseinandergenommen hat und zusammenge-  
27 tan und also, ja. Und das hab ich halt auch so wahrgenommen dass man, wenn man das jetzt ausei-  
28 nandernimmt, dass man halt die Energie in eine andere Sache umwandelt quasi, und wenn man's  
29 jetzt wieder zusammensteckt dann fließt das wieder in die anderen Legosteine. Also die Energie.  
30 I: Okay. Und denkst du die Legosteine sind Energie?  
31 S: Ähm, nein, ich glaub die Bewegung wenn man die auseinandernimmt verbraucht die Energie. - - -

- 32 I: Okay. – Ähm, dann als nächstes, kannst du mir bitte beschreiben, was En, was dir jetzt zur Energie-  
33 erhaltung einfällt?
- 34 S: - - Also, wenn, dazu fällt mir jetzt ein dass man die Energie ja, also die Energie ja nur erhalten kann  
35 wenn man jetzt zum Beispiel ähm, also dass man halt äh zum Beispiel einmal die Energie auf - - -  
36 wenn man die Tür aufmacht oder so. – Und dann, ähm, wandelt es sich irgendwie um dass man die  
37 Tür wieder zumachen kann. - - Oder so, irgendwie.
- 38 I: Das heißt es hat für dich was mit Umwandlung zu tun?
- 39 S: Ja.
- 40 I: Kannst du mir dazu noch ein Beispiel geben?
- 41 S: Ähm, - keine Ahnung, mir fällt nichts dazu ein, ähm wenn man zum Beispiel das Licht in seinem  
42 Zimmer, also wenn ich jetzt das Licht in meinem Zimmer aufdrehe, dann geht die Energie in die Glüh-  
43 birne.
- 44 I: Mhm.
- 45 S: Und dann wenn man die Energie dann wieder ausmacht, dann geht die Energie halt ähm, zu einer  
46 anderen Glühbirne die man angelassen hat. Irgendwie so.
- 47 I: Okay. - - Heißt das die geht von einem Ort zum anderen?
- 48 S: Aber die überfließt dann nicht so, ähm -. Zum Beispiel durch Leitungen so. - -
- 49 I: Okay, aha. Und wenn wir jetzt zum Beispiel, - ähm - - so einen, warte - - - so einen Tischtennisball  
50 haben, - ähm, - - was glaubst du – wenn ich den von hier oben fallen lasse [Tischtennisball wird ver-  
51 wendet]
- 52 S: Ähm, dass die Energie dann immer höher wird desto weiter der, also desto mehr der fällt und
- 53 I: Okay – die Energie wird höher glaubst du?
- 54 S: Ja.
- 55 I: Und, was glaubst du wie hoch glaubst du wird er wieder zurückkommen?
- 56 S: - - Ähm, etwas höher als da, so, also
- 57 I: Und warum bis da?
- 58 S: Weil – weil ähm, weiß ich auch nicht genau. - - Weil vielleicht, ähm, weil man das jetzt auch nicht  
59 so, einfach so wirft, sondern man einfach das fallen lässt.
- 60 I: Mhm.
- 61 S: Und dann sollt's eigentlich nicht mehr hier so hoch hin kommen, denk ich mal. - -
- 62 I: Okay, das werden wir probieren. – (Ball kommt auf) - - -
- 63 S: Naja nicht ganz so. -
- 64 I: Nicht ganz, also er kommt, was hast du jetzt da gesehen, hast du das hier beobachtet?
- 65 S: Also dass manchmal der ging wenn's so runterfällt in eine andere Richtung.
- 66 I: Ja, das ist wie er aufkommt, hm?
- 67 S: Ja, weil das halt keine glatte Oberfläche ist - - (Ball kommt auf) - - -
- 68 I: Was hast du jetzt beobachtet?
- 69 S: Ähm, dass das wieder auf diese Höhe kommt. –
- 70 I: Was könnte das heißen?
- 71 S: Ähm, dass die Energie mit jedem Mal niedriger wird, vielleicht?
- 72 I: Aber wenn er wieder auf dieselbe Höhe kommt?
- 73 S: Dass das dann, ja es wird niedriger wenn's runterfällt aber es wird höher wenn's wieder rauf-  
74 kommt.
- 75 I: Aha, und welche, welche Energie wird niedriger wenn's runterfällt und welche wird höher?
- 76 S: Das - - ähm, - - - ähm, keine Ahnung.

- 77 I: - Okay, aber das heißt, du glaubst es wird niedriger wenn's runterfällt und wieder, wenn's wieder  
78 raufkommt wieder höher, und was ist dann am Ende? - -
- 79 S: Gar keine Energie mehr. -
- 80 I: Der, der hat jetzt gar keine Energie?
- 81 S: Ähm ja, denk ich mal. - -
- 82 I: Gut. Ähm - - ja also wir haben vorher über die Energieerhaltung - geredet, kannst du mir ein Bei-  
83 spiel geben, noch ein Beispiel, wo diese Energieerhaltung noch so gilt? Du hast vorher gesagt das mit  
84 der Tür. Aber kannst du so ein generelles Beispiel geben wo die Energieerhaltung gilt?
- 85 S: Was ist ein generelles Beispiel?
- 86 I: Ähm, so - - jetzt nicht spezifisch die Tür, sondern einen Fall, der auf mehrere, auf die Tür zutreffen  
87 kann oder auch auf den Ball.
- 88 S: Achso. Zum Beispiel wenn etwas runterfällt? Und dann wieder rauf kommt. Dann wird die Energie  
89 irgendwie erhalten. Weil, ich denke wenn's runterfällt dann wird's zwar niedriger, und wenn's rauf  
90 kommt wird's wieder höher und dann wird's irgendwie vielleicht umgewandelt, dass man halt, ähm,  
91 dass unser, also die Hand, wenn die bewegt. -
- 92 I: Okay, also am Ende gibt's eine Umwandlung?
- 93 S: Von der, vom Ball oder von, halt dem Gegenstand, ähm, zur Hand. - -
- 94 I: Okay.
- 95 S: Denk ich mal.
- 96 I: - - Und wenn wir jetzt wieder auf das Spiel zurückgehen, wie würdest du, fällt dir dann ein Begriff  
97 ein was der Ball und die Hand dann sind, in dem Fall zusammen?
- 98 S: - - - - ähm, keine Ahnung. - - - - hm, der Ball und die Hand - na hängt davon eigentlich ab, ob sie  
99 sich jetzt bewegen. - Wenn sie sich bewegen dann ist es halt Energie, und wenn nicht, dann ist es  
100 halt dann Stillstand. -
- 101 I: Okay. Und wenn du alles mit einem, was da jetzt mitmacht, die Hand, den Ball und den Boden, was,  
102 was sind die zusammen? Fällt dir da ein Begriff ein dafür?
- 103 S: Ähm, - - - eine Gruppe.
- 104 I: Gruppe?
- 105 S: Eine Gruppe, zum Beispiel.
- 106 I: - Gut, ähm, - und wenn jetzt jemand sagt, zum Beispiel ein Politiker, wir verbrauchen zu viel Ener-  
107 gie, wir müssen Energie sparen, weil wir verbrauchen so viel. Was würdest du als Physikerin darauf  
108 antworten?
- 109 S: Also dass man vielleicht einmal Energie - nicht wirklich sparen kann, weil zu manchen Dingen be-  
110 nötigt man es einfach und man kann es nicht so sparen. - Und ähm, es wär halt eine Frage ob er jetzt  
111 die Energie die halt quasi aus der Steckdose kommt meint oder die körperliche Energie. - - Weil,  
112 wenn er sich, wenn er die aus der Steckdose -, halt meint, dann ähm, sollte man, könnte ich jetzt da-  
113 rauf antworten dass ähm -, dass man halt mit der Energie nicht sparen kann -, weil es die Energie  
114 halt, nicht produziert wird, aber auch nicht verbraucht wird, ähm, sondern die halt nur umgewandelt  
115 wird. - - Ja, hab ich das richtig verstanden?
- 116 I: Das heißt insgesamt - wenn die nur, wenn die nicht verbraucht wird sondern nur umgewandelt,  
117 haben wir dann insgesamt mal mehr und mal weniger Energie, oder?
- 118 S: Nein eigentlich immer das gleiche. Weil, wenn es zum Beispiel, weil man hat jetzt die Energie und  
119 ähm, vom ähm, - vom Autofahren, und die wird dann umgewandelt in eine andere Form, aber man  
120 hat sie noch immer. -
- 121 I: Und gilt das immer, gilt das für jede Energieform?
- 122 S: Ähm, ja, glaub schon.

- 123 I: Das ist, du sagst wir haben immer gleich viel?  
124 S: Ja.  
125 I: Also hab ich das richtig verstanden?  
126 S: Ja.  
127 I: Ähm, - also, wenn wir jetzt hier zum Beispiel dieses Diagramm haben wo drauf steht das ist die Ver-  
128 teilung vom Energieverbrauch, - [Diagramm wird hergezeigt]  
129 S: Okay  
130 I: Was würdest du als Physikerin dann sagen, kann man das so nennen?  
131 S: Ähm, nein, ähm, so, (unverständlich)  
132 I: Okay.  
133 S: Vielleicht.  
134 I: - Ähm, ja, ich hab dann noch ein Beispiel – abgesehen vom Ball. Wir haben hier einen Skateboarder.  
135 [Bild vom Skateboarder in der Halfpipe wird gezeigt]  
136 S: Okay  
137 I: Und wenn jetzt das gilt dass die Energie immer gleich bleiben muss. Es gibt nur Umwandlung hast  
138 du gesagt  
139 S: Ja.  
140 I: Es muss aber immer gleich bleiben. Wie hoch müsste der dann hier in der Rampe fahren?  
141 S: Also vielleicht bis, also, zirka dahin wird er kommen.  
142 I: Kannst du mir das einzeichnen?  
143 S: Ja. - Also einfach nur einen Strich?  
144 I: Mhm. –  
145 S: Also das müsste hier sein.  
146 I: Okay. Und warum?  
147 S: Ähm, ich hab mir das so ausgedacht weil, ich hab das Beispiel halt mit dem Ball genommen, weil  
148 der wieder auf dieselbe Höhe gekommen ist. Wenn er nicht auf die Seite rausgegangen ist. Ähm, und  
149 wenn das jetzt eigentlich so sein sollte, dann sollte der Schwung, der halt von hier nach unten ge-  
150 braucht wird auch reichen um da nach oben zu kommen.  
151 I: Auf die gleiche Höhe?  
152 S: Ja. Das ist hier zirka die gleiche Höhe, ja.  
153 I: Mhm. – Ähm, das gibt's jetzt als Simulation, wir können das mal ausprobieren. - - - Magst du den  
154 mal nehmen und auf eine gewisse Höhe geben? [Applet wird gestartet]  
155 S: Ah, okay.  
156 I: Kannst ihn einfach so  
157 S: Anklicken? So? –  
158 I: Genau.  
159 S: - - Hä das geht aber nicht. –  
160 I: So.  
161 S: Ja, sagen wir er ist hier. Okay. Er sollte eigentlich wieder auf dieselbe Höhe kommen. Ja, es kommt  
162 auf dieselbe Höhe. Geil.  
163 I: Schau, und da können wir uns jetzt die Energie zeigen lassen. - - Was du siehst.  
164 S: Ah ja die potentielle und – kinetische Energie.  
165 I: Und siehst du was die machen?  
166 S: Die wechseln sich ab, aber die sind auch immer auf derselben Höhe.  
167 I: Und die gesamte haben wir hier.

- 168 S: Ja. – Und die potentielle und die kinetische Energie kommen dann auch auf die Höhe von der ge-  
169 samten Energie.  
170 I: Aha - - das heißt einmal ist maximal die potentielle.  
171 S: Ja und dann kommt, dann geht's runter und dann kommt die kinetische Energie.  
172 I: Genau. – Und in der Realität – ist es aber jetzt so -, dass wir meistens eine Reibung dabei haben.  
173 S: Ja von der Luft, oder?  
174 I: Von der Luft und hier vom Boden vor allem. Die Rollen auf dem. Und weißt du was da passiert,  
175 wenn es Reibung gibt? Reibung ist zum Beispiel so, wenn man die Hände so reibt.  
176 S: Dann wird's wärmer. - - Und dann entsteht Wärme.  
177 I: Und das ist auch eine Form von Energie. Und da sieht man - -  
178 S: Ja dann geht's da immer weiter nach unten.  
179 I: Mhm. Und wenn wir uns da jetzt, wenn wir das jetzt machen und uns die Energiebalken zeigen las-  
180 sen - - dann sieht man  
181 S: Viel weiter nach unten, und die  
182 I: Aber die gesamte Energie  
183 S: Ja – weil die kinetische und die potentielle Energie die werden immer kleiner aber diese thermische  
184 Energie die wird dann auch.  
185 I: Thermische, genau, thermisch ist ein anderes Wort für Wärme.  
186 S: Ach so. –  
187 I: Genau.  
188 S: Weil halt viel an Wärme erzeugt wird. –  
189 I: Und das, kannst du das, ähm, beschreiben mit was, das du vorher schon genannt hast? Wie das  
190 dann zu Wärme wird?  
191 S: So durch, durch Reibung.  
192 I: Genau und da passiert eine, eine Sache die du vorher schon genannt hast, andere, bei, beim Strom  
193 hast du das schon genannt.  
194 S: Ach so, die Umwandlung. Also die wird, ähm, also die Wärmeenergie wird umgewandelt, - ach so  
195 nein, die, die kinetische und die potentielle Energie werden, also in diese, Wärmeenergie umgewan-  
196 delt.  
197 I: Okay. Ja, super. Das war's mit meinen Fragen. Danke dafür. Ähm, hast du noch eine Anmerkung o-  
198 der irgendwas was du noch sagen möchtest, was wir noch nicht besprochen haben, was dir noch  
199 wichtig wäre?  
200 S: Eigentlich nicht.  
201 I: Kann auch was zum Spiel noch sein.  
202 S: Hm, nein, - nicht. Hat alles gepasst. -  
203 I: Gut, dann danke dir.

*Anhang F3.10 Transkript Interview 10*

- 1 I: Also, Dankeschön dass du dich bereiterklärt hast für das Interview. Wie gesagt das ist keine Prü-  
2 fungssituation, es gibt kein richtig oder falsch, es hilft mir nur für meine Arbeit, und deshalb wär's  
3 cool wenn du einfach alles sagst. Ähm, - genau, und es wird auch anonym behandelt, das heißt dein  
4 Name kommt dann nirgendwo vor, nur die Nummer damit ich's dann deinem Fragebogen zuordnen  
5 kann. – Und, als erstes hätte ich bitte gerne dass du mir beschreibst was für dich Energie ist.  
6 S: - Energie ist – ähm, - - also etwas was man - - was man hebt oder so? - -  
7 I: Kannst du mir dafür ein Beispiel geben?

- 8 S: Zum Beispiel - - wie mein Handy und sowas halt, oder es liegt am Boden und ich hebe es auf - - das,  
9 also es, Kraft, ähm, Arbeit und Energie. Oder sowas. - -
- 10 I: Okay, und wo ist die Energie denn, - - wenn du das Handy aufhebst, wo ist dann die Energie?
- 11 S: In der Hand. -
- 12 I: Okay. Und jetzt im, mit dem Legospiel verbunden, ähm, - - sind jetzt die Legosteine Energie, oder  
13 wie ist das jetzt?
- 14 S: Ich glaub eher der Becher ist die Energie oder so, also die Legosteine haben wir dann im Becher,  
15 also, hat die Mutter in den Becher reingegeben, - - und dann wurden's ja immer weniger, weil wir so,  
16 die Kinder haben's ja versteckt, die Steine, Bausteine. Und dann, ist es halt weniger Energie, war's  
17 halt weniger Energie. - - - -
- 18 I: Weil die dann versteckt waren?
- 19 S: Ja.
- 20 I: Okay. Ähm, - - gut, danke, kannst du mir noch beschreiben, was dir zur Energieerhaltung einfällt?
- 21 S: Ähm, - - nein ich glaub nicht. - -
- 22 I: Fällt dir vielleicht irgendein Beispiel ein oder irgendwas was da mit dem Spiel, hat das Spiel was mit  
23 der Energieerhaltung zu tun? - - -
- 24 S: Zum Beispiel – die Legosteine nehmen und - - also man nimmt den Becher halt, und den Becher  
25 auf die Waage stellen halt und messen wie viel – Energie das ist oder so. – Halt die Steine. Weil wir  
26 haben ja die Steine in den Becher gegeben und dann haben wir den Becher gemessen. - Wie viel  
27 Energie das ist. - - Ja.
- 28 I: Wie habt ihr das gemessen?
- 29 S: - - Ich, ähm, - - - - also wir haben's auf so 'ne Waage gestellt, und dann - -, ja. Und dann wird's so  
30 (unverständlich), oder so, haben wir's halt ausgerechnet, wie viele das sind. -
- 31 I: Okay. Ähm - - hm, wenn wir jetzt ein Beispiel nehmen, für Energieerhaltung. Und zwar wenn man  
32 etwas aufhebt, dann hat das Energie. Wenn ich jetzt diesen, diesen Ball hier in meinen Händen halte  
33 -, dann hat der ja Energie weil er hochgehoben ist. Stimmt das, würdest du dem zustimmen, so wie  
34 du's gesagt hast? [Tischtennisball wird gezeigt]
- 35 S: Nein, weil wenn man das aufhebt dann ja, aber wenn man's so lässt ist es nichts.
- 36 I: Okay, also nur wenn ich's aufheb'?
- 37 S: Ja.
- 38 I: Und, wenn ich ihn jetzt fallen lass'?
- 39 S: - Das ist dann - also für den Ball schon, aber - -
- 40 I: Für den Ball ist das Energie?
- 41 S: Weiß ich grad nicht aber ich glaub' nicht. - - Das kann nicht, ich glaub es ist keine Energie. - - -
- 42 I: Ähm, - fallen dir sonst Beispiele ein, wo's Energie gibt? Außer wenn man etwas aufhebt?
- 43 S: - Ähm, wenn man etwas verschiebt, halt, wenn man zum Beispiel, das Handy hat man in der Hand  
44 und dann mit der Hand nach links oder nach rechts, da, da hat man auch Energie. - - Halt in der Hand  
45 halt, Energie.
- 46 I: Aha. – Okay. Ich hab jetzt da so ein Diagramm mit. [Diagramm wird gezeigt]
- 47 S: Wenn man etwas wirft.
- 48 I: Wenn man etwas wirft?
- 49 S: Ja, ich glaube. - - -
- 50 I: Mhm, kannst du mir das noch ein bisschen genauer erklären, wie ist das wenn man etwas wirft?
- 51 S: Halt man hat zum Beispiel etwas in der Hand – und dann – dann nimmt man Schwung und wirft  
52 etwas, ganz weit, stark, und so, und da hat man Energie. In der Hand. –

- 53 I: Ähm, ich hab hier ein Diagramm mitgebracht. Das ist, ähm, das heißt das ist der Energieverbrauch  
54 im Gewerbe, wo Sachen, ähm, wo Güter produziert werden, also zum Beispiel Papier, oder Eisen und  
55 Stahl, oder chemische Produkte, die hier erzeugt werden. – Da kommt Energie vor in solchen Betrie-  
56 ben. Und hier ist ein Diagramm, da steht das ist der Energieverbrauch. – Was würdest du dazu jetzt  
57 sagen wenn du das so jetzt hörst, Energieverbrauch, wenn das so vorkommt wo, würdest du als Phy-  
58 siker sagen
- 59 S: Also, das verbraucht Energie halt, diese Sachen verbrauchen Energie. Wie viel Prozent, also Energie  
60 jetzt verbrauchen. - -
- 61 I: Okay. – Ähm. – Ich hab jetzt auch hier ein Bild - - von einem Skateboarder - - in einer Halfpipe. Wür-  
62 dest du sagen, der hat Energie? - - Wenn er da oben steht in der Halfpipe? [Bild vom Skateboarder in  
63 der Halfpipe wird gezeigt]
- 64 S: Ich glaub wahrscheinlich nicht. –
- 65 I: Und was glaubst du, wie hoch fährt er auf der anderen Seite wieder hoch?
- 66 S: - - Genauso hoch wieder bis da.
- 67 I: Kannst du mir das einzeichnen?
- 68 S: - - Soll ich einen Strich machen, einen Kreis oder so?
- 69 I: Wie du möchtest, einfach einzeichnen, da wo es hinkommt. – Also dieselbe Höhe ist das?
- 70 S: Ja.
- 71 I: Ich würde sagen, probieren wir's mal aus, ich hab das hier mit einem Applet vorbereitet. - - Mo-  
72 ment. – Also er fährt von hier los. - - [Applet wird gestartet]
- 73 S: Also ist es richtig?
- 74 I: Noch einmal. - - - Ja, so wie du es eingezeichnet hast. Und hier, schau, da haben wir die, die Balken  
75 von der Energie - - - - Okay, ähm, wenn du dir jetzt diese Energiebalken anschaust, sagt dir das ir-  
76 gendwas?
- 77 S: Ähm, also, wenn er unten ist, dann wird die kinetische Energie höher, so, höher, also wenn man in  
78 der Mitte ist dann wird die kinetische Energie so höher, und die potentielle Energie halt, niedriger,  
79 sehr niedrig.
- 80 I: Okay. - - Ähm, kannst du mir noch so generell beschreiben was, was du dir von dem Spiel gemerkt  
81 hast, was war da, war irgendwas wichtig beim Spiel, was herausgekommen ist?
- 82 S: Halt die Mutter hatte einen, hat die Steine mit mir gezählt, und es waren weniger weil das Be-  
83 suchskind -, ne es waren mehr weil das Besuchskind dann noch drei dazugegeben hat, und sie hat's  
84 dann alles gemessen und dann wie, wie halt, sie, zuerst hatte sie alle Steine, halt, das waren glaub ich  
85 zwanzig und, die hat sie dann gemessen zuerst. Und dann kamen einige ins Haus und dann, ähm, ha-  
86 ben die Kinder damit gespielt und dann haben die Kinder halt welche versteckt, die Sachen. Dann ha-  
87 ben sie wieder gemessen und dann hat sie, ähm, bemerkt dass, ähm, dass da Steine weggegangen  
88 sind und das ausgerechnet und dann hat sie gewusst wie viele Steine abgegangen sind.
- 89 I: Und was hat das mit Energie zu tun?
- 90 S: Ich glaub nichts. Also. - - - -
- 91 I: Kannst du dich an die Stunde erinnern wo wir darüber gesprochen haben?
- 92 S: - - ja es hat schon was mit Energie zu tun, aber ähm, was genau - -
- 93 I: Kannst du dich an etwas erinnern was wir besprochen haben? Zum Beispiel in der Gruppe, oder,  
94 ähm, also in der Stunde nach dem Spiel, als wir das Ganze nochmal besprochen haben, da hattet ihr  
95 so Aufgaben, kannst du dich da noch erinnern was ihr besprochen habt?
- 96 S: Ähm, - - wir haben besprochen glaub ich, so, ähm, - also dass weniger Steine waren. – Halt dann  
97 am Schluss - - ja, sonst eigentlich nicht. –
- 98 I: Und kannst du dich erinnern an die Erklärung die's dann an der Tafel gab?

- 99 S: Ähm, - - - nein. - - mir fällt jetzt nichts ein. Aber ich glaub ich hab sie abgeschrieben. Also. - -  
100 I: Okay. Ähm, möchtest du sonst noch was sagen was wir jetzt nicht besprochen haben? Noch zum  
101 Spiel, oder eine Frage die ich vergessen habe?  
102 S: Ähm, es gab ja doch diesen Frage, Fragebogen am Ende, und da war, ähm, ein, etwas nicht klar bei  
103 diesem Blatt, wo diese Kreise, diese Pendel eingezeichnet wurde. Es war nicht klar ob es eine Pendel  
104 ist oder mehrere.  
105 I: Okay. Das heißt, da müsste die Frage klarer sein dass man sich auskennt?  
106 S: Ja.  
107 I: Danke, das hilft mir. Sonst noch irgendwas Allgemeines?  
108 S: Nein. Ich hab jetzt alles gesagt.  
109 I: - Okay. Dann, dann Dankeschön. Ich stoppe mal die Aufnahme.

### *Anhang F3.11 Transkript Interview 11*

- 1 I: Gleich mal zur ersten Frage, ähm, was, ähm, fällt dir ein wenn du an die letzten beiden Einheiten  
2 denkst die ich bei euch war, was wir da gemacht haben, was war das Wichtigste?  
3 S: Ähm, wir haben halt die Energieerhaltung gemacht, wir haben mit, also ein Spiel gespielt, wo - -  
4 zwei Kinder und halt - - eine Mutter und ein Vater gehabt, und wir haben – halt mit dem – also die  
5 Kinder mussten mit diese Bausteine was bauen, und die Mutter musste es zählen. Also, sie hatten  
6 nur eine Minute, und sie mussten es - - zählen, und, also - - es gab glaub ich fünf Runden, und – bei  
7 der vierten, bei der vierten kam ein Besuchskind und hat vier Bausteine noch - - gegeben, deswegen  
8 ist halt, ähm, ist es halt nicht gleich - geblieben, also, hm, ich habe das Wort vergessen, also es waren  
9 30 Bausteine und - - die Kinder haben auch vier versteckt, und wir mussten es dann finden. - - Und  
10 wir mussten halt die Zahl – auf den Blatt schreiben, halt, wir haben eine Anleitung bekommen. –  
11 Und, ähm, dann haben sie, halt, eine Menge von den Bausteinen in einen Becher eingegeben und wir  
12 durften es nicht zählen. – Ähm, aber sie haben auch – ein paar draußen gelassen, sie haben nicht al-  
13 les reingegeben und – die Eltern mussten es wissen wie viele drinnen ist, also in diesem Becher, - und  
14 - - also wir haben es, also ich war die Mutter, und ich hab einfach die Bausteine die draußen waren  
15 gezählt und das so herausgefunden. Aber man konnte es auch mit der Waage machen, aber ich weiß  
16 jetzt nicht wie, weil ich das auch nicht gemacht habe. Dann haben wir halt - - über die Energieerhal-  
17 tung - gelernt und – ähm, das heißt, dass es immer gleich bleibt. – Und – noch was – Ich habe mir das  
18 nur gemerkt, aber – irgendwas war noch da, aber ich hab's grad vergessen. - Ja. -  
19 I: Okay. Und ähm, - kannst du dich noch erinnern oder fällt dir ein warum wir das gemacht haben mit  
20 der Box zum Beispiel?  
21 S: Ähm - - - -nein, ich kann mich nicht erinnern.  
22 I: Okay. Gut, dann hast du gesagt wir haben über Energieerhaltung geredet, was, was fällt dir, kannst  
23 du mir noch einmal beschreiben was dir einfällt zur Energieerhaltung?  
24 S: Also, dass die Zahl immer gleich bleibt, also, man, also, - Wir haben das mit diesem Becher ge-  
25 macht weil wir halt, also, nicht wissen, also wir können ja nicht die Energie sehen. Und deswegen –  
26 war das so ein Beispiel damit wir auch herausfinden wie viele es drinnen sind. Und man kann auch –  
27 eigentlich glaub ich da draußen die Bausteine nicht zählen, aber das wusste ich nicht, und - - und, ja,  
28 also, es bleibt immer gleich, das habe ich mir gemerkt. – Ja. - - Sonst, ich hab's vergessen - -. Also, es  
29 war danach noch viel los, deswegen hab' ich es mir nicht so gut gemerkt.  
30 I: Okay, aber du hast gesagt es bleibt immer gleich.  
31 S: Ja.  
32 I: Und das ist das Wichtigste was du dir gemerkt hast, hab ich das richtig verstanden?

- 33 S: Ja.
- 34 I: Und das ist was du als Energieerhaltung jetzt verstehst?
- 35 S: Ja.
- 36 I: Okay. Ähm, und was ist jetzt für dich Energie?
- 37 S: - Ähm. - -
- 38 I: Wie würdest du, wenn du jetzt als Physikerin das erklärst, wie würdest du das beschreiben?
- 39 S: Schwer. – Ähm, halt, man braucht ja für alles Energie soweit ich es weiß, und - - hm – zum Beispiel
- 40 - - ich weiß es nicht, ich kann's nicht beschreiben.
- 41 I: Okay, fallen dir Beispiele für Energie ein? - Die du kennst?
- 42 S: - Ähm - - - nein. –
- 43 I: Hm -, dann hab' ich auch ein paar Beispiele vorbereitet. – Wir haben ja das Pendel in der Stunde
- 44 auch schon besprochen. [Pendel wird gezeigt]
- 45 S: Mhm.
- 46 I: Und auch beim Fragebogen dann. Kannst du mir erklären wie das beim Pendel jetzt mit der Energie
- 47 ist, wenn du dir das anschaust?
- 48 S: Ähm, hm, ähm, halt man braucht ja Energie damit man es haltet, und wenn man es halt, loslässt,
- 49 ähm, dann wird das wieder – halt stehenbleiben wegen der Schwerkraft, halt, glaub' ich, oder so.
- 50 Ähm - - - - ich hab's vergessen, wie das, also, ich versteh's nicht, also, was Sie damit meinen.
- 51 I: Okay, wenn ich jetzt das Pendel loslasse und wenn ich's schwingen lasse, kannst du mir beschrei-
- 52 ben was dann mit seiner Energie passiert?
- 53 S: Es wird halt langsamer. – Ähm, also am Anfang ist es noch schnell, - es ist, ähm, - - symmetrisch,
- 54 also gerade, also in der gleichen Länge, und – es wird immer langsamer und – bleibt – dann stehen.
- 55 I: Und warum wird es langsamer?
- 56 S: Weil – es – weil die – Schwerkraft es ja anzieht und es nicht mehr so gleich schnell schwingen kann,
- 57 also nicht mehr gleich schnell wird.
- 58 I: Und was passiert dann mit der Energie vom Pendel?
- 59 S: Es wird halt weniger. - Glaub ich.
- 60 I: Jetzt hast du vorher gesagt Energieerhaltung bedeutet für dich, dass es immer gleich bleibt.
- 61 S: Also, es ist, es ist eh gleich, aber – hä - - - ähm.
- 62 I: Wie meinst du das, es ist eh gleich?
- 63 S: Also -, wenn, wenn man es loslässt, dann ist es ja immer gleich, also eine Weile ist es ja gleich. –
- 64 Dann - - hä – es ist doch nicht gleich, glaub ich. - -
- 65 I: Kannst du dich erinnern was wir besprochen haben, was man alles anschauen muss wenn man jetzt
- 66 die Energie beim Pendel - - was da alles dazugehört, was man sich anschauen muss?
- 67 S: - - Nein, ich hab's mir nicht gemerkt.
- 68 I: Okay, dann machen wir das nächste Beispiel. Hm, den Tischtennisball. Wie ist das beim Tischtennis-
- 69 ball mit der Energie wenn ich den jetzt fallen lasse? [Tischtennisball wird gezeigt]
- 70 S: - Ähm -, es springt nicht so, es springt nicht gleich hoch. Oder, nein, es springt gleich hoch? Also, es
- 71 kommt wenn man es loslässt dann ist es dann, also, ist die Höhe dann gleich. –
- 72 I: Okay. Und kannst du mir dafür einen Grund geben?
- 73 S: Ähm - -, weil - - - -
- 74 I: Vielleicht fällt dir was ein mit der Energie?
- 75 S: - - - - - Ähm - - - - - mir fällt grad kein Grund ein.
- 76 I: Okay, wenn's dir nicht einfällt jetzt dann gehen wir zum nächsten, ähm, ich hab' hier, also du hast
- 77 vorher gesagt Energieerhaltung ist für dich dass, wenn's immer gleich bleibt.
- 78 S: Ja.

- 79 I: Und wenn jetzt, ähm, ein Politiker zum Beispiel sagen würde, wir verbrauchen zu viel Energie und  
80 deshalb müssen wir Energie sparen, hier ist ein Diagramm mit dem Energieverbrauch, was würdest  
81 du da als Physikerin dazu sagen, zu der Aussage von dem Politiker?  
82 S: Hm - - - - -  
83 I: Wenn der sagt, wir verbrauchen viel Energie?  
84 S: Also -, er sagt halt, dass -, dass es nicht mehr so, dass sie nicht mehr so viel Energie haben und sie  
85 Energie sparen müssen -. Also - -  
86 I: Und wenn du jetzt als Physikerin denkst, nachdem wir schon über Energie geredet haben in den  
87 beiden Stunden, ähm, was würdest du dann zu dem Satz sagen „Wir verbrauchen zu viel Energie“?  
88 S: - - - - - Hm - - - - -  
89 I: Fällt dir da was dazu ein was du da sagen könntest?  
90 S: Nein. - -  
91 I: Gut. Ich hab’ noch ein letztes Beispiel. - - Und zwar haben wir hier einen Skateboarder. [Bild des  
92 Skateboarders in der Halfpipe wird gezeigt] – Und der steht in einer Halfpipe, an dieser Stelle. Und  
93 wenn der jetzt losgelassen wird, und wir sagen, wir nehmen an es gibt keine Reibung und keinen  
94 Luftwiderstand. – Also keine Reibung heißt hier bei den Rollen entsteht dann keine Wärme.  
95 S: Mhm.  
96 I: Und auch keinen Luftwiderstand -, wenn man den jetzt einfach hier loslässt, - wie hoch muss er  
97 dann auf der anderen Seite wieder hinaufkommen, was glaubst du? Wenn er keinen Schwung neh-  
98 men darf dazwischen, er rollt einfach nur.  
99 S: - Ähm - - - - da zirka.  
100 I: Da?  
101 S: Ja.  
102 I: Also ein bisschen niedriger?  
103 S: Ja.  
104 I: Dann markier’ ich mir da das, hier. - Hm, Nummer 3. – Ähm, und, kannst du mir das begründen?  
105 S: Ähm, er darf ja nicht Schwung nehmen, und deswegen, ähm, kann es, wenn er Schwung nehmen  
106 würde, würde es ja höher, also – gehen, aber wenn er keinen Schwung holt und kein – halt, wenn er  
107 keinen Luftwiderstand hat, dann muss es ja niedriger sein, weil, ähm - - - weil es - - - weil er auch,  
108 weil er auch, weil er hat ja auch ein Gewicht und - deswegen wird es ja nicht gleich hoch sein, aber  
109 ich kann das grad nicht begründen.  
110 I: Okay, schauen wir uns das mal kurz an. Es gibt da eine Simulation mit der man das ausprobieren  
111 kann. [Applet wird gestartet] – Wir haben gesagt wir machen’s ohne Reibung. – Und dann fährt der  
112 so. - - Passt das zu dem was du gesagt hast?  
113 S: Nein. - -  
114 I: Okay, kannst du dir das irgendwie erklären, warum das jetzt anders ist?  
115 S: - Ähm - - - - -.  
116 I: Schau mal zur Hilfe vielleicht auf die Energiebalken. Das hier ist die gesamte Energie, das Blaue ist  
117 die Lageenergie und das Grüne ist die Bewegungsenergie. Wenn du dir diese Balken anschaust, fällt  
118 dir dann eine Begründung ein? - -  
119 S: Also, - - - es bleibt halt, halt immer gleich, also - - - Bewegungsenergie und - - halt das Blaue und  
120 das Grüne - -, die sind halt gleich, also so, gleich wie das gesamte Energie und - - -  
121 I: Kannst du mir erklären warum die gleich, also warum das immer gleich bleibt, die gesamte Ener-  
122 gie?  
123 S: Ähm, - weil er – weil er ja immer da oben ist, wird das ja immer schnell, also, da – ist das ja immer  
124 gleich schnell, wenn er da oben ist, dann fährt der ja gleich schnell, und darum bleibt es halt gleich,

- 125 ähm, ich weiß nicht wie ich das erklären soll. - - - Es wird erst schneller wenn er runterrutscht, also  
126 fährt. -  
127 I: Okay. Und dass seine, seine Energie, also die gesamte Energie hier immer gleich bleibt, könntest du  
128 mir das irgendwie erklären warum das so ist?  
129 S: - - Ähm - -  
130 I: Du könntest mir auch mit einem anderen Beispiel vielleicht erklären warum die gesamte Energie  
131 gleichbleiben muss?  
132 S: - - - - - Mir fällt grad nichts ein.  
133 I: Okay. Gut, ähm, - - fällt dir sonst noch irgendwas ein was wir jetzt vergessen haben, worüber wir  
134 nicht geredet haben, was noch wichtig ist bei dem Thema?  
135 S: - - Nein. -  
136 I: Gut, dann danke für das Interview.

*Anhang F3.12 Transkript Interview 12*

- 1 I: Gut, die erste Frage die ich mir überlegt habe ist mal, ähm, was verbindest du jetzt mit den letzten  
2 beiden Stunden, was wir da gemacht haben? Was war da das Wichtigste?  
3 S: Also wir haben über Energie geredet. Wir haben sowas wie ein Spiel gemacht, halt mit Zuckerwür-  
4 feln. Ähm, es gab ein, halt, wir haben so gespielt und es gab eine Mama und Papa und Kinder und wir  
5 mussten, sie müssen halt immer stoppen, eine Minute, und sie müssen halt immer die Würfel wieder  
6 zählen, und ja, sie müssen dann es auch abwägen, wie viele noch fehlen, da gab's noch so, einen Be-  
7 cher, ja so einen Becher. Und da, ähm, haben wir es so reingegeben, halt, wir haben's versteckt, und,  
8 sie mussten halt, es dann halt nachzählen wie viele es dort sind. Also, es abwägen.  
9 I: Okay. Und du hast gesagt wir haben auch über Energie geredet. Ähm, inwiefern haben wir über  
10 Energie geredet? Kannst du mir das noch beschreiben?  
11 S: Also, ähm, das hat die Verbindung vom Zuckerwürfel zur Energie halt, über die Energieerhaltung. -  
12 I: Okay, und kannst du mir jetzt die Energieerhaltung beschreiben, was das ist für dich?  
13 S: - Also, das kann ich glaub ich nicht mehr erzählen, weil ich hab's schon ein bisschen weg vom Kopf,  
14 weil ich hatte an diesem Tag auch ein bisschen Kopfschmerzen und so, deshalb, halt, ich kann nicht  
15 Vieles dazu sagen aber halt über Energie schon.  
16 I: Okay, dann, ähm, magst du mir einfach erzählen was dir zu Energie einfällt?  
17 S: Also es gibt verschiedene Formen von Energie, zum Beispiel Wärmeenergie, kinetische Energie und  
18 so weiter. Energie wird in Joule, ähm, geschrieben, und - -  
19 I: Okay - - hast du vielleicht auch noch Beispiele für Energie? -  
20 S: Wie zum Beispiel?  
21 I: Fällt dir irgendein Beispiel ein noch, ein weiteres? Du hast schon gesagt, ähm, Wärmeenergie, kine-  
22 tische  
23 S: Also zum Beispiel bei einer Glühbirne. Das erzeugt Wärmeenergie. - - Ja. - Und, was für Beispiele  
24 ich noch nennen kann. - - Mir fällt gerade nichts ein.  
25 I: Okay, aber wie funktioniert das jetzt bei der Glühbirne, dass die Wärmeenergie, du hast gesagt sie  
26 erzeugt Wärmeenergie, wie kann ich mir das vorstellen?  
27 S: Also, es leuchtet. Und da erzeugt es Wärme in dieser Glühbirne.  
28 I: Okay und wie macht die Glühbirne das?  
29 S: Wegen Strom halt, deswegen. Es hat einen Strom, also, glaube ich mal. Und wenn es so leuchtet  
30 wird da ja, kommt da ja irgendwas und das erzeugt dann auch Wärme. - - Energie.  
31 I: Okay. - Ähm, hat das irgendwas mit der Energieerhaltung zu tun?

- 32 S: - - Also, ich bin mir nicht sicher, aber es kann sein. – Weil ich hab’s schon ein bisschen aus dem  
33 Kopf.
- 34 I: Okay. Also Energieerhaltung fällt dir grad nicht mehr ein was das war?
- 35 S: Ja. Außer, ein bisschen. Das Spiel, das fällt mir ein, Zuckerwürfel, Energieerhaltung, aber sonst  
36 nichts mehr über das.
- 37 I: Aber fällt dir ein wie das zusammenhängt?
- 38 S: - - Ja eben, das hab’ ich vergessen.
- 39 I: Okay. Ähm -, wenn wir jetzt zu einem Beispiel gehen. Wir hatten ja auch schon in der Stunde das  
40 Pendel. – Ähm, kannst du mir jetzt beschreiben wie die Energie beim Pendel, wie das aussieht  
41 wenn ich das jetzt hierher ziehe, und dann schwingen lasse, wie das dann mit der Energie hier aus-  
42 sieht? [Pendel wird gezeigt]
- 43 S: Also, die beiden sind gleich halt, auf den beiden Seiten, wenn man’s halt hierher zieht.
- 44 I: Warum?
- 45 S: Warum? Also, wenn man’s von hier wirft kommt es auf die gleiche Seite. –
- 46 I: Okay. – Gleich hoch, meinst du?
- 47 S: Ja, halt, ja.
- 48 I: Fällt dir dafür eine Begründung ein?
- 49 S: Ähm, das hat etwas mit dem - - Erde, ähm, - ich hab’s, ich hab’s wieder vergessen. Erde, ähm, mit  
50 der Schwerkraft zu tun, weil wenn es keine Schwerkraft gäbe, dann würde es runterfallen, nicht  
51 schwingen können.
- 52 I: Okay. Ähm, und - - also du hast gesagt jetzt einmal es schwingt auf der anderen Seite gleich hoch.  
53 Kannst du mir sonst noch was zur Energie beim Pendel beschreiben? – Zum Beispiel, ich lass’ es von  
54 hier schwingen, und dann schwingt es da durch. Ups das war jetzt nicht gut. – Wenn ich’s grade lasse.  
55 – Das schwingt da durch. Und dann in diesem, genau in der Mitte. Wie, wie groß ist die Energie da im  
56 Vergleich zum Anfang?
- 57 S: Es ist langsamer. – Ist zuerst schneller und danach wird’s dort langsamer.
- 58 I: Was meinst du mit langsamer?
- 59 S: Also, weil es ist ja so schnell, es, es schwingt so runter und dann ist es dort, wie soll ich sagen, es ist  
60 nicht so schnell da unten. –
- 61 I: Okay. –
- 62 S: Ich weiß nicht wie ich’s erklären soll.
- 63 I: Und, ähm, fällt dir da was zur Energie auch ein vielleicht? - - - - Gut, ähm, das nächste Beispiel das  
64 ich hab ist, ähm, der Tischtennisball. Wenn ich den jetzt fallen lasse, was passiert da mit der Energie?  
65 [Tischtennisball wird gezeigt]
- 66 S: Es fällt runter.
- 67 I: Und was passiert mit der Energie?
- 68 S: - - Es ist dann weg? - - - - Ich hab dieses Beispiel vergessen irgendwie. – Ich, ich weiß nicht aber  
69 ich bin auch ein bisschen so, aufgeregt, und.
- 70 I: Okay, wir können’s gerne später nochmal machen, vielleicht fällt’s dir später ein. Wenn du eine  
71 Idee zum Tischtennisball hast dann sag einfach Bescheid, dann machen wir den nochmal.
- 72 S: Okay.
- 73 I: Sonst gehen wir jetzt zu einem anderen Beispiel. Ähm, ich hab hier nämlich auch noch ein Energie-  
74 verbrauchsdiagramm. - - Was würdest du jetzt als Physikerin dazu sagen wenn dir jemand ein Dia-  
75 gramm zeigt und sagt das ist das Diagramm vom Energieverbrauch. Was würdest du da zu dem Titel  
76 vom Diagramm sagen? - - - Wenn wir jetzt nur Energieverbrauch uns anschauen. Der Rest ist nicht so

- 77 wichtig. – Und wenn jetzt jemand sagt, wir verbrauchen zu viel Energie, schau dir das Diagramm an,  
78 was würdest du zu der Aussage sagen?
- 79 S: Also welche Sachen wie viel Energie benötigen und halt, wie viel sie halt verbrauchen, würde ich  
80 sagen. - - - - Also ich verstehe die Fragen nicht, also.
- 81 I: Okay, wenn jetzt zum Beispiel, ähm, ein Politiker sagt wir verbrauchen viel zu viel Energie. Was  
82 würdest du dann zu der Aussage sagen, „Wir verbrauchen Energie“, als Physikerin? – Würdest du sa-  
83 gen das stimmt so, wir verbrauchen viel Energie? - - - - Es geht mir hier nur um die, um die Formulie-  
84 rung. - - Um den Energieverbrauch.
- 85 S: - - Also, soll ich jetzt sagen, über, halt über diese Sachen, oder einfach nur was dieser Ausdruck  
86 meint?
- 87 I: Was das, was der Ausdruck meint.
- 88 S: - - - - Ich glaub, ich glaub ich werde irgendwas wieder labern aber ich glaube mit diesem Ausdruck,  
89 ähm, meint man halt, wie viel wir Menschen, am Tag oder im Jahr, ich weiß nicht, ähm von diesen  
90 Sachen, halt wie viel davon halt verbrauchen. –
- 91 I: Okay. Ähm. – Und ich hab' noch ein weiteres Beispiel. Das ist hier. In einer Halfpipe ein Skateboarder.  
92 Wenn der hier steht, und man lässt ihn hier los. – Und [Bild des Skaters in der Halfpipe wird ge-  
93 zeigt]
- 94 S: Dann ist er sehr schnell.
- 95 I: Ja. Und wie hoch fährt er dann auf der anderen Seite wieder rauf wenn wir sagen es gibt keine Rei-  
96 bung und keinen Luftwiderstand?
- 97 S: - Also, ich glaube eher hier irgendwo. –
- 98 I: Okay. Ohne Reibung? Oder mit Reibung?
- 99 S: Ich glaube ohne Reibung.
- 100 I: Okay. – Ich markiere mir das hier. Wo hast du gesagt nochmal?
- 101 S: Hier, so – zirka, oder hier.
- 102 I: - - - acht, ja? Okay. Ähm, kannst du mir dafür eine Begründung geben? Warum du das glaubst?
- 103 S: - Also, weil er ja hier schnell ist und hier eher so rund ist, halt, da kommt es uns wie bei diesen –  
104 häfischen und da ist auch in der Mitte so. Wenn's so schnell kommt ist er da unten eher langsamer  
105 und das stoppt ja irgendwie. - - Und weil es hier auch keine Reibung gibt ist es halt auch weniger dass  
106 er hier irgendwo raufkommen kann. Ist es dann halt irgendwo hier.
- 107 I: Okay. Ähm, schauen wir's uns mal an, ich hab's hier als Applet, das können wir uns probieren.  
108 [Applet wird gestartet] Machen wir's ohne Reibung einmal. - So, und da – warte mal, - fang von hier  
109 an. Also ich setz' ihn da her, da lassen wir ihn anfangen. - - Ist das so wie du es vorausgesagt hast?
- 110 S: - - - Also ist das jetzt mit Reibung?
- 111 I: Das ist ohne Reibung. - - Weißt du was Reibung heißt? – Reibung ist, ähm, zum Beispiel wenn ich  
112 mir die Hände so reibe, da wird's dann warm. Oder auch wenn man mit Rollen auf dem Asphalt fährt,  
113 wird's auch warm, und da entsteht dabei Wärmeenergie. So, so wie bei der Glühbirne auch Wärme-  
114 energie entsteht nur auf eine andere Art.
- 115 S: Achso. Ja unser Lehrer hat es uns auch erklärt, aber, halt, ich konnte jetzt nicht, ähm, verstehen,  
116 was das mit dem zu tun hat. Deswegen.
- 117 I: Okay. Aber, ähm, mit dem, mit dem Skateboarder, fällt dir dazu jetzt ein Grund ein warum der da  
118 immer wieder gleich hoch raufkommt? - - Wenn du dir vielleicht da diese Balken anschaust? Das ist  
119 Gesamtenergie, das ist die, ähm, Lageenergie und das ist die Bewegungsenergie.

- 120 S: - - Das ist glaub' ich das fast gleiche Beispiel wie bei diesen Steinchen. Hm. Und. – (husten) Halt, es  
 121 kommt so. Ich dachte zuerst, dass es ein Berg oder so ist. Aber wenn es da ist, ist es halt dann leicht-  
 122 ter, weil es ja auch so mehr glatte, und es so runterkommt. Ich glaub das so und da kommt es wieder  
 123 gleich rauf. - -
- 124 I: Okay. Ähm, - und, kannst du mir da, das ist die Gesamtenergie, die verändert sich da nicht, kannst  
 125 du mir dafür einen Grund sagen, warum sich die Gesamtenergie nicht verändert?
- 126 S: Also, ist die Gesamtenergie für die Person bezeichnet?
- 127 I: Mhm, für die Person und das Skateboard und die Halfpipe, also für die, für das alles zusammen.
- 128 S: Achso. Ähm, das Skateboard hat ja auch runde, so, Räder, und, wenn es da
- 129 I: Und warum verändert sich die Gesamtenergie nicht?
- 130 S: Er bleibt gleich, weil ich glaube - -
- 131 I: Kannst du mir das irgendwie erklären, vielleicht auch mit einem anderen Beispiel?
- 132 S: Ähm - - - - - also ich glaub das ist die gleich, das gleiche Beispiel wie bei diesem - Kugelschnitt,  
 133 wie sie das gedreht haben.
- 134 I: Okay -. Schauen wir uns das nochmal an. – Wie beim Pendel meinst du?
- 135 S: Ja, Pendel. –
- 136 I: Wir können auch deinen Fragebogen gerne noch anschauen. Du hast gesagt es schwingt immer  
 137 gleich auf beiden Seiten. Und das ist genauso beim Skateboarder. Kannst du, mit der Energie, dass  
 138 die Gesamtenergie jetzt gleichbleibt. - - Kannst du mir das irgendwie erklären, warum das so ist?
- 139 S: Ich glaub es verliert auch keine Kraft, halt, es verliert ja keine Energie, weil das auch so Räder sind,  
 140 ist es da auf den beiden Seiten gleich. Und es ist ja auch gerade. - - Und von wo es beginnt halt, zum  
 141 Beispiel es hat ja davor glaub' ich hier irgendwo begonnen, und es, es bleibt immer noch gleich. Es ist  
 142 auch rund. - -
- 143 I: Okay. - Gut, dann danke für das Interview.

### Anhang F3.13 Transkript Interview 13

- 1 I: Ja, danke noch einmal, dass du das Interview mit mir machst. – Meine erste Frage ist, ähm, was  
 2 fällt dir zu den letzten beiden Stunden in denen ich bei euch war ein? Was wir da gemacht haben,  
 3 was das Wichtigste war?
- 4 S: Wir haben über die Energieerhaltung gelernt, dass, egal wie viele Legosteine im Klassenzimmer  
 5 sind, es können nicht mehr oder weniger werden. Es bleibt immer gleich, auch wenn es sich auflösen  
 6 könnte, die Anzahl ändert nicht, ist dieselbe. - - Ja, das. –
- 7 I: Okay, und du hast jetzt schon Energieerhaltung gesagt, was genau bedeutet jetzt für dich Energie-  
 8 erhaltung?
- 9 S: Dass es nicht weniger oder mehr werden kann. – Es bleibt immer gleich. –
- 10 I: Was kann nicht weniger oder mehr werden?
- 11 S: Die Anzahl von dem -, das schon eben da ist, das kann nicht mehr oder weniger werden. - -
- 12 I: Okay. Und was – verstehst du jetzt unter Energie? - - Kannst du mir das beschreiben? - Oder auch  
 13 ein Beispiel geben? –
- 14 S: Ich weiß nicht. Ich weiß nicht. -
- 15 I: Fällt dir irgendein Beispiel dafür ein, für Energie?
- 16 S: Hm. - -
- 17 I: Wo der Begriff schon einmal vorgekommen ist? Wo du's schon gehört hast? Wo du's vielleicht sel-  
 18 ber verwendest?
- 19 S: - - Mir fällt nichts ein. -

- 20 I: Okay. – Hm, du hast gesagt Energieerhaltung bedeutet, dass es immer gleich viel bleibt.  
21 S: Ja.  
22 I: Ähm -, hier hab' ich jetzt aber ein Diagramm [Diagramm wird gezeigt] -, da steht, das ist ein, ein Di-  
23 agramm zum Energieverbrauch. Was würdest du da sagen, zu dieser, zu dieser Aussage, dass das  
24 Energieverbrauch ist? Kann man das so, würdest du das als Physiker auch so sagen? Nachdem wir  
25 jetzt schon ein bisschen über Energie gelernt haben?  
26 S: Ja.  
27 I: Und wenn jetzt zum Beispiel ein Politiker sagt, wir verbrauchen so viel Energie, ähm, wir müssen  
28 jetzt Energie sparen. Findest du die Aussage ist dann physikalisch eine Aussage die man sagen  
29 würde?  
30 S: -- Ja. ----  
31 I: Passt das zusammen mit der Energieerhaltung? ----- Wenn dir dazu nichts mehr einfällt  
32 können wir auch zum nächsten Beispiel gehen, ähm, wir hatten ja – auch das Pendel als Beispiel in  
33 der Stunde und dann auch im Fragebogen.  
34 S: Ja.  
35 I: Kannst du mir erklären, wie das beim Pendel mit der Energie ist? – Und mit der Energieerhaltung?  
36 [Pendel wird gezeigt]  
37 S: - Wenn keine -, also wenn kein Wind oder so ist, dann schwingt's immer gleich weit hin. Wenn  
38 man's hier loslässt, dann kommt's wieder hierher zurück. - -  
39 I: Und kannst du mir dafür eine Erklärung geben, warum das so ist?  
40 S: ----- Ich weiß es nicht.  
41 I: Also du sagst es schwingt immer gleich weit hinauf auf der anderen Seite?  
42 S: - Wenn keine Luft – da ist, ja dann schon. - -  
43 I: Aber dafür muss es ja einen Grund geben, oder? Kannst du mir den, kannst du dir vorstellen was da  
44 der Grund sein könnte?  
45 S: ---- Nein. - - -  
46 I: Okay, und wie ist das jetzt, wenn, wenn das hier ist, an der Stelle? - Und dann schwingt's, und  
47 wenn's dann an dieser Stelle hier ist -, hm, wie groß ist dann an der Stelle hier die Energie? Wenn wir  
48 sagen, das schwingt so frei durch? - - Wie groß ist dann hier, wenn's hier genau in der Mitte ist, die  
49 Energie? - - Im Vergleich zu hier?  
50 S: - Hier ist es halt, dann wird's schneller. Und wenn's wieder raufgeht da wird's etwas langsamer.  
51 Dann wieder schneller.  
52 I: Ja, und wie ist das dann mit der, mit der insgesamt Energie die das Pendel hat? - - Ist die an bei-  
53 den Stellen unterschiedlich groß, ist sie gleich groß?  
54 S: Unterschiedlich.  
55 I: Okay, und wo würdest du sagen - - - oder wie unterschiedlich, kannst du mir das genauer erklären?  
56 ----- Sag einfach was dir dazu einfällt, es wird auch, es wird nicht bewertet ob's  
57 richtig oder falsch ist, oder -  
58 S: - - - - Wenn es halt runterschwingt ist die Energie größter, und wenn die -, und dann halt ab -,  
59 wenn es wieder raufgeht wird sie kleiner. - -  
60 I: Okay. Ähm -, weil in deinem Fragebogen hast du geschrieben vorher es schwingt gleich weit hinauf,  
61 so wie du's vorher gesagt hast, wegen der Energieerhaltung. – Kannst du mir erklären, was du damit  
62 meinst, mit wegen der Energieerhaltung? ----- Ich hab' das noch nicht ganz verstanden was du  
63 damit gemeint hast, mit wegen der Energieerhaltung. ----- Fällt dir nichts mehr  
64 dazu ein?  
65 S: Nein.

- 66 I: Okay, dann kommt das nächste Beispiel. Ähm, wir hatten ja auch den Tischtennisball. [Tischtennisball wird gezeigt]–
- 67 ball wird gezeigt]–
- 68 S: Ja.
- 69 I: Kannst du mir erklären, wie's beim Tischtennisball ist mit der Energie?
- 70 S: - - - Halt wenn es, wenn man ihn runterlässt, diese Energie, oder wie?
- 71 I: Ja genau, wenn ich ihn, wenn er hier ist, und dann lass' ich ihn fallen.
- 72 S: - Ähm, wenn man den Tischtennisball runterlässt und es ihn so, halt, prallt, da wird die Energie
- 73 kleiner und er springt nicht mehr so hoch.
- 74 I: Okay. Kannst du mir dafür eine Begründung geben? - - - - - Sonst, gehen wir vielleicht
- 75 gleich zum nächsten Beispiel. - - Hier noch mal was, das ist so ähnlich wie beim Pendel. [Bild des
- 76 Skateboarders in der Halfpipe wird gezeigt] Wir haben nämlich hier einen Skateboarder, und der
- 77 fährt in einer Halfpipe hinunter, und dann hier wieder hinauf. Und wenn wir jetzt hier auch sagen, es
- 78 gibt keinen Luftwiderstand und keine Reibung. - - Und der wird hier einfach nur losgelassen. Also der
- 79 nimmt dann keinen Schwung mehr, sondern der wird hier einfach nur losgelassen. Wie weit muss der
- 80 dann auf der anderen Seite wieder hinaufkommen, was glaubst du?
- 81 S: - - da, halt wieder gleich – hoch wie er vorhin war.
- 82 I: Okay, und fällt dir ein Grund ein warum?
- 83 S: - - - - - Nein. - -
- 84 I: Gar nichts? So, könnte das der gleiche Grund sein wie beim Pendel?
- 85 S: - - - Könnte sein.
- 86 I: Aber du hast, du weißt es nicht genau?
- 87 S: Ich weiß es nicht genau.
- 88 I: Okay, dann zeichne ich mir kurz ein dass hier der (unverständlich) war. Diese Linie. Und dann - - -,
- 89 dann haben wir das hier auch als Applet. Das heißt man kann das auch ausprobieren. In einer Simula-
- 90 tion. - - Ich würd' sagen wir lassen den da einfach mal runterfahren -, und schauen, was passiert. - - -
- 91 Ist das so wie du's vorhergesagt hast?
- 92 S: Ja, es bleibt immer die gleiche Höhe.
- 93 I: Okay. - Mmh, ich geb dir jetzt ein Diagramm mit den Energieformen dazu -, vielleicht fällt dir dann
- 94 eine Erklärung dafür ein, warum er immer die gleiche, gleich hoch rauffährt. Wenn du dir das an-
- 95 schaut. - - - Wir haben hier die kinetische Energie, das heißt Bewegungsenergie, hier die potentielle
- 96 das heißt Lageenergie, dann hier thermische, das ist Wärmeenergie die gibt's gar nicht weil's ja keine
- 97 Reibung gibt - und das ist der Balken für die Gesamtenergie. – Wenn du dir diese, diese Balken an-
- 98 schaut, fällt dir dann ein Grund dafür ein, warum er, oder könntest du mir dann begründen, warum
- 99 er immer gleich hoch hinauffährt?
- 100 S: - Ähm, während er runterfährt bewegt er sich, deshalb kinetische Energie. Und wenn er rauffährt -
- 101 - - ähm, das geht, wird das Skateboard halt gleich hoch wieder rauf. - Ja.
- 102 I: Okay und wenn du dir diese Balken anschaust -, kannst du mir dann eine Begründung dafür geben,
- 103 warum das Skateboard wieder gleich hoch hinauffahren wird? - - - - - Weil wenn wir uns hier an-
- 104 schauen, da steht, diese Gesamtenergie, dieser Balken, der verändert sich gar nicht. - - Warum verän-
- 105 dert sich dieser Balken nicht? Fällt dir dafür ein Grund ein?
- 106 S: Ähm, - - - - wegen der Energieerhaltung. Es bleibt immer gleich. –
- 107 I: Okay. Und wie kann ich mir jetzt diese Energieerhaltung vorstellen? Beim Skateboarder? - - - - -
- 108 du meinst also insgesamt, die Gesamtenergie bleibt immer gleich weil die ist erhalten?
- 109 S: Ja. - -
- 110 I: Und ist das auch der Grund warum er, warum er immer gleich raufkommt wieder?
- 111 S: - Ich glaub' schon. - - -

- 112 I: Okay -. Ähm, fällt dir sonst jetzt noch irgendwas ein zu den letzten beiden Stunden oder zu, ähm,  
113 den Fragen die wir jetzt besprochen haben oder sonst was, was wir noch gar nicht besprochen haben  
114 was dir noch wichtig wäre? - - Wo du noch denkst das, das gehört da auch noch dazu? –  
115 S: Nein.  
116 I: - Gut, dann danke für das Interview.

*Anhang F3.14 Transkript Interview 14*

- 1 I: Und ich starte gleich mit der ersten Frage. Was fällt dir denn ein zu den beiden Stunden, in denen  
2 ich bei euch war - -, was wir da gemacht haben.  
3 S: - Halt, wir haben, also Sie haben uns am Anfang einen Fragebogen gegeben, also einen Bogen, wo  
4 wir aufschreiben mussten, was wir alles über Energie wissen und halt, woher wir das wissen. Ja, und  
5 dann haben Sie uns noch einen Zettel ausgeteilt, wo Sie - - ähm also Sie haben gesagt, wir sollen uns  
6 in Gruppen aufteilen, also 4, oder 3 halt in einer Gruppe und es gibt, so 2 Eltern und es gibt 2 Eltern  
7 und 2 Kinder also aus jeder Gruppe. Und Sie haben den Kindern halt einen bestimmten Zettel gege-  
8 ben und den Eltern einen Zettel gegeben, und Sie haben uns dann halt so Zuckerwürfel gegeben,  
9 aber Sie haben gesagt wir sollen uns das als Legowürfel vorstellen und Sie haben gesagt, dass wir da-  
10 mit halt etwas bauen sollen. Und - - halt, dann mussten wir die halt, also die Eltern durften dann  
11 nicht hinschauen und mussten dann paar, ein paar – zwei wegnehmen. Und - - ja - - und dann sind  
12 auch Besuchskinder zu uns hergekommen. Und er, halt - Besuchskinder haben dann da Zuckerwürfel  
13 dazugegeben, - - und - - ja. Und dann am Ende der Stunde gab's - nein - - nein.  
14 I: Okay. Fällt dir sonst noch etwas ein zu den beiden Stunden?  
15 S: Ähm, ja, in der anderen Stunde haben Sie uns, - halt wieder, also, also halt wir mussten das ausfül-  
16 len, dass, - Sie haben uns halt das, Sie haben uns das mit dem abgeschlossenen System erklärt und  
17 das mit - ähm - Energieerhaltung. Halt, Sie haben uns das mit den Kärtchen erklärt, Sie haben uns so  
18 Kärtchen auf die Tafel geklebt. Und halt, dann haben Sie so kurz, so, ähm, letzte Stunde, uns einen  
19 Zettel ausgeteilt wo wir das erklären mussten. Und auf dem Zettel waren auch so zwei Zeichnungen,  
20 ja. Sie haben uns das auch mit einem Beispiel, mit einem Ping-Pong, mit einem Ping-Pong Ball ge-  
21 zeigt. Ja.  
22 I: Okay, du hast jetzt gesagt, ähm ich hab' abgeschlossenes System und Energieerhaltung erklärt.  
23 Kannst du mir das noch einmal erklären, in eigenen Worten. Was ist ein abgeschlossenes System?  
24 Was du damit meinst? Und dann mit Energieerhaltung?  
25 S: Ein abgeschlossenes -. Kann ich nur ein Beispiel nehmen? Also halt, -.  
26 I: Ja, klar!  
27 S: Halt, zum Beispiel, dass der Ping-Pong Ball, also das hat ein -, also, wir schauen auf das System.  
28 Halt, man selber, der Ping-Pong Ball, der Boden und die Schwerkraft. Halt, das ist das System. Halt,  
29 wenn man's runtergibt dann, ist es mit der Schwerkraft, dann fällt's runter. Dann wird's halt -. Ja aber  
30 es wird erst - -, durch uns wird's losgelassen. Sie wissen was ich meine?  
31 I: Okay, kannst du mir noch ein anderes Beispiel für ein abgeschlossenes System geben?  
32 S: Ähm, mir fällt nichts ein.  
33 I: Fällt dir aus den Stunden vielleicht noch etwas ein?  
34 S: Ich weiß, Sie hatten noch ein anderes Beispiel, aber das fällt mir gerade nicht ein.  
35 I: Gut, und kannst du mir beschreiben, was für dich Energieerhaltung bedeutet, weil du den Begriff  
36 auch gesagt hast?

- 37 S: Mhm, also Sie haben gesagt, man kann Energie nicht sehen, aber man weiß, dass es Energie gibt.  
38 Und halt, Energieerhaltung ist, dass die Energie -, man kann die Energie nicht, also man verliert die  
39 Energie nicht. Die Energie bleibt erhalten. - -, ja.  
40 I: Okay, kannst du mir dafür noch ein Beispiel geben, dass man die Energie nicht verliert, sondern  
41 dass Sie erhalten bleibt?  
42 S: Ähm - -.  
43 I: Oder, kannst du mir es anhand der Stunden noch einmal erklären irgendwie?  
44 S: Ah, ja, ja. Das mit den Zuckerwürfeln. Äh halt, also Sie haben -, die waren ja immer noch im Raum,  
45 egal ob man's in einer Flüssigkeit halt aufgelöst hat, sie waren ja immer noch in einem Raum. Und  
46 wenn man's, halt, sie haben's ja versteckt, aber die waren ja immer noch da. - -, ja.  
47 I: Okay, und das ist für dich jetzt Energieerhaltung?  
48 S: Ja.  
49 I: Okay. Würdest du dann auch sagen, dass die Zuckerwürfel Energie sind?  
50 S: Ja.  
51 I: Und ist das in, in Echt auch so oder war das nur in unserem Spiel so?  
52 S: Es ist in Echt auch so. - -, also es ist bei allem so.  
53 I: Wie, bei allem, was meinst du damit?  
54 S: Halt, allgemein.  
55 I: - - Ähm, was meinst du, es ist allgemein so?  
56 S: Halt, das mit den Zuckerwürfeln war ja nur so ein Beispiel, aber es ist auch in Echt, also wir - -, zum  
57 Beispiel, wir haben ja die Zuckerwürfel versteckt. Wir haben sie ja nicht gesehen, aber man wusste ja,  
58 dass sie noch da sind. Das meine ich halt.  
59 I: Ah, okay, also - - kannst du mir, also würdest du dann eben sagen, Energie sind immer Zuckerwür-  
60 fel?  
61 S: Nein, nein, muss nicht sein, also es kann auch, Energie kann alles sein.  
62 I: Okay. Und du hast gesagt man kann es nicht sehen, habe ich das richtig verstanden? Die Energie?  
63 S: Ja.  
64 I: Okay. Ähm - - ja kannst du mir dann noch beschreiben, jetzt irgendwie zusammenfassend, was für  
65 dich jetzt Energie ist? Vielleicht auch anhand von einem Beispiel?  
66 S: Halt, es gibt - -. Warten Sie, wie haben wir das aufgeschrieben? Also wir haben so die Teile von  
67 Energie - - also, ich meine, Sie haben. (Name eines Mitschülers) hat ja angesprochen, Energy Drinks,  
68 und Sie haben gesagt, ja, es gibt uns wirklich Energie, also auch einen Schub, so. Ja, das war jetzt nur  
69 ein Teil, dass - Sonnenenergie zum Beispiel.  
70 I: Okay.  
71 S: Und halt - - ach ja, es gibt diese Lageenergie - -.  
72 I: Das ist eine Art von Energie, meinst du.  
73 S: Ja.  
74 I: Okay. - - Du hast vorher schon gesagt, wir hatten Beispiele in der Stunde, zum Beispiel den Tisch-  
75 tennisball. Kannst du mir das noch einmal erklären, wie das mit dem Tischtennisball ist? [Tischtennis-  
76 ball wird hervorgeholt]  
77 S: Kann ich das am Tisch -?  
78 I: Du kannst gerne am Tisch -.  
79 S: Halt, man ist halt selber, man, durch uns fällt der Ping-Pong Ball runter. (Aufprallen des Ping-Pong  
80 Balls hörbar). Es wird dann halt, durch die Schwerkraft. Also es fällt runter. Mit der Lage -, ich weiß  
81 nicht. Halt und, die Energie bleibt, verändert sich nie.  
82 I: Okay.

- 83 S: Und halt, aber es -, die Energie wird trotzdem, also es wird immer weniger. Und halt, am Ende  
84 bleibt sie stehen, aber die Energie ist immer noch hier - - drin.
- 85 I: Okay, und wo ist die? Kannst du mir das noch einmal erklären? Weil du hast gesagt, die Energie  
86 verändert sich nie, aber du hast auch gesagt, es wird weniger. Wie meinst du das genau?
- 87 S: Halt, ich mein, dass weil dann nicht mehr so hoch abspringt.
- 88 I: Okay. Und was ist mit der Energie?
- 89 S: Halt, es ist jetzt in der Lageenergie. Halt, es ist immer noch in dem Ball Energie, aber halt, es - -  
90 man sieht sie nicht.
- 91 I: Meinst du damit, dass es eine andere Form jetzt hat, oder meinst du - - .
- 92 S: Ich mein das halt, ähm, eben, in dem Ball ist immer noch Energie drin.
- 93 I: Okay. Kannst du das auch vielleicht anhand von den Stunden, die wir hatten, noch irgendwie erklä-  
94 ren?
- 95 S: - - Ähm - - .
- 96 I: Okay, dann gehen wir zum nächsten Beispiel. [Das Pendel wird hervorgeholt] Das Pendel ist ja auch  
97 ein Beispiel, das wir hatten. Und – kannst du mir beim Pendel auch noch einmal erklären, wenn ich es  
98 hier so auslenke und dann loslasse, so dass es schwingt, wie das dann mit der Energie ist. Kannst du  
99 mir das auch noch einmal - .
- 100 S: Ähm, das war auch in einem der Beispiele, dass - halt, die Energie wird immer gleichbleiben, und -  
101 halt, wenn es hier anfängt wird es auch hier enden, so - es wird nicht mehr sein. Und auch nicht we-  
102 niger.
- 103 I: Okay. Und, wenn es jetzt hier in der Mitte ist? Also hier ist es gleich viel wie hier, hast du gesagt,  
104 also an den Rändern. Und wenn es jetzt gerade in der Mitte ist, und da so durchschwingt, wie ist es  
105 da dann, in der Mitte?
- 106 S: Auch, halt - - .
- 107 I: Was, auch -?
- 108 S: Ja, nein, also - - es ist nicht mehr, es wird umgewandelt in die - - ich hab' vergessen, wie das heißt.
- 109 I: Umgewandelt in eine andere Energieform?
- 110 S: Ja.
- 111 I: Okay. Und insgesamt, die Gesamtenergie, was ist mit der? Ist sie gleich groß, oder verändert sich  
112 die?
- 113 S: Sie bleibt gleich groß.
- 114 I: Okay. Und kannst du mir das, dass die Gesamtenergie gleich groß bleibt, vielleicht auch anhand der  
115 Stunden erklären? Anhand von dem, was wir gemacht haben?
- 116 S: Ähm - - - . War es das mit den Zuckerwürfeln -?
- 117 I: Fällt dir was ein, wie du das mit den Zuckerwürfeln erklären könntest?
- 118 S: Nein.
- 119 I: Gut, dann gehen wir zu etwas Anderem, was ich mitgebracht habe. Ähm – du hast ja gerade gesagt,  
120 die Energie bleibt immer gleich viel, die Energiemenge insgesamt bleibt gleich. So, ich hab' hier im  
121 Internet aber so ein Diagramm gefunden [Diagramm wird gezeigt] – ähm, das heißt, das ist das Dia-  
122 gramm vom Energieverbrauch. Wenn das jemand sagt, zum Beispiel ein Politiker, wir verbrauchen zu  
123 viel Energie, wir haben hier ein Energieverbrauchsdiagramm. Was würdest du als Physikerin zu dieser  
124 Aussage sagen? Dass wir Energie verbrauchen? - - Du musst jetzt gar nicht so das Diagramm an-  
125 schauen, einfach nur dieses Wort vom Energieverbrauch, was würdest du dazu sagen, als Physikerin?
- 126 S: Ähm - - . Ich meine, wir verbrauchen Energie, aber es kommt auch wieder zurück.
- 127 I: Okay, kannst du mir das genau erklären, was du damit meinst?
- 128 S: Ähm - - nein.

- 129 I: Was meinst du damit, es kommt auch wieder zurück?
- 130 S: Halt, wir verbrauchen zwar Energie, aber es kommt auch Energie zurück. Nein - -, nein falsch.
- 131 I: Nein, es gibt kein richtig oder falsch, ich verstehe nur noch nicht genau was du meinst damit.
- 132 Kannst du mir das noch einmal genau erklären was du damit meinst, es kommt auch wieder zurück?
- 133 S: Halt, wir verbrauchen die Energie aber, halt, nein, ich denke an Bio, weil wir haben den Energiefl-
- 134 luss gemacht, halt, ähm. Wir verbrauchen zwar Energie, aber am Schluss - wir bekommen immer wie-
- 135 der Energie zurück.
- 136 I: Ah, okay. Und wenn du jetzt an diese zwei Stunden denkst, die wir miteinander hatten, was wür-
- 137 dest du - fällt dir da etwas dazu ein, was du sagen könntest, dass hier steht „Energieverbrauch“?
- 138 S: Nein. Entschuldigung.
- 139 I: Okay, du musst dich nicht entschuldigen. [Bild vom Skateboarder wird gezeigt] Ähm, und dann
- 140 habe ich hier noch ein letztes Beispiel, und zwar ist hier ein Skateboarder, der steht in einer Halfpipe
- 141 und wenn wir jetzt annehmen, es gäbe keinen Luftwiderstand und keine Reibung, was glaubst du,
- 142 wenn er hier einfach nur runterfährt ohne - ohne jetzt irgendwie angestoßen zu werden, er wird ein-
- 143 fach nur losgelassen, wie hoch muss er dann auf der anderen Seite wieder raufkommen?
- 144 S: Ähm, - - - gibt es hier die Möglichkeit dass er rausfällt, halt?
- 145 I: Ähm, wie du meinst, wenn du das meinst.
- 146 S: Halt, ähm, ich glaub' dass es - dass er entweder, hier, halt, wegen, halt weil's so ist, oder halt dann
- 147 raus, halt.
- 148 I: Okay, was ist deine Begründung?
- 149 S: Ähm, wird er angestoßen oder wird er -.
- 150 I: Er fährt einfach nur so los. Er steht nur darauf, Er wird nicht angestoßen und er stößt sich auch sel-
- 151 ber nicht ab.
- 152 S: Ach so, ja, dann glaub ich eher hier -.
- 153 I: Hier?
- 154 S: Ja, weil - die Energie bleibt ja gleich, also am Anfang, so wie beim Pendel, am Anfang ist es ja auch
- 155 so. Also es ist genauso wie vorher.
- 156 I: Okay, und wenn er jetzt in der Mitte ist? Wie ist da seine Gesamtenergie? Vom Skateboarder und
- 157 dem Skateboard und der Halfpipe?
- 158 S: Ich verstehe gar nicht.
- 159 I: Okay, wenn er jetzt, hier in der Mitte, da fährt er durch. Wenn er an diesem Punkt ist, wie groß ist
- 160 da die Gesamtenergie?
- 161 S: Gleich groß.
- 162 I: Okay, also ich zeichne das kurz ein. Du hast gesagt, hierher. Diese gleiche Linie.
- 163 S: Ja.
- 164 I: Und deine Nummer war die vier. Dann probieren wir das einmal aus, weil ich habe hier ein Applet
- 165 und wir können ihn fahren lassen. [Applet wird gestartet] Er steht hier oben. Und dann lassen wir ihn
- 166 fahren. Ist das so, wie du es vorausgesagt hast? - - Ja. Und hier hast du auch, du hast es ganz richtig
- 167 gesagt, die Gesamtenergie bleibt gleich. Und hier sieht man dann, dass es eine Umwandlung gibt,
- 168 aber insgesamt bleibt sie gleich. Und was würdest du meinen, wenn ich jetzt die Reibung dazu ein-
- 169 schalte? Reibung heißt, ich weiß nicht ob ihr das schon gemacht hat, Reibung heißt, wenn man so - -
- 170 irgendetwas aneinander reibt, dann wird's warm. Und das passiert ja auch bei den Rollen vom Skate-
- 171 board.
- 172 S: Mhm.

- 173 I: Wenn ich den jetzt hier hinstelle, dann hat er hier oben wieder die maximale Lageenergie und die  
174 Gesamtenergie, die hast du gesagt, muss gleichbleiben. Aber wie ist das jetzt – wie – kommt er jetzt  
175 trotzdem noch gleich hoch rauf, wenn es jetzt Reibung gibt?  
176 S: Nein, ich glaube nicht.  
177 I: Warum nicht?  
178 S: Weil, ich glaub' es wird ja warm und - - ich glaube eher nicht, ich weiß es nicht.  
179 I: Okay, und es wird warm, was meinst du damit? Kannst du mir das genauer erklären?  
180 S: Ich glaub' wenn es warm wird dann ist man nicht mehr so schnell wie ohne Reibung. Ja.  
181 I: Okay. Fällt dir eine Begründung dazu ein, nach irgendetwas, was wir in der Stunde gemacht ha-  
182 ben?  
183 S: Ähm - -. Ich glaube nicht.  
184 I: Okay, dann schauen wir es uns einfach kurz an.  
185 S: Ach so ja, da, ah.  
186 I: Ist es dir eingefallen?  
187 S: Ich weiß noch, wie wir das gemacht haben, es war nicht mehr gleich so wie vorhin.  
188 I: Wie? Kannst du das noch genauer erklären?  
189 S: Halt, Sie haben uns schon vorher etwas gezeigt, dass etwas nicht mehr so gleich war.  
190 I: Okay. Und was, wie erklärst du das dann?  
191 S: Wegen der Reibung, halt.  
192 I: Und wie wegen der Reibung? Kannst du das genauer beschreiben.  
193 S: Ähm, die Reibung - verhindert, dass du - nein, ich kann es nicht erklären.  
194 I: Mit der Energie? Wenn du dir hier diese Energiebalken anschaust? Ich lasse sie noch einmal fahren.  
195 Hier ist die Wärmeenergie, die durch Reibung entsteht, hier die gesamte, die potentielle und die ki-  
196 netische. Wenn du dir das anschaust, fällt dir dann eine Erklärung ein?  
197 S: Halt, die Wärmeenergie wird immer und das ist der Grund, warum er immer langsamer fährt.  
198 I: Okay. Und - am Ende?  
199 S: Halt, die potentielle Energie, die ist gar nicht mehr vorhanden.  
200 I: Okay. Und wie könntest du das erklären, mit etwas, was du vorhin schon gesagt hast vielleicht? Du  
201 hast von Umwandlung gesprochen?  
202 S: - - Ähm. Also ich würde das jetzt erklären, was habe ich noch einmal gesagt? Mit Umwandlung?  
203 I: Da beim Tischtennisball hast du gesagt, dass die Energie immer noch da ist.  
204 S: Ach so, ja, die Energie ist noch da, aber halt umgewandelt, halt, nicht so wie vorhin.  
205 I: Okay. Ähm, fällt dir dazu noch ein Vergleich ein, zu den letzten beiden Stunden? Also, dass die  
206 Energie noch da ist, aber halt umgewandelt?  
207 S: - - Aha, ja das mit den Zuckerwürfeln.  
208 I: Was mit den Zuckerwürfeln?  
209 S: Weil die Zuckerwürfel war ja auch Energie, eigentlich. Oder? Ja. Und halt, nein, die Zuckerwürfel,  
210 das ist so wie Energie, die waren ja noch da. Aber wir haben sie nicht. Zum Beispiel, wenn wir sie jetzt  
211 in Wasser aufgelöst hätten, sie waren ja noch da, aber man kann sie nicht sehen.  
212 I: Okay, ja. Das war's von meinen Fragen. Fällt dir noch irgendetwas ein, was wir vergessen haben,  
213 was noch wichtig wäre?  
214 S: Nein, ich glaub' sie haben alles gesagt, was noch wichtig war.  
215 I: Okay, dann danke für das Interview.  
216 S: Kein Problem.

- 1 I: Und meine erste Frage wäre, was fällt dir ein zu den letzten beiden Stunden, in denen ich bei euch  
2 war, was wir da gemacht haben.
- 3 S: Also da, als erstes kam das Spiel. Ähm, da haben wir Zuckerwürfel als Legosteine benutzt. Und wir  
4 haben - ähm - sie aufgebaut. Also die Kinder, es gab zwei Kinder, einen Vater, eine Mutter. Die Kinder  
5 mussten es immer – Kinder mussten immer, ähm, damit spielen und ein paar verstecken. Aber nicht  
6 in der ersten und zweiten Runde. Erst in der dritten Runde durften sie sie verstecken. In der vierten  
7 und fünften Runde kam dann ein Besuchskind. Dann hat das ein paar - - ähm Zuckerwürfel mitge-  
8 nommen. Und immer als wir sie versteckt haben, haben wir sie manchmal gefunden, aber eine  
9 Runde haben wir sie nicht alle gefunden. Und beim Besuchskind haben wir mehr gefunden. Dann ha-  
10 ben wir die - - ja, das Spiel gemacht und ja. Dann haben wir über das, ähm, Spiel gesprochen, was es  
11 bewegt hat. Wir haben darüber gesprochen, über Energieerhaltung, dann haben wir - - ähm, darüber  
12 geredet, man kann die Energie umwandeln, aber noch immer ist sie hier. Das heißt man könnte jetzt,  
13 - ähm etwa, man könnte Zucker irgendwo verstecken, aber er ist noch immer in dem Raum, außer  
14 man will es rausnehmen, dann ist er ja nicht mehr hier - - ja. - Und dann gibt's noch - Energie - - Ener-  
15 gie - - ähm - -.
- 16 I: Mhm. (Unverständlich)
- 17 S: Dann gab es das abgeschlossene System, das war, wenn man jetzt einen, zum Beispiel einen Ping-  
18 Pong Ball auf den Boden wirft, dass - zum System gehört die Hand, der Ping-Pong Ball, der Boden und  
19 ja. Und die Luft in dem Raum, weil würde der Wind kommen, dann könnte der ihn ja auch wegpus-  
20 ten, den Ball. - - Ja. - -
- 21 I: Okay. Du erinnerst dich ja schon an sehr viel! Ähm, kannst du mir jetzt noch einmal beschreiben,  
22 was dir zu Energieerhaltung einfällt? Du hast schon ein bisschen darüber geredet, jetzt noch einmal,  
23 was dir da genau dazu einfällt.
- 24 S: Ähm - man kann jetzt die Energie umwandeln. Man könnte jetzt einen Zuckerwürfel, glaube ich,  
25 kochen, - mit Wasser. Und dann ist immer noch die Energie in dem Saft enthalten, der - gemacht  
26 wurde. - - Oder man könnte eine Batterie in einen - - ähm Fernbedienung geben und da ist die Ener-  
27 gie noch immer in der Fernbedienung. Da ist das dann, und die - - ähm - - die betätigt dann den Fern-  
28 seher.
- 29 I: Okay, super! Und - - du hast jetzt gesagt, die Energieerhaltung kann man mit Zuckerwürfeln erklä-  
30 ren, wenn man sie kocht, mit Wasser. Ist jetzt Energie immer Zucker?
- 31 S: Nein! Es könnten auch andere Gegenstände eine Energie erhalten. Wie eine Batterie. Und - ähm,  
32 ja. - Alles, was sich bewegt, hat Energie. -
- 33 I: Nur, was sich bewegt, oder auch andere Gegenstände?
- 34 S: Auch was - lebt. Und - - vielleicht, Maschinen.
- 35 I: Okay, und zum Beispiel dieser Tisch, wenn er nur hier steht, er bewegt sich jetzt gerade nicht und  
36 er lebt auch nicht, hat der dann trotzdem Energie oder würdest du sagen der hat keine Energie?
- 37 S: - Ich würde sagen nein, er hat keine Energie. Aber er haltet den Teller, er ist mit dem Boden in Kon-  
38 takt - - aber ich glaube nicht, dass er keine Energie hat.
- 39 I: Du glaubst nicht, dass er keine Energie hat? Oder du glaubst nicht, dass er Energie hat?
- 40 S: Ich glaub' nicht, dass er Energie hat.
- 41 I: Okay, und du hast auch schon das Beispiel mit dem Tischtennisball erwähnt vorhin. Kannst du mir  
42 das noch einmal erklären, wie das genau ist mit der Energie? [Tischtennisball wird hervorgeholt]
- 43 S: Also, hier ist jetzt meine Hand, und wenn ich ihn jetzt loslasse, fällt er mit der Energie, die er hat,  
44 auf den Boden. Aber, - ähm - weil der Tisch jetzt keine Energie hat, wird er immer langsamer. Und  
45 dann verliert er von Zeit zu Zeit seine Energie. (Aufprallen des Ping-Pong Balles hörbar)

- 46 I: Okay, und was passiert dann insgesamt mit der ganzen Energie, die jetzt da war, zwischen Ball,  
47 Tisch und Hand?
- 48 S: Ähm, dann bleibt hier noch - - Wärmeenergie, aber ganz geringe.
- 49 I: Okay, und ist die insgesamt Energie dann weniger geworden, oder mehr geworden oder gleich?
- 50 S: Die bleibt gleich, weil Energie kann sich nicht auflösen.
- 51 I: Okay. Ähm, und - kannst du mir das noch einmal erklären, mit einem Beispiel aus den Stunden, die  
52 wir hatten?
- 53 S: Also, wir hatten dieses Pendel, und wir haben dann so gelassen, wenn wir so, jetzt so schwingen  
54 lassen würden, würde es aber auch langsamer gehen, weil - in der Luft keine Energie ist. Glaub - -.
- 55 I: Okay, und was passiert mit der gesamten Energie?
- 56 S: Ähm, die verschwindet vielleicht, aber -.
- 57 I: Sie verschwindet? Was meinst du damit, sie verschwindet?
- 58 S: Sie wird immer langsamer. Die Energie geht weg vom Pendel.
- 59 I: Und, verschwindet sie dann, die Energie?
- 60 S: Ich glaub, die bleibt so in der Luft, weil – naja, sie kann ja nicht verschwinden.
- 61 I: Also mit „die geht weg vom Pendel“ meinst du, die bleibt an einem anderen Ort.
- 62 S: Sie bleibt an einem anderen Ort, vielleicht.
- 63 I: Okay, und - ähm könntest du mir das anhand von einem Beispiel aus den Stunden noch einmal er-  
64 klären?
- 65 S: Ähm - -.
- 66 I: Womit man das erklären kann, dass die Energie immer dableibt?
- 67 S: Wir hatten ja bei dem Spiel, wir haben so ein paar Zuckerwürfel versteckt. Wir haben sie zwar zeit-  
68 weise nicht gefunden, aber trotzdem war immer Energie da. Auch wenn man sie nicht gesehen hat.
- 69 I: Wie meinst du das, sie waren noch da, obwohl man sie nicht gesehen hat?
- 70 S: Weil, sie waren ja versteckt, man hat sie nicht gesehen, aber sie waren noch immer da.
- 71 I: Die Zuckerwürfel.
- 72 S: Ja.
- 73 I: Okay. Und so - -.
- 74 S: So gilt auch das, also dass die Energie unsichtbar ist.
- 75 I: Okay. Ähm - - dann habe ich noch ein Beispiel, das ist so ähnlich. Das ist hier dieser Skateboarder,  
76 der steht in einer Halfpipe. Und der steht an dieser Stelle. [Bild des Skateboarders in der Halfpipe  
77 wird gezeigt]
- 78 S: Okay.
- 79 I: Und wenn man den jetzt loslässt - man schubst ihn nicht an, man lässt ihn einfach nur los, so wie  
80 ich das Pendel einfach nur losgelassen hab'. Und es gibt, wir nehmen jetzt an, es gibt keinen Luftwi-  
81 derstand und keine Reibung. Wie hoch, glaubst du, würde er dann auf der anderen Seite wieder rauf-  
82 kommen.
- 83 S: Hier?
- 84 I: Okay, also ein bisschen niedriger?
- 85 S: Ein bisschen niedriger.
- 86 I: Kannst du mir dafür eine Begründung geben?
- 87 S: Auf dem Boden ist jetzt nichts was ihm so, was ihm so Auftrieb gibt. Dass er noch immer nach  
88 oben geht. Außer er würde mit dem Fuß so Antritt geben, dann würde er noch weiter so rauf hier.
- 89 I: Okay, aber wenn er das nicht macht, dann - -.
- 90 S: Dann ist er so, dann ist er so immer weniger.
- 91 I: Immer weniger, warum immer weniger?

- 92 S: Weil die Energie vom Skateboard verschwindet und auf den Boden übertragen wird.
- 93 I: Okay, und wie funktioniert das, dass sie auf den Boden übertragen wird?
- 94 S: Ähm, wenn die vier Räder rollen, dann bleibt die - - Energie auf dem Boden aber - die bringt gar  
95 nichts, weil der Boden - - nichts macht.
- 96 I: Ja, das was du da beschreibst, das ist die Reibung. Dass die Rollen die Energie auf den Boden über-  
97 tragen, dass das Wärme entsteht.
- 98 S: Ja.
- 99 I: Das ist eine Form von Energie. Und, kann - ich schreib mir das hier hin. Du bist die Nummer 9, o-  
100 der? Okay, dann schauen wir uns das einmal an. [Applet wird gestartet] Also, so wie du es beschrie-  
101 ben hast, ist es eben mit Reibung, also mach ich das jetzt einmal mit Reibung. Ich gebe ihn da her.  
102 Also hier - ist die, die potentielle Energie zuerst, und das ist die Gesamtenergie, dieser gelbe Balken.  
103 Und jetzt lasse ich ihn los. - - Ist es so, wie du es vorhergesagt hast?
- 104 S: Ja.
- 105 I: Und - - wenn du hier auf die Energie schaust, kannst du mir das irgendwie erklären, mit der Ener-  
106 gie?
- 107 S: Ähm, die Gesamtenergie, die ist hier auf dem ganzen, auf der ganzen - ähm - - auf der ganzen  
108 Bahn - - und die thermische Energie ist jetzt auf der ganzen Bahn, er hat keinen Auftrieb mehr und er  
109 bleibt stehen. Also seine ganze Energie ist hier aufgebraucht aber sie ist noch immer da, ja.
- 110 I: Okay, - ähm - - und - könntest du das mit irgendeinem Vergleich aus den letzten beiden Stunden  
111 erklären? - - Weil du gesagt hast, du musst auch auf die, auf die Halfpipe schauen?
- 112 S: Auch da, Pendel. Mit dem Pendel, wir haben keinen Versuch gemacht aber bei der, ähm -, Befra-  
113 gung, bei der -
- 114 I: Beim Fragebogen?
- 115 S: Beim Fragebogen. Ähm da ist vorgekommen, wenn man ein Pendel hat, dass die immer so, weni-  
116 ger Energie bekommt, aber die thermische, also die Reibung, die ist hier.
- 117 I: Okay, und - - ähm, du hast gesagt, sie ist dann aber immer noch da, die Energie. Sie wird einfach  
118 umgewandelt? Wenn jetzt aber jemand sagt, Politiker sagen manchmal, wir verbrauchen zu viel  
119 Energie und deswegen müssen wir jetzt Energie sparen. Was würdest du jetzt als Physiker, wo wir  
120 das eben alles schon gemacht haben, dazu sagen, dass die das Wort „Energieverbrauch“ verwenden?
- 121 S: Ich glaube, sie meinen damit Strom, weil die zu viel jetzt - fernsehschauen oder so und dann be-  
122 nutzen wir den ganzen Strom im Land. Aber die Energie, die ist dann aufgebraucht im Fernsehen.  
123 Aber, man kann nicht sagen, die Energie ist aufgebraucht, weil Energie kann sich ja nicht auflösen.
- 124 I: Okay, was passiert dann mit der Energie, wenn sie nicht aufgebraucht wird?
- 125 S: Sie ist immer noch da. Aber sie ist umgewandelt.
- 126 I: Okay. Fällt dir jetzt noch irgendetwas ein, was wir vergessen haben? Ich bin mit meinen Fragen  
127 jetzt fertig. Irgendetwas, was noch wichtig wäre?
- 128 S: Hm, - nein.
- 129 I: Okay. Dann danke für das Interview.

Anhang F3.16 Transkript Interview 16

I: Ja, und meine erste Frage ist - ähm - was würdest du sagen, was haben wir in den letzten beiden Stunden, in denen ich bei euch war, gemacht?

S: Ähm - wir haben über Energieerhaltung geredet - - und allgemein über das Thema „Energie“. Und darüber, dass Energie - - ähm, dass wir nicht wissen, was Energie ist, aber Energie berechnen können. Und -, dann haben wir auch ein Spiel gespielt, - nämlich, ich weiß es jetzt nicht genau, wie das heißt, oder, da gab's verschiedene Gruppen, und jeder Schüler hat Zuckerwürfel bekommen. Das sollten die Legosteine ersetzen, die sollten die Legosteine ersetzen, und - - ja, dann haben wir noch so ein, ein Blatt Papier bekommen, auf denen Anweisungen standen, die mussten wir dann befolgen im Spiel. - - Und, ähm, nachdem wir fertig waren, haben wir es einfach abgegeben, wieder. Und - - über, über Systeme haben wir auch geredet. Es gibt ein offenes System und ein abgeschlossenes System. Und beim abgeschlossenen System kommt nichts mehr rein, oder kann nichts rauskommen. Und - - ähm, dann haben wir noch ein paar Beispiele durchgemacht, dass man zum Beispiel ein Pendel von einem Punkt zum anderen - ähm, schwingt. Dass es immer an der gleichen, - ähm, ähm zur gleichen Stelle hin schwingt. Das ist dann die Lageenergie und die, die Bewegungsenergie. Und - - wir haben auch noch ein Beispiel gemacht, nämlich, dass Sie den Ping-Pong Ball, ähm herunterfallen haben lassen. Und - - da war, ist die Bewegungsenergie halt in, in Lageenergie umgewandelt worden. Ja, mehr fällt mir nicht ein.

I: Okay, ja, das war eh schon sehr viel. Dankeschön! Du hast jetzt gesagt, wir haben über Energieerhaltung geredet. Kannst du mir beschreiben, was für dich jetzt, nachdem wir jetzt schon darüber geredet haben, Energieerhaltung bedeutet?

S: Ähm, Energieerhaltung bedeutet, dass man - - - also - - dass man, dass die Energie, ähm - - dass die Energie immer gleichbleibt. Und, ja - mehr weiß ich nicht.

I: Okay. Fällt dir dazu ein Vergleich ein, aus den letzten beiden Stunden?

S: Ähm, - - nein.

I: Und die nächste Frage wäre, kannst du mir beschreiben, was dir zu Energie einfällt? Also, was Energie jetzt ist, Beispiele vielleicht?

S: Ähm, auch nicht.

I: Du hast vorher schon gesagt, dass man Energie nicht sehen kann.

S: Ja.

I: Fällt dir sonst noch etwas dazu ein?

S: Naja, dass man, eben, dass man es nicht berechnen, ähm, dass man es berechnen kann, aber wir nicht wissen, was es ist. Was genau Energie ist.

I: Okay, fällt dir dazu noch etwas aus den letzten beiden Stunden ein? Also, dass wir es berechnen können, aber wir nicht genau wissen -.

S: Nein.

I: Okay, dann die Beispiele, die du genannt hast, das ist eh schon voll super, dass du dich daran noch erinnert hast, ähm -. Das Pendel, da hast du gesagt, es hat eine Lageenergie. [Pendel wird hervorgeholt]

S: Ja.

I: Und es schwingt immer wieder bis zur selben Höhe. Ähm, und wie ist das dann mit der Gesamtenergie, wenn man es so schwingen lässt? Was passiert mit der Gesamtenergie? Wenn wir es so loslassen, und es schwingt. Zum Beispiel, wenn wir uns so anschauen, es schwingt so durch, und es wäre jetzt in dem Punkt hier in der Mitte.

S: Ja, das ist die maximale Bewegungsenergie in dem Punkt.

I: Okay, und - ähm insgesamt? Ist da die Energie gleich groß, oder verändert sich die im Vergleich zu hier?

S: Die verändert sich.

I: Okay, inwiefern?

S: Sie wird, sie wird stärker?

I: Die Gesamtenergie, oder die Bewegungsenergie?

S: Die Bewegungsenergie.

I: Und die Gesamtenergie?

S: Die bleibt gleich.

I: Okay. Das heißt, - hier haben wir weniger Bewegungsenergie, aber die gleiche Gesamtenergie wie hier, so. Würdest du das so sagen?

S: Mhm.

I: Okay. Und - - wie ist das dann beim Tischtennisball? - Wenn man ihn fallen lässt? [Tischtennisball wird hervorgeholt]

S: Dann, dann - bleibt die Bewegungsenergie gleich, aber - das heißt also - dass der auf die gleiche Stelle wieder fahren, also, nein, ähm, hochkommen, wenn er abprallt.

I: Okay. Und, ähm - das heißt, da ist auch wieder gleich viel Energie?

S: Mhm.

I: Okay. Und wenn wir jetzt sagen, wir haben in dem System auch Reibung und da wird ein bisschen was umgewandelt. Was ist dann, wie hoch kommt er dann wieder hinauf?

S: Ähm, auch an die gleiche Stelle.

I: Okay. Ähm, dazu, dass hier die Gesamtenergie gleichbleibt, fällt dir dazu irgendetwas aus den letzten beiden Stunden ein, womit du das noch einmal anschaulich erklären kannst?

S: Nein.

I: Okay. Dann habe ich noch ein Beispiel. Und zwar haben wir hier einen, - [Bild des Skateboarders in der Halfpipe wird gezeigt] - ähm, einen Skateboarder in einer Halfpipe. Wenn er jetzt hier ist, an der Stelle, und er fährt runter. Und wir nehmen jetzt an, wir haben keine Reibung und keinen Luftwiderstand, wie hoch müsste er dann auf der anderen Seite wieder raufkommen?

S: Ja, wieder, bis dahin.

I: Okay. Zeichnen wir das kurz ein was du gesagt hast - -. 18 war deine Katalognummer, oder?

S: Mhm.

I: Kannst du mir dafür eine Begründung geben?

S: Ja, wenn es keinen Luftwiderstand gibt - - gibt es eben keinen Widerstand, deswegen - ähm, und daher, dass - - die Strecke immer gleich bleibt von der Halfpipe, kommt es immer auf die gleiche, auf die gleiche Höhe.

I: Kannst du mir das irgendwie mit der Energie begründen?

S: Ähm - ja, eben, dass die Energie immer gleichbleibt. Deswegen kommt er auch immer auf die gleiche Stelle.

I: Okay. Und wenn er jetzt gerade an dieser Stelle ist, da fährt er durch.

S: Mhm.

I: Was ist hier mit seiner Energie?

S: Da ist die maximale Energie, Bewegung.

I: Die maximale Bewegungsenergie? Okay, und die Gesamtenergie? - - Wie ist die im Vergleich zu hier?

S: Ähm - - das weiß ich auch nicht.

I: Denke dir, vergleiche es mit dem Pendel. Die Gesamtenergie in der Mitte, im Vergleich zu hier. Ist die gleich groß, oder weniger, oder mehr?

S: Nein, mehr.

I: Okay. Ähm. - - Dann schauen wir es uns schnell an. Weil ich habe hier auch ein Applet, wo man das ausprobieren kann. [Applet wird gestartet] - - Also du hast gesagt, wenn er hier losfährt, dann kommt er auf der anderen Seite wieder gleich hoch.

S: Mhm.

I: Dann lassen wir ihn einmal fahren. - - - Ist es so, wie du es vorausgesagt hast?

S: Mhm.

I: Okay. Und auch mit der Begründung. Schau, du siehst hier die Gesamtenergie, das ist so, wie du es beschrieben hast und eben die Umwandlung, das hast du auch genannt.

S: Mhm.

I: Wenn ich jetzt die Reibung dazu einschalte, Reibung heißt, zum Beispiel so, wenn man hier die Hände aneinander reibt. Dass da, wo es Kontakt gibt, es warm wird. Also hier zum Beispiel zwischen den Rollen und der Halfpipe. Was würde dann passieren, wenn ich ihn jetzt da hergebe? - - - Was würde dann passieren, wohin würde er dann kommen?

S: Ähm, ungefähr bis dahin.

I: Okay, und warum?

S: Weil - - weil die - - weil die Reibung ihn aufhält. Seine - - Rollen. Seine Räder.

I: Mhm. Kannst du das mit der Energie irgendwie begründen?

S: - - Naja, die Energie wird durch die Reibung schwächer. Die Bewegungsenergie.

I: Okay. Und du hast vorher gesagt, dass die Gesamtenergie immer gleich bleibt. Wie geht das dann?

S: - - Ähm.

I: Wir können ihn einmal fahren lassen, und du kannst dir hier dieses Diagramm anschauen. Da haben wir auch noch die thermische Energie, das ist die Wärmeenergie, die bei der Reibung entsteht, oder eben umgewandelt wird. - - - - Wenn du dir das Diagramm anschaust, könntest du das dann anhand der Energieformen erklären?

S: Ja - - die - - naja. Nein, nicht wirklich.

I: Okay, wenn du dir anschaust, die Gesamtenergie, was passiert mit der?

S: Die bleibt immer gleich.

I: Okay. Das heißt, es gilt wieder hier.

S: Okay.

I: Wir können uns das nachher noch einmal anschauen und noch einmal kurz besprechen. Ähm, ich habe noch eine allerletzte Frage vorbereitet. Ähm, und zwar hier habe ich ein Diagramm mitgebracht [Diagramm wird gezeigt], und das hat den Titel, das ist ein Diagramm des „Energieverbrauchs“. Wenn jetzt jemand sagt, zum Beispiel ein Politiker, „Wir verbrauchen zu viel Energie.“. Was würdest du da als Physiker, wo wir schon in der Schule darüber geredet haben, sagen, zu dieser Aussage, „wir verbrauchen zu viel Energie“?

S: Dass wir, zum Beispiel zu viel Strom verbrauchen. Mit unseren Geräten.

I: Okay, und zu dem Wort „Energie verbrauchen“. Würdest du sagen, stimmt das? Kann man Energie verbrauchen?

S: - - Ähm, ja?

I: Passt das mit dem zusammen, was du vorher gesagt hast?

S: Ja, schon - - naja, nein, passt nicht zusammen.

I: Okay, was glaubst du, ist dann hier gemeint mit „Energieverbrauch“?

S: Ähm - - - vielleicht, dass - ähm die Energie, dass sie - - also ähm - - - -.

I: Fällt dir noch etwas dazu ein?

S: Nein.

I: Okay. Fällt dir sonst noch irgendetwas ein, was wir vergessen haben, was noch wichtig wäre, was noch dazu gehört?

S: Nein.

I: Gut, dann danke für das Interview.

S: Ja, bitte.