



# MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Empirische Erhebung von Vorstellungen zur Energie in  
der Elektrizitätslehre“

verfasst von / submitted by

Anna Pilser, BEd

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

Wien, 2023 / Vienna, 2023

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

UA 199 520 523 02

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

Masterstudium Lehramt SEK (AB)  
UF Mathematik UF Physik

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

## Zusammenfassung

Elektrizität und Energie sind zentrale Bestandteile unseres Lebens. Lernenden fällt es aber oft schwer, ein physikalisches Verständnis dafür zu entwickeln. Auch nach dem Elektrizitätslehreunterricht halten viele an unvollständigen, unzureichenden oder falschen Vorstellungen fest.

Für das Thema Energie und insbesondere der Energieübertragung gibt es bisher noch wenig empirisch erforschtes Unterrichtsmaterial für die Sekundarstufe, weshalb im Rahmen des Dissertationsprojektes von Mag. Louisa Christine Winter ein neues Unterrichtskonzept entwickelt werden soll. Diese Masterarbeit soll einen kleinen Beitrag dazu leisten, indem existierende Vorstellungen und Konzepte mithilfe einer empirischen Studie untersucht und mit den theoretischen Grundlagen verglichen werden.

Dazu wurden neun leitfadengestützte Interviews mit SchülerInnen der 9.-10. Schulstufe in Wien geführt. Die Auswertung ergab, dass alle bereits bekannten Rahmenkonzepte in den Gesprächen wiedergefunden werden konnten. Zudem ließen sich vier neue Kategorien manifestieren. SchülerInnen verfügen über verschiedenste Vorstellungen und Konzepte, die sie je nach Kontext und Situation heranziehen.

## Abstract

Electricity and energy are central components of our everyday lives. However, students often find it difficult to develop a physical understanding of them. Even after electricity lessons, many hold on to incomplete, insufficient or wrong ideas.

So far, there has been little empirically researched teaching material for the topic of energy and especially energy transfer at secondary level, which is why a new teaching concept is to be developed as part of the dissertation project by Louisa Christine Winter. This Master's thesis is intended to make a small contribution to this by examining existing ideas and concepts with the help of an empirical study and comparing them with the theoretical foundations.

For this purpose, nine semi-structured interviews were conducted with pupils of the 9th-10th grades in Vienna. The evaluation showed that all already known framework concepts could be found in the interviews. In addition, four new categories were manifested. Pupils have a wide variety of ideas and concepts that they draw on depending on the context and situation.

## Danksagung

Zuallererst möchte ich mich bei Herrn Prof. Hopf und Frau Winter für das spannende Projekt, die Betreuung und die wertschätzende Zusammenarbeit bedanken. Weiters möchte ich dem gesamten Team des AECC Physik danken, welches mich im Rahmen des Seminars zur fachdidaktischen Entwicklungsforschung beraten hat.

Ein großes Dankeschön gilt auch dem Schulteam der Kundmangasse, das mich so herzlich aufgenommen hat, insbesondere meinem Mentor, der sich ständig für mich persönlich, aber auch für den Fortschritt meiner Masterarbeit interessierte und mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand.

Mein Dank gilt auch allen SchülerInnen, die an den Interviews teilgenommen haben, und den Lehrpersonen, die diese Treffen ermöglicht haben.

Abschließend möchte ich mich noch herzlich bei meiner Familie, die mir dieses Studium ermöglicht hat, und meinen Freunden, die es mir zu einer unvergesslichen Zeit gemacht haben, bedanken. Vielen Dank für die Unterstützung, die Geduld und das Vertrauen!

## Eidesstaatliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und alle aus ungedruckten Quellen, gedruckter Literatur oder aus dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte gemäß den Richtlinien wissenschaftlicher Arbeiten zitiert habe. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner anderen Stelle vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Wien, 2023

*Anna Pilsner*

(Anna Pilsner)

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	ii
Abstract .....	ii
Danksagung .....	iii
Eidesstaatliche Erklärung .....	iii
Inhaltsverzeichnis .....	iv
1. Einleitung .....	1
2. Fachdidaktischer Hintergrund und aktueller Wissensstand.....	3
2.1 Klärung der Begrifflichkeiten .....	3
2.1.1 Vorstellungen .....	5
2.1.2 Konzepte und Frameworks .....	9
2.2 Energy Frameworks.....	10
2.3 Bekannte Vorstellungen zur Energie.....	21
2.3.1 Der Begriff Energie.....	22
2.3.2 Energie als Menge .....	23
2.3.3 ‚Energieverbrauch‘ .....	24
2.3.4 Energieformen und Energietransfer .....	27
3. Ziele und Forschungsfragen .....	30
4. Methodik .....	32
4.1 Erhebungsmethode.....	32
4.1.1 Leitfadeninterview .....	33
4.1.2 Interviewleitfaden .....	37
4.2 Auswertungsverfahren .....	44
4.2.1 Transkription .....	44
4.2.2 Analyse .....	45
4.2.2.1 Kategoriensystem.....	48
5. Datenerhebung .....	54
5.1 Organisatorisches.....	54
5.2 Stichprobe.....	57
6. Auswertung und Interpretation der Ergebnisse .....	58
6.1 Darstellung der Ergebnisse.....	58
6.1.1 Deduktive Kategorienzuordnung.....	80
6.1.2 Induktive Kategorienzuordnung.....	90
7. Conclusio .....	96
Literaturverzeichnis .....	99
Abbildungsverzeichnis.....	103
Tabellenverzeichnis.....	103
Anhang .....	104

### 1. Einleitung

Obwohl Elektrizität und Energie aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken sind, ist es für SchülerInnen, aber auch für viele Erwachsene schwierig, ein physikalisches Verständnis dafür zu entwickeln (Duit, 1986). Die Gründe dafür sind vielfältig. In der Alltagssprache werden viele Begriffe synonym oder ohne tiefgründigere Überlegung verwendet. Beispielsweise wird davon gesprochen, ‚Strom oder Energie zu verbrauchen‘ oder davon, dass ein Mensch ‚viel oder wenig Energie besitzt‘ (Schecker et al., 2018). Auch im Zusammenhang mit der Ölkrise Ende des 20. Jahrhunderts sowie der aktuellen ‚Energiekrise‘ werden Termini, wie ‚Energieerzeugung‘, ‚Energiesparen‘ oder ‚Energieverbrauch‘ sowohl in Alltagsgesprächen als auch von den Medien vielfach verwendet und breit diskutiert. Die damit verbundenen oder dadurch hervorgerufenen Vorstellungen können ein physikalisches Verständnis des Energiekonzeptes behindern. Für Lernende ist es schwierig, Theorie mit Praxis zu verknüpfen. Sie vertrauen vielmehr ihrem Alltagswissen und erlernen wissenschaftliche Vorstellungen nur oberflächlich oder temporär (Duit, 1986). Auch nach dem Elektrizitätslehreunterricht halten viele an unvollständigen, unzureichenden oder falschen Vorstellungen fest (Engelhardt & Beichner, 2004).

Die Physikdidaktik beschäftigt sich in den vergangenen Jahren sowohl im englisch- als auch im deutschsprachigen Raum intensiv mit der Relevanz von Schülervorstellungen und deren Auswirkungen auf den Lernprozess und den Unterricht. Sie untersucht das Denken von SchülerInnen und erarbeitet didaktisch wertvolle Unterrichtskonzepte. Mittlerweile sind für verschiedenste naturwissenschaftliche Bereiche reichlich typische Vorstellungen und Konzepte bekannt (Schecker et al., 2018). Auch im Zusammenhang mit dem Thema Energie und Energieübertragung gibt es zahlreiche Untersuchungen und Ergebnisse (Pfundt & Duit, 1994).

In dieser Masterarbeit soll anhand einer empirischen Untersuchung herausgefunden werden, ob und inwiefern sich die bereits bekannten Vorstellungen aus der Literatur in der ausgewählten Stichprobe der Sekundarstufe II an Wiener Gymnasien wiederfinden lassen und ob es Unterschiede oder neue, ergänzende Erkenntnisse zu den oben genannten Studien gibt.

Dafür werden zunächst die für diese Arbeit verwendeten Begriffe geklärt. Es wird ein Überblick gegeben, was unter einer Vorstellung verstanden werden kann und welchen

theoretischen Wissensstand es dazu gibt. Weiters werden bereits bekannte Vorstellungen zum Thema Energie aus der Literatur gesammelt. Daraufhin werden die Ziele und die Forschungsfragen vorgestellt und erläutert. In Kapitel 4 werden die verwendete Methodik, also das Leitfadeninterview und die Demonstrationsexperimente sowie deren Analyse beschrieben. Die praktische Durchführung, die Auswahl der Stichprobe und sonstige organisatorische Details werden in Kapitel 5 erläutert. Darauf folgt die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse. Dafür werden die Interviews ausführlich analysiert und die Ergebnisse übersichtlich dargestellt und interpretiert. Im Schlussteil werden diese nochmals diskutiert. Abschließend wird ein Ausblick für weitere Forschungen in diesem Themengebiet der Physikdidaktik gegeben.

## 2. Fachdidaktischer Hintergrund und aktueller Wissensstand

In diesem Abschnitt werden die theoretischen Grundlagen, welche die Basis für die weitere Arbeit bilden, erläutert. Zunächst sollen die verwendeten Begrifflichkeiten geklärt werden. Dabei wird definiert, was unter einer Vorstellung und den sogenannten Frameworks beziehungsweise Rahmenkonzepten in dieser Arbeit verstanden werden kann. Zentraler Bestandteil dieser Arbeit sind die ‚Energy Frameworks‘ von Watts (1983), welche im Kapitel 2.2 ausführlich erläutert werden. Außerdem werden bekannte Vorstellungen zur Energie gesammelt und beschrieben.

### 2.1 Klärung der Begrifflichkeiten

„Der wichtigste Einflussfaktor für das Lernen ist das, was der Lerner bereits weiß. Finden Sie das heraus und unterrichten Sie ihn entsprechend.“ (M. Hopf et al., 2022) Dieser bekannte Satz stammt vom Lernpsychologen David Paul Ausubel. Für einen gelingenden Unterricht, ein gründliches Verständnis und ein beständiges Wissen genügt es nicht das jeweilige Thema nur fachlich gut aufzubereiten. Gutes Erklären, Gestaltung der Lernumgebung sowie soziales Denken gehören natürlich zu den zentralen Aufgaben und Kompetenzen, die eine Lehrperson mitbringen sollte (M. Hopf et al., 2022). Jedoch sind Lernende nicht leer und aufnahmebereit wie ein unbeschriebenes Blatt, also keine ‚tabula rasa‘, wie die Metapher in der Philosophie gerne verwendet wird. SchülerInnen stützen sich beim Lernen auf Vorerfahrungen und das bereits erworbene Wissen. Diese Lernvoraussetzungen stammen einerseits aus dem Alltag, andererseits auch aus dem vorhergehenden Unterricht (Schecker et al., 2018). Meist spielen auch die Umgangssprache und die Medien eine große Rolle und provozieren Annahmen, die mit den vermittelten Inhalten im Unterricht häufig in Konflikt stehen. Die daraus entstehenden Vorstellungen können auf der einen Seite einen wichtigen Anhaltspunkt für das Lernen, auf der anderen Seite aber auch ein Lernhindernis darstellen (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010). Sie entsprechen manchmal nicht den wissenschaftlichen, insbesondere den physikalischen Vorstellungen. Sie erschweren das Verständnis im Physikunterricht und lassen sich oft schwierig beseitigen oder formen. Lehrende sollten deshalb gut über mögliche Ideen, Konzepte und das Vorwissen der Kinder und Jugendlichen Bescheid wissen. Das Wissen über Vorstellungen kann auch zum eigenen fachlichen Verständnis beitragen, wodurch eine bessere Kommunikation

entsteht und die Inhalte den Lernenden wiederum besser vermittelt werden können (M. Hopf et al., 2022).

Duit und Mikelskis-Seifert (2010) erklären im ersten ihrer Piko-Briefe, dass unter Lernen kein direkter Transport von Wissen verstanden werden kann. Lehrpersonen können ihr Wissen nicht einfach so an Lernende weitergeben und diese speichern es auch nicht automatisch so ab. Erst durch eine Zuordnung an Bedeutung, also einer Verknüpfung mit bereits Bekanntem und Gelerntem sowie Interpretation durch bestehende Vorstellungen nehmen Lernende das Gesagte auf. Gerne kommt es dann zum sogenannten ‚hermeneutischen Zirkel‘. Die Lehrkraft antwortet zwar auf die Aussagen von SchülerInnen, jedoch mit einem ganz anderen Verständnis. Die Gesprächspartner reden also aneinander vorbei. Lernen sollte daher vielmehr als konstruktivistisch angesehen werden, wobei Lernende aktiv beteiligt und nicht nur passive Empfänger sind (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010).

Ziel ist es, dass Lernende ein physikalisches Verständnis entwickeln. Dafür muss eine gewisse Wissensumstrukturierung erfolgen, ein sogenannter ‚conceptual change‘. Native Vorstellungen aus dem Alltag oder aus dem vorhergehenden Unterricht müssen in naturwissenschaftlichen Schemata rekonstruiert werden. Als conceptual change soll also kein wirklicher Austausch, sondern eher ein Lernweg von vorunterrichtlichen Vorstellungen zu wissenschaftlichen Konzepten verstanden werden (Duit & Treagust, 2003). Es gibt dafür unterschiedliche Strategien: einen ‚kontinuierlichen‘ oder ‚diskontinuierlichen‘ Lernweg (Jung, 1986). Bei der ersteren Strategie wird versucht, an den Vorstellungen der Lernenden anzuknüpfen, wobei diese aber möglichst wenig mit dem physikalischen Verständnis in Konflikt geraten sollen. Dabei kann den SchülerInnen ein gutes Gefühl gegeben werden, indem ihnen erklärt wird, dass ihre Vorstellungen nicht prinzipiell falsch sind, in der Physik jedoch etwas anderes damit gemeint und anders damit umgegangen wird. M. Hopf et al. (2022) sprechen in diesem Zusammenhang von der ‚Umdeutungsstrategie‘ und der ‚Brückenstrategie‘, wobei bei letzterer noch Zwischenschritte und Übergangsbegriffe eingefügt werden. Der diskontinuierliche Weg basiert auf einem kognitiven Konflikt. Lernende werden mit einem physikalischen Prinzip konfrontiert, welches ihren Vorstellungen widersprechen soll (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010). Das Problem bei dieser Strategie besteht jedoch darin, dass SchülerInnen meist nicht verstehen, worin der Konflikt liegt. Daher reicht dieser Ansatz meist auch nicht aus (Duit & Treagust, 2003).

### 2.1.1 Vorstellungen

Aus der fachdidaktischen Forschung sind schon zahlreiche Beschreibungen der Wissens- und Denkstrukturen bekannt. In der Literatur werden dafür Bezeichnungen wie ‚Schülervorstellungen‘ (vgl. M. Hopf et al., 2022), ‚Lernendenvorstellungen‘ (vgl. Heeg et al., 2021), ‚Alltagsvorstellungen‘ (vgl. Kircher et al., 2020), ‚Präkonzepte‘ (vgl. Clement et al., 1989), aber auch ‚Fehlvorstellungen‘ (vgl. Helm & Novak, 1983), ‚Lernschwierigkeiten‘ (vgl. M. Hopf et al., 2022) oder im Englischen ‚student ideas‘ oder ‚misconceptions‘ (vgl. Scherr, 2007) verwendet. Jeder dieser Begriffe hat seine Berechtigung und wurde im Laufe der Zeit immer wieder abgeändert. Oftmals werden sie auch synonym verwendet. Schon an den vielen unterschiedlichen Bezeichnungen und der Diskussion über den passendsten Begriff kann erkannt werden, wie sehr sich die Fachdidaktik mit diesem Themengebiet auseinandersetzt (Schecker et al., 2018).

Obwohl einige Vorstellungen oft falsch und widersprüchlich erscheinen, steckt meist eine gewisse Logik und Erklärung dahinter. Es lassen sich auch bestimmte Muster erkennen (M. Hopf et al., 2022). Für die folgende Arbeit werden daher die Begriffe Fehlvorstellung und misconception bewusst nicht verwendet. Vorstellungen stimmen manchmal vielleicht nicht mit physikalischen Konzepten oder Definitionen überein, müssen aber nicht zwingend falsch sein (Schecker et al., 2018).

Scherr untersuchte 2007 das SchülerInnenendenken und unterscheidet zwischen zwei Modellen: das ‚Misconception Model‘ und das ‚Pieces Model‘. Dafür beobachtete er die fünf Eigenschaften ‚determinacy‘, ‚coherence‘, ‚context-dependence‘, ‚variability‘ und ‚malleability‘ und charakterisierte damit die sogenannten ‚student ideas‘. Viele dieser Ideen sind nicht spezifisch genug, dass sie als wahr oder falsch klassifiziert werden können. Sie haben einen unbestimmten Wahrheitswert, bis sie in einer bestimmten Situation nicht mehr richtig sind. Weiters müssen sie nicht zwingend kohärent sein. Es existieren meist auch voneinander unabhängige, sogar widersprüchliche Ideen, welche die SchülerInnen selbst nicht in Frage stellen oder nur vom Beobachter festgestellt werden. Untersuchungen haben außerdem ergeben, dass SchülerInnen kontextabhängig argumentieren und von vorhergehenden Fragen beeinflusst werden. Aussagen können auch von der Umgebung, in der die Fragen gestellt werden, abhängen. Beispielsweise können unterschiedliche Antworten erwartet werden, wenn eine Frage im Unterricht oder in der Freizeit gestellt wird. Variabilität beschreibt inwieweit sich

Vorstellungen in ein und derselben Situation spontan ändern. Sie können fluktuierend oder stabil sein. Zuletzt kann auch noch die Formbarkeit beobachtet werden. Sie beschreibt, wie leicht sich Vorstellungen verändern lassen. Ist es schwierig, sie zu formen, spricht Scherr von starren, ansonsten von formbaren Vorstellungen. Wichtig zu erwähnen ist hierbei, dass Pre- und Posttests diese Eigenschaften nicht wirklich messen können, da sie reine Momentaufnahmen sind (Schecker et al., 2018).

Beim Misconception Model wird davon ausgegangen, dass SchülerInnen starre, kohärente und stabile Ideen haben, die kontextunabhängig und falsch sind. Solche falsche Überzeugungen sind schwierig zu korrigieren, aber einfach zu definieren, wenn bei der Untersuchung von Antworten auf Kontextunabhängigkeit und Stabilität geachtet und sie einem bestimmten Muster zuordnen kann. Forschungen zeigen, dass solche robusten Vorstellungen durch Konfrontation zerstört werden müssen, damit neue und richtige Vorstellungen entstehen können. Erst nach dem Bewusstmachen und einem Widerspruchsbeweis kann demnach die Denkweise geändert werden. Lernen wird als schwierig und andauernd betrachtet (Scherr, 2007).

Das Pieces Model arbeitet mit einem etwas anderen Ansatz. Dabei wird von kontextabhängige und fluktuierende Ideen ausgegangen, die meist voneinander unabhängig und wahrheitsunbestimmt sind. Demnach sind misconceptions aus mehreren Teilen zusammengesetzt. Diese flexiblen Wissensstücke lassen sich aber einfacher formen und stellen ein umfassenderes Modell dar. Beim Beobachten und Analysieren von Antworten kann der/die Forschende feststellen, dass SchülerInnen ihre Meinungen öfters ändern und dies manchmal auch gar nicht bemerken. Die Wissensbausteine sind nicht von Natur aus falsch, sondern werden nur in unangemessener Weise auf die jeweilige Situation angewandt. Sie können durch viele Faktoren aktiviert oder deaktiviert werden. Daher ist es wichtig auf bestimmte Situationen und die Art und Weise der Fragestellungen und Interviewführung zu achten. SchülerInnen können dabei Fortschritte machen oder auch wieder rückfällig werden, indem sie dieselben Ideen wieder aufgreifen, als ob sie jedes Mal von vorne anfangen würden. Mit dem Misconception Model kann diese Denk- und Vorgangsweise nicht erklärt werden. Der Unterricht sollte demnach darauf abzielen, den SchülerInnen zu zeigen, dass ihre Intuitionen zwar richtig sind, aber verfeinert werden müssen. Das Lernen und der Lernprozess stehen hierbei im Vordergrund (Scherr, 2007).

Auch DiSessa (1988) erklärt in seiner Arbeit ein ‚Knowledge in Pieces‘-Konzept. Er

spricht in diesem Zusammenhang von den ‚p-prims‘, den ‚phenomenological primitives‘, welche als einfache Abstraktionen von alltäglichen Erfahrungen verstanden werden können, die als relativ primitiv in dem Sinne angesehen werden, dass es im Allgemeinen keiner Erklärung bedarf. Für ihn besteht intuitive Physik aus einer ziemlich großen Anzahl von Fragmenten und nicht aus einer oder auch nur einer kleinen Anzahl integrierter Strukturen, die als Theorien bezeichnet werden könnten. Dieses fragmentierte System kann Schwierigkeiten im Lernprozess verursachen. DiSessa meint aber, dass diese p-prims das Lernen auch unterstützen können, indem sie bewusst in naturwissenschaftlichen Erklärungen eingegliedert und vernetzt werden. Mit dieser Theorie lässt sich auch erklären, wie es zur Unbeständigkeit von Argumentations- und Erklärungsweisen und Vorstellungen bei SchülerInnen kommt (DiSessa, 1988).

Beide Modelle beschreiben zwar das Schülerdenken und zeigen, welche Eigenschaften bei SchülerInnen vorgefunden werden können, jedoch kann weder das Misconception Model noch das Knowledge in Pieces Model als richtig oder bewiesen angesehen werden. Vielmehr ergänzen sich die zwei Ansätze. Das Wissen über die unterschiedlichen Modelle, aber vielmehr über die Eigenschaften hilft Lehrenden Aussagen von SchülerInnen zu deuten und zu verstehen sowie die Lernumgebung dementsprechend zu gestalten (Scherr, 2007).

Es lässt sich erkennen, dass die sogenannten Lernschwierigkeiten erst durch gebildete Vorstellungen entstehen können. Solche würden das Lernen hindern oder stören. Jedoch kann auch dies nicht verallgemeinert werden, da beispielsweise im pieces model Ideen von SchülerInnen als Lernansatz verwendet werden und meist sogar förderlich wirken. Daher erscheint auch der Begriff Lernschwierigkeit nicht wirklich passend (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010).

‚Alltagsvorstellungen‘ implizieren einen reinen Zusammenhang mit dem Alltag. Da aber viele Vorstellungen sogar im Unterricht selbst entstehen und gefestigt werden, ist auch dieser Begriff nicht umfassend (Schecker et al., 2018).

Neutralere Begriffe sind daher Schülervorstellungen und Lernendenvorstellungen. „Heute ist Schülervorstellung der gängige neutrale Begriff (im Englischen students’ ideas; students’ conceptions; preconceptions; alternative frameworks)“ (Schecker et al., 2018, S. 12).

Die Begriffe preconceptions/Präkonzepte oder auch Vorwissen sollten nicht falsch verstanden werden. Die Vorsilben erwecken den Eindruck, dass ein zeitlicher Aspekt

gemeint wäre. Es handelt sich dabei aber nicht um das Wissen oder die Konzepte, die Lernende vor dem eigentlichen Verständnis. Dieses Vorverständnis kann sich dauernd ändern oder auch weiterhin bestehen. Es muss durch den Unterricht nicht zwingend geändert werden (Schecker et al., 2018).

Der Begriff Schülervorstellung lässt sich in vielen Standardwerken finden, welche auch für diese Arbeit häufig herangezogen werden (vgl. Schecker et al., 2018). Zeitgerecht und nach geschlechtergerechter Sprache müsste der Begriff aber streng genommen umformuliert werden. ‚Schüler- und Schülerinnenvorstellungen‘, ‚SchülerInnenvorstellungen‘ oder ‚Vorstellungen von SchülerInnen‘ würden den Lesefluss sehr umständlich machen. Außerdem müssen solche Vorstellungen nicht nur auf SchülerInnen zutreffen. Auch Erwachsene, sogar Lehrkräfte und Forschende können solche Ideen besitzen. „Man kann zudem nicht davon ausgehen, dass Schülervorstellungen (...) eins zu eins im Denken der Lernenden vorliegen, also gewissermaßen dort abgespeichert sind“ (Schecker et al., 2018, S. 9). Auch können Lernenden ihre Vorstellungen nicht selbst formulieren. Meist sind es unbewusste Gedankengänge. SchülerInnen verhalten sich eher so, als ob sie diese Vorstellungen hätten. Sie handeln und begründen im Unterricht so, als ob sie davon ausgingen. Schecker et al. (2018) sprechen daher auch von ‚Als-ob-Vorstellungen‘. Dabei muss klar zwischen Äußerungen von SchülerInnen und dahintersteckenden Vorstellungen unterschieden werden. Nicht immer muss eine bestimmten Aussage eine sogenannte Schülervorstellung kennzeichnen (Schecker et al., 2018).

Viele Forscher bezweifeln überhaupt, dass Schülervorstellungen existieren. Sie behaupten, dass solche Vorstellungen erst durch Konfrontation und Nachfragen spontan erzeugt werden (Schecker et al., 2018). Trotz Diskussion über die Begrifflichkeit, werden in der Fachdidaktik laufend zahlreiche Vorstellungen zu den unterschiedlichsten Themen erforscht und beschrieben. Es ist dabei auch nicht relevant, welchem Modell sie zugeordnet werden können oder welches das richtige ist. Wichtig ist eigentlich nur, dass sie dabei helfen, Kinder und Jugendliche besser zu verstehen und den Unterricht zu verbessern (M. Hopf et al., 2022).

Wie bereits erwähnt handelt es sich bei vielen empirischen Erhebungen um Momentaufnahmen. Auch die Interviews, die im Rahmen dieser Masterarbeit durchgeführt werden, sind reine Momentaufnahmen. In diesem Fall kann auch nicht nachgewiesen werden, ob die Vorstellungen beispielsweise stabil oder kohärent sind oder welchem

Modell sie angehören. Um die Begriffe möglichst neutral zu halten und keine falschen Interpretationen hervorzurufen, wird im Weiteren ganz allgemein von Konzepten und Vorstellungen gesprochen. Diese können in dieser Arbeit grundsätzlich als sogenannte Als-ob-Vorstellungen, wie sie Schecker et al. beschreiben, interpretiert werden (Schecker et al., 2018).

### 2.1.2 Konzepte und Frameworks

Andere Werke, wie beispielsweise Vosniadou (2019) und Watts (1983), sprechen im Zusammenhang mit Schülervorstellungen von ‚Frameworks‘, also übersetzt von bestimmten Rahmenkonzepten. Vosniadou erklärt, dass Kinder auf der Grundlage ihrer Alltagserfahrungen ein Verständnis der physischen Welt entwickeln. Diese intuitiven Erkenntnisse werden in Strukturen, den sogenannten Frameworks, zusammengefasst. Auch Watts verwendet den Begriff Framework zur Kategorisierung von Vorstellungen. Er ist der Meinung, dass die Ideen der SchülerInnen Teil eines komplexen Konstruktes sind und charakterisierte sie in Bezug auf Konzepte im Netzwerk der Physik (Harrer et al., 2013). Vosniadou ist der Meinung, dass sich Lernende dieser intuitiven Vorstellungen bewusst werden müssen. Das bedeutet aber auch, dass die Lehrperson nur durch Konfrontation einen erfolgreichen Lernprozess schaffen kann. Zum besseren Verständnis können hier die Idee der Sicht- und Tiefenstruktur herangezogen werden. In Abbildung 1 ist eine Übersicht dazu dargestellt. Die Sichtstruktur oder auch Oberflächenstruktur ist wahrnehmbar. Darunter wird bei einer Erhebung die Analyse von meist spontanen Assoziationen und Äußerungen der Befragten verstanden. Dies gewährt einen Einblick in die mögliche Alltagswelt der Befragten und lässt auf Vorstellungen rückschließen. Die Tiefenstruktur ist viel tiefgründiger und beschreibt durch eine sorgfältige Analyse die zugrunde liegenden Rahmenkonzepte beziehungsweise Frameworks. Meist wird dafür eine qualitative Inhaltsanalyse von Interviews vorgenommen. Gedanken-, Erklärungs- und Argumentationsmuster können durch diese Rahmenkonzepte zu Kategorien zusammengefasst und definiert werden. Beide Aspekte sollen auf jeden Fall zu einem besseren Verständnis von Vorstellungen führen (Behle & Wilhelm, 2017).

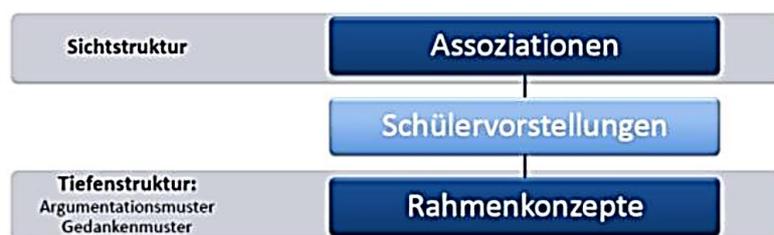


Abbildung 1: Assoziationen und Rahmenkonzepte (Behle & Wilhelm, 2017, S. 100)

## 2.2 Energy Frameworks

In den 1980er Jahren fanden erste Untersuchungen zu den Vorstellungen von SchülerInnen zum Thema Energie statt. Duit führte 1985 beispielsweise einen schriftlichen Assoziationstest zum Energiebegriff im Physikunterricht durch (Duit, 1986). Dieser wurde im Rahmen einer Replikationsstudie von Crossley et al. (2009) aufgegriffen. Dabei konnte festgestellt werden, dass sich die Assoziationen zum Energiebegriff in den letzten 20 Jahren verändert haben (Crossley et al., 2009).

Etwas gründlicher analysiert wurden die Energievorstellungen von Watts im Jahre 1983. Er bearbeitet in seiner Arbeit etwas mehr die Tiefenstruktur und definiert sieben zentrale Rahmenkonzepte zur Energie, die er ‚Energy Frameworks‘ nennt:

- Anthropomorphic/Anthropocentric energy = Anthropozentrische Energie
- Depository energy = Gelagerte Energie
- Functional energy = Funktionale Energie
- Ingredient energy = Energie als Zutat
- Ostensive energy = Energie als Aktivität
- Produced energy = Produzierte Energie
- Transfer energy = Transferierte Energie

Obwohl Watts zwischen diesen sieben Kategorien unterscheidet und probiert, Aussagen, Gedanken und Vorstellungen diesen zuzuordnen, betont er, dass es sehr wohl auch Wechselbeziehungen zwischen den Konzepten gibt. Im Folgenden sollen diese sieben Energy Frameworks näher vorgestellt werden. Dafür werden die Arbeit von Watts (1983) und Finegold und Trumper (1989) sowie die Zusammenfassungen und Ausarbeitungen von Behle und Wilhelm (2017) herangezogen. Zum besseren Verständnis werden sie auch mit Beispielen untermauert. Auch sollen eventuelle Überschneidungen mit anderen Rahmenkonzepten diskutiert werden.

### Anthropozentrische Energie:

Bei dem anthropozentrischen Ansatz wird nach Watts (1983) Energie als eine Art Lebensenergie verstanden. Energie wird mit dem Menschen und dem menschlichen Körper oder allgemein mit Lebewesen assoziiert. Äußerungen von SchülerInnen sind menschenzentriert. Um etwas zu tun oder allgemein zu leben, braucht es Energie. Man kann keine oder wenig Energie haben. Energie steht für körperliche Verfassung, persönliches Befinden oder physische Fähigkeiten, wie Ausdauer und Kondition. Der Ansatz kann auch auf Objekte ausgeweitet werden, wenn ihnen lebendige oder menschliche Eigenschaften, wie beispielsweise ‚Kraft einsetzen‘ oder ‚Stärke haben‘, zugeschrieben werden. Objekte haben also Energie zu Lebzeiten inne. Die Denkweise wird am folgenden Beispiel, das aus den Interviews von Watts (1983) stammt, ersichtlich:

"...obviously the boy or the man has used energy to get the.. sledge up the hill... like the man pushing the box up the hill/referring to another card already discussed/... and it's exhilarating coming down the hill fast so he's enjoying it... so to him its worth pulling the sledge up the hill... to come down really fast at the end and sit down... umh... energy... I don't see any real energy there ... apart from the man using his own physical energy to push the sledge up the hill..." (Watts, 1983, S. 4.29)

Im diesem Beispiel beschreibt der/die SchülerIn, dass der Mann seine physische Energie nutzt, um einen Schlitten auf den Berg zu ziehen. Der Mann besitzt also Energie, die er dafür einsetzt.

Ein weiteres repräsentatives Beispiel für das anthropozentrische Rahmenkonzept lässt sich in der Befragung von Behle und Wilhelm (2017) finden. Auch in diesem Interviewausschnitt wird davon gesprochen, dass Personen (mehr oder weniger) Energie haben können. Zudem wird die Energie mit positiver Stimmung assoziiert.

„Ich glaub, die hier vorne haben mehr Energie, aber auch weil die da mehr so positiver wirken, als die hinten.“ (Behle & Wilhelm, 2017, S. 103)

Abzugrenzen ist das Rahmenkonzept Anthropomorphic/Anthropocentric energy von der Ostensive Energy, bei der nur Tätigkeiten beschrieben werden, aber kein Bezug zum Menschen/zu einem Lebewesen erkennbar ist. Wenn die Aktivität als Eigenschaft von Lebewesen beschrieben wird, trifft das anthropozentrische Rahmenkonzept zu (vgl. Watts, 1983).

### Gelagerte Energie:

Energie kann nach Watts (1983) auch als gelagertes Etwas verstanden werden. Das heißt Objekte haben Energie und können diese freigeben. Energie ist vorhanden, vielmehr gespeichert. Sie kann in verschiedenen Formen auftreten. Sie lässt sich verbrauchen, um etwas zu bewirken. Es handelt sich um eine quasi-stoffliche Vorstellung. Watts (1983) unterscheidet dabei zwei Arten von Antworten. Einerseits kann ein Objekt eine Energiequelle und dementsprechend Energie besitzen. Andererseits können auch unterschiedliche Energieformen, wie beispielsweise die chemische Energie in Chemikalien oder die elektrische Energie in Strom, beschrieben werden. Diese Energien befinden sich in Objekten, können unterschiedliche Eigenschaften aufweisen und aufgebraucht werden, um auf andere Objekte einzuwirken. Sie kann aber bei beiden Interpretationen als „innere Kraftquelle“ angesehen werden. Etwas hat also eine bestimmte Kraft, um etwas zu tun. Diese Kraftquelle ist konsumierbar und manchmal auch aufladbar. Ein typisches Beispiel dafür ist die Batterie. Es wird davon gesprochen, dass in dieser Energie gespeichert ist. Fossile Brennstoffe werden aber zum Beispiel verbraucht und können nicht wie Akkus oder Menschen wieder mit Energie aufgeladen werden. Der folgende Ausschnitt aus den Interviews von Watts (1983) dient als Beispiel für eine solche Interpretation:

“Also bei der Kerze denke ich so ähnlich wie bei dem Feuer auch. Nur dass halt das Wachs diesmal halt sozusagen die Kraftquelle ist ... oder die Energiequelle. Und die Kerze brennt ja auch so lange, bis das Wachs weg ist.” (Behle & Wilhelm, 2017, S. 104)

Die Kerze beziehungsweise das Wachs wird als Energiequelle angesehen und als fossiler Brennstoff betrachtet, welcher verbraucht wird. Die Energie ist nach Gebrauch verschwunden. Es wird auch nicht angesprochen, dass die Energie durch diesen Prozess umgewandelt wird.

Auch in einem Interviewausschnitt von Behle und Wilhelm (2017) wird mithilfe des Frameworks der Gelagerten Energie argumentiert:

“if something moves its got to have energy... its got to be there... its going to have energy inside it. [...] I mean I don't know if a table's got energy in it... I suppose it has but I'm not really sure.” (Watts, 1983, S. 4.31)

Dabei wird beschrieben, dass ein sich bewegendes, aber auch womöglich ruhendes

Objekt (Tisch) Energie in sich trägt. Energie ist einfach da.

Wenn der Körper oder Mensch als Energiespeicher gesehen wird, handelt es sich um das anthropozentrischen Konzept. Im Gegensatz zum Rahmenkonzept Gelagerte Energie stehen die Konzepte Partiiell transferierte Energie und Transferierte Energie, bei denen Energie umgewandelt werden kann. Bei der Gelagerten Energie ist sie nach Gebrauch weg. Ein Vorgang hört auf, wenn die Energie beseitigt oder verbraucht ist. Auch im Vergleich zur Energie als Zutat gibt es einige wesentliche Unterschiede. Dort geht es weniger um die Speicherung sondern mehr um den zusätzlichen Auslöser, der diese ruhende Zutat nutzbar macht (vgl. Watts, 1983).

### Funktionale Energie:

Beim Rahmenkonzept der funktionalen Energie nach Watts (1983) wird Energie sehr zielgerichtet interpretiert. Energie wird absichtlich erzeugt und dient der Bequemlichkeit. Sie tritt nicht auf natürlichem Weg auf, sondern ist vom Menschen für den Menschen gemacht und für ein modernes und fortschrittliches Leben notwendig. Somit hilft sie Arbeit oder sonstige nützliche Dinge zu verrichten. Hergestellt wird sie eher extern, ist dann aber für viele technische Anwendungsgebiete einsetzbar. Sie kann zum Beispiel Maschinen antreiben. Diese Energie wird nach Bedarf geliefert und den Menschen kontinuierlich zur Verfügung gestellt. Es besteht auch die Meinung, dass es einen sogenannten Weltvorrat gibt und nur solange geliefert werden kann, bis dieser aufgebraucht ist. Natürliche Vorgänge brauchen im Gegensatz zu zweckmäßigen Tätigkeiten keine Energie. Handlungen können sehr wohl auch ohne diesen Treibstoff Energie auskommen, jedoch sind sie dann natürlich. Folgender Ausschnitte aus den Interviews von Behle und Wilhelm (2017) spiegelt diese Interpretation wieder:

„Weil man benutzt ja schon, man... viele Leute können ohne Handy gar nicht mehr wirklich leben und dann, wenn die das mal irgendwie ausschalten müssen, dann ist das für die dann irgendwie sowas, aber jetzt das ist einfach so, dass, weil früher mussten die ganz ohne Energie leben und dann kann man sich das gar nicht mehr vorstellen.“ (Behle & Wilhelm, 2017, S. 103)

Es lässt sich herauslesen, dass es früher anscheinend keine Energie gab. Heute jedoch könnte man ohne Energie nicht mehr leben. Energie wurde also geschaffen und erfüllt jetzt eine sehr wichtige Funktion, wie beispielsweise in Smartphones.

Auch im nächsten Beispiel aus der Arbeit von Watts (1983) wird der Energie eine

gewisse Funktion zugeschrieben:

“Energy has... got to make something else work... like if it was electrical... you know, like that tape recorder... making that work... I think there's energy all around us.” (Watts, 1983, S. 4.34)

Energie ist also dafür verantwortlich, dass etwas anderes (wie das Tonbandgerät) funktioniert. Im Gegensatz zum ersten Beispiel wird dabei die Energie jedoch als allgegenwärtig beschrieben.

Wenn die Energie nicht zielgerichtet beschrieben wird und es eher um die Erzeugung selbst geht, bestätigt sich vielmehr das Rahmenkonzept Produzierte Energie. Es muss ein klarer Bezug zum Menschen, der Technik und ähnlichem erkennbar sein oder eine bestimmte Absicht herausgelesen werden können (vgl. Watts, 1983).

### Energie als Zutat:

In diesem Rahmenkonzept nach Watts (1983) wird Energie als ein passiver und ruhender Inhaltsstoff von bestimmten Objekten aufgefasst. Durch Trigger oder einen Katalysator lässt sich dieser aus den Dingen auslösen und nutzbar machen. Watts nennt als Beispiel Lebensmittel. Diese können dem Menschen nur Energie geben, wenn sie gegessen oder getrunken werden. Energie ist in Nahrung also nicht gespeichert, sondern Energie wird nur geliefert, wenn die Nahrung gegessen wird. Bei diesem Rahmenkonzept spielt also die Zutat selbst, aber auch der auslösende Vorgang eine große Rolle. Nur so kann die Energie, also „echte Energie“, aktiv genutzt werden. Andere argumentieren auch, dass es einer Kombination an Zutaten/Energien bedarf. Energie wird nicht als ‚kontinuierlich‘, sondern eher als ‚impulsartig‘ beschrieben. Watts (1983) führt folgende Aussage zu diesem Rahmenkonzept an:

“There is energy... some sort of stored energy in the wires and in /a/ battery... but you have to join the whole circuit up... before the energy can be let loose to go to the bulb and light it up.” (Watts, 1983, S. 4.36)

Indem der Stromkreis geschlossen wird, kann die gespeicherte Energie zur Glühlampe ‚gehen‘, welche dann leuchtet. Energie ist also eine Zutat in den Leitern und in der Batterie und braucht einen Katalysator (den geschlossenen Stromkreis).

Auch aus dem zweiten Ausschnitt nach Watts (1983) wird klar, dass Dinge zwar Energie in sich tragen, aber dennoch etwas anderes, so etwas wie einen Katalysator (hier Energieform oder Sonne) brauchen, um sie herauszulösen:

“Things have energy stored in things... its there but needs another energy to... sort of... another form of energy to sort of make it come out... you know what I mean... like a seed needs... its got energy inside it to grow but it needs the sun... another form of energy.”  
(Watts, 1983, S. 4.36)

Wird die Energie selbst als Auslöser oder Katalysator beschrieben, trifft je nach Kontext auch das Rahmenkonzept Energie als Katalysator zu. Bei dieser Kategorie Energie als Zutat kann der Stoff nicht nur wie bei der Gelagerten Energie gespeichert sein, sondern muss durch einen Trigger ausgelöst werden. Dieses Triggern wird auch explizit genannt oder erläutert (vgl. Watts, 1983).

### Energie als Aktivität:

Dieses Rahmenkonzept aus der Arbeit von Watts (1983) beschreibt Energie als eine offensichtliche Aktivität, welche auch in Vorgängen vorhanden sein kann. An dieser Aktivität lässt sich erkennen, ob Energie im Spiel ist oder dem Objekt Energie zugeschrieben werden kann. Zudem werden diese Tätigkeiten mit Energie gleichgesetzt. Watts erklärt dieses Rahmenkonzept anhand des Beispiels Bewegung. Energie ist in Bewegung vorhanden, Bewegung kann Energie produzieren oder Bewegung stellt eigene Energie dar. Sie entspricht demnach den Verben bewegen, tun, rennen und ähnlichen. Im folgenden Beispiel aus der Arbeit von Watts (1983) wird Energie als Aktivität beschrieben:

“Its movement... like anything moving... like umh somebody going down a hill is energy.” (Watts, 1983, S. 4.39)

Den Berg runtergehen, also Bewegung, ist Energie. Ebenso wird in einem weiteren Ausschnitt von Watts (1983) erkennbar, dass einem Objekt, in diesem Falle dem Schnee, Energie zugeordnet wird, weil dieser etwas macht (fällt). Die Wolken besitzen keine Energie, weil sie sich im Gegensatz zum Schnee in den Augen dieses/dieser Schülers/Schülerin nicht bewegen:

“I suppose the snow one but... the snow would have slightly more energy than that

because... well the snow's actually doing something but [the clouds] they're just sitting there." (Watts, 1983, S. 4.38)

Wenn mit der Aktivität ein Auslöser oder Grund gemeint ist, trifft das Rahmenkonzept Energie als Katalysator besser zu und wird dementsprechend zugeordnet (vgl. Watts, 1983).

### Produzierte Energie:

Dies bedeutet nach Watts (1983), dass Energie als ein Produkt/Erzeugnis von einem Vorgang, einem Mechanismus oder von mehreren kontinuierlichen Prozessen (der Energieerzeugung) oder auch ein zusätzliches Nebenprodukt vom eigentlichen Prozess entsteht. Es wird also explizit argumentiert, dass Energie erzeugt wird. Sie wird immer zusätzlich zu einem anderen Ereignis, wobei diese nicht abhängig voneinander sein müssen, intern und kontinuierlich produziert und extern freigesetzt. Es scheint so, als würde die Energie aus dem Nichts kommen. Ein Beispiel dafür wäre die Reaktion von zwei chemischen Stoffen, welche Energie erzeugen, aber nicht selbst Energie sind oder Energie für die Reaktion benötigen. Sie dient einem aktuellen Bedarf oder es entsteht ein Überschuss, da nur geringe Mengen gebraucht werden. Energie kann auch als Abfallprodukt beschrieben werden, das wie Rauch, Schweiß, Strahlung oder Abgase produziert und abgegeben wird. Diese Abgabe kann auch als Emission oder Strahlung interpretiert werden. Trotz der vielen Produktionsprozesse gibt es schlussendlich nur eine Art von Energie. Folgende Ausschnitte aus den Interviews von Watts (1983) spiegeln dieses Rahmenkonzept wieder:

"Yes ... and as the electrons flow through the bulb... it becomes hot and it produces energy and it gives off light." (Watts, 1983, S. 4.41)

Das Fließen der Elektronen erhitzt die Lampe, wodurch Energie produziert wird und die Lampe leuchtet. Hier steht die Produktion der Energie im Vordergrund, welche auch konkret angesprochen wird.

Im zweiten Beispiel übernimmt diese Aufgabe der Körper, genau genommen die Muskeln. Diese produzierte Energie verwendet und verbraucht der Körper wiederum. So kann alles ordnungsgemäß funktionieren:

"I think the energy's... well they're building up energy for the next day... but their body is

also using up energy to... make sure everything's alright inside the body as well... using /it/ for a heartbeat... flow of blood round the body... I think there's energy in the muscles as well... building up for the next day." (Watts, 1983, S. 4.41)

Das Rahmenkonzept der Produzierten Energie unterscheidet sich stark von all den anderen, bei denen Energie als ein Stoff betrachtet oder umgewandelt werden kann. Bei der Produzierte Energie geht es vielmehr um die Erzeugung selbst und wie diese funktioniert (vgl. Watts, 1983).

### Transferierte Energie:

Dieses Rahmenkonzept nach Watts (1983) beinhaltet bereits einen sehr wissenschaftlichen Ansatz, welcher auch im Unterricht durch didaktische Rekonstruktion vermittelt werden möchte. Energie wird von Ort zu Ort und von Objekt zu Objekt übertragen. Sie kann unterschiedliche Erscheinungsformen haben, die jedoch gleichwertig und ineinander umwandelbar sind. Wenn Systeme interagieren, also ein Prozess stattfindet, kann etwas, das wir Energie nennen, von einem System auf ein anderes System übertragen werden. Das passiert kontinuierlich. Diese Umwandlung wird als eine Art Fluss vorgestellt. Mithilfe dieses Flusses wurde das sogenannte Wasserkreislaufmodell entwickelt, welches in einem ganzheitlichen Unterrichtskonzept (Herrmann, 2021, S. 187–213) ausgearbeitet wurde und auch in der Schule Anwendung findet. Demnach kann Energie wie eine Flüssigkeit von einem System zu einem anderen fließen. Die Energie ist an Energieträger gebunden, welche sie dann auch aneinander weitergeben. Es wird explizit von einer Umwandlung und von einer bestimmten Energie gesprochen, die aber in unterschiedlichen Formen erscheint. An folgender Beschreibung aus den Interviews von Watts (1983) lassen sich bereits physikalisch korrekte Grundaussagen erkennen:

"It /energy/ comes out of the negative end /of the battery/... flows round the circuit... encountering the light bulb on the way... where it can transfer some of the energy... and goes back to the battery..." (Watts, 1983, S. 4.42)

Im ersten Interviewausschnitt wird die Energieumwandlung angesprochen. Energie wird hierbei als fließend beschrieben und sie kommt auch wieder zurück. Außerdem kommt sie aus der negativen Seite der Batterie, ‚bewegt‘ sich ‚um‘ den Stromkreis und trifft auf die Glühbirne. Der exakte ‚Weg‘ geht aus dieser kurzen

Antwort nicht klar hervor.

Auch in einer weiteren Passage aus dem Werk von Watts (1983) verwendet ein/e SchülerIn bereits konzeptionell gerechtfertigte Erklärungen:

“Well energy would go into the water... the glass of the beaker... the thermometer whatever... and the air above the water... and where it's /the beaker/ been on the bench... but if you say 'where is the energy' then its never going to sort of stay in one place at one time... its going to go anywhere... sort of around... its slowly going somewhere like to the bench and so on.” (Watts, 1983, S. 4.43)

Es wird davon gesprochen, dass Energie überall existiert und nicht statisch oder ruhend ist. Sie kann dauernd ‚herumgehen‘ (also umgewandelt oder transferiert werden) (Watts, 1983).

Wenn es eine Überschneidung zwischen der Gelagerten Energie und der Transferierten Energie gibt, kann das von Behle und Wilhelm neu definierte Rahmenkonzept Partiiell transferierte Energie verwendet werden (vgl. Behle & Wilhelm, 2017). Dieses wird auf Seite 20 genauer erläutert.

Ein paar Jahre später führten auch Finegold und Trumper (1989) eine empirische Studie zu Vorstellungen zur Energie mit SchülerInnen durch. Sie stützten sich dabei zunächst auf die Energy Frameworks von Watts. Schon zu Beginn der Erhebung änderten sie aber die Liste ein wenig ab. Das Rahmenkonzept Gelagerte Energie unterteilten Finegold und Trumper (1989) in folgende Kategorien:

- Depository – Gelagerte Energie
- Active deposit – Energie als Ursache

Erstere entspricht in etwa der Beschreibung von Watts, nach der einige Objekte „Energie haben und verbrauchen“ (vgl. Watts, 1983, S. 4.30). Die zweite Kategorie kann auch als Framework Energie als Ursache beschrieben und übersetzt werden. Demnach ist Energie etwas, das Dinge verursacht oder benötigt wird, damit sie geschehen. Sie ist also der Grund dafür, wobei dieser nicht explizit beschrieben werden muss, wie etwa beim Rahmenkonzept Energie als Katalysator (vgl. Watts, 1983).

Viele Aussagen und Antworten während der durchgeführten Interviews von Finegold und Trumper (1989) konnten diesen auch zugeordnet werden. Durch eine genauere Analyse ergab sich, dass sich der Framework Transferierte Energie in zwei

Subkategorien unterteilen lässt:

- Flow transfer – Energie als Flüssigkeit
- An accepted scientific concept – Energie als wissenschaftliches Konzept

Bei dem ersteren Konzept ist Energie eine Art Flüssigkeit, die in einem Prozess übertragen wird. Es wird also nicht nur von einer Übertragung oder Umwandlung gesprochen, sondern von einer Art Flüssigkeit, die sich in einem Medium bewegt. Wird hingegen ein wissenschaftliches Konzept verwendet, wird Energie als ‚Etwas‘ beschrieben, das von einem System auf ein anderes übertragen wird, wenn diese zwei Systeme wechselwirken. Die angeführten Beispiele bei Punkt □ auf Seite 10 unterscheiden sich genau in diesen Interpretationen. Im ersten Textausschnitt wird Energie als fließend, also als Flüssigkeit beschrieben. Im zweiten Beispiel wird zwar erwähnt, dass Energie dauernd transferiert wird, jedoch wird die Transportart nicht näher erläutert (vgl. Watts, 1983).

Bei der Studie von Finegold und Trumper (1989) konnten 96% der Antworten den überarbeiteten Energy Frameworks zugeordnet werden. Diese neuen Frameworks fanden auch in weiteren Arbeiten von Trumper Anwendung (beispielsweise Trumper & Gorsky, 1993).

In Bezug auf die Vorstellungen zum Thema Energie und Energieübertragung erfolgte in den vergangenen Jahrzehnten auch in der Tiefenstruktur ein Wandel, welchen beispielsweise Behle und Wilhelm im Jahre 2017 nachweisen konnten. Dieser war aber auch zu erwarten, da der Energiebegriff vor allem durch die Medien sehr verbreitet wurde. Energieerzeugung und Energiesparen spielen eine immer wichtigere Rolle. Nicht mehr wie zuvor war die Anthropozentrische Energie das am häufigsten verwendete Rahmenkonzept. Diese Konzept wird zwar noch im biologischen und sportlichen Kontext genannt, jedoch argumentieren viele SchülerInnen außerhalb dieses Rahmens eher mit dem Konzept der Gelagerten Energie und der Transferierten Energie. Die Rahmenkonzepte Energie als Zutat und Energie als Aktivität kommen nur mehr sehr selten vor (Behle & Wilhelm, 2017).

Die Untersuchungen von Behle und Wilhelm (2017) zeigen auch, dass SchülerInnen Rahmenkonzepte kontextabhängig oder auch zeitgleich sowie ergänzend verwenden. Wie bereits in Kapitel 2.1 erklärt, entsprechen diese Vorstellungen eher den Eigenschaften des pieces model (Scherr, 2007), weshalb nicht wirklich von „der“ singulären

Schülervorstellung eines Schülers oder einer Schülerin" (Behle & Wilhelm, 2017, S. 106) gesprochen werden kann. Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich aus dem fehlenden Fachvokabular. SchülerInnen nutzen physikalisch sinnvolle Argumentationsmuster, jedoch fehlt ihnen die sprachliche Genauigkeit. Das bedeutet, sie vermischen es mit anderen naturwissenschaftlichen Fächern (Behle & Wilhelm, 2017).

Da einige Äußerungen von SchülerInnen in den Interviews von Behle und Wilhelm (2017) keinem Framework von Watts zugeordnet werden konnten, definierten sie zwei neue Rahmenkonzepte und ergänzten die Liste auf Vollständigkeit. Hinzu kamen folgende Energy Frameworks:

- ‚Energie als Katalysator‘
- ‚Partiell transferierte Energie‘

Auch diese sollen im Folgenden kurz beschrieben, mit Beispielen erklärt und deren Abgrenzungen und Überschneidungen diskutiert werden.

### Energie als Katalysator:

In diesem Rahmenkonzept nach Behle und Wilhelm (2017) kann Energie als eine Art Antrieb oder Katalysator für Vorgänge oder Aktivitäten verstanden werden. Sie initiiert Vorgänge, ist also sozusagen eine Art Aktivierungsenergie. Ohne ihr wären bestimmte Vorgänge nicht möglich. Energie wird sehr abstrakt verstanden, ist an keinen Energieträger gebunden und kann eine bestimmte Form besitzen. Folgende SchülerInnenaussage legt dies nahe:

„Zum Beispiel bei Reaktionen, [...] da wird ja auch Energie benötigt, [...] beim Erhitzen, da wird praktisch Energie freigelassen und diese Energie ist praktisch ein Antrieb, mit dem man etwas bewirken kann, zum Beispiel bei der chemischen Reaktion, dass sich der Stoff verändert.“ (Behle & Wilhelm, 2017, S. 105)

Diese/r SchülerIn beschreibt Energie als eine Art Antrieb. Durch diesen kann etwas bewirkt werden. Hier beispielsweise verändert sich dadurch der chemische Stoff. Das Rahmenkonzept Energie als Katalysator stellt das genaue Gegenteil von ‚Energie als Zutat‘ dar. Die Energie ist kein Inhaltsstoff. Auch von der Funktionalen Energie grenzt sich dieser Framework ab, da der Vorgang nicht auf den Menschen, der Bequemlichkeit oder einem bestimmten Ziel beschränkt ist (vgl. Behle & Wilhelm, 2017).

### Partiell transferierte Energie:

Dieses Energiekonzept von Behle und Wilhelm (2017) befindet sich zwischen der Gelagerten Energie und der Transferierten Energie. Dabei wird mithilfe eines lokalen Energietransfers argumentiert. Energie kommt auch in verschiedenen Formen, welche von SchülerInnen auch genannt werden, vor. Diese müssen aber nicht zwingend den Energieformen aus dem Unterricht entsprechen und auch nicht gleichwertig sein. Nur gewisse Formen lassen sich verkettet ineinander umwandeln. Es wird kein stringentes Konzept zur Übertragung durch verschiedene Systeme erklärt. Es kommt zu einem Bruch in der Energieumwandlungskette. Energie wird einerseits umgewandelt, aber auch verbraucht und dann wieder zur Produktion anderer Energieformen genutzt.

„Also da ist ja Elektrizität. Und die Elektrizität betreibt dieses kleine Windrad. [...] Die [Energie] wird verbraucht. [...] Der Ventilator, der dreht sich... Und erzeugt damit auch Energie. Also Bewegungsenergie.“

Obwohl in dieser Textstelle Energie sowohl für die Elektrizität als auch bei der Drehbewegung des Windrades eine Rolle spielt, wird die stattfindende Umwandlung und Transferierung unterbrochen beschrieben. Zuerst wird die Energie verbraucht. Dann erzeugt aber der Ventilator des Windrades wieder Energie (vgl. Behle & Wilhelm, 2017).

### 2.3 Bekannte Vorstellungen zur Energie

Die vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit Vorstellungen zur Energie, einem Thema, mit dem SchülerInnen, aber auch Erwachsene, Lehrkräfte und Forschende alltäglich in Berührung kommen. Überraschend ist deshalb, dass bisher erst einzelne Vorstellungen bekannt sind und verhältnismäßig wenige Studien existieren, die diese untersuchen und sammeln. Bevor über die durchgeführte empirische Erhebung und deren Ergebnisse und Analyse berichtet wird, soll in diesem Kapitel ein Überblick über den aktuellen Forschungsstand gegeben werden. Bereits bekannte Vorstellungen zur Energie und Energieübertragung werden gesammelt und beschrieben. Zudem sollen daraus entstehende Lernschwierigkeiten diskutiert werden.

### 2.3.1 Der Begriff Energie

Der Begriff Energie unterscheidet sich im naturwissenschaftlichen, insbesondere im physikalischen Kontext stark von seiner Verwendung im Alltag und der Alltagssprache (Crossley et al., 2009). Schon die Definition im Duden „wirkende Kraft; mit Nachdruck, Entschiedenheit und Ausdauer eingesetzte Kraft, um etwas durchzusetzen; starke geistige und körperliche Spannkraft, Tatkraft“ (Duden) oder anderen Wörterbüchern löst einige Konflikte aus (Duit, 2004). Im Bereich der Sprachliteratur wird Energie als Kraft oder Stärke des Ausdruckes definiert. Auf diese Art war der Begriff auch lange Zeit im englischsprachigen Wörterbuch zu finden, später dann als ‚exercise of power‘ (Trumper & Gorsky, 1993). Im Alltag ist diese Verwendung sinnvoll und passend, für die physikalische Verwendung aber meist widersprüchlich und hinderlich. Es wird nämlich davon gesprochen, dass die Stromrechnung bezahlt werden muss, weil man viel Energie verbraucht hat. Energie wird häufig auch synonym zu Kraft oder Strom verwendet. Auch kann die Energie einen Gemütszustand beschreiben, also wie wach, fit oder motiviert man sich fühlt. Ein Mensch oder Lebewesen kann viel oder wenig Energie haben oder auch Energie tanken, wenn es sich beispielsweise bewegt, genug schläft, positiv denkt oder mit Freunden lacht. Aber was hat all dies mit Physik zu tun?

Physikalisch ist Energie vielmehr „eine abstrakte rechnerische Größe, die den Zustand eines Systems kennzeichnet und deren Wert sich bei Vorgängen innerhalb des Systems nicht ändert“ (Schecker et al., 2018, S. 165). Sie ist das fundamentale Konzept der Physik und allgemein der Naturwissenschaft. Daher kommt sie auch in allen Themengebieten der Physik vor. Duit (1986) spricht in seiner Arbeit von einer „Mengenartigkeit der Energie“ (Duit, 1986, S. 176). Schon junge Kinder hätten demnach eine Vorstellung von einem bestimmten ‚Etwas‘, das in einer gewissen Quantität vorliegt. Mit höherem Alter und durch den besuchten Physikunterricht nimmt diese Vorstellung zu und wird von den Konzepten Übertragbarkeit und Umwandlung ergänzt (Duit, 1986). Für ein tiefgehendes Verständnis des Energiekonzeptes kann das Thema in fünf zentrale Aspekte unterteilt werden: Konzeptualisierung von Energie, Energieerhaltung, Energietransport, Energieumwandlung und Energieentwertung (Duit, 2004). Auch die Energiespeicherung und die unterschiedlichen Energieformen sind wesentliche Bestandteile des Energiebegriffes (Behle & Wilhelm, 2017).

Eine weitere Schwierigkeit stellt der herkömmliche Physikunterricht dar. Meist

wurde/wird der Energiebegriff über die klassische Newtonsche Mechanik und die Begriffe Kraft und Arbeit eingeführt. Es existiert die Meinung, dass dieser Ansatz für SchülerInnen greifbar und alltagsnahe wäre. Empirische Untersuchungen konnten aber nachweisen, dass für Lernende sowohl der Kraft- als auch der Energiebegriff sehr abstrakt und schwierig zu lernen ist. Dazu kommt, dass die Begriffe Kraft, Arbeit und Energie samt physikalischen Definitionen vermischt oder aufgrund der irrtümlichen Alltagssprache synonym verwendet werden (Crossley et al., 2009). Vor allem im elektrischen Kontext werden die Begriffe Energie, Kraft, Strom, Leistung, Elektrizität, Ladung und Spannung gleichbedeutend verwendet (Driver, 1993).

Die bekanntesten Energievorstellungen sollen nun etwas genauer erläutert werden.

### 2.3.2 Energie als Menge

**„Energie braucht man, um etwas zu bewirken.“** (Schecker et al., 2018, S. 164–165)

Energie ist der Grund, dass etwas passiert. Keine Energie bewirkt auch nichts. Von den meisten wird Energie als etwas Positives betrachtet, das entweder selbst Freude, Motivation und/oder Aktivität darstellt oder gewisse Aktionen auslöst und ermöglicht. Energie braucht man. Energie verfügt man. Energie kann getankt oder aufgeladen werden. Ist jemand müde und schlapp, fehlt es ihm/ihr an Energie. Auch Stress entzieht Energie. Es lässt sich bei dieser Vorstellung eindeutig ein anthropozentrisches Verständnis herauslesen (Schecker et al., 2018). SchülerInnen bringen Energie dennoch eher selten mit Nahrung in Verbindung. Dieser Zusammenhang muss im Unterricht thematisiert werden (Duit, 2004).

**„Energie ist ein speicherbares Etwas – eine Art Treibstoff“** (Schecker et al., 2018, S. 165–166)

Die meisten SchülerInnen verstehen unter Energie prinzipiell eher eine Art Treibstoff, welcher Grund dafür ist, dass Prozesse funktionieren. Diese Energie kann aus Sicht vieler Lernenden erzeugt und teilweise auch verbraucht werden (Crossley et al., 2009). Eine weitere Schwierigkeit ist, dass mit dieser Vorstellung Energie und Energieträger werden verwechselt. So beispielsweise ist Benzin für SchülerInnen Energie (Schecker et al., 2018). Dass Energie gespeichert werden kann, ist auch recht akzeptabel, wenn Energie und Energieträger gleichgesetzt werden. Obwohl Energie physikalisch

betrachtet eigentlich eine abstrakte Bilanzierungsgröße darstellt, erscheint sie auch im Physikunterricht, in der Fachsprache oder in Modellen und Veranschaulichungen trotzdem als etwas Quasi-Stoffliches und erschwert dadurch die Unterscheidung und das Verständnis für Lernende (Crossley et al., 2009). Im Unterricht werden beispielsweise Begriffe wie Energiereservoir, Energiegehalt oder Wärmemenge verwendet, welche darauf hindeuten, dass Energie so etwas wie eine Substanz ist. Daher sollten Lehrende Veranschaulichungen auch immer gut durchdacht wählen und betonen, dass diese der abstrakten Erhaltungsgröße eigentlich nicht entsprechen (Schecker et al., 2018). Die Treibstoffvorstellung bringt aber auch wertvolle Anknüpfungspunkte mit sich, welche aber verbessert und um der Umwandlungsvorstellung erweitert werden müssen (Duit, 2004).

### 2.3.3 „Energieverbrauch“

**„Energie wird von A nach B gebracht.“** (Schecker et al., 2018, S. 166)

Bei dieser Vorstellung ist Energie transportier- oder übertragbar. Diese Interpretation findet schon im Alltagsgebrauch des Begriffes Energie Anwendung (Duit, 1986). Viele Lernende stellen sich dabei einen Fluss oder eine Flüssigkeit vor. Diese Vorstellung muss nicht nur von Lernenden selbst gebildet werden, sondern wird auch oft im Unterricht bewusst eingeführt oder verstärkt, wenn beispielsweise das Wasserkreislaufmodell (Herrmann, 2021) oder der Luftdruck (Burde & Wilhelm, 2021) zur Erklärung und Veranschaulichung verwendet wird. Auch Strom oder Elektronen können als solch fließendes Material von Lernenden interpretiert werden. Dabei werden oft Modellvorstellungen, wie das ‚Rucksackmodell‘, das ‚Energiehutmodell‘ oder das ‚Bienenmodell‘ verwendet. Elektronen (Männchen oder Bienen) wandern demnach von der Energiequelle zum Energiewandler (Schecker et al., 2018). Dadurch ergeben sich zweierlei Schwierigkeiten. Entweder wird argumentiert, dass die Elektronen ihre mitgebrachte Energie abgeben und energielos zurück zur Batterie kommen. Ist dies nicht der Fall, würde das bedeuten, dass die Elektronen Energie auch vom Energiewandler zur Energiequelle transportieren könnten. Außerdem ist vielen nicht bewusst, dass es grundsätzlich viel zu lange dauern würde, bis die Elektronen die Energie von der Energiequelle bis zum Energiewandler transportiert hätten (Sefton, 2002). Dieser Transport muss auch nicht unbedingt kreisförmig passieren. Viele Lernende sind im

Anfangsunterricht der Meinung, dass die Energie entweder nur auf einer Seite oder auch auf zwei Wegen von der Batterie zum Energiewandler kommt. Den weiteren Verlauf konkretisieren sie dabei nicht (Driver, 1993). Sefton spricht in diesem Zusammenhang von einer ‚electric potential energy‘, die dem Elektron zugewiesen wird. Energie wird als Eigenschaft einzelner Objekte und nicht als eines gesamten Systems betrachtet (Sefton, 2002).

**„Energie wird verbraucht.“** (Schecker et al., 2018, S. 166–167)

Die Energieverbrauchsvorstellung wird nicht zuletzt von der Alltagssprache und den Medien provoziert. Energie (oder auch Strom) wird verbraucht, weshalb dafür auch bezahlt werden muss. Der Begriff Energieverbrauch wird häufig ohne weiteren Überlegungen und synonym zu Energieentwertung, Energieumwandlung oder dem Verbrauch des Energieträgers verwendet. Diese Vorstellung verstärkt wiederum die Stoffvorstellung. Die Auffassung, Energie werde verbraucht, steht im direkten Widerspruch zur Energieerhaltung, weshalb dies auch eine starke Lernschwierigkeit im Unterricht darstellt. Da es (vor allem in alltagsnahen Kontexten) schwierig ist, diese Vorstellung zu widerlegen, ist es hilfreicher, auf dem Verständnis der SchülerInnen aufzubauen und den Energieverbrauch nicht als völlig falsch darzustellen. Vielmehr sollten Lehrende die eigentlich gemeinte Energieentwertung erklären (Duit, 1986). Dadurch wird klar, dass der Nutzwert der Energie abnimmt, aber die Summe an Energie gleich bleibt (Schecker et al., 2018).

**„Energie geht verloren.“** (Schecker et al., 2018, S. 167–168)

Diese Vorstellung ist der ersteren recht ähnlich, wobei aber unter Energieverbrauch ein bewusster Nutzen verstanden wird und unter Energieverlust eher ein nicht vermeidbarer und ungewollter Schwund an Energie. Ein Beispiel dafür wäre die Schwingung eines Pendels. Im Unterricht wird dieser ‚Verlust‘ dann umgedeutet in eine Umwandlung in Wärme, was aber nicht immer zielführend ist, da eigentlich die Energieerhaltung im Mittelpunkt stehen sollte. Diese ist nicht erkennbar und daher für Lernende schwierig akzeptierbar. Reale Experimente können auch nur sehr schwer unter idealen Bedingungen durchgeführt werden, weshalb dann störende Einflüsse, wie die auftretende Reibung, der Luftwiderstand, etc., die Verlustvorstellung stärken (Schecker et al., 2018).

„**Energie bleibt nur unter idealen Bedingungen erhalten.**“ (Schecker et al., 2018, S. 168–171)

Zur Überwindung von Vorstellungen wie die des Energieverbrauchs oder des Energieverlusts werden im Physikunterricht gerne Experimente herangezogen. Zur Veranschaulichung der Energieerhaltung wird zum Beispiel gerne das Fadenpendel verwendet. Da diese Wahrnehmungen aber nicht mit den Erfahrungen aus dem Alltag übereinstimmen, sind SchülerInnen der Meinung, dass Energie nur unter idealen Bedingungen erhalten bleibe. Selbst Lehrende sprechen dabei von ‚Vernachlässigung‘ oder ‚idealen Bedingungen‘, wobei sie damit aber die äußere Störfaktoren meinen, durch die Energie entwertet, aber nicht verloren geht. Ein weiteres Problem stellt die Verwendung des Begriffes Energie im Alltag dar. Demnach ist die Energie im Physikunterricht oder Physiklabor etwas ganz anderes als im alltäglichen Leben. Schecker et al. sind der Meinung, dass Experimente zwar durchaus sehr sinnvoll für den Physikunterricht sind, die Energieerhaltung jedoch nicht experimentell gezeigt werden sollte, da der Aufwand und die dabei auftretenden Schwierigkeiten zu groß sind. Vielmehr sollte der Fokus auf eine theoretische Erklärung dieser abstrakten Erhaltung eines gewissen Etwas liegen, mit der Vorhersagen wiederum gut empirisch überprüft werden können (Schecker et al., 2018).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Lernenden eine angebrachte Vorstellung zur Umwandlung und Erhaltung von Energie fehlt. Sie kennen prinzipiell unterschiedliche Energieformen. Ihnen ist aber nicht wirklich bewusst, dass, wenn eine Energieform zunimmt, eine andere abnehmen muss. Die Aussage selbst, dass Energie erhalten bleiben muss, ist den meisten SchülerInnen vertraut, jedoch muss das nicht bedeuten, dass sie es auch akzeptieren und anwenden (Kircher et al., 2020). Es ist zwar nachvollziehbar, dass Energie nicht einfach so entstehen kann, jedoch herrscht wenig Interesse dafür, was mit der Energie beziehungsweise dem Treibstoff des Energieträgers nach ‚Gebrauch‘ passiert. Wird der Energieverbrauch angesprochen, ist nicht immer klar, ob damit ein Energieverlust oder ein Energieverschleiß gemeint ist (Duit, 1986).

### 2.3.4 Energieformen und Energietransfer

Im Gegensatz zur Energieerhaltung sind zum Energietransfer sehr wenige Lernschwierigkeiten bekannt. Womöglich existieren auch weniger. SchülerInnen akzeptieren schnell, dass Energie von einem Körper oder allgemeiner von einem System auf einen anderen Körper oder auf ein anderes System übertragen werden kann. Manchmal kommt die Idee auch schon von Seiten der Lernenden. Den Energietransfer verstehen sie entweder über die unterschiedlichen Energieformen (zum Beispiel chemische Energie und elektrische Energie) oder die unterschiedlichen Energiewandlern (zum Beispiel Batterie und Glühlampe). Unterschiede gibt es auch im Verständnis, was mit der Energie beim Transfer passiert. Einige SchülerInnen sind der Auffassung, dass die Energie immer gleich bleibt und nur ihre Erscheinungsform ändert (beispielsweise kinetische Energie bei Bewegung und chemische Energie im Zuckerwürfel). Für andere sind dies zwei unterschiedliche Energien, die also sozusagen ihr Wesen ändern. Der Transfer kann auch als Wechsel des Energieträgers verstanden werden (zum Beispiel Zuckerwürfel und Läufer). Energieformen sind demnach für Lernende nicht nur physikalischen Erscheinungsformen, wie beispielsweise die thermische Energie, sondern auch die Energieträger selbst, wie die Sonnenenergie (Schecker et al., 2018).

**„Arbeit bedeutet Anstrengung“** (Schecker et al., 2018, S. 172–173)

Sowohl im Alltag als auch in der Physik treten im Zusammenhang mit der Energie die Begriffe Arbeit und Leistung auf. Da sich diese Begriffe in der Alltagssprache stark von der physikalischen Definition und Interpretation unterscheiden, ist es für Lernende schwierig ein physikalischen Verständnis davon zu entwickeln (Schecker et al., 2018). Im Alltag wird unter Arbeit körperliche oder geistige Anstrengung verstanden. Für Kinder ist es das, was Erwachsene machen, um Geld zu verdienen. Die Begriffe Arbeit und Anstrengung sind im Gegensatz zur Energie negativ behaftet. Arbeiten, also das, was jemand bei der Arbeit macht, sehen viele als mühsam und unangenehm an. Die physikalische Definition ‚Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten‘, welche auch heutzutage noch häufig im Unterricht verwendet wird, lässt sich schwer mit der Alltagserfahrung in Einklang bringen. Diese ist eine von vielen Definitionen, die SchülerInnen auswendig lernen, aber nicht nachvollziehen können. Um den Begriff Arbeit physikalisch zu verstehen, dürfen nicht die Systeme alleine, welche etwas machen

oder „arbeiten“, betrachtet werden, sondern es muss der gesamte Energietransfer zwischen Systemen erklärt werden, da unter Arbeit physikalisch eigentlich der Prozess der Energieübertragung verstanden wird. Die Fachdidaktik ist daher der Meinung dass der im Unterricht häufig durchgeführte Ablauf Kraft – Arbeit – Energie veraltet und nicht schlüssig ist. Da die Energie aber die grundlegende Größe ist, sollte diese im Mittelpunkt des Unterrichts stehen und darauf aufgebaut werden. Es wäre sogar möglich, ohne den verwirrenden Begriff Arbeit auszukommen. Stattdessen könnte lediglich von einem Austausch mechanischer Energie oder Wärmeenergie gesprochen werden (Schecker et al., 2018).

**„Leistung ist das, was man geschaffen hat.“** (Schecker et al., 2018, S. 174)

Auch beim Begriff der Leistung gibt es Differenzen zwischen der Verwendung im Alltag und der Physik. Umgangssprachlich wird unter Leistung das Ergebnis einer Arbeit oder Anstrengung verstanden. Diese kann gut oder schlecht sein. Sie wird erbracht und kann belohnt werden. Jemand leistet etwas und leistet sich etwas, wenn r/sie ein gutes Ergebnis erzielt hat. Diese Deutung hat aber nichts mit dem physikalischen Verständnis zu tun. In der Physik beschreibt die Leistung die Intensität des Energietransfers, also die umgewandelte Energie pro Zeit. Dies muss im Unterricht deutlich kontextualisiert werden (Schecker et al., 2018).

### **Energie und Strom**

Auch im Zusammenhang mit Elektrizität und Strom zeigt sich, dass die Energie ein schwieriges Konzept darstellt und bei Lernenden für Verwirrung sorgt. Der Begriff Strom hat im Alltagsleben vieler SchülerInnen eine energetische Bedeutung, was nicht zuletzt auch von der Öffentlichkeit, also der Gesellschaft, den Medien, der Politik und anderen äußeren Einflussfaktoren bekräftigt wird. Strom wird als besondere Form der Energie dargestellt. Dabei muss ein Unterschied zwischen der deutschen und englischen Sprache aufgezeigt werden. Dem Begriff ‚current‘ wird im Englischen keine energetische Rolle zugeschrieben (Duit, 1986). Viele Lernende verwenden die Begriffe Energie und Strom synonym oder vertauschen sie (Engelhardt & Beichner, 2004). Anhand des Tests DIRECT (The Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test) konnten Engelhardt und Beichner (2004) nachweisen, dass die Hauptursache für die Schwierigkeiten in der Verwechslung von Begriffen liegt, die im

Allgemeinen mit Strom in Verbindung gebracht werden. Die Schüler ordnen die Eigenschaften der Energie dem Strom zu und ordnen diese Eigenschaften dann der Spannung und dem Widerstand zu. Insbesondere können sowohl Spannung als auch Widerstand nur bei Vorhandensein eines Stroms auftreten (Engelhardt & Beichner, 2004).

### **Energie und Kraft**

Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich mit der Einführung und Thematisierung des Kraftbegriffes. Diesem physikalischen Begriff werden unterschiedliche Bedeutungen zugeordnet, wobei auch die Energie in enger Verbindung damit steht. Energie ist den meisten SchülerInnen weniger vertraut als das Wort Kraft (Duit, 1986). Kraft kann von SchülerInnen aber auch mit der kinetischen Energie gleichgesetzt werden oder wird als Sammelbezeichnung für Energie, Stärke, Wucht oder Schwung verwendet (Jung, 1986). Manchmal zeigen sich aber auch wesentliche Unterschiede zwischen diesen zwei Begriffen. Kraft wird mit Stärke, Energie mit Ausdauer verbunden (Duit, 1986). Für ein tiefgehendes Verständnis ist eine klare Unterscheidung dieser Begriffe notwendig (Schecker et al., 2018).

### 3. Ziele und Forschungsfragen

Wie aus der Einleitung und dem Kapitel 2 hervorgeht, bestehen zum Thema Energie zahlreiche Schwierigkeiten und zudem noch einige Forschungslücken. Obwohl die Energie „das zentrale Basiskonzept der Physik“ (Schecker et al., 2018, S. 164) darstellt, im österreichischen Lehrplan und auch in einigen Unterrichtskonzeptionen eine Rolle spielt und sich Lehrende sowie Forschende in der österreichischen Schulbildung und Fachdidaktik bewusst sind, dass dieses Themengebiet vielen Lernenden Schwierigkeiten bereitet, gibt es wenige bis gar keine Unterrichtslehrgänge, die das Energiekonzept als zentral ansehen und durchgängig thematisieren. Auch im elektrischen Kontext gibt es im deutschsprachigen Raum wenige Unterrichtskonzepte, die die Energie und die Energieübertragung ausführlich behandeln. Im Gegensatz dazu existieren in der englischsprachigen Literatur ausgereifte Kurse, die jedoch nicht immer empirisch überprüft worden sind (Morris & Hopf, 2022). Viele der unvollständigen, unzureichenden oder auch falschen Vorstellungen lassen sich nur sehr schwer überwinden. SchülerInnen halten auch nach dem Physikunterricht noch an Konzepten fest, die wohl eher auf Erfahrungen, Alltagssprache oder primitiven Argumentationsmustern beruhen (Duit, 1986).

Im Zuge des Dissertationsprojektes von Mag. Louisa Christine Winter soll daher ein Unterrichtsansatz zur Energieübertragung in elektrischen Systemen für die Sekundarstufe II entwickelt werden. Lernende sollen mithilfe von elektromagnetischen Feldern ein besseres physikalisches Verständnis zur Energie im elektrischen Kontext entwickeln. Dabei wird die Lebenswelt der SchülerInnen miteinbezogen und versucht, bestehende Vorstellungen zu überwinden. Dafür ist es aber notwendig, über Vorstellungen und Konzepte Bescheid zu wissen. Einiges ist bereits aus der fachdidaktischen Forschung bekannt und lässt sich in Kapitel 2 nachlesen.

Im Rahmen dieser Masterarbeit soll neben einer theoretischen Auseinandersetzung eine empirische Erhebung durchgeführt und mit dem Wissen aus der Literatur verglichen werden. Ziel ist es, herauszufinden, ob sich die Ergebnisse aus der Vergangenheit, wie beispielsweise aus den Studien von Watts (1983) oder Behle und Wilhelm (2017), replizieren lassen oder Unterschiede und Veränderungen in der ausgewählten Stichprobe existieren.

Daraus lassen sich folgende Forschungsfragen ableiten:

**F1: Inwiefern können die Energy Frameworks in den Interviewergebnissen wiedergefunden werden?**

**F2: Welche Konzepte zur Energie lassen sich darüber hinaus noch aufdecken?**

Im nachfolgenden Kapitel wird beschrieben, wie diese Forschungsfragen geklärt werden sollen. Dafür werden relevante Forschungsmethoden vorgestellt. Außerdem wird begründet, welche Vorgehensweise für diese Arbeit gewählt wird.

## 4. Methodik

Neben einer ausgiebigen Literaturrecherche zu Vorstellungen und Konzepten zum Thema Energie im elektrischen Kontext wird für diese Arbeit eine empirische Untersuchung durchgeführt.

Zu Beginn wird erläutert, welche Erhebungsmethode für die empirische Studie gewählt wird. In den darauffolgenden Kapiteln folgt die Beschreibung der weiteren Verarbeitung des Datenmaterials.

### 4.1 Erhebungsmethode

In der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung finden verschiedene Erhebungsverfahren Anwendung, wie zum Beispiel Tests, Interviews oder Beobachtungstechniken, wie etwa die Aufzeichnungen von Unterrichtsstunden. Grundsätzlich kann zwischen quantitativen und qualitativen Methoden unterschieden werden. Quantitative Methoden zielen auf eine Überprüfung der Wirksamkeit oder auf Bestandsaufnahmen ab, wodurch verallgemeinerte Aussagen getätigt werden sollen. Möchte das Denken und Verständnis von SchülerInnen untersucht werden, bieten sich offene und somit qualitative Erhebungsmethoden besser an (Krüger et al., 2014). Bei der qualitativen Datenerhebung sollen die Aussagen und Antworten von Lernenden anhand der gesammelten Daten analysiert werden, wodurch auf typische oder mehrfach vorkommende Vorstellungen geschlossen werden kann. Unterschieden werden prinzipiell schriftliche und mündliche Verfahren (Schecker et al., 2018). Sind zu einem Thema noch wenige Vorstellungen bekannt, eignet sich ein Verfahren mit offenem Antwortformat. Da in mündlichen Befragungen längere Antworten erwartet werden können, eignen sich Interviews für die Erhebung von Denkvorgängen und Vorstellungen von SchülerInnen sehr gut (Schecker et al., 2018).

Mit Blick auf die Ziele und Forschungsfragen dieser Arbeit lässt sich erkennen, dass sich eine qualitative Methode hier besser eignet. Da möglichst viele freie Assoziationen bei SchülerInnen erhoben werden sollen, wird das Interview als Erhebungsverfahren verwendet.

### 4.1.1 Leitfadeninterview

Es existiert mittlerweile eine Vielfalt an Interviewvarianten (Mey & Mruck, 2020). Es ist daher nicht immer leicht, sich für eine Interviewart zu entscheiden und/oder das Interview selbst zu führen. Eine mündliche Interaktion ist sowohl für den/die InterviewerIn als auch den/die InterviewpartnerIn leicht steuerbar (Niebert & Gropengießer, 2014). Ein Leitfaden kann demnach helfen, dem Interview eine gewisse Struktur zu verleihen. Die leitfadengestützten Interviews gehören laut Schecker et al. (2018) zu den halbstrukturierten Interviews. Das bedeutet, dass sich der/die InterviewerIn zwar an eine Struktur hält, jedoch genug Platz für zusätzliche, vertiefende oder auch abweichende Fragen existiert. In der Literatur finden sich auch Bezeichnungen wie teilstandardisiertes, teilstrukturiertes oder semistrukturiertes Interview. Obwohl sie an und für sich sehr unterschiedlich gestaltet sein können, liegen ihnen einige Gemeinsamkeiten zugrunde (Hopf, 1995). Niebert und Gropengießer empfehlen, dass zu Beginn eines leitfadengestützten Interviews und allgemein eines jeden Abschnittes eine kurze Einführungsphase stattfinden soll, auf die dann eine erzählgenerierende Aufforderung folgt. Der/die InterviewpartnerIn soll dadurch zum freien Sprechen, Erzählen und Erklären veranlasst werden. Schon während des Interviews können so Aussagen mit dem theoretischen Wissen abgeglichen werden. Durch gezieltes Nachfragen, welches bereits vorbereitete Fragen, aber auch spontane Impulse sein können, sollen die Aussagen präzisiert werden. Ziel ist ein besseres Verständnis des Gegenübers (Niebert & Gropengießer, 2014).

Genauso wie eine Vielzahl an Interviewarten existieren, gibt es auch unterschiedliche Arten von Leitfadeninterviews (Flick, 2007). Das Interview kann beispielsweise im Zweiergespräch oder auch in einer Gruppe stattfinden. Bei einem Gruppeninterview kann es sein, dass die Äußerungen der Befragten von den anderen TeilnehmerInnen beeinflusst werden. Außerdem ist es schwierig, diese direkt zu kommentieren. Üblicher sind daher Einzelinterviews, wie etwa das Experteninterview oder das narrative Interview (Niebert & Gropengießer, 2014). Daher wird auch für diese Studie das Einzelinterviewsetting gewählt. Werden Vorstellungen erhoben, kann das sogenannte problemzentrierte Interview herangezogen werden. Dieses bezieht sich auf ein naturwissenschaftliches Phänomen und zielt auf Erfahrungen, Wahrnehmungen und Reflexionen der Befragten zu einem bestimmten Themengebiet oder im Spezialfall auf ein

bestimmtes ‚Problem‘ ab (Niebert & Gropengießer, 2014). Durch gezieltes Fragen wird das Gespräch gemeinsam mit den Befragten selbst gestaltet. Das problemzentrierte Interview hat keinen festen Ablauf, wird jedoch von einem Leitfaden als Gedächtnisstütze für den/die InterviewerIn unterstützt (Mey & Mruck, 2020).

Der Sinn und Zweck eines Leitfadens ist die Struktur und Orientierung vor und während des Interviews. Es hilft im Vorfeld das Wissen zu organisieren und kann am Ende eines Interviews als Checkliste betrachtet werden (Mey & Mruck, 2020). Im Gegensatz zu Fragebögen oder Tests soll das leitfadengestützte Interview keinen strengen Verlauf festlegen, sondern ein offenes und flexibles Gespräch veranlassen. Für den Leitfaden selbst gibt es einige Anforderungen, wie beispielsweise, dass er strukturiert und nicht überfüllt sein soll. Er soll das Interview lenken, aber nicht vom Wesentlichen ablenken oder den/die GesprächspartnerIn in seinem/ihrem Redefluss einschränken. Vielmehr sollte mithilfe des Leitfadens ein natürlicher Gesprächsverlauf herbeigeführt werden. Für den/die InterviewerIn soll der Leitfaden eine Hilfe und Orientierung darstellen. Dafür muss er leicht lesbar und übersichtlich sein. Die Fragen sollten einfach gehalten und mit möglichst wenigen Fachbegriffen versehen sein (Niebert & Gropengießer, 2014).

Grundlage für den Leitfaden sind die Forschungsfragen. Mithilfe des Interviews sollen schlussendlich diese beantwortet werden können. Dafür werden korrespondierende Fragen im Leitfaden benötigt (Flick, 2007). Der Leitfaden soll übersichtlich und thematisch gegliedert sein. Hilfreich dafür ist eine tabellarische Anordnung, wo auch Platz für Anmerkungen und Notizen sein sollte. Außerdem werden schon im Voraus vermutete und erwartete Antworten und Aussagen gesammelt, damit während des Interviews gezielt nachgefragt oder dementsprechend gehandelt werden kann. Die Fragen dafür können somit auch schon ausgearbeitet werden. Wichtig ist, dass der/die InterviewerIn mit dem Leitfaden so vertraut ist, dass er/sie sich einerseits schnell orientieren und andererseits schnell reagieren kann, ihn aber nicht als Fragebogen sondern lediglich als Anregung verwendet. Ein Leitfaden kann aus folgenden Interventionen bestehen: offene Einstiegsimpulse, Aufgabenstellungen, Interpretationen, Vertiefungen, Validierungs-, Ad-hoc- und Schlussinterventionen (Niebert & Gropengießer, 2014).

Die erste Fassung eines Leitfadens muss zunächst erprobt und im Zuge dessen in den meisten Fällen überarbeitet werden. Die Entwicklung eines Leitfadens ist also nicht mit den zuvor getätigten Überlegungen beendet, sondern bedarf einem, oft auch

mehrmaligem, Überarbeitungsprozess. Anhand eines oder mehrerer Probeinterviews können Fragen und Impulse verbessert oder ergänzt werden. Mögliche Schwierigkeiten können beispielsweise auftreten, wenn Fragen zu eng formuliert sind oder schon die Richtung einer Antwort vorgeben. Auch die erwarteten Antworten, mögliche Erklärungsansätze oder Vorstellungen von den Befragten können durch Probeinterviews womöglich ergänzt werden. Schritt für Schritt wird der Leitfaden verfeinert, um dadurch genauere Ergebnisse zu erhalten (Niebert & Gropengießer, 2014).

Abgesehen vom Leitfaden selbst, müssen für ein erfolgreiches Interview auch geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden. Am Anfang sollte eine kurze Einführung stattfinden, wo der/die InterviewerIn sich selbst und seine/ihre Arbeit vorstellt. Dazu gehört die Klarstellung und Erlaubnis der Datenverwendung. Auch der Ort, wo das Interview geführt wird, sollte bewusst gewählt sein. Eine ruhige und ungestörte Umgebung wirken sich positiv auf den Verlauf aus. Wichtig ist auch, dass ein entspanntes Gesprächsklima herrscht. Dafür soll das Interview keine Prüfungssituation darstellen. Falls es zu Pausen während des Gesprächs kommt, sollen keine neuen Fragen aufgeworfen werden. Das bedeutet auch, dass die GesprächspartnerInnen keinem Zeitdruck ausgesetzt sein sollen. Es kann in solchen Situationen auch nachgefragt werden, worüber die Person im Moment nachdenkt. Die Metaebene hilft im Allgemeinen, die Kommunikation aufrecht zu erhalten (Niebert & Gropengießer, 2014). Ergänzt werden kann eine empirische Erhebung durch eine Reihe verschiedener Techniken, wie beispielsweise Skizzen, Bilder, kurze Texte oder auch Experimente (Schecker et al., 2018). Diese sollten aber auf jeden Fall an die ausgewählte Erhebungsmethode angepasst sein (Kircher et al., 2015). Im nachfolgenden Abschnitt sollen die sogenannten ‚Demonstrationsexperimente‘ erläutert werden, da diese für die vorliegende Arbeit von Bedeutung sind.

Bei der Planung und Durchführung der Interviews für diese empirische Arbeit wurden die soeben beschriebenen Aspekte beachtet und so gut wie möglich umgesetzt.

### Demonstrationsexperimente

Experimente können nicht nur das Lernen der Physik vereinfachen, sondern auch empirische Erforschungen in der Physikdidaktik unterstützen (Schecker et al., 2018). Im Allgemeinen wird zwischen SchülerInnen- und Demonstrationsexperimenten unterschieden, wobei erstere von SchülerInnen selbst aufgebaut und durchgeführt werden können, letztere hingegen von der Lehrperson präsentiert werden. In qualitativen Erhebungen, insbesondere Interviews werden eher Demonstrationsversuche verwendet, da diese zeitsparend und besser planbar, also vorbereitbar sind. Sie können in mündlichen Befragungen genutzt werden, um Vorstellungen von SchülerInnen noch genauer und umfassender zu erkunden. Diese werden von dem/der InterviewerIn vorbereitet und den InterviewpartnerInnen während des Gesprächs präsentiert. Aufgabe derer ist es, Vermutungen aufzustellen, den Versuch zu beschreiben und die Beobachtungen zu erklären. Da sich Kinder und Jugendliche sowohl schriftlich als auch mündlich manchmal schwer ausdrücken können, werden häufig auch zeichnerische Erklärungen verlangt oder angeboten (Schecker et al., 2018).

Als Beispiel für ein Interview mit Demonstrationsexperimenten lässt sich die kroatische Studie von Jelacic et al. aus dem Jahre 2017 erwähnen, bei der repräsentative Versuche zum Thema Elektromagnetismus und elektromagnetische Induktion genutzt wurden, um den Inhalt als auch die Struktur und Organisation des SchülerInnenwissens bezüglich dieses Themas zu untersuchen. Dabei wurden während des Interviews insgesamt sechs Demonstrationsexperimente vorgezeigt, die die befragten SchülerInnen analysieren sollten. Für das Interview wurden insgesamt neun Oberstufen-SchülerInnen (16-17 Jahre) aus drei unterschiedlichen Schulen in Zagreb zufällig ausgewählt. Es handelt sich um durchschnittliche Schulen mit jeweils zwei Wochenstunden Physik und dem gleichen Lehrplan. Die Abschlussnoten der befragten SchülerInnen lagen zwischen durchschnittlich und ausgezeichnet. Die Hälfte der Versuche war den SchülerInnen bereits bekannt, die andere Hälfte war neu für sie. Zur Einführung wurde ein zusätzliches Experiment vorgeführt, um den Ablauf und die Technik des ‚Lauten Denkens‘ einzuüben. Dann wurden die SchülerInnen bei jedem Experimente gebeten, dieses zu beobachten und ihre Beobachtungen zu beschreiben. Nachdem klar war, dass der/die SchülerIn das gewünschte Phänomen wahrgenommen hatte, sollte er/sie noch eine Erklärung für die Beobachtungen vorschlagen. Der/die InterviewerIn hielt sich

währenddessen zurück und versuchte, Überlegungen und Argumentationen nicht zu beeinflussen oder zu stören. Die SchülerInnen wurden dabei auch nicht korrigiert. Falls es zu einer physikalisch falschen Schlussfolgerung kam, wurde vielmehr explizit nachgehakt und die Argumentation in Frage gestellt, um noch mehr Informationen über die Erklärungen und eventuell dahintersteckenden Vorstellungen zu erhalten (vgl. Jelacic et al., 2017).

### 4.1.2 Interviewleitfaden

Entscheidet sich der/die Forschende für ein Leitfadeninterview, muss zunächst ein Interviewleitfaden auf Basis des theoretischen Wissens ausgearbeitet werden. Ein erster Schritt dazu ist die Auseinandersetzung mit dem aktuellen Forschungsstand sowie dem theoretischen Hintergrund. Auch die Möglichkeiten des methodischen Verfahrens sollten bekannt sein. Wie bereits erwähnt sind die Grundlage dafür die Forschungsziele und die Forschungsfragen. Darauf aufbauend werden Interventionen gesammelt, geprüft, geordnet und schließlich redigiert (Krüger et al., 2014).

Die entwickelten Interviewleitfäden sollten auch einer Pilottestung unterliegen und mehrfach überarbeitet und somit verbessert werden (Mey & Mruck, 2020).

Der für diese empirische Erhebung entwickelte und verwendete Interviewleitfaden wird im nachfolgenden Abschnitt vorgestellt. Die darin enthaltenen Demonstrationsversuche werden beschrieben und erklärt, sowie deren Auswahl begründet. Zudem erfolgt eine Darstellung und Erläuterung der verwendeten Abbildungen und Skizzen. Die vollständige zweite Version des Interviewleitfadens im Originalformat kann im Anhang nachgelesen werden.

Nach einer einführenden Begrüßung sowie Auf- und Erklärung der Erhebungsdurchführung und Datenverwendung, wird der Ablauf des Interviews besprochen. Die SchülerInnen werden gebeten, die Fragen so genau und ausführlich wie möglich zu beantworten. Auch Fragen seitens der SchülerInnen sind jederzeit erwünscht und werden spätestens am Ende des Interviews beantwortet.

Der Interviewleitfaden ist nach Themengebieten geordnet. Das bedeutet, dass er in einen allgemeinen Einleitungsteil und die vier Experimenten gegliedert ist. Neben den Leitfragen sind im Leitfaden auch Lösungserwartungen und Zusatzfragen beigelegt. Auf der rechten Seite der Fragen sind Kontrollhäkchen eingefügt, die während des

Interviews zur Unterstützung dienen sollen. Vor allem für die Demonstrationsexperimente soll ein einheitliches Schema eingehalten werden. Zur Erinnerung wird für die InterviewpartnerInnen folgende Gedächtnisstütze auf den Tisch gelegt:

Vermuten → Beobachten → Beschreiben → Erklären

### Allgemeine Einleitung

Damit ein lockeres Gesprächsklima entsteht, wird das Thema Energie mithilfe eines Brainstormings eingeleitet. Dabei sollen die SchülerInnen beschreiben, was sie mit dem Begriff Energie verbinden. Schon davor werden Lösungserwartungen ausgearbeitet, welche unter anderem auch auf den Arbeiten von Watts (1983), Behle und Wilhelm (2017), Trumper und Gorsky (1993) und Finegold und Trumper (1989) basieren. Beim Brainstorming wird mit verschiedenen Schlagwörtern gerechnet, die vor allem im Alltagsleben der SchülerInnen, also auch vielfach in den Medien, Verwendung finden. Diese reichen von elektrischen Anwendungen und Kraftwerken bis zu Fortbewegungsmitteln und körperlichem Wohlbefinden. Es wird vermutet, dass der Energiebegriff dabei mit anderen physikalischen Begriffen, wie beispielsweise Strom, Arbeit oder Kraft, vermischt oder synonym dazu verwendet wird. Bei SchülerInnen, die sich auf eine Unterrichts- oder Prüfungssituation einstellen, könnten aber auch physikalische Definitionen, wie ‚Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten‘, die physikalischen Einheiten, wie Joule, oder auch bereits der Energieerhaltungssatz genannt werden. Womöglich werden schon unterschiedliche Energieformen aufgezählt oder Energiequellen und -wandler unterschieden. Falls die InterviewpartnerInnen zurückhaltend reagieren, kann mit weiteren Impulsfragen nachgehakt werden:

- Wie würdest du einem/einer FreundIn physikalisch erklären, was Energie ist?
- Wo spielt Energie im Alltag eine Rolle? Kannst du ein paar Beispiele nennen?
- Kannst du ein paar unterschiedliche Energieformen aufzählen?
- Fallen dir auch andere Energieformen als die elektrische Energie ein?

Zusätzlich werden Abbildungen, hauptsächlich zur elektrischen Energie, vorbereitet, die den SchülerInnen helfen sollen, Verbindungen und Assoziationen zum Energiebegriff herzustellen. Die Bilder kommen bereits in Version 1 des Interviewleitfadens vor, jedoch sind sie darin noch nicht nummeriert, was bei der Tonaufnahme zum Problem führt, dass von ‚diesem‘ und ‚jenem‘ Bild gesprochen wird und die Beschreibungen

rückwirkend schwer zuzuordnen sind. Daher werden sie für die zweite Version durchnummeriert und während des Interviews explizit bei ihrem Namen, also bei ihrer Zahl genannt. Die Abbildungen stammen aus dem Internet und sind im Anhang einsehbar.

Daraufhin folgt bereits die Befragung zur elektrischen Energie und Energieübertragung durch die Analyse der Demonstrationsversuche. Es werden vier repräsentative Experimente aus dem Elektrizitätslehreunterricht vorgestellt, die den SchülerInnen teilweise schon bekannt sind. Für alle Versuche wird ein einfacher Stromkreis aufgebaut, dessen Variablen je nach konzeptionellem Fokus und Fragestellung nacheinander abgeändert werden. Bei jedem Experiment wird zum Schluss nach einer Erklärung gefragt. Dabei wird auch immer ausdrücklich die Frage gestellt, welche Rolle die Energie dabei spielt. Die SchülerInnen werden zudem aufgefordert, auf den bereits vorbereiteten Schaltskizzen, die in Abbildung 2, Abbildung 3 und Abbildung 4 ersichtlich sind, den ‚Weg der Energie‘ einzuzeichnen. Das bedeutet, dass sie grafisch darzustellen sollen, wie die Energie von der ‚Energiequelle‘ zum ‚Energiewandler‘ kommt. Die Begriffe Energiequelle und Energiewandler werden im Interview bewusst nicht verwendet, da keine Vorstellungen provoziert werden sollen. Hauptsächlich dem Begriff Energiequelle wird etwas kritisch entgegengeblickt, da auch dieser im Endeffekt lediglich ein Energiewandler ist und physikalisch nicht wirklich von einer Quelle gesprochen werden kann. Ansonsten ist die Verwendung des Begriffes berechtigt, da es sehr wohl eine Quelle der elektrischen Energie im System gibt. In Version 1 des Interviewleitfadens wird nur beim ersten Experiment nach dem Weg der Energie gefragt. In Version 2 wird diese Frage auch für alle anderen Versuche übernommen.

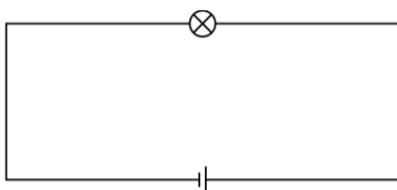


Abbildung 2: Schaltskizze für Experiment 1 und 4: Batterie als Energiequelle und Lämpchen als Energiewandler

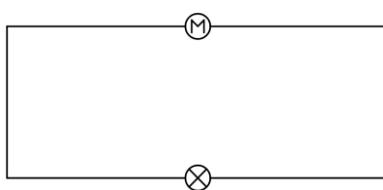


Abbildung 3: Schaltskizze für Experiment 2: Motor als Energiequelle und Lämpchen als Energiewandler

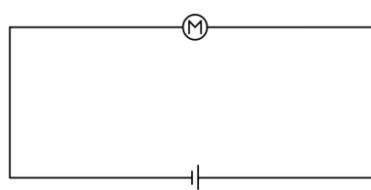


Abbildung 4: Schaltskizze für Experiment 3: Batterie als Energiequelle und Motor als Energiewandler

### 1. Demonstrationsexperiment: Einfacher Stromkreis mit Batterie und Glühlämpchen

Im ersten Experiment geht es um die Energieübertragung von einer Batterie zu einem kleinem Glühlämpchen, genauer um eine Umwandlung von chemischer Energie in elektrische Energie und schließlich in Strahlungs- und Wärmeenergie. In Abbildung 5 ist der Versuchsaufbau dargestellt.

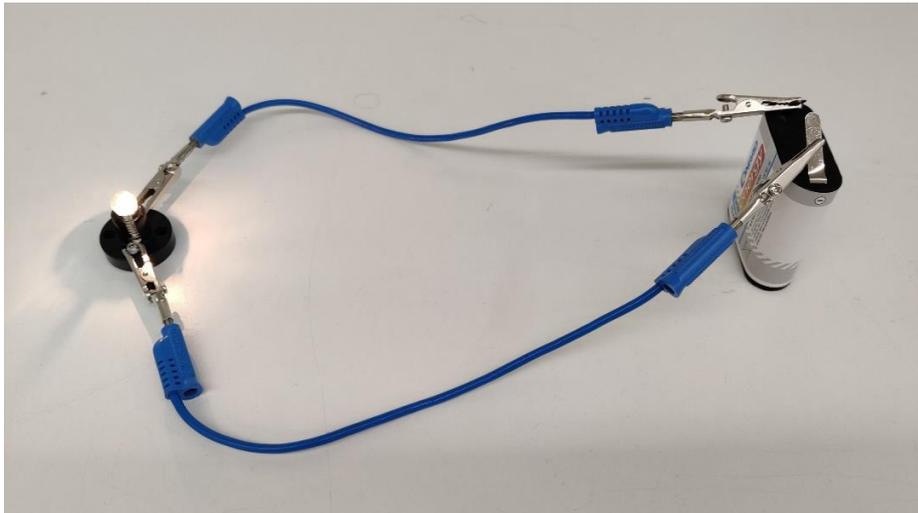


Abbildung 5: 1. Demonstrationsexperiment: Einfacher Stromkreis mit Batterie und Glühlämpchen

Nachdem der Versuchsaufbau hergezeigt und erklärt wurde, sollen die SchülerInnen zunächst eine Vermutung aufstellen, was passiert, wenn der Stromkreis geschlossen wird. Die meisten werden rasch antworten, dass Strom fließt und das Lämpchen dadurch aufleuchtet. Einige könnten aber auch die Funktionstüchtigkeit der Materialien in Frage stellen oder die Spannungswerte an Batterie und Lämpchen kontrollieren. Die Kabel werden miteinander verbunden. Die InterviewpartnerInnen beobachten den Versuch, beschreiben und erklären ihn daraufhin. Unterstützt oder ergänzt werden können die Erklärungen durch folgende Fragen:

- Wieso leuchtet das Lämpchen? Was ist die Ursache?
- Was passiert im Inneren des Kabels? Wie kann man sich diesen Stromfluss vorstellen? Wieso wollen sich die Elektronen bewegen?
- Wieso leuchtet das Lämpchen nicht, wenn der Stromkreis nicht ganz geschlossen ist?

Auf die Frage, welche Rolle dabei die Energie spielt, werden eher spärliche oder wenige Antworten erwartet. Daher wird zusätzlich noch gefragt, woher die Energie kommt

und wie sie übertragen wird. Außerdem soll noch die Dauer der Energieübertragung geschätzt werden. Unterstützt wird die Deskription von der vorbereiteten Skizze, in welche die SchülerInnen einzeichnen sollen, wie die Energie zum Lämpchen kommt. Die Frage nach dem Energieerhaltungssatz soll den Versuch abschließen.

### 2. Demonstrationsexperiment:

#### Einfacher Stromkreis mit Handgenerator und Glühlämpchen

Für den zweiten Versuch wird die Energiequelle ausgetauscht. Statt der Batterie wird nun ein kleiner Handgenerator in den Stromkreis eingebaut, wobei dieser zu Beginn wieder nicht geschlossen wird. Abbildung 6 zeigt den Versuch.

Die InterviewpartnerInnen werden zunächst gefragt, ob das Lämpchen auch ohne Batterie leuchten kann. Außerdem sollen sie Vermutungen aufstellen, was dafür notwendig ist. Dieser Versuch wird von den SchülerInnen selbst durchgeführt. So können sie die Geschwindigkeit und eventuell auch die Drehrichtung eigenständig variieren. Bei diesem Experiment werden zwar sehr ähnliche Beobachtungsbeschreibungen, aber unterschiedliche Erklärungsansätze vermutet. Wiederum können ähnliche Zusatzfragen wie beim ersten Demonstrationsexperiment dazu dienen, noch umfassendere Erklärungen zu erhalten. Da auf die Frage nach der Bedeutung der Energie viele womöglich den Diskurs von Versuch 1 reproduzieren, wird explizit nach dem Unterschied zwischen der Energieübertragung in den zwei verschiedenen Stromkreisen gefragt.

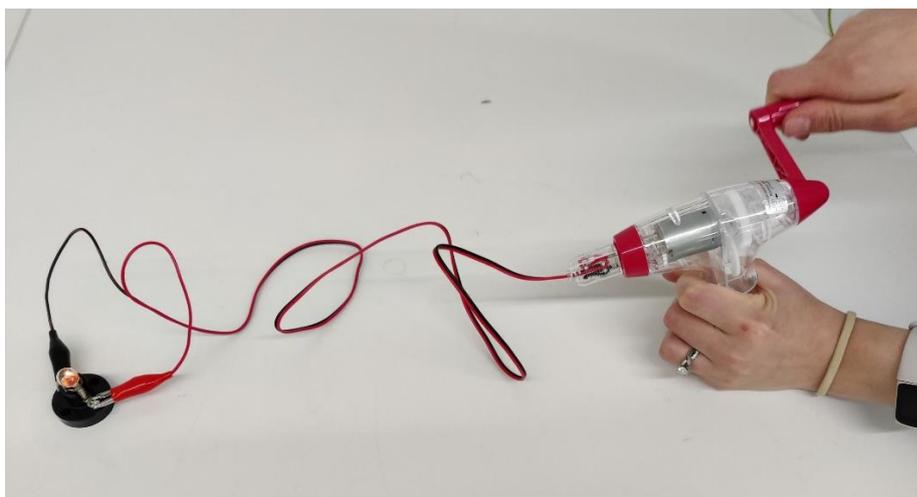


Abbildung 6: 2. Demonstrationsexperiment: Einfacher Stromkreis mit Handgenerator und Glühlämpchen

### 3. Demonstrationsexperiment:

#### Einfacher Stromkreis mit Batterie und Ventilator

Für dieses Experiment wird erneut eine Batterie in den Stromkreis eingebaut, jedoch der Energiewandler ausgetauscht. An einem kleinen Ventilator soll die Energieumwandlung sichtbar werden. In Abbildung 7 ist der Versuch dargestellt.

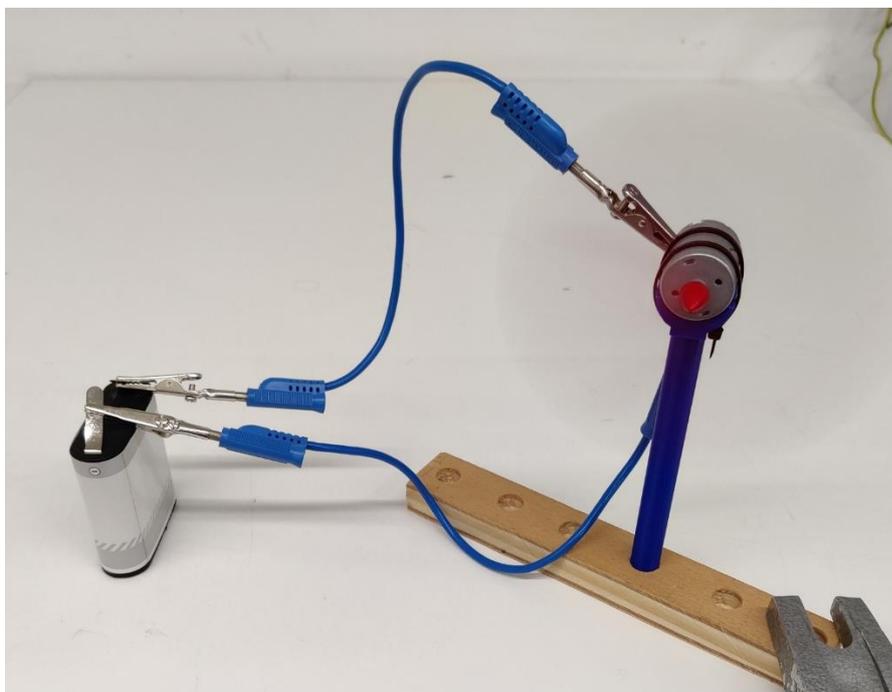


Abbildung 7: 3. Demonstrationsexperiment: Einfacher Stromkreis mit Batterie und Ventilator

Die Interpretationen können recht ähnlich wie in Versuch 1 aussehen, da erneut eine Batterie als Energiequelle verwendet wird. Interessant ist jedoch die Erklärung, was im Ventilator passiert, also wie die Energie umgewandelt wird. Deshalb wird auch nach der Ursache der Drehbewegung gefragt und, was im Inneren des Leiters sowie des Ventilators passiert. Auch hier wird der Unterschied zum Stromkreis mit dem Glühlämpchen und die Übertragung, also der Weg der Energie, hinterfragt.

### 4. Demonstrationsexperiment:

#### Einfacher Stromkreis mit Batterie und verschiedenen Glühlämpchen

Für den letzten Teil des Interviews wird der Versuchsaufbau vom Beginn wiederverwendet. Nun werden aber zwei Stromkreise mit verschiedenen Glühlämpchen, wie in Abbildung 8 ersichtlich, gebaut. Ziel ist es, die Leuchtkraft, also die Helligkeit zu vergleichen und Aufschlüsse über das Wissen zur Leistung zu erhalten. Wichtig zu

erklären ist, dass sowohl die Batterie als auch die Kabel und Krokodklemmen baugleich sind, die Farbe keine Rolle spielt und allgemein, was die Begriffe baugleich sowie ident bedeuten. Die SchülerInnen können sich auf Nachfrage auch die Lämpchen genauer anschauen und mit dem Glühlämpchen aus Experiment 1 vergleichen. Dann sollen sie erneut Vermutungen aufstellen. Werden beide Lämpchen leuchten? Leuchtet eines heller als das andere und warum? Kann es sein, dass beide Lämpchen gar nicht leuchten?

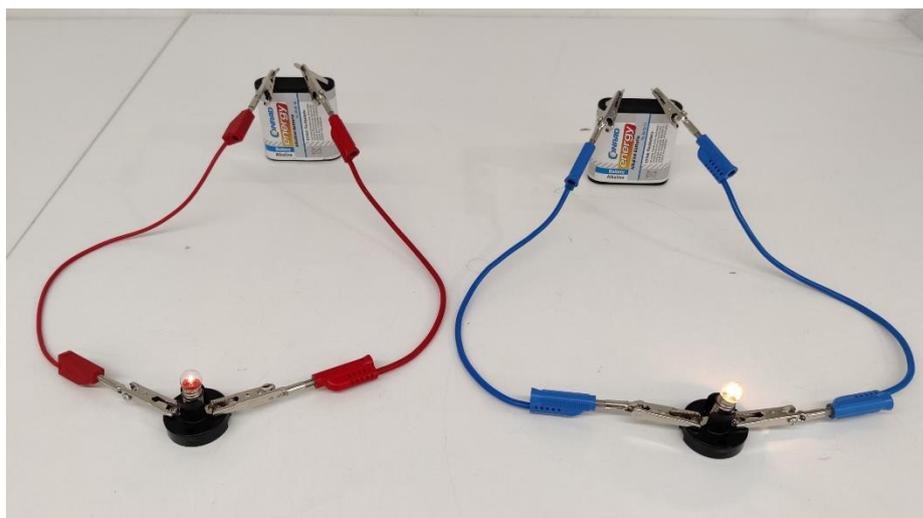


Abbildung 8: 4. Demonstrationsexperiment: Einfacher Stromkreis mit verschiedenen Glühlämpchen

Die SchülerInnen beobachten, dass die zwei Lämpchen deutlich unterschiedlich leuchten. Das eine glüht nur ein bisschen auf, das andere hingegen leuchtet hell. Es wird präzise danach gefragt, ob bei einem der zwei Stromkreise mehr Energie übertragen wird oder wie sich die zwei Stromkreise bezüglich der Energie unterscheiden. Abschließend wird explizit nach dem Begriff der Leistung gefragt werden, also was darunter verstanden wird und wie er sich vom Begriff der Energie unterscheidet. Da nicht alle InterviewpartnerInnen eine Antwort darauf wissen oder die Leistung nur alltäglich als ein Ergebnis oder einen Erfolg beschreiben, wird ihnen kurz erklärt, was in der Physik unter dem Begriff verstanden wird. Daraufhin können die vorherigen Fragen wiederholt und die Unterschiede zwischen den zwei Stromkreisen erneut analysiert werden.

Am Ende des Interviews wird den SchülerInnen herzlich gedankt. Es ist auch angemessen, nach ihrem Befinden zu fragen und Erklärungen anzubieten. Während des Interviews tun sich nicht nur für die interviewenden Personen sondern auch für die InterviewpartnerInnen viele Fragen auf, die im Anschluss geklärt werden können. Es

sollte aber eine Auswahl der zentralsten Punkte getroffen werden. Wird zu viel kritisiert oder verbessert, kann das zu Verunsicherung und Demotivation bei den SchülerInnen führen.

### 4.2 Auswertungsverfahren

Für die Auswertung des Datenmaterials in dieser Arbeit wird die qualitative Inhaltsanalyse (nach Mayring, 2015) herangezogen. Da für die Datenerhebung die Methode eines qualitativen Interviews gewählt wird, müssen die Aufnahmen der Interviews für die Analyse zunächst in einem geeigneten Format aufbereitet werden. Die Verschriftlichung der Tonaufnahmen wird in Kapitel 4.2.1 vorgestellt, die Analyse der Interviews wird im Kapitel 4.2.2 genau beschrieben.

#### 4.2.1 Transkription

Normalerweise wird als Grundlage für die qualitative Inhaltsanalyse ein niedergeschriebener Text benötigt. Interviews werden bei ihrer Durchführung mithilfe technischer Instrumente audioaufgezeichnet und für die spätere Verarbeitung abgespeichert. Wenn die Daten auditiv und/oder visuell vorliegen, müssen sie also zuerst verschriftlicht werden, um sie für die detaillierte Analyse verwenden zu können. Dafür müssen Rahmenbedingungen und Transkriptionsregeln festgelegt werden. Es gibt eine Reihe an unterschiedlichen Transkriptionsmodellen. Welche bei einer wissenschaftlichen Arbeit verwendet wird, kommt auf die Ziele und Forschungsfragen an. Wichtig ist nur, dass an die Regeln klar festgelegt werden (Mayring, 2015). Der/die Forschende sollte sich also auf jeden Fall durchgehend bewusst sein, was der Sinn und Zweck der Erhebung ist, wie die Forschungsfrage lautet und wie sie beantwortet werden kann/soll. Anonymität ist grundlegend. Daher werden für die Transkription auch Namen abgeändert und personenbezogene Daten anonymisiert verarbeitet.

Zur Orientierung und Strukturierung werden die Transkripte jeweils mit Zeilnummern und Absätzen versehen. Längere Sprechpausen oder auffallende Verhaltensweisen, wie zum Beispiel ein Lachen, ein zustimmendes Nicken oder ein Seufzen, können gekennzeichnet werden. Auch Aktivitäten während des Interviews mit zusätzlichem Material, wie zum Beispiel die Durchführung eines Experimentes oder die Betrachtung von Abbildungen oder Skizzen, sollte in der Transkription erkennbar sein. Für

solche Nebenaspekte werden häufig eckige Klammern verwendet. Besonders laute oder betonte Antworten lassen sich durch Unterstreichen oder ähnlicher Markierung vom restlichen Fließtext herausheben. Falls es nur auf den Inhalt ankommt, ist die verwendete Sprache oder der Sprachstil nebensächlich. Daher kann der Text schon während der Transkription geglättet werden. Das bedeutet beispielsweise, dass Dialekte, Binde- oder Füllworte und Wiederholungen bereinigt werden. Obwohl Krüger et al. (2014) raten, Sprechpausen, Rezeptionssignale, wie ‚Mh‘, und Wiederholungen aufgrund der Interpretationsmöglichkeit in die Transkription mit auf zu nehmen, betonen sie, dass der/die ForscherIn ganz eigenständig über die verwendeten Transkriptionsregeln entscheiden kann. Er muss sie lediglich ausreichend dokumentieren und sollte dabei auf die Authentizität der Interviews achten (Krüger et al., 2014).

Nach der Transkription erfolgt eine Redaktion der Aussagen. Ziel ist es, den Text kürzer, klarer und in Bezug auf die zentrale Fragestellung darzustellen. Dadurch soll die Verschriftlichung lesbarer und verständlicher werden. Aussagen können dafür paraphrasiert, selegiert, ausgelassen oder transformiert werden. Beim Paraphrasieren werden Antworten und Aussagen des/der InterviewerIn und der InterviewpartnerInnen geglättet. Dabei werden ganze Sätze gebildet und grammatikalisch richtiggestellt. Unter Selegieren wird die gezielte Auswahl von forschungsrelevanten Passagen verstanden. Sich wiederholende Inhalte werden zusammengefasst und unbedeutende Nebenäußerungen ausgegliedert. Teilweise fließt aber schon eine gewisse Interpretation des Originaltextes mit ein, weshalb das Transkript und sogar die Tonaufnahme weiterhin eine bedeutende Rolle spielen und für die Auswertung herangezogen werden können oder vereinzelt auch müssen. Bei der Transformation geht es darum, die Aussagen so zu verändern, dass sie unabhängig von den Fragen oder Anmerkungen des/der Interviewers/Interviewerin sind und eigenständig gelesen und verstanden werden können (Krüger et al., 2014).

### 4.2.2 Analyse

Bei der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) handelt es sich um eine systematische, theoriegeleitete und hermeneutische Methode zur Textanalyse. Dabei können unter anderem Vorstellungen zu einem bestimmten Aspekt rekonstruiert werden. Grundsätzlich wird eine strukturierende Inhaltsanalyse durchgeführt. Das bedeutet, dass die erhobenen Daten mithilfe von Kategorien eingeschätzt werden

sollen (Krüger et al., 2014). „Das Kategoriensystem stellt das zentrale Instrument der Analyse dar.“ (Mayring, 2015, S. 51) Mit deren Hilfe wird die Untersuchung für andere nachvollziehbar und überprüfbar. Wie diese Kategorien gebildet werden, ist jedoch nicht einheitlich geregelt und eher eine Kunst als ein Rezept, weshalb Mayring in seinen Arbeiten einige hilfreiche Schritte und Analysetechniken auflistet. Die Datenauswertung erfolgt in drei Schritten: Ordnen der Aussagen, Explikation und Einzelstrukturierung (Krüger et al., 2014).

Zunächst werden ähnliche Aussagen gesammelt und so reduziert, dass die grundlegenden Inhalte noch erhalten sind. Dann erfolgt die Zuordnung einer Kategorienbezeichnung. Die Textausschnitte und Aussagen werden mit einer Kategorie und einem Code versehen (Krüger et al., 2014). Obwohl die Begriffe Code und Kategorie oftmals synonym verwendet werden, kann unter einem Code auch ein Kürzel der jeweiligen Kategorie verstanden werden, welches den Lese- und weiteren Analyseprozess erleichtert (Kuckartz & Rädiker, 2022). Die ‚deduktiv‘ definierten Kategorien werden bereits vor der Erhebung, also a-priori, aus den theoretischen Grundlagen und dem bisherigen Forschungsstand erarbeitet und daraus abgeleitet (Krüger et al., 2014). Wesentliche Grundlage dafür stellen die Forschungsfragen dar. Die Kategorien müssen umfassend, trennscharf, wohlformuliert, ergänzend, verständlich und nachvollziehbar sein (Kuckartz & Rädiker, 2022). Das bedeutet, dass während des gesamten Analyseprozesses ein ständiges Wechselspiel zwischen Theorie und Datenmaterial stattfindet. Es muss genau definiert werden, welche Inhalte einer Kategorie zugeordnet, welche Kodierregeln verwendet und wie die einzelnen Kategorien abgegrenzt werden. Zusätzlich werden auch immer Aussagen oder Vorstellungen, die als Beispiel für die jeweilige Kategorie stehen, angegeben (Mayring, 2015). Diese Ausarbeitung stellt den sogenannten ‚Kodierleitfaden‘ dar, welcher den/die ForscherIn bei der Analyse unterstützen soll (Kuckartz & Rädiker, 2022). Während der Zuordnung müssen dauernd Überprüfungen und Rücküberprüfungen stattfinden. Falls Textpassagen keiner dieser Kategorien zugeordnet werden können, werden ‚induktive‘ Kategorien entwickelt. Das bedeutet, dass direkt aus dem Datenmaterial Schlüsse gezogen und Kategorien gebildet werden. Dabei gibt es keinen bis wenig Bezug zu theoretischen Konzepten (Mayring, 2015). Es ist üblich, dass Mischformen aus deduktiver und induktiver Kategorienbildung für Forschungsprojekte verwendet werden. Dabei wird meistens zuerst ein Kategoriensystem auf Basis der Forschungsfrage, dem

Interviewleitfaden und der Theorie entwickelt und als Ausgangspunkt verwendet. Im weiteren Verlauf werden diese Kategorien induktiv und durch zusätzliche Subkategorien ergänzt. Deshalb wird zwischen einem ‚linearem‘ und einem ‚hierarchischen‘ Kategoriensystem unterschieden (Kuckartz & Rädiker, 2022). Es ist durchaus möglich, dass Ausschnitte mehreren Kategorien zugeordnet werden können. Auch können sich Aussagen wiederholen. Sie werden in einer sinnvollen Reihenfolge geordnet und zusammengefasst. Es gibt verschiedene technische Tools, die diesen Prozess erleichtern. Mithilfe von Softwares lassen sich Kategorien übersichtlich zuweisen und gestalten. Anschließend erfolgt noch eine Kohärenzprüfung, bei der kontrolliert wird, ob Interviewaussagen miteinander verträglich sind oder sich widersprechen (Krüger et al., 2014). Durch diesen Prozess erhält der/die Forschende eine Sammlung von Kategorien zu einem bestimmten Themenschwerpunkt. Diese kann für weitere Auswertungen genutzt werden. Das Kategoriensystem kann mit der zugrundeliegenden Theorie und bereits durchgeführten Erhebungen verglichen werden. Außerdem kann die qualitative Inhaltsanalyse durch eine quantitative Analyse ergänzt werden. Werden zahlreiche unterschiedliche Kategorien definiert, kann beispielsweise deren Häufigkeit untersucht werden (Mayring, 2016).

Wählt der/die Forschende eine Interpretation des Kategoriensystems in Bezug auf die zugrundeliegende Fragestellung und Theorie, erfolgt im nächsten Schritt die Explikation. Die Vorstellungen der InterviewpartnerInnen werden im Fließtext beschrieben, erklärt und interpretiert. Es erfolgt ein Vergleich mit der Theorie, wobei nicht gewertet werden soll. Vielmehr geht es darum, Widersprüche und Schwierigkeiten in der Argumentationsreihe zu untersuchen und Quellen bestimmter Vorstellungen zu identifizieren. Die Aussagen sollen so aufbereitet werden, dass sie bei der nachfolgenden Einzelstrukturierung benannt werden können. Diese Strukturierung kann auf inhaltlichen, formalen, oder anderen Aspekten basieren. Wird der Inhalt strukturiert, werden Konzepte zusammengefasst und kurz und prägnant beschrieben. Dies erleichtert den Vergleich mit fachlichen Hintergründen (Krüger et al., 2014).

Da es sich bei der qualitativen Inhaltsanalyse um ein interpretatives Verfahren handelt, kann es auch zu Differenzen zwischen den Auslegungen der ProbandInnen und der Bedeutungszuweisung des/der Forschers/Forscherin kommen. Daher ist eine durchgängige kritische Reflexion und die Beachtung bestimmter Gütekriterien notwendig. Unterstützt werden kann die Erhebung beispielsweise von einer zusätzlichen

Person, die den Ablauf kontrolliert und unabhängig von dem/der eigentlichen ForscherIn die Auswertung umsetzt. Sie führt eigenständig eine Kategorienzuordnung durch und vergleicht die Ergebnisse. Diese Methode, mit der die Reliabilität der Datenauswertung überprüft und/oder ergänzt werden kann, wird in der Forschung ‚Inter-rater‘ genannt (Krüger et al., 2014).

### 4.2.2.1 Kategoriensystem

Wie bereits im vorangegangenen Kapitel beschrieben, müssen für eine aufschlussreiche Analyse des Datenmaterials Kodierregeln festgelegt werden. Die Kategorien, welche mithilfe dieser Regeln den Textstellen aus den Interviews zugeordnet werden, sind im Kodierleitfaden abgebildet (Kuckartz & Rädiker, 2022). In diesem Abschnitt soll der für diese Studie verwendete Kodierleitfaden vorgestellt werden. Als Grundlage dienen die bereits ausgearbeiteten Frameworks nach Watts (1983), Finegold und Trumper (1989) Behle und Wilhelm (2017). Im Kodierleitfaden wird zwischen einer induktiven und einer deduktiven Kategorienbildung unterschieden. Vor allem letztere orientiert sich an den erwähnten Werken aus dem Kapitel 2.2. Die induktiven Kategorien werden ausgehend vom Datenmaterial formuliert. Dies geschieht, wenn eine Textstelle keiner der deduktiv gebildeten Kategorien zugeordnet werden kann. Die Namen der Kategorien werden von der Autorin selbst erstellt.

#### Deduktive Kategorienbildung

<b>Name der Kategorie</b>	<b>Anthropozentrische Energie (AE)</b>
<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	Energie ist eine Art Lebensenergie. Energie wird mit dem Menschen assoziiert.
<b>Anwendung der Kategorie</b>	Kategorie wird codiert, wenn folgende Aspekte genannt werden: Leben, Lebewesen, Mensch, Tier, Gefühl/Stimmung/Eigenschaft, menschlich oder lebendig.
<b>Beispiele für Anwendungen</b>	„Energie haben“ (Behle & Wilhelm, 2017, S. 101)
<b>Abgrenzung zu anderen Kategorien</b>	Die Kategorie wird nicht codiert, wenn Tätigkeiten beschrieben werden. In diesem Fall wird Kategorie „Energie als Aktivität“ verwendet.
<b>Name der Kategorie</b>	<b>Energie als Aktivität (EA)</b>
<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	Energie ist eine offensichtliche Aktivität und in Vorgängen vorhanden. Diese Aktivitäten/Tätigkeiten werden mit Energie gleichgesetzt.

<b>Anwendung der Kategorie</b>	Kategorie wird codiert, wenn folgende Aspekte genannt werden: Aktivität/Tätigkeit, aktiv, manuell, Bewegung, etwas tun.
<b>Beispiele für Anwendungen</b>	„It is movement... like anything moving... like umh somebody going down a hill is energy.“ (Watts, 1983, S. 4.39)
<b>Abgrenzung zu anderen Kategorien</b>	Die Kategorie wird nicht codiert, wenn es als Eigenschaft von Lebewesen genannt wird. In diesem Fall wird Kategorie „Anthropozentrische Energie“ verwendet. Außerdem wird sie nicht codiert, wenn damit ein Auslöser/Grund gemeint ist. In diesem Fall wird „Energie als Ursache“ oder „Energie als Katalysator“ verwendet.
<b>Name der Kategorie</b>	<b>Produzierte Energie (PE)</b>
<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	Energie ist ein Produkt/Erzeugnis von einem Vorgang, einem Mechanismus oder von mehreren kontinuierlichen Prozessen (der Energieerzeugung) oder auch ein zusätzliches Nebenprodukt vom eigentlichen Prozess. Sie wird intern produziert und extern freigesetzt. Es entsteht ein Überschuss, da nur geringe Mengen gebraucht werden. Energie wird als Abfallprodukt beschrieben, das wie Rauch, Schweiß, Strahlung oder Abgase produziert und abgegeben wird.
<b>Anwendung der Kategorie</b>	Kategorie wird codiert, wenn folgende Aspekte genannt werden: Ergebnis/Erzeugnis/Produkt, Erzeugung, Entstehung, Abgabe; oder der Produktionsprozess beschrieben wird.
<b>Beispiele für Anwendungen</b>	Chemische Reaktion: „When they react it gives off energy (...). The atoms of whatever have been reacted and it is now released as heat... into the surroundings.“ (Watts, 1983, S. 4.40)
<b>Abgrenzung zu anderen Kategorien</b>	Diese Kategorie unterscheidet sich stark von den anderen, bei denen Energie als ein Stoff betrachtet wird oder umgewandelt werden kann. Bei der Kategorie „Produzierte Energie“ geht es vielmehr um die Erzeugung.
<b>Name der Kategorie</b>	<b>Funktionale Energie (FE)</b>
<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	Energie wird absichtlich erzeugt und dient der Bequemlichkeit. Sie tritt nicht auf natürlichem Weg auf, sondern ist vom Menschen für den Menschen gemacht und für ein modernes Leben notwendig.
<b>Anwendung der Kategorie</b>	Kategorie wird codiert, wenn folgende Aspekte genannt werden: Nutzen, Absicht/Ziel, modern, manuell/technisch bzw. nicht natürlich
<b>Beispiele für Anwendungen</b>	„Weil früher mussten die ganz ohne Energie leben und dann kann man sich das gar nicht mehr vorstellen.“ (Behle & Wilhelm, 2017, S. 103)

<b>Abgrenzung zu anderen Kategorien</b>	Die Kategorie wird nicht codiert, wenn die Energie nicht zielgerichtet beschrieben wird. In diesem Fall geht es um die Erzeugung, weshalb Kategorie „Produzierte Energie“ verwendet wird. Wenn Energie als reine Ursache für eine Wirkung beschrieben wird, wird die Kategorie „Energie als Ursache“ verwendet. Es muss ein Bezug zum Menschen, der Technik usw. oder eine bestimmte Absicht herausgelesen werden können.
<b>Name der Kategorie</b>	<b>Energie als Katalysator (EK)</b>
<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	Energie ist eine Art Antrieb oder Katalysator für Vorgänge oder Aktivitäten. Sie initiiert Vorgänge (eine Art Aktivierungsenergie). Ohne ihr wären diese Vorgänge nicht möglich. Energie wird sehr abstrakt verstanden.
<b>Anwendung der Kategorie</b>	Kategorie wird codiert, wenn folgende Aspekte genannt werden: Auslöser/Antrieb/Katalysator
<b>Beispiele für Anwendungen</b>	„Beim Erhitzen, da wird praktisch Energie freigelassen und diese Energie ist praktisch ein Antrieb, mit dem man etwas bewirken kann, zum Beispiel bei der chemischen Reaktion, dass sich der Stoff verändert.“ (Behle & Wilhelm, 2017, S. 105)
<b>Abgrenzung zu anderen Kategorien</b>	„Energie als Katalysator“ ist der Gegensatz zu „Energie als Zutat“. Die Kategorie wird also nicht codiert, wenn von einem Inhaltsstoff gesprochen wird. In diesem Fall wird Kategorie „Energie als Zutat“ verwendet. Von der „Funktionalen Energie“ grenzt sie sich durch den fehlenden menschlichen Einsatz bzw. Komfort ab.
<b>Name der Kategorie</b>	<b>Energie als übertragbare Flüssigkeit (EF)</b>
<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	Energie ist eine Art Flüssigkeit, die in einem Prozess übertragen wird.
<b>Anwendung der Kategorie</b>	Kategorie wird codiert, wenn folgende Aspekte genannt werden: fließen, Fluss, Wasser, Fluid/Flüssigkeit, Kreislauf; oder der Energietransport mithilfe eines Fluids beschrieben wird.
<b>Beispiele für Anwendungen</b>	„Energy comes out of the negative end (...) flows round the circuit... encountering the light bulb on the way... where it can transfer some of the energy... and goes back to the battery“ (Watts, 1983, S. 4.42) “Energie wird von A nach B gebracht“ (Schecker & Duit, 2018, S. 166)
<b>Abgrenzung zu anderen Kategorien</b>	Die Kategorie wird nicht codiert, wenn nur von einer Übertragung/Umwandlung gesprochen wird. In diesem Fall wird je nach Energieumwandlungskette die „Partiell transferierte Energie“ oder „Transferierte Energie“ verwendet. Falls lediglich die Elektronen fließen, nicht direkt die Energie, wird diese Kategorie auch nicht codiert.
<b>Name der Kategorie</b>	<b>Partiell transferierte Energie (PTE)</b>

<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	Dieses Energiekonzept befindet sich zwischen der „Gelagerten Energie“ und der „Transferierten Energie“. Es wird mithilfe eines lokalen Energietransfers argumentiert. Energie kommt auch in verschiedenen Formen vor, diese müssen aber nicht gleichwertig sein. Gewisse Formen lassen sich verkettet ineinander umwandeln. Es wird kein stringentes Konzept zur Übertragung durch verschiedene Systeme erklärt. Es kommt zu einem Bruch in der Energieumwandlungskette.
<b>Anwendung der Kategorie</b>	Kategorie wird codiert, wenn bestimmte Energien gesondert genannt werden oder Energie verbraucht, dann aber wieder präsent bzw. verfügbar ist.
<b>Beispiele für Anwendungen</b>	„Lebensenergie“ ist nicht gleichwertig mit anderen Energieformen. „I: Das heißt, die eine Energie geht weg und die andere Energie kommt? S: Ja.“ (Behle & Wilhelm, 2017, S. 105)
<b>Abgrenzung zu anderen Kategorien</b>	Die Kategorie wird nicht codiert, wenn Aussagen entweder der „Gelagerten Energie“ oder der „Transferierten Energie“ zugeordnet werden können.
<b>Name der Kategorie</b>	<b>Transferierte Energie – Scientific Framework (TE)</b>
<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	Energie wird von Ort zu Ort und von Objekt zu Objekt übertragen. Sie kann unterschiedliche Erscheinungsformen haben, die jedoch gleichwertig und ineinander umwandelbar sind. Wenn Systeme interagieren, also ein Prozess stattfindet, kann etwas, das wir Energie nennen, von einem System auf ein anderes System übertragen werden. Das passiert kontinuierlich.
<b>Anwendung der Kategorie</b>	Kategorie wird codiert, wenn folgende Aspekte genannt werden: Energieumwandlung, Energieübertragung, Energieerhaltung
<b>Beispiele für Anwendungen</b>	„Energie kann auf jeden Fall nicht vernichtet werden und neu erschaffen werden und es wandelt nur seine Form.“ (Behle & Wilhelm, 2017, S. 104)
<b>Abgrenzung zu anderen Kategorien</b>	Die Kategorie wird nicht codiert, wenn es sich um einen fließenden Übergang handelt. In diesem Fall wird Kategorie „Energie als übertragbare Flüssigkeit“ verwendet. Die Kategorie wird auch nicht codiert, wenn es eine Überschneidung zwischen gelagerter Energie und transferierten Energie gibt. In diesem Fall wird Kategorie „Partiell transferierte Energie“ verwendet.
<b>Name der Kategorie</b>	<b>Gelagerte Energie (GE)</b>
<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	Objekte haben Energie und können diese freigeben. Energie ist vorhanden bzw. gespeichert oder kann ein Inhaltsstoff sein. Sie kann in verschiedenen Formen auftreten und durch Trigger ausgelöst und nutzbar gemacht werden. Sie lässt sich verbrauchen, um etwas zu bewirken. Es handelt sich um eine quasi-stoffliche Vorstellung. Sie kann als „innere Kraftquelle“ angesehen

	werden, die konsumierbar und manchmal aufladbar ist.
<b>Anwendung der Kategorie</b>	Kategorie wird codiert, wenn folgende Aspekte genannt werden: Energiespeicher/-reservoir, speichern, Energiequelle als Speichergegenstand, Energieverbrauch oder -verlust, Aufladung, Inhaltsstoff/Zutat; Energie und Energieträger verwechselt werden oder Energie als speicherbarer Stoff beschrieben wird, der durch etwas ausgelöst werden kann.
<b>Beispiele für Anwendungen</b>	„Energie ist ein speicherbares Etwas – eine Art Treibstoff“ (Schecker & Duit, 2018, S. 165) „Energie wird verbraucht“ und „Energie geht verloren“ (Schecker & Duit, 2018, S. 166) „Batteries are providing energy.“ (Engelhardt, 2004, S. 104) „Some sort of stored energy in the wires and in a battery... but you have to join the whole circuit up... before the energy can let loose to go to the bulb and light it up“ (Watts, 1983, S. 4.36)
<b>Abgrenzung zu anderen Kategorien</b>	Die Kategorie wird nicht codiert, wenn der Körper oder Mensch als Energiespeicher gesehen wird. In diesem Fall wird Kategorie „Anthropozentrische Energie“ verwendet. Im Gegensatz dazu stehen die Kategorien „Partiell transferierte Energie“ und „Transferierte Energie“, bei denen Energie umgewandelt werden kann. Bei der „Gelagerten Energie“ ist sie nach Gebrauch weg.

Tabelle 1: Kategorienleitfaden (deduktive Kategorienbildung)

### Induktive Kategorienbildung

<b>Name der Kategorie</b>	<b>Energie als Ursache (EU)</b>
<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	Energie wird als Grund gesehen, dass Dinge passieren.
<b>Anwendung der Kategorie</b>	Kategorie wird codiert, wenn folgende Aspekte genannt werden: Ursache/Grund und Wirkung
<b>Beispiele für Anwendungen</b>	„Energie braucht man um etwas zu bewirken.“ (Schecker & Duit, 2018, S. 165)
<b>Abgrenzung zu anderen Kategorien</b>	Die Kategorie wird nicht codiert, wenn die Ursache genauer, beispielsweise durch einen konkreten Auslöser/Katalysator, beschrieben wird oder die Energie absichtlich für eine bestimmte Funktion erzeugt wird. In diesem Fall werden die Kategorien „Energie als Katalysator“ und „Funktionale Energie“ verwendet.
<b>Name der Kategorie</b>	<b>Energiebegriff (EB)</b>
<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	Energie ist einer von vielen Begriffen und wird mit anderen physikalischen Begriffen gleichgesetzt oder als Synonym verwendet. Die Schwierigkeit besteht oft

	aufgrund unpräziser Alltagssprache und der Vielzahl an Begriffen und Definitionen im Physikunterricht.
<b>Anwendung der Kategorie</b>	Kategorie wird codiert, wenn folgende Aspekte genannt werden: Strom, Kraft, Arbeit, Leistung, Elektrizität, Elektronen = Energie
<b>Beispiele für Anwendungen</b>	“Current = Energy” (Engelhardt, 2004, S. 106)
<b>Abgrenzung zu anderen Kategorien</b>	Die Kategorie wird nicht codiert, wenn nicht nur der Begriff unpassend gewählt wird, sondern ein anderes Konzept vorhanden ist, welches aus dem Kontext eindeutig hervorgeht.
<b>Name der Kategorie</b>	<b>Energieverbrauch und -umwandlung (EVU)</b>
<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	Energieverbrauch und -umwandlung wird synonym verwendet. Energie wird zwar in eine andere Energieform umgewandelt, geht aber für die Energiequelle verloren. Das bedeutet nur die Energiequelle, wie zum Beispiel eine Batterie, verbraucht/verliert Energie. Dies kann durch gezieltes und wiederholtes Nachfragen herausgefunden werden.
<b>Anwendung der Kategorie</b>	Kategorie wird codiert, wenn Energieverbrauch/-verlust und Energieumwandlung synonym oder komplementär verwendet werden.
<b>Beispiele für Anwendungen</b>	„Die Energie wird im Lämpchen verbraucht, weil sie umgewandelt wird.“ (IP8, 114)
<b>Abgrenzung zu anderen Kategorien</b>	Die Kategorie wird nicht codiert, wenn aus dem Kontext hervorgeht, dass die Energie gespeichert vorliegt und verloren geht oder verbraucht wird. In diesem Fall wird Kategorie „Gelagerte Energie“ verwendet.
<b>Name der Kategorie</b>	<b>Energieleitung (EL)</b>
<b>Inhaltliche Beschreibung</b>	Energie kann geleitet werden. Ein Material ist dafür verantwortlich, dass die Energie durch dieses/in diesem übertragen bzw. geleitet wird.
<b>Anwendung der Kategorie</b>	Kategorie wird codiert, wenn von einer Energieleitung durch eine Substanz oder einen Stoff (keine Flüssigkeit) gesprochen wird. Die Elektronen werden hierbei nicht als Träger erwähnt.
<b>Beispiele für Anwendungen</b>	„(Die Metalle) Sie sind quasi Leiter. Sie transferieren die Energie.“ (IP8, 91)
<b>Abgrenzung zu anderen Kategorien</b>	Die Kategorie wird nicht codiert, wenn von einem Fluss oder einer Flüssigkeit gesprochen wird. Unterschieden wird hier, ob die Elektronen als Fluss beschrieben werden oder die Energie selbst. In diesem Fall wird Kategorie „Energie als übertragene Flüssigkeit“ verwendet. Genauso wird diese Kategorie nicht verwendet, wenn nur von einer Übertragung oder Umwandlung gesprochen wird. In diesem Fall wird Kategorie „Transferierte Energie“ oder „Partiell transferierte Energie“ verwendet.

Tabelle 2: Kategorienleitfaden (induktive Kategorienbildung)

### 5. Datenerhebung

Folgendes Kapitel stellt im ersten Abschnitt die organisatorische und praktische Umsetzung der Datenerhebung und -auswertung dar. Als Basis dafür dienen die theoretischen und methodischen Grundlagen, welche im Kapitel 2 und Kapitel 4 beschrieben sind. Im zweiten Teil wird die ausgewählte Stichprobe vorgestellt.

#### 5.1 Organisatorisches

Nach einer ersten Literaturrecherche, also der Durchsicht bereits bestehender Master- und Diplomarbeiten zu Schülervorstellungen sowie die Auseinandersetzung mit fachlichen als auch didaktischen Werke, wurden Gedanken und Ideen gesammelt und ein provisorischer Titel sowie vorläufige Forschungsfragen formuliert. Außerdem wurden aus zahlreichen Werken Schülervorstellungen zum Thema Energie gesammelt und die fachdidaktischen Hintergründe zu Vorstellungen und Konzepten erarbeitet. Absicht war, sich für diese Arbeit auf einen einheitlichen Begriff zu einigen und die Unterschiede zwischen den vielen Definitionen und Ansätzen aufzuarbeiten. Daraufhin wurden die fachlichen Hintergründen zum Thema Energie und Energieübertragung, vor allem im elektrischen Kontext, erlernt. Schwerpunkt lag dabei auf der Erarbeitung des theoretischen Wissens zu Oberflächenladungen, den elektromagnetischen Feldern und der Energieübertragung mithilfe des Poynting-Vektors. Auch methodische Vorgehensweisen aus der Fachdidaktik wurden erlernt und für diese Arbeit passend ausgewählt. Auf Grundlage der Studie von Jelcic et al. (2017) wurden ähnliche Experimente zum Thema Energie geplant und eine Rohfassung für den Interviewleitfaden samt Erwartungshorizont entworfen. Vor der Interviewdurchführung wurden ein Einladungstext, die Abbildungen und Skizzen, welche während der Interviews verwendet werden sollen, sowie die vier Experimente vorbereitet.

Zudem musste die Stichprobe festgelegt und InterviewpartnerInnen gesucht werden (siehe Kapitel 5.2). Sobald der Interviewleitfaden fertig gestellt worden war, konnte mit den Interviews begonnen werden. Die ersten zwei Interviews dienten als Probeinterviews, weshalb auch Frau Winter daran teilnahm und den Verlauf beobachtete. Dabei ließ sich sowohl beim Interviewleitfaden als auch bei der Durchführung der Experimente und den Skizzen Verbesserungspotenzial erkennen, welches im Anschluss besprochen, im Interviewleitfaden eingearbeitet und bei den nächsten Interviews

umgesetzt wurde. Alle Interviews, also auch die zwei Probeinterviews, werden in die Auswertung mitaufgenommen, wobei jedoch zu beachten ist, dass zwei Versionen des Interviewleitfadens existieren. Der erste wurde nur bei Interview Nr. 1 und zum Teil bei Interview Nr. 2 verwendet. Ab dem dritten Interview wurde die Version 2 genutzt. Im Ergebnisteil ist dies jeweils gekennzeichnet.

Insgesamt (inklusive der zwei Probeinterviews) wurden neun Interviews zu jeweils ca. 30 Minuten an unterschiedlichen Schulstandorten durchgeführt. Dafür wurde ein ruhiger, ungestörter Ort in den jeweiligen Schulgebäuden aufgesucht. Die Interviews fanden entweder während oder kurz nach der Unterrichtszeit statt. Zu Beginn der Interviews wurde deren Sinn und Zweck erklärt und betont, dass es sich dabei um keine Prüfung oder dergleichen handle. Außerdem wurden die InterviewpartnerInnen darauf hingewiesen, dass die Daten nicht weitergegeben und nach der Analyse und Auswertung wieder vernichtet werden. Die Treffen mit den SchülerInnen fanden zwischen April 2022 und Juni 2022 in Wien statt. Zeitgleich wurden die Transkripte angefertigt. Diese sind im Anhang nachzulesen. Die Interviews wurden mithilfe der Sprachaufnahme am Smartphone aufgezeichnet und für die Transkription abgespeichert. Für das Transkript wurden folgende Regeln eigenständig festgelegt:

<b>Abkürzungen im Transkript</b>	<b>Bedeutung</b>
I	InterviewerIn
M	Betreuerin
IPX	InterviewpartnerIn Nr. X
/	Satzabbruch/Beginn neuer Satz
<b>fett</b>	laut/mit deutlicher Betonung
(in Klammern?) oder (unv.)	Halb-/unverständliche Worte/Sätze
(...)	Passagen auslassen
((Verhalten))	Nichtsprachliche Vorgänge
((Pause Anzahl Sekunden – Grund))	Pausen
Wird nicht verschriftlicht	Zögerungslaut

*Tabelle 3: Transkriptionsregeln*

Zahlreiche Transkriptionsraster sind, wie in Kapitel 4.2 beschrieben, viel ausführlicher, jedoch würde eine detaillierte oder phonetische Verschriftlichung für diese

Arbeit und für die darin bearbeiteten Forschungsziele und -fragen keinen Mehrwert bringen.

Nach dem Transkriptionsprozess wurde mit der Datenanalyse begonnen. Grundlage dafür war die methodische Vorgehensweise nach Mayring (2015), welche im Kapitel 4.2.2 detailliert beschrieben wurde. Dafür wurde der Fließtext zunächst in tabellarischer Form aufbereitet. In übergeordneten Kapiteln aus dem Interviewleitfaden wurden zu den jeweiligen Fragen die zugehörigen Antworten der InterviewpartnerInnen gesammelt. Im nächsten Schritt wurde der Text reduziert, indem die Sätze gekürzt und irrelevante Passagen gestrichen wurden. Dann erfolgte eine erste Zuweisung der Kategorien. Jeder Textabschnitt wurde auf zugrundeliegende Konzepte untersucht und mit einem Code versehen. Es war durchaus üblich, dass ein Abschnitt mehreren Kategorien oder auch keiner Kategorie zugeordnet werden konnte, weshalb dann eine weitere Durchsicht und Analyse notwendig war. Dabei wurden die Grenzen zwischen den deduktiven Kategorien genauer festgelegt und induktive Kategorien herausgearbeitet. Die zugeordneten Abschnitte wurden in einer weiteren Tabelle nach Kategorien geordnet, sodass die fokussierte Zusammenfassung und Zuweisung von Subkategorien erfolgen konnte. Mit den Unterkategorien wird versucht, mögliche Vorstellungen wiederzuerkennen.

Schon bevor der Analyseprozess gänzlich abgeschlossen war, wurde die Arbeit samt Kategorienbildung und -zuweisung anhand eines einzelnen Interviews im Seminar ‚Fachdidaktische Entwicklungsforschung – aktuelle Entwicklungen (2022S)‘ an der Universität Wien präsentiert, aber auch ausführlich mit ForscherInnen der Physikdidaktik diskutiert. Schwerpunkt lag dabei auf der eindeutigen Zuordnung der einzelnen Textabschnitte zu den Kategorien. Die weiteren acht Interviews wurden nach dem vereinbarten Schema verarbeitet und codiert. Zudem wurde die Interrater-Reliabilität geprüft. Dafür wurde mithilfe des bereits erstellten Kodierleitfadens die Kategorienzuweisung für ein zufällig ausgewähltes Interview vorgenommen. Die Zuordnungen wurden verglichen und auf Übereinstimmigkeit überprüft, um die Reliabilität der Kodierung zu sichern.

Parallel zur Interviewdurchführung, Transkription und Auswertung erfolgte auch immer wieder eine Literaturrecherche oder ein Abgleichen mit den fachlichen und fachdidaktischen Hintergründen. Dieses ständige Wechselspiel zwischen theoretischer Auseinandersetzung und praktischer Umsetzung erstreckte sich über den gesamten Arbeitsprozess.

### 5.2 Stichprobe

Für die empirische Untersuchung wurden österreichische SchülerInnen der Sekundarstufe II ausgewählt, welche unterschiedliche Schulen, jedoch alle eine allgemeinbildende höhere Schulen in Wien besuchten. Diese SchülerInnen sollten die Elektrizitätslehre, im Speziellen die Energie im elektrischen Kontext, zum jeweiligen Zeitpunkt noch nicht oder vielmehr nur in der Unterstufe erarbeitet haben. Der Lehrplan Physik der AHS Oberstufe (vgl. Rechtsinformationssystem des Bundes, Fassung 2022) unterscheidet Schulen mit mehr als sieben Wochenstunden Physik und Schulen mit bis zu sieben Wochenstunden Physik. Letztere haben in der 5. Klasse keinen Physikunterricht, weshalb sich auch die Inhalte des Lehrplans verschieben. Der Bereich Elektrizitätslehre ist aber jeweils ab der 6. Klasse vorgesehen. Die ProbandInnen befanden sich daher zum Zeitpunkt der Erhebung, abhängig vom jeweiligen Schulzweig, aber auch von der unterrichtenden Lehrperson, in der 9. bis 10. Schulstufe. Bei der Auswahl wurde darauf geachtet, dass die Geschlechter gleichmäßig vertreten waren. Unter den neun InterviewpartnerInnen befanden sich vier Mädchen und fünf Jungen. Zudem wurde geschaut, dass das Leistungsniveau sowie das Interesse zu Physik und den gesamten Naturwissenschaften variiert. Diese Informationen sowie das Datum, die Uhrzeit, die Schulstufe und das Geschlecht wurden zu Beginn der Interviews notiert und mit einem Kürzel (IPX – siehe Tabelle 3 in Abschnitt 5.1), also anonymisiert weiterverwendet.

Die Lehrpersonen wurden zu den Noten ihrer SchülerInnen und deren Engagement, Fleiß und Motivation im Physikunterricht befragt. Auch die SchülerInnen selbst wurden zu Beginn aufgefordert, ihr Können und Interesse einzuschätzen.

## 6. Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

Im nachfolgenden Abschnitt sollen nun die Ergebnisse der Interviewauswertung in tabellarischer sowie schriftlicher Form dargestellt werden.

Zunächst wird ein allgemeiner Überblick gegeben, welche Antworten auf die Fragen aus dem Interviewleitfaden gegeben wurden. Zusätzlich werden die Rahmenkonzepte angeführt, welche in den neun Interviews wiedergefunden und den einzelnen Aussagen der SchülerInnen zugeordnet werden konnten. Daraufhin werden einzelne Ausschnitte zu den jeweiligen Frameworks präsentiert und kommentiert sowie mithilfe der theoretischen Grundlagen interpretiert. Dabei soll nicht geklärt werden, ob die Aussagen der SchülerInnen richtig oder falsch sind, sondern lediglich, welchen aus den in Kapitel 4.2.2.1 erarbeiteten Kategorien sie zugeordnet werden können. Die Basis dafür bilden die in Kapitel 2.2 vorgestellten Energy Frameworks, wobei neue und noch nicht herausgearbeitete Vorstellungen und Rahmenkonzepte unter die induktive Kategorienbildung fallen. Im zweiten Teil der Ergebnisdarstellung werden diese genau vorgestellt und erläutert.

### 6.1 Darstellung der Ergebnisse

In den nachfolgenden Tabellen sind die Antworten der neun InterviewteilnehmerInnen zu den jeweiligen Fragen aus dem Interviewleitfaden dargestellt. Die Gliederung orientiert sich an den Nummerierungen aus dem Interviewleitfaden. Die Antworten wurden für eine bessere Lesbarkeit und Übersichtlichkeit gekürzt. Nach jeder Aussage sind die zugeordneten Codes angeführt. Die dafür verwendeten Abkürzungen sind dem Kategoriensystem (siehe Abschnitt 4.2.2.1) zu entnehmen. Die vollständigen Antworten der SchülerInnen sind in den jeweiligen Transkripten im Anhang nachzulesen.

1.1	Was verbindest du mit dem Begriff Energie?
IP1	Eine Kraft, die etwas bewegt. Energie kann in Fahrzeugen sein, in verschiedenen Formen. Also es gibt verschiedene Energieformen. Elektrizität. Es gibt aber auch Energien im Körper, wenn ich an die TCM denke. Wie man etwas fortbewegt. <a href="#">EB</a> , <a href="#">EK</a> , <a href="#">EA</a>
IP2	Kraftwerke, also die erneuerbare Energie, und es gibt verschiedene Arten von Energie. Energie kann nicht geschaffen werden, auch nicht verschwinden, nur umgeleitet werden. Es gibt Windkraftwerke, die durch Wind in Bewegung gesetzt werden und durch einen Generator wird diese Bewegungsenergie in elektrische Energie umgewandelt. Bei den Windkraftwerken wird die nicht gespeichert. Das ist eine erneuerbare Energie und dann gibt es die Brennanlagen. Da wird es verbrannt und die Wärmeenergie wird in elektrische Energie umgewandelt. Wasser wird so erhitzt, dass Dampf entsteht. Das kommt in eine Dampfturbine, dann wird wieder ein Generator gebraucht und die Energie wird dann in elektrische umgewandelt. <a href="#">TE</a>
IP3	Energie ist etwas, das im Universum überall verteilt ist. Man kann Energie nicht zerstören.

## Darstellung der Ergebnisse

	Das ist etwas vom Wichtigsten. Man kann Energie halt nur umwandeln, so elektrische in Wärme- und Bewegungsenergie. Und sonst ist Energie jetzt nicht ein Stoff, sondern das ist gespeichert in anderen Sachen. <a href="#">TE</a> , <a href="#">GE</a>
IP4	Es gibt ja Energie im elektrischen Sinne, aber auch Energie habe ich, aber auch ich brauche Energie, um mich zu bewegen. Definieren kann ich jetzt nicht unbedingt, ich kann nur damit umgehen. <a href="#">AE</a>
IP5	Also die Sonne zum Beispiel, also sie strahlt ja auch Wärme. Wärme ist auch Energie.
IP6	Energie ist ein Fluss aus Elektronen, meist durch einen festen Körper. Es geht auch durch flüssige Stoffe, aber nicht durch gasförmige. <a href="#">EF</a> , <a href="#">EB</a>
IP7	Also gleich am Anfang mal Elektrizität oder einfach Batterien im Generellen. Aber es kommt auch immer darauf an in welchem Fachkontext. Es kommt sehr sehr viel vor in der Alltagssprache und auch im psychologischen Kontext – man hat viel Energie oder wenig Energie. Und quasi etwas, was mobilisiert oder was der Ausgangspunkt ist für irgendeine Aktion oder Tätigkeit. <a href="#">AE</a> , <a href="#">EK</a>
IP8	Ja für mich ist Energie hauptsächlich die Art und Weise wie verbinde ich Strom und auch Sonnenergie. Eigentlich alles, was bei uns in der Erde irgendwie angetrieben wird, ist von Energie. Was sich bewegt, ist Energie. Aber auch menschliche/körperliche Energie ist Energie. <a href="#">EK</a> , <a href="#">EA</a> , <a href="#">AE</a>
IP9	Licht, Handy aufladen oder so simple Dinge, U-Bahnen. Baden, weil da braucht man auch Energie, dass das Wasser rauskommt. <a href="#">EU</a>
<b>1.1.1</b>	<b>Wie würdest du den Begriff Energie physikalisch erklären?</b>
IP1	Es gibt sie in verschiedenen Formen. Egal, was man machen will, man braucht Energie, um etwas zu machen. Das heißt, es muss eine Art Kraft kommen und zum Beispiel im Körper wäre es durch Muskeln. Es gibt verschiedene Formen, um etwas zur Bewegung zu bringen. Der Körper kann das machen, es können Maschinen das machen. Elektrizität. <a href="#">EA</a> , <a href="#">AE</a> , <a href="#">EK</a> , <a href="#">EB</a>
IP2	Energie ist eine Sache, die wir nicht sehen, die wir aber brauchen. Sie wird bei jeder Sache angewendet. Es gibt verschiedene Arten von Energie, wie Bewegungsenergie, mechanische Energie. Wir alle betätigen sie. Um etwas zu bekommen, müssen wir etwas machen. <a href="#">EA</a> , <a href="#">EU</a>
IP3	Anhand von den Sachen, was das Kind braucht. Also dass ich nicht irgendeine physikalische Sache sag, wie das ist das und das. Energie ist das, was du benötigst um dich zu bewegen oder wenn du was isst, ist auch Energie drinnen. Die brauchst du, deswegen ist sie immer gut. Und ja, Energie kann in vielen verschiedenen Formen vorkommen, in Wärme, in Bewegung, in der Elektrizität. <a href="#">AE</a> , <a href="#">EU</a>
IP4	Die Kraft, die uns oder Dinge antreibt oder was tun lässt. <a href="#">EK</a>
IP5	Energie braucht man eigentlich alltäglich. Irgendwo muss ja der Strom herkommen, womit wir unsere Geräte aufladen können oder auch Licht bekommen usw. Also eben jetzt die Windräder zum Beispiel auch, auch wenn wir U-Bahn fahren. Es ist eigentlich überall Energie vorhanden. Man kann es nicht angreifen und nicht sehen. <a href="#">AE</a> , <a href="#">EU</a>
IP6	So eine Art Antriebsstoff für die Umwelt, für alles. <a href="#">EK</a>
IP7	Etwas, was eine Aktion initiiert. Und das bei einem Prozess entsteht – also Energie entsteht ja nicht per se, aber die quasi umgewandelt wird und in verschiedenen Prozessen genutzt wird, damit ein Ergebnis kommt, was möglichst positiv ist für den Nutzen. <a href="#">EK</a> , <a href="#">FE</a>
IP8	Das sind halt Wellen, die von einem Ort durch einen Antriebsort transferiert werden zu einem Empfänger. <a href="#">TE</a>
IP9	Es gibt halt viele verschiedene Arten von Energie. So Thermal. So nuclear. Es kommt darauf an. Energie ist, wie wir unser Licht bekommen oder wie wir unser Handy aufladen. <a href="#">EU</a>
<b>1.1.2</b>	<b>Welche Energieformen kennst du?</b>
IP1	Ich denke an erneuerbare Energieformen. Wasser. Wind. Kernenergie ist keine erneuerbare Energieform.
IP2	Die Solarenergie. Wärmeenergie.
IP3	In Lebensmittel ist sie zum Beispiel gespeichert oder in Batterien kann man Energie speichern. Theoretisch eigentlich in fast jedem Stoff irgendwie die Wärme, zwischen Wasser oder Metall. Metall ist nicht der beste Speicher. <a href="#">GE</a>
IP4	Kinetische Energie.
IP5	Strom? Arbeit auch. Windenergie. <a href="#">EB</a>
IP6	Kinetische Energie, Bewegungsenergie.
IP7	Wärmeenergie, kinetische Energie, Reibung.

## Darstellung der Ergebnisse

IP8	Es gibt Sonnenenergie, elektrische Energie, Bewegungsenergie.
IP9	Kinetic. Elastic. Thermal.
<b>1.1.3</b>	<b>Wie verbindest du diese Bilder mit der Energie?</b>
IP1	Solarenergie. Die Sonne. Das Handy, Elektrizität - braucht man zum Aufladen. Die Batterie. Dann eine Steckdose brauche ich dafür und ich denke auch an Wechselstrom und Gleichstrom. In diesen Strommasten ist Wechselstrom und im Generator, in einem Wasserkraftwerk wird zuerst Wechselstrom hergestellt. Dann Kernenergie. Erwärmung von Wasser. Elektrizität.
IP2	Das ist die Energie in Batterien. Das ist die Quelle, das ist das Objekt, welches diesen Strom irgendwie erscheinen lässt, in dem Fall leuchtet das auf. Das sind die Strommasten, womit man das weiterleitet. Das misst, wie warm etwas ist. Das ist auch eine andere kleinere Art von Batterie. Das sind die Handys, die wir immer verwenden. Ein Wasserkocher, der anscheinend Wasser aufwärmt mit Energie, die wir von der Steckdose bekommen. Die Steckdose. In unserer normalen Steckdose ist - das ist keine Energie, das ist eher der Strom, der fließt - haben wir 230 Volt. In Amerika ist es weniger. Solar. Dampf. <a href="#">GE</a> , <a href="#">FE</a> , <a href="#">EB</a>
IP3	Solarenergie gibt es auch. Da kommt die Energie über Strahlen durch den Weltraum zu uns. Das Handy mit dem Akku, der Wasserkocher. Da kommt der Strom rein und erhitzt dann unten die Platte. Dadurch erhitzt sich dann das Wasser. Dann haben wir hier ein Kraftwerk. Da geht es zum Beispiel im Atomkraftwerk so, dass man die Atomkerne spaltet und dadurch wird sehr viel Energie freigesetzt. Das hier ist ein Föhn. Da ist wahrscheinlich hinten eine Heizplatte drinnen ist – ein Ventilator, der Luft ansaugt und dann geht die Luft hindurch, wird nochmal erhitzt und dann kommt die heiße Luft raus. Dann hier wird Strom weitergeleitet, also vom Kraftwerk, wird das umgepolt, sodass die Spannung möglichst hoch ist und damit wenig Wärmeverlust. So kann man es weitertransportieren. Dann die Batterie. Die ist auch geladen über eine Säure. Hier die Glühbirne. Da kommt auch Strom rein und bringt einen Draht zum Glühen. Und das ist noch Solarenergie. Damit wird die Solarenergie aufgefangen und dann umgewandelt in elektrischen Strom. Windenergie. Die Windräder werden in Rotation versetzt und das wird dann in elektrischen Strom umgewandelt. Das ist auch nur eine große Batterie mit einem Minus- und Pluspol. Wenn man es dann halt an steckt, so kann man das Lämpchen zum Glühen bringen. <a href="#">EL</a> , <a href="#">FE</a> , <a href="#">PE</a> , <a href="#">TE</a>
IP4	Solarpaneele halt mit Sonnenenergie. Dann mal Wasserkraft und Windenergie. Aus dem Atomreaktor Atomenergie. Die elektrische Energie, die in der Batterie gespeichert wird. Hier wird halt Strom transportiert, also elektrische Energie. Überall mittlerweile. <a href="#">FE</a> , <a href="#">GE</a>
IP5	Steckdose, Verlängerungskabel und Batterie würde ich zur Elektrizität. Die Glühbirne auch. Den Wasserkocher auch. Natürlich Kraftwerke, Sonnenenergie, Windenergie. Wieder Elektrizität. Atomkraftwerke. Und ja, Handy, das muss auch aufgeladen werden. Also auch Elektrizität wie der Föhn.
IP6	Z.B. der Wasserkocher. Da kommt ja elektrische Energie rein und Induktion wird hier verwendet um Hitze zu erzeugen. Dann kocht das Wasser. Das ist eine Batterie mit Lithium drin. Steckdosenverlängerung. Atomenergie, ein Atomreaktor. Solarenergie. Energieleitungen, Hochspannungsleitungen. Glühbirne. Steckdose, Föhn. Es ist alles letztendlich elektrische Energie. Hier wird z.B. Bewegungsenergie umgewandelt in elektrische Energie beim Windrad. Beim Atomkraftwerk wird auch Energie umgewandelt. Und bei der Solarenergie wird halt Licht in Energie. <a href="#">FE</a> , <a href="#">PTE</a> , <a href="#">TE</a>
IP7	In irgendeinem Kontext würde ich alle mit Energie verbinden. Zum Beispiel die Steckdose, eine Energiequelle oder ein Energietransmitter. Oder auch die Batterien. Und dann quasi verschiedene Umwandlungsstationen, wie die Solarpanelen oder die Windräder. Und zum Transport von Energie die Strommasten. Und dann eben Einsatzorte, wo Energie für einen Nutzen verwendet wird mit dem Wasserkocher, dem Föhn oder der Lampe. <a href="#">TE</a> , <a href="#">FE</a>
IP8	Das ist elektrische Energie. Das kommt von Strom und das wird zu Licht. Dann ein Energiekraftwerk. Da wird Strom erzeugt. Solarenergie. Das ist von den Sonnenstrahlen. Rezeptoren fangen die Sonnenstrahlen auf und machen daraus Energie. Für mich ist das so mobile Energie, die quasi tragbar ist, also man ladet was auf und trägt die Energie in sich und dann ladet man es wieder auf. Das ist wieder Strom, das sind die Leitungen, also wie die Energie weitergeleitet wird. Windenergie, da treibt der Wind ein Windrad an und erzeugt dadurch Energie. Wieder halt elektrische Energie, die dieses Mal Wind erzeugt. Wieder elektrische Energie, weil es ein geschlossenes Stromnetz ist und erzeugt dieses Mal Hitze. Eine Batterie, etwas, das aufladen kann eventuell, was dann Energie in sich trägt. Nochmal eine Batterie.

## Darstellung der Ergebnisse

	Ein Stromanschluss, da wird Energie aufgenommen und weitergegeben. Und eine Steckdose, da wird Energie aufgenommen und wieder weitergeleitet. PE, GE, EB, PE
IP9	Hitze, aber das ist ein Fön. Es geht trotzdem über Elektrizität. Wind, das ist so Bioenergie. Weil es bisschen mit Natur zu tun hat, also Wind. Das verbinde ich nicht mit Natur, das ist eher über Leiter, wo der Strom durchgeleitet wird. Aber es ist in der Natur. Das verbinde ich mit Natur, weil es ist thermal wegen der Sonne und dann macht man daraus Energie. Steckdose und damit lädt man irgendwas auf oder man steckt etwas an, wie Fön oder Wasserkocher. Das verbinde ich auch mit Steckdose, weil das steckt man da an. PE

Tabelle 4: Antworten zur allgemeinen Einleitung

<b>2.1</b>	<b>Was glaubst du wird passieren, wenn der Stromkreis geschlossen wird?</b>
IP1	Die Elektrizität wird durch das Kabel durchfließen zur Glühlampe und durch die Kabel wird das durchfließen. Und da sind ja diese zwei Enden und in einem gehen die Elektronen durch und sie wollen zu den Plus – Protonen.
IP2	Das Lämpchen leuchtet auf.
IP3	Wenn der Stromkreis geschlossen ist, das Lämpchen, sofern es nicht kaputt ist, angeht.
IP4	Wenn das Lämpchen funktioniert, sollte es leuchten.
IP5	Dann wird das Lämpchen leuchten.
IP6	Die Glühbirne beginnt zu leuchten.
IP7	Also auf der einen Seite ist ja der Minuspol und auf der anderen Seite der Pluspol, also ein Elektronendefizit und ein Elektronenüberschuss. Und sobald das mit Leitern verbunden wird, laufen die Elektronen über den niedrigsten Widerstand vom Überschuss zum Mangel oder Defizit. Und da wird es wahrscheinlich durch den Draht von der Glühbirne laufen und es wird aufleuchten.
IP8	Das Glühlämpchen leuchtet.
IP9	Dann geht die Lampe an.
<b>2.2</b>	<b>Was kannst du beobachten? Probiere den Versuch so genau wie möglich zu beschreiben!</b>
IP1	Sobald Sie das Kabel angeschlossen haben im Stromkreis, ging das Licht an, das heißt der Stromkreis ist geschlossen. Auf einmal ist Licht da. Und es war nötig, irgendwas ist passiert, irgendwas wurde verbunden, dass es weiterfließen kann.
IP2	Das Lämpchen ist jetzt an, weil der Kreis geschlossen wurde.
IP3	Ich beobachte dass, nachdem man alles zusammen gesteckt hat, also beide Pole mit den beiden Teilen beim Metall von der Glühbirne verbunden hat, dass die Glühbirne angeht, also leuchtet.
IP4	Es leuchtet.
IP5	Es leuchtet. Also der Stromkreis wurde geschlossen. Und der Strom kann jetzt eben durch das Ganze durchfließen. Von der Batterie bis zum Lämpchen.
IP6	Der Draht erhitzt sich jetzt, dadurch das Strom durchrinnt und beginnt durch die Hitze halt zu leuchten.
IP7	Also meine Vermutung hat gestimmt. Die Glühbirne leuchtet auf. Mit einem Hintergrundwissen kann man sagen, die Elektronen bewegen sich im Stromkreis.
IP8	Das Glühlämpchen leuchtet, der Stromkreis ist geschlossen.
IP9	Nachdem man es angesteckt hat, die Lampe angeht. Also weil der Strom halt geschlossen ist, das heißt, es geht durch den ganzen Kreis.
<b>2.3</b>	<b>Kannst du den Versuch und deine Beobachtungen erklären? Wie kommt es dazu, dass das Lämpchen leuchtet?</b>
IP1	Es war nötig, dass Strom durchfließt, aber ich weiß nicht genau, in welchem Zusammenhang der Strom es zum Leuchten bringt. Ich weiß nur, dass die Elektronen immer zu den Protonen wollen für den Ausgleich.
IP2	In der Batterie ist Energie gespeichert. Es waren die Elektronen, die vom Minuspol bis zum zum positiven Pluspol rüber gehen. Ich glaub es geht so hin und diese Quelle ist einfach nur das Aufleuchten, weil die Energie durchläuft und das zeigt es an. GE, EK
IP3	Hier in dieser Batterie ist auf der einen Seite die Batterie positiv geladen ist und hier negativ geladen. Und dadurch, dass sich das immer ausgleichen möchte, fließen hier die Elektronen durch den Stromkreis durch, gehen hier durch und bringen den Draht zum Glühen, fließen

## Darstellung der Ergebnisse

	dann weiter. Die Batterie ist dann leer, wenn beide Seiten neutral sind. Ich weiß nicht, wieso sie nicht dableiben sollten. Ich glaube, dass sie zurückfließen.
IP4	Das ist der Strom, der durch den Draht durchfließt. Durch den Strom sozusagen erhitzt sich das Lämpchen und der Draht beginnt zu glühen. Strom ist halt eine Energieform, also für mich. Es kommt darauf an, welcher Kabel das ist, aber die Atome werden in Schwingung versetzt und geben diese Schwingung halt weiter. <a href="#">EB</a> , <a href="#">EL</a>
IP5	Also die Batterie gibt Energie her. Das ist z.B. auch beim Taschenrechner so. Und dann läuft die Energie, also im Strom durch das Kabel durch, geht durch das Lämpchen und das leuchtet dann. Bei der Wärme. Und dann läuft es beim Lämpchen wieder retour durch das Kabel wieder zur Batterie und fängt vom Neuen an. <a href="#">EL</a> , <a href="#">EK</a>
IP6	Dass Hitze entsteht. Also die Elektronen laufen durch, erhitzen einen Draht, der ganz, ganz fein ist und halt immer wieder in Spiralen gedreht ist und der Stoff, aus dem die Drähte gemacht werden, erhitzt sich halt sehr stark dadurch und beginnt durch die Hitze zu glühen.
IP7	Da kann ich jetzt eher vermuten. Dass halt eine gewisse Wechselwirkung zwischen den Elektronen und dem Draht passiert. Und der an der Stelle, die freigelegt ist, zu Glühen beginnt.
IP8	Naja in der Batterie hält sich Energie auf, die hat quasi Energie in sich gefangen, ein bisschen. Und durch einen Stromkreis wird die Energie übertragen und es funktioniert nur, wenn der geschlossen ist, wegen dem Plus- und Minuspol. <a href="#">EG</a>
IP9	Wenn du an der Lampe beide Seiten ansteckst, ist der Stromkreis nicht mehr offen. Das heißt, es ist ein geschlossener Stromkreis. Das heißt, der Strom kann durch das ganze Ding gehen. Und dann geht die Lampe an. Weil der Strom zur Lampe geht, weil der Stromkreis geschlossen ist.
<b>2.3.1 Was passiert im Inneren des Kabels?</b>	
IP1	Es ist eine Dysbalance und sie wollen sich ausgleichen und sie gehen durch die Kabel durch. Bis es fifty-fifty ist. Hier ist 100% der Elektronen und sagen wir hier ist 100% der Protonen, dann wollen mindestens 50% hier rüber. Dass sozusagen plus 50% der Elektronen hier sind. Ich weiß nicht genau, was mit den 100% der Protonen passiert. Ich hätte gesagt davon kommt 50% rüber, so dass ein Ausgleich im ganzen Ding entsteht.
IP2	Die Elektronen bewegen sich. Sie wollen zum Plus, weil sie sind negativ und wollen zum positiven Teil. Es geht weiter bis es fertig ist. Das heißt, dass wenn die Batterie keinen Akku mehr hat/keine Energie mehr hat. <a href="#">GE</a>
IP3	Da kommt der Strom rein. Dann wird hier wahrscheinlich irgend so ein Draht sein. Der Draht ist hier oben dann ganz besonders dünn und da er eben so dünn ist, fängt er an zu glühen und sich zu erhitzen. Die Elektronen fließen weiterhin durch, anschließend zurück. Weil die Protonen sich nicht bewegen können.
IP4	Also kommt darauf an, ob da Wechselstrom drin ist. Wenn es Wechselstrom ist, würden die Atome nach vorne schwingen und wieder zurückschwingen. Da wird dann halt eine Energie oder Bewegungsenergie in diesem Fall weitergegeben. <a href="#">EL</a> , <a href="#">EA</a>
IP5	Der Strom von der Batterie, der ist drin gespeichert. Man kann es nicht angreifen und auch nicht sehen. Es ist halt ja vielleicht so wie Sog. Weil im Kabel Metalle drin sind und das sind gute Leiter, deswegen wird es halt weitergeleitet. Und kann damit in bestimmte Wege geleitet werden, wie halt das Kabel gelegt ist. Strom ist ja auch relativ warm und deswegen wird das Metall ziemlich heiß und dieser Draht oben wird erwärmt und glüht. Und deshalb kann man ein Leuchten sehen. <a href="#">EB</a> , <a href="#">EK</a>
IP6	Es fließen Elektronen durch. Die werden irgendwie durch Säure in der Batterie hergestellt. Die Elektronen fließen halt nur im Stromkreis.
IP7	Also die Elektronen laufen wie Teilchen durch und laufen auch durch den Glühdraht. Da lösen sie eine Reaktion aus, die wir durch die Photonen wahrnehmen. Die fließen wieder zum Elektronenminimum/zum Pluspol und bleiben da.
IP8	Hier sind so Kabel drin und die nehmen die Energie auf. Die sind ja in der Regel aus einem Metall und das Metall überträgt die Energie ineinander und leitet das weiter. <a href="#">EL</a>
IP9	Ich glaube nicht, dass es irgendeine Form hat. Also es geht durch die Kabel durch und dann zur Lampe. Da sind halt zwei so kleine Dinger und die sind connected durch ein ganz feines Kabel und, wenn man das connected, dann der Strom da durchgeht und Licht entsteht. Weil es nur auf einer Seite durchgeht und weil halt nicht beide Seiten Strom bekommen. Also obwohl, es geht doch nur durch eine Seite, oder? Es geht entweder so oder so. Weil es dann nicht verbunden ist, das heißt, es gibt so einen Punkt, wo Strom nicht zur Lampe

## Darstellung der Ergebnisse

	geht und die Lampe braucht von beiden Seiten den Strom. Es kommt von einer, aber wenn halt eine Seite nicht verbunden ist, dann kann der Strom nicht wieder zurückgehen. Dann ist es offen, dann ist da so ein kleiner Freiplatz. Aber wenn es verbunden ist über beide Seiten, dann geht das alles so im Kreis. Das heißt, es kann wieder zur Batterie zurückgehen.
<b>2.4</b>	<b>Welche Rolle spielt die Energie?</b>
IP1	Energieübertrag. Bei der Verbindung von zwei verschiedenen Gegenständen von der Batterie zum Kabel, da ist ein Energieübertrag über das Metall. Das heißt durch das Metall fließen gut die Elektronen durch, ist ein guter Leiter. Die Energie zeigt sich in vielen Formen. Energie ist immer für Nutzen da. Die Elektronen sind eine Energieform, weil sie etwas nutzen, und zwar, dass sie das Licht anschalten. <a href="#">EL</a> , <a href="#">EB</a> , <a href="#">EU</a>
IP2	Es kann nicht verschwinden. <a href="#">TE</a>
IP3	Plus und Minus wollen sich immer ausgleichen. Durch das Zusammenstecken, kann man einen Energiefluss erzeugen, den Elektronenfluss. <a href="#">EF</a> , <a href="#">EB</a>
IP4	/
IP5	Energie ist so ein Hauptbegriff, den man anders auch beschreiben könnte als Strom. <a href="#">EB</a>
IP6	Die elektrische Energie spielt hier insofern die Rolle, dass die Elektronen durchfließen. <a href="#">EB</a>
IP7	Die Energie macht es möglich, dass die Lampe leuchtet. <a href="#">EU</a>
IP8	Sie leuchtet ein Lämpchen, also sie macht Licht. <a href="#">EU</a>
IP9	Durch die Batterie halt. Es ist halt Energie in der Batterie. Und wenn du das verbindest, dann wird die Energie zur Lampe connected, dass sie halt angeht. <a href="#">GE</a>
<b>2.4.1</b>	<b>Woher kommt die Energie?</b>
IP1	Vom Inneren der Batterie. <a href="#">GE</a>
IP2	In diesem Fall ist es eine gespeicherte Energie. <a href="#">GE</a>
IP3	Energie ist da, weil dieses Ungleichgewicht halt da ist und es möchte sich wieder ausgleichen. Ich glaube durch Energieaufwand wurde das hier in Plus und Minus geteilt, also positiv und negativ geladen und weil sich das immer ausgleichen möchte im Universum, geht es halt wieder zusammen. Wenn die Möglichkeit da ist, dann fließt es da rüber. <a href="#">EU</a> , <a href="#">GE</a> , <a href="#">EF</a>
IP4	Aus der Batterie. Da wird halt irgendwo anders Energie gewonnen oder halt Strom wird in die Batterie hineingetragen und dann halt durch chemische Prozesse, in dem Fall hier eine Alkalibatterie, also in Säure drin gespeichert und dann erst mit dem Kontakt wird die Energie rausgelassen. Langsam halt aufgebraucht. <a href="#">GE</a> , <a href="#">FE</a>
IP5	Von der Batterie geht die aus, also wird dann weitergeleitet. <a href="#">GE</a> , <a href="#">EL</a>
IP6	Aus der Reaktion mit der Säure in der Batterie und geht halt an den Metallen hinten auf der Batterie auf der einen Seite hinaus und auf der anderen Seite hinein. <a href="#">PE</a> , <a href="#">EL</a>
IP7	Sie ist in der Batterie gespeichert und wird in Wärmeenergie umgewandelt und auch in etwas Sichtbares. <a href="#">GE</a> , <a href="#">TE</a>
IP8	Aus der Batterie.
IP9	Batterie.
<b>2.4.2</b>	<b>Wie wird die Energie übertragen?</b>
IP1	Als wäre es gespeichert, eine große Anzahl an Elektronen drin. Sobald der Anschluss da ist, versuchen sie sich auszugleichen bei den Protonen. Sie fließen durch und das ist wichtig fürs Lämpchen. Aber ich glaube nicht, dass sie drinnen bleiben im Lämpchen. Sie gehen dann weiter. <a href="#">EB</a> , <a href="#">GE</a>
IP2	Sie fließt durch und, falls die Lampe warm ist, dann wird meistens Wärmeenergie ausgestrahlt. Im Allgemeinen bei mechanischer Energie wird auch ein ganz kleiner Teil in Wärmeenergie ausgestrahlt, weil Hitze entsteht, eine kurze kleine Hitze und in dem Fall entsteht auch Wärmeenergie. <a href="#">EF</a> , <a href="#">PTE</a> , <a href="#">EU</a>
IP3	Ja, ich stelle mir die Energieübertragung durch das Fließen vor. <a href="#">EF</a>
IP4	Über ein Kabel zur Lampe und bei der Lampe geht dann durchs Licht auch Energie raus in Form von Licht. Und die Energie, die nicht sozusagen verbraucht wird, geht dann halt wahrscheinlich wieder zurück und wird halt solange verbraucht bis halt keine Energie mehr da ist, weil alles abgegeben wurde. <a href="#">GE</a> , <a href="#">EL</a>
IP5	Ja, die Energie ist in dem Fall ja auch Wärme, also wird Energie freigesetzt. Und von der Batterie geht die dann aus, also wird dann weitergeleitet. <a href="#">PTE</a>
IP6	Durch das Metall in den Kabeln. Ich schätze, es ist Kupfer. <a href="#">EL</a>
IP7	Durch die elektrischen Leiter und die Elektronen. <a href="#">EL</a>

## Darstellung der Ergebnisse

IP8	Durch die Metalle wird sie übertragen. Die Metalle sind daran schuld. Sie sind Leiter. Sie transferieren die Energie. Die Energie stößt sich von ihnen ab. Die Energie kann nicht im Metall bleiben, sondern sie muss weiter. Ich stell mir das bisschen so vor wie Wasser. Das ist alles voll mit Wasser. Und das Wasser muss da runter rinnen, weil es nicht kleben bleiben kann. Wäre das jetzt zum Beispiel ein Schwamm, dann würde das Wasser aufgesaugt werden und nicht weiterfließen. Aber dadurch, dass es ein Holz ist, muss es weiterfließen. Und das Wasser kann aber nicht alles auf einmal weiterfließen, weil nur eine gewisse Anzahl an Wasser Platz hat. Und das heißt, dass nicht alles auf einmal rausfließen kann, sondern nur eine bestimmte Anzahl. Weil ja alles aus Atomen besteht und es passt ja überall nur eine bestimmte Anzahl an Atomen rein, also würde es irgendwie Sinn machen, dass es bei Energie das Gleiche ist. <a href="#">EL</a> , <a href="#">EF</a>
IP9	Durch die Kabel. Ich habe das Gefühl, dass Energie so durchsichtig ist, was es auch ist. Es wäre jetzt irgend so eine Flüssigkeit, die durch die Kabel rinnt. Es ist halt keine Flüssigkeit. Weil es ist nix. Aber es geht da halt durch und dann connected es zu einem kleinen Kabel oder Metallstück bei der Lampe, wo es dann durch die Lampe geht. Energie ist das, was Strom macht. Ist nicht Strom in so Steckdosen oder so? Das heißt es kommt darauf an. Man kann ja Sachen mit unterschiedlichen Sachen andrehen. Das heißt, das wäre die Energie, aber dann so in Steckdosen ist es Strom. Ja, es ist etwas anderes. Energie, sie fließt. Aber es kann halt nicht wortwörtlich fließen. <a href="#">EL</a> , <a href="#">EU</a> , <a href="#">EB</a> , <a href="#">EF</a>
<b>2.4.3 Wie lange dauert es, bis die Energie übertragen wird?</b>	
IP1	Millisekunden. Ich weiß, die Lichtgeschwindigkeit ist so 300 000 Kilometer pro Sekunde schnell.
IP2	Ganz wenige Sekunden, also weniger als eine Sekunde. Vielleicht sogar eine Sekunde.
IP3	Also bis die Energie von hier da drüben ist? Also wenn ich ein Elektron da rein schicke, wie lange es dauert bis es da ist? Dann würde ich sagen, es ist fast direkt da. Kommt darauf an, wie stark dieses Ungleichgewicht zwischen Plus und Minus ist. <a href="#">EB</a>
IP4	/
IP5	Das hängt vom Leiter ab, aber ich denke ziemlich schnell.
IP6	Das geht sehr, sehr schnell. Wahrscheinlich sogar weniger als eine Millisekunde. Ja, ganz bisschen halt, aber wirklich nicht lange.
IP7	Nicht lange. Man sieht ja direkt das Ergebnis.
IP8	/
IP9	Wie man sehen kann, nicht sehr lange, weil sie gleich angeht. Weniger als eine Sekunde. Wenn man das hier so dran gibt, geht es gleich an. Es wird schon noch ein bisschen brauchen, aber so, dass es das menschliche Auge nicht sehen kann.
<b>2.5 Wie kommt die Energie zum Lämpchen? Zeichne bitte den Weg in die Skizze und begründe!</b>	
IP1	Dann würde ich so eine große Batterie machen. Und hier ist ein Verbindungsstück, diese Klemme und zwei Behälter. Hier einmal die Elektronen und die Protonen. Und das Metall ist gut zum Leiten. Die Elektronen sind durchgehend hier drinnen. Sobald das angeschlossen ist, geht ein Elektron schon mal durch und schaut, ob es nötig ist, dass es hier noch mal hinkommt, ob da ein Ungleichgewicht ist und sobald es erkennt, dass ein Ungleichgewicht herrscht, geht es auch wirklich diesen Weg durch. Es geht mal durch diesen Leiter und durch das Plastik ist es gut abgedichtet und dann kommt es zu diesem Licht. Da kommt es rein. Die kleinen Drähtchen sind da oben. Eine Art Funken entsteht und dann passiert das Licht wegen der Elektronen, die durchkommen. Die Elektronen kommen durch, die Protonen sind hier drüben. Die Elektronen wollen hier durch und um durchzukommen wird das Licht angeschaltet. Damit es hier rüberkommt, muss dieses Licht angehen und dann kommt es hier durch zu den Protonen. <a href="#">EL</a>
IP2	Mit den Kabeln, das sind diese ziemlich geraden Striche. Das fließt vom Minus zum Plus, also in die Richtung. Da das hier in der Mitte ist und es ist in diesem Stromkreis drinnen und deswegen bekommt es diese Energie um aufzuleuchten. Die Energie fließt wieder zurück zur Batterie, denn sonst könnte man ja hier aufhören das Kabel zu zeichnen und dann würde das gar nichts bringen, denn dann wäre das Lämpchen nicht mehr hell. <a href="#">EF</a>
IP3	Welches ist hier Plus und Minus? Hier fließen sie durch, hier so weiter und dann kommen sie eigentlich ganz normal durch den Draht auch weiter durch das Lämpchen und gehen dann quasi hier rüber wieder zurück.

## Darstellung der Ergebnisse

IP4	Das hier wäre die Batterie. Vom Kabel hier zum Lämpchen. Dann wird hier auch Energie abgegeben und die Energie, die übrig bleibt, geht dann halt durch das Kabel. <a href="#">EL</a>
IP5	Da geht es weg. Kabel. Lämpchen. Obwohl, jetzt bin ich mir nicht sicher, ob auf beiden Seiten. Wegen Plus und Minus und ob von den beiden Strom weggeht. Ob es von beiden weggeht oder nur bei einem ankommt. Das stimmt schon so. Das ist ein Fluss, könnte man sagen. Wie ein Fluss, es rinnt einfach durch und dann zurück. Aber wenn ich nur eines anschließe, dann geht es ja nicht, weil die Energie dann ja nicht weitergeht. Hm, na dann wahrscheinlich zurück. <a href="#">EF</a>
IP6	Ich weiß, sie fließen in eine Richtung. Ich rate jetzt einfach mal und sage, sie fließen in diese Richtung und immer dieser Linie entlang zum Lämpchen, dann durch den Draht halt durch und hier wieder zurück. Die Energie wird in der Glühlampe zu Hitze umgewandelt. Das heißt, vielleicht kommt ein Teil wieder zurück, aber der Großteil wird in Hitze umgewandelt. Das ist durchgehend. Das ist nicht so ein Impuls, sondern es ist die ganze Zeit. <a href="#">PTE</a>
IP7	Also über den Draht, im Draht. Hier fließen die Elektronen. Hier wird ein Teil der Energie abgegeben und hier können wir dann die Photonen sehen. Und wird wahrscheinlich auch in andere Energieformen umgewandelt, wie Wärmeenergie, die wir nicht sehen. <a href="#">EL, TE</a>
IP8	Die geht da so lang. Dann geht sie da so lang, dann da so lang. Dann chillt sie da. Aber sie kann sich nicht in das Lämpchen leiten, weil sie da so abstößt. Weil der Plus- und Minuspol nicht verbunden sind, ist der Stromkreis irgendwie getrennt und deswegen funktioniert das Ganze nicht. Ah dann geht das so und so. Und wenn es getrennt ist, dann geht alles in die gleiche Richtung. Sie würde beim Lämpchen stehen bleiben und bleibt da. <a href="#">EL</a>
IP9	Kannst du mir noch sagen, was Plus und Minus ist? Muss ich auch die Richtung einzeichnen. Aber nicht die Ganze, weil das hat ja auch irgendetwas mit useful energy zu tun, also das da bisschen was aufgebraucht wird und dann wird nur zurückgeschickt, das nicht gebraucht wird. Im Sinne von, das geht da so rein. Und dann, sagen wir von 100 J-Dings benutzen wir so 90 und dann gehen 10 wieder zurück. Also startet bei Plus und da kommt mehr raus, als da wieder zurückkommt. Ja, es wird aufgebraucht. <a href="#">PTE</a>
<b>2.6</b>	<b>Kannst du den Energieerhaltungssatz nennen?</b>
IP1	/
IP2	/
IP3	Nein.
IP4	/
IP5	Energie kann nicht verloren gehen, sondern nur umgewandelt. Es wird zu Wärme umgewandelt. Von der elektrischen Energie in Wärmeenergie. <a href="#">TE</a>
IP6	Energie kann nicht verloren gehen, sie kann nur umgewandelt werden in andere Energieformen. <a href="#">TE</a>
IP7	Dass Energie nie erzeugt oder vernichtet werden kann, sondern immer nur von einer Form in die nächste umgewandelt werden kann. <a href="#">TE</a>
IP8	Nein!
IP9	Nein, warum geht es da?
<b>2.6.1</b>	<b>Wird hier Energie verbraucht?</b>
IP1	/
IP2	Es kann nicht verschwinden. <a href="#">TE</a>
IP3	Nein, weil sie kann ja nicht zerstört werden, also sie kann nicht weniger werden. <a href="#">TE</a>
IP4	Also hm aufgebraucht, in andere Form umgewandelt. Es kann keine Energie verschwinden. Also in Licht und Wärme, die abgegeben wird. <a href="#">TE</a>
IP5	/
IP6	Ja eindeutig, weil eine Batterie entlädt sich auch nach irgend einer Zeit. Ja, also von der elektrischen Energie geht es halt über im Falle der Glühlampe in Wärme. <a href="#">EVU, GE</a>
IP7	Für uns in dem Sinne geht sie verloren, aber sie wird halt in eine unbrauchbare Form umgewandelt, z.B. in Wärme. <a href="#">EVU, TE</a>
IP8	Ja. In dem Lämpchen wird sie verbraucht, weil sie umgewandelt wird in Lichtenergie. <a href="#">EVU</a>
IP9	Ja, in der Lampe, weil die Lampe Energie braucht zum Brennen. <a href="#">EU</a>
<b>2.6.2</b>	<b>Kann die gesamte Energie umgewandelt werden?</b>
IP1	/

## Darstellung der Ergebnisse

IP2	/
IP3	Glaube nicht. Hier wird es auch in Wärme und Licht halt umgewandelt, aber es geht hier auch noch zurück. <a href="#">PTE</a>
IP4	Also hier wird ja auch durch das Licht Energie verbraucht und dann wird die halt abgegeben. Und ich glaube nicht, dass das Lämpchen stark genug ist, dass alle Energie rausgepowert ist. Dass sie halt durch das Kabel weitergeht. Zumindest in dem Lämpchen. Bei einem großen Strahler würde es vielleicht kurz aufleuchten. <a href="#">EVU</a> , <a href="#">EL</a>
IP5	Nein nur ein Teil, weil sonst würde es das Lämpchen vermutlich nicht aushalten. Weil ich weiß nicht wie viel Watt das jetzt hat, also Leistung. Weil es werden nur so viele übertragen, wie das Lämpchen aushält. <a href="#">EB</a> , <a href="#">PTE</a>
IP6	Es wird nur ein Teil der Energie wahrscheinlich umgewandelt. Weil die ganze wird nie wirklich ganz gehen. Auch wenn es nur ein halber Prozent ist, der überbleibt von der Energie. <a href="#">PTE</a>
IP7	Ich würde mir das wie einen Fluss vorstellen, also dass die Energie mit den Elektronen zum Lämpchen kommt und dort umgewandelt wird. Sobald die Batterie leer ist, die Energiezufuhr nicht mehr möglich ist. Da es diesen Elektronenfluss braucht, um es zu der Glühlampe zu transferieren. <a href="#">EF</a> , <a href="#">EL</a>
IP8	Nein. Der Rest bleibt in der Batterie. Bis er aufgebraucht wird, weil die Energie nur langsam fließen kann. Das ist das Gleiche - Umwandlung und Verbrauch. Sie wird umgewandelt. Aber da ist weniger Energie drin, daher verbraucht. <a href="#">GE</a> , <a href="#">EF</a>
IP9	Nein, es benützt relativ viel Energie, aber es benützt nicht die ganze. Ich weiß, dass das stimmt. <a href="#">PTE</a>

Tabelle 5: Antworten zum 1. Demonstrationsexperiment

<b>3.1</b>	<b>Können wir das Lämpchen auch ohne Batterie zum Leuchten bringen?</b>
IP1	Mechanische Energie. Sie drehen daran und ich sehe auch diese Räder drinnen, das heißt, sie bewegen sich, und ich sehe auch diesen metallischen Behälter. <a href="#">EA</a>
IP2	Wenn dieser Generator funktioniert, dann ja.
IP3	Ohne Batterie schon, aber nicht ohne Energie. Also wenn ich da nicht drehe, dann leuchtet es auch nicht. Wenn ich jetzt dran drehen, wird die Bewegungsenergie umgewandelt in elektrische Energie in diesem Gerät hier. Dann (schießt?) es da durch und dann leuchtet diese Lampe. <a href="#">TE</a> , <a href="#">EK</a>
IP4	Vom Drehen des Generators halt. Bewegungsenergie wird hier mit einem Trafo umgewandelt in Strom und wird dann das Lämpchen zum Leuchten bringen. <a href="#">EB</a> , <a href="#">EK</a>
IP5	Dadurch, dass man das dreht, wird Energie erzeugt. Durch den Generator und dann leuchtet das Lämpchen wieder auf, weil Strom erzeugt wird. Man muss schon drehen. Außer es ist auch eine Batterie, wo etwas gespeichert ist. Das könnte sein. Und der Stromkreis muss geschlossen sein. <a href="#">PE</a> , <a href="#">GE</a>
IP6	Ja. Eben der Handgenerator. Der sagt ja schon so schön, dass er ein Generator ist. Das heißt, er erzeugt Strom bzw. elektrische Energie. Und das funktioniert mit Magnetismus und einer Magnetspule, also einer Drahtspule. Nein, weil da ist noch keine Energie, die erzeugt wird. Da müsste man hier zuerst drehen. <a href="#">FE</a>
IP7	Ja, Arbeit hineinstecken, die dann in Energie umgewandelt wird - mit dem Dynamo nehme ich an. Den Stromkreis müssen wir noch schließen. <a href="#">TE</a>
IP8	Ja, weil wir mit unserem Körper Energie erzeugen können durch Bewegung. Das nennt sich motorische Energie. Und diese motorische Energie kann genauso weitergeleitet werden über Kabel. <a href="#">PE</a> , <a href="#">EL</a>
IP9	Ja mit dem Ding halt. Wenn du die Energie selber erstellst, das ist kinetic energy oder sowas. Das connecten und das Ding drehen. <a href="#">FE</a>
<b>3.2</b>	<b>Was kannst du beobachten? Kannst du den Versuch beschreiben?</b>
IP1	Bei jeder vollen Umdrehung wird es ein bisschen stärker. Sobald Sie gedreht haben, ging das Licht an und zwar sofort. Auch die Drehräder da drinnen haben sich bewegt.
IP2	Mit einer Spule und mit einem Magneten drinnen und durch die Spannung entsteht Druck. Sollte man aufhören zu drehen, dann wird es auch aufhören zu leuchten, weil kein Strom mehr entstehen kann.

## Darstellung der Ergebnisse

IP3	Wenn ich an dem Generator drehe, dann leuchtet das Lämpchen. Und je nach dem, wie schnell ich drehe und ob ich kurz aufhöre zu drehen, leuchtet das Lämpchen heller oder konsequenter. Also ich muss dauernd drehen, dass es dauernd brennt.
IP4	Das Lämpchen beginnt wieder zu leuchten. Das heißt es hat Strom bekommen oder erzeugt. Durch meine Bewegungsenergie, also meine Hand, die die Kurbel dreht, und über die Zahnräder wird dieser Trafo verwendet und dort wird Strom erzeugt. <a href="#">EK</a>
IP5	Desto schneller ich drehe, desto heller wird das Lämpchen.
IP6	Es beginnt zu leuchten. Je nachdem wie schnell ich drehe, beginnt es stärker zu leuchten, weil dann halt mehr Energie erzeugt wird. <a href="#">FE</a>
IP7	Durch das Drehen an der Kurbel leuchtet die Glühbirne wieder auf. Es ist aber so, je stärker ich drehe, desto heller leuchtet sie. Und wenn ich nicht konstant weiterdrehe, geht sie wieder aus. Und flacht zuerst ab und dann ist sie ganz aus.
IP8	Wenn es sich bewegt, ist es an, dann leuchtet es. Wenn es sich nicht bewegt, leuchtet es nicht. Die Energie wird nur während der Bewegung erzeugt.
IP9	Desto schneller oder mehr man dreht, desto heller wird es, weil mehr Energie produced wird durch das Drehen. <a href="#">PE</a>
<b>3.3</b>	<b>Kannst du erklären, wie es dazu kommt, dass das Lämpchen leuchtet?</b>
IP1	Es ist wieder eine Energieform, sofort, sobald Sie etwas bewegt haben, gekommen. Sobald eine Bewegung herrscht, wird das umgewandelt in der Elektrizität. Und das hat dazu geführt, dass das Lämpchen geleuchtet hat. Eine Energieform kam in das System. <a href="#">EA</a> , <a href="#">PE</a> , <a href="#">PTE</a>
IP2	Wie bei einem Generator von einem Fahrrad. Da war ein Stabmagnet, der in einer Spule drin war, und, weil sich dieser Magnet gedreht hat in dem hier in diesem Fall, entstand eine Spannung. Diese Spannung wurde dann irgendwie zu Strom umgewandelt und dann war es auch so, dass das Minus-Kabel den Strom geleitet hat und es bis zum Verbraucher kam und dann wieder zurück.
IP3	Ich drehe, dann wird es in diesem Teil hier in elektrische Energie umgewandelt, dann werden die dann halt da reingeschickt, also hier wird wieder ein Ungleichgewicht erzeugt von Protonen und Elektronen, also positiv und negativ. Und dann werden wieder die Elektronen hier reingeschickt. Die wollen da rein, weil sie zurück zu den Protonen wollen, weil sie sich ausgleichen wollen und auf dem Weg, wie bei dem vorigen Experiment, fließen sie halt da rein, da durch, erhitzen den Draht, kommen zurück. <a href="#">TE</a>
IP4	Zuerst ist es mal Bewegungsenergie. Ich drehe die Kurbel und durch die Zahnräder wird eine Achse in Bewegung gesetzt. Ich weiß nicht, was für ein Trafo das ist. Aber es ist halt eine Spule und da wird ein Magnet hin und wegbewegt und durch die Bewegung entsteht ein Magnetfeld und das wird dann in elektrische Energie umgewandelt. <a href="#">TE</a>
IP5	Dadurch dass ich schneller drehe, wende ich mehr Energie auf. Und dadurch wird auch mehr Strom in das Lämpchen geschickt sozusagen. Und wenn ich leicht drehe, kommt nicht so viel Energie, also da kommt weniger Energie über. <a href="#">EA</a>
IP6	Ich glaube, es ist weil der Magnet mit den unterschiedlichen Polen und dem Magnetfeld drin gedreht wird, erzeugt er elektrische Spannung in der Spule, die halt dann zu elektrischer Energie wird, die durchfließt durch die Lampe und sie zum Leuchten bringt, weil es sich umwandelt – elektrische Energie in Wärme. Hier ist die Ursache für das Leuchten die Bewegung von diesem Teil hier, also das Drehen. Weil es ist essenziell, dass überhaupt etwas passiert. <a href="#">EF</a> , <a href="#">EB</a> , <a href="#">EU</a>
IP7	Meine Arbeit wird quasi mit dem Dynamo in elektrische Energie umgewandelt und dann passiert dasselbe oder etwas ähnliches wie vorhin mit der Batterie. <a href="#">EB</a> , <a href="#">TE</a>
IP8	Dadurch, dass die motorische Energie nur zu einem sehr kleinen Ausmaß vorhanden ist, weil ich mache ja nur einmal so auf einmal. Eine Drehung kann ich auf einmal machen und das erzeugt so wenig Energie, dass die Energie sofort weiterfließt. Und bei der Batterie erzeugt was anderes die Energie. Und da ist viel Energie auf einmal da, während bei der motorischen nur wenig Energie verfügbar ist. <a href="#">PE</a>
IP9	Es hat etwas mit friction zu tun, also es reibt aneinander und dadurch wird halt Energie entstanden, die wieder durch die Kabel geht und die Lampe andreht. Durch so friction entsteht Energie, die man dann halt so benützt. <a href="#">PE</a>
<b>3.3.1</b>	<b>Was passiert im Inneren des Kabels?</b>
IP1	Elektrizität fließt hindurch durch das Kurbeln. Durch das Kurbeln kommt Elektrizität durch diesen Mini-Generator durch. Es sind wieder die Elektronen, weil es wieder Minus und diese zwei Krokoklemmen sind ja in verschiedenen Farben und wieder an diesen zwei

## Darstellung der Ergebnisse

	<p>verschiedenen Punkten. Deswegen ist eines für das Negative und eines für das Positive. Eines Elektron und eines Proton. Deswegen auch die zwei verschiedenen Farben. Sie entstehen durch eine Art Umwandlung von der mechanischen Energie. Das Drehen bringt ein Rad im Generator auch zum Drehen und dadurch werden zum Beispiel Elektronen stark in Bewegung gesetzt, das im Rad drin ist. Dieses Metall ist da drinnen an ein Rad gebunden, das Rad bewegt sich, die Elektronen gehen weiter. Sie werden sozusagen irgendwie rausgezogen aus dem Rad, weil es sich bewegt. Dann gehen diese Elektronen durch den Generator weiter in den Leiter und dann vom Leiter ins Licht. <a href="#">EA</a>, <a href="#">EK</a></p>
IP2	<p>Mit einem Kabel und da sind kleine Pünktchen mit einem Minus drauf, die dann dort hingehen. Wie halt Blutzellen in den Venen. So ähnlich halt mit einem Minus drin. Weil sie auch zum Plus wollen. Wenn die Minusteilchen beim Plus ankommen, Dann ist nichts, dann passiert nichts mehr mit denen. Ja, sie haben ihre Funktion erledigt und dann machen sie das wieder.</p>
IP3	<p>Wenn am Anfang auf beiden Seiten neutral ist also alles passt. Dann fange ich an zu drehen, dann erzeugt das hier ein Ungleichgewicht indem es auf der einen Seite Elektronen hinzufügt und dann, weil es eben ungleich ist und über das Kabel verbunden ist, fangen die Elektronen an zu fließen. Sie fließen rüber und dann ist da ein Gleichgewicht, dann Ungleichgewicht. Dann hat sich das Ungleichgewicht halt wieder gleich gemacht und dann passt es wieder. Und so ist es halt dauernd. Wenn ich dauernd drehe, dann versucht es halt dauernd auszugleichen. Aber ich muss immer wieder neu drehen, weil es sonst auf beiden Seiten neutral ist.</p>
IP4	<p>Im Kabel. Wir haben mal gelernt, welche Farbe für welche Richtung steht. Dann sagen wir vom roten kommt der Strom raus und wird halt wieder durch eine Pseudo-Bewegungsenergie der Atome weitergegeben ins Licht. Damit halt wieder ein Teil der Energie verbraucht. Ich glaube halt nicht, dass wirklich alle Energie in diesem Lämpchen verbraucht wird. Die restliche Energie geht halt wieder im Kabel zurück. Aber da es hier keine Batterie ist, weiß ich nicht, was jetzt mit der Energie passiert. Wahrscheinlich geht sie im roten dann wieder nach vorne. <a href="#">EA</a>, <a href="#">EL</a>, <a href="#">EVU</a></p>
IP5	<p>Da wird auch einfach so ein Stromfluss weitergegeben. Weil bei dem vorherigen Versuch war es so, dass es ein Kreis war. Es verwirrt nur ein bisschen, weil man da selber die Arbeit macht und da kam es von der Batterie. Und jetzt weiß ich nicht, ob da überhaupt Energie zurückkommt. <a href="#">PTE</a></p>
IP6	<p>Im Leiter passiert wieder genau dasselbe. Da geht einfach Strom durch, also Elektronen fließen durch. Hier wird dann die elektrische Energie wieder umgewandelt in Wärme und dann gehen die Elektronen, die halt durchgegangen sind durch die Lampe wieder zurück. <a href="#">TE</a></p>
IP7	<p>Genau gleich. Ich hätte vermutet, dass irgendetwas im Dynamo passiert, das wieder die Elektronen zwingt vom einen Ort zum nächsten zu laufen.</p>
IP8	<p>Das Gleiche wie mit der Batterie. Es leitet die Energie weiter. Durch die Drähte. Das habe ich jetzt ja beschlossen. Das Wasser ist hier in meiner Hand. Und wenn ich drehe, dann staut sich das Wasser hier an, wie durch Magie. Durch Hitze entsteht Wasser. Und das Wasser ist dann einfach da, weil ich etwas angeheizt habe. Das ist jetzt plötzlich Wasserdampf, das hier durchfließt. Wir heizen Wasser an, es entsteht Dampf. Genauso wir heizen Luft an, es entsteht Energie. Die Energie entsteht hier vorne, weil das so ein komisches Gerät ist da und das wird dann sofort auf die Drähte übertragen und die leiten es dann weiter. Und weil alles da drin, was ich sehe, aus Metall ist und nicht aus Plastik, macht meine Theorie irgendwie Sinn, dass das Metall die Energie leitet. <a href="#">EL</a>, <a href="#">PE</a>, <a href="#">EF</a></p>
IP9	<p>Da sind so kleine Metallkabel und die leiten das in die Richtung von der Lampe. Es fließt. Es fließt halt so bisschen durch die Metalle. Es kann nicht fließen, aber es geht durch die Kabel durch und dann geht es zur Lampe und dann geht es wieder zurück. <a href="#">EL</a></p>
<b>3.4</b>	<b>Welche Rolle spielt die Energie?</b>
IP1	<p>Sie braucht einen Leiter und dieser Leiter ist in dem Draht drinnen, der abgedeckt ist mit Plastik. Der Leiter muss gut sein. So dass die Energie durchfließt und ich glaub die Energie ist in Elektronen. <a href="#">EF</a>, <a href="#">EL</a></p>
IP2	<p>Dieselbe, wie die anderen.</p>
IP3	<p>Also ich meine Bewegungsenergie, also ich die Hand, die ich bewege. Also Rotationsenergie wird umgewandelt in elektrische Energie. Kommt hier rein, schießt da durch und kommt wieder zurück. <a href="#">PTE</a></p>

## Darstellung der Ergebnisse

IP4	Um das Lämpchen zum Leuchten zu bringen. Aus der Bewegung, aus dem Trafo in die Kabel zum Lämpchen und vom anderen Kabel halt wieder zurück. <b>EK</b>
IP5	Also man kann ja Batterien auch aufladen. Es ist einfach Energie drinnen. <b>GE</b>
IP6	Wieder genau dieselbe. Die Energie wird wieder durch die Elektronen, die durchfließen, übertragen. Die ganze Energie oder zumindest annähernd die ganze Energie wird komplett umgewandelt. Es kann immer sein, dass ein winziger Teil überbleibt, aber, wenn wir einmal kurz drehen und dann aufhören, dann hört die Glühbirne auch auf zu leuchten. Das würde bedeuten, dass die Energie komplett umgewandelt wird bzw. die Energie verloren geht auf dem Weg und keine elektrische Energie ist, wenn sie wieder zurück ankommt. Der Rest wird bei Versuch 1 und 2 wahrscheinlich im Kabel in Wärme umgewandelt. Zurückkommen tun schon noch Elektronen, aber halt keine mehr, die Energie mit sich tragen. <b>EL, TE</b>
IP7	Eine ganz ähnliche wie vorher oder die gleiche. Sie wird nur anders zugeführt. <b>TE</b>
IP8	Nein, die Energie gibt es schon. Energie gibt es ja immer, also ist überall. Sie wird nur irgendwie befördert. (Umwandlung der Bewegung in Strömung) Es ist Wasser. <b>EF</b>
IP9	Aber da wird die Energie nicht nochmal gebraucht. Dann wird sie aufgebraucht. <b>PTE</b>
<b>3.4.1 Wie findet die Energieumwandlung statt?</b>	
IP1	/
IP2	Hier muss man mechanisch etwas machen und bei der anderen war sie gespeichert und man musste nur die Kabel ansetzen. <b>GE, EA</b>
IP3	Es ist fast wie die Batterie, nur dass ich bei der Batterie nicht selber das Ungleichgewicht erzeugen muss und hier schon, weil ich quasi die Batterie in Echtzeit aufladen muss. <b>GE</b>
IP4	Bei der Batterie müsste ich nicht kurbeln.
IP5	Eigentlich keinen, außer dass die Energiequellen anders sind. Das heißt, da wird das immer wieder von selber und da muss ich es drehen. Also Arbeitsenergie, die dann umgewandelt wird in Wärme. <b>EB, TE</b>
IP6	Nur dass wir hier die Energie selber erzeugen. Nicht wie bei der Batterie, die Energie schon vorhanden ist. <b>FE, GE</b>
IP7	Eben durch meine Bewegung und dann durch den Dynamo. Energie wird verbraucht. Quasi bei mir, wenn ich Energie hineinstecke. Wenn ich das den ganzen Tag machen würde, dann würde ich irgendwann müde werden und würde nicht mehr weitermachen können. Es geht wahrscheinlich auch Energie verloren, weil nicht immer alle Energie umgewandelt wird und keine Maschine 100% effizient ist. <b>AE, GE</b>
IP8	Der Unterschied ist nur, dass es anders angetrieben wird.
IP9	/
<b>3.5 Wie kommt die Energie zum Lämpchen? Zeichne bitte den Weg in die Skizze und begründe!</b>	
IP1	/
IP2	Mithilfe den Kabeln. <b>EL</b>
IP3	Dann ist eigentlich Wurst in welche Richtung, aber vom Handgenerator wird es halt umgewandelt und geht hier hinein in das Lämpchen. Im Lämpchen ist ein dünner Draht, der leuchtet und kommt wieder zurück und geht dann wieder in dieses Handgeneratorteil hinein. <b>PTE</b>
IP4	Also nochmal dasselbe.
IP5	Jetzt ist die Frage, ob es retour auch wieder geht. Aber es ist ein Stromkreis. Aber die Energie geht dann verloren. Es muss wieder retour gehen. <b>PTE</b>
IP6	Dann zeichne ich es wieder in dieselbe Richtung und dem Kabel entlang und bis zum Handgenerator zurück. Das geht wahrscheinlich auch irgendwie unnütz verloren. Jetzt im Nachhinein, wenn ich das so anschau. <b>EVU</b>
IP7	Sie kommt von außen zum Handgenerator und wird da dann wie vorher durch diesen Draht in Form von Elektronen geleitet und hier wieder verbraucht. <b>EL, EVU</b>
IP8	Das schaut gleich aus. Es wird umgewandelt. <b>TE</b>
IP9	Auf welcher Seite ist das schwarze Kabel? Da geht es gar nicht weiter. Weil du brauchst die ganze Energie auf vom Motor, weil du so viel machst, wie viel du brauchst. <b>PE</b>

Tabelle 6: Antworten zum 2. Demonstrationsexperiment

<b>3.6</b>	<b>Was glaubst du können wir beobachten, wenn der Stromkreis geschlossen wird?</b>
------------	--

## Darstellung der Ergebnisse

IP1	Ich sage wieder, dass Elektronen und Protonen wichtig und ich sehe wieder diesen Art Metallzylinder. Das heißt wieder eine Art Energie Umwandlung entsteht, um einen Propeller zum Drehen zu bringen. Erinnert mich an das Windrad. Könnte eine Verbindung haben. <a href="#">TE</a>
IP2	Diese Rotoren drehen sich.
IP3	Wenn die Batterie stark genug ist und der Propeller nicht zu groß ist, dann wird es so passieren, dass die Energie hineinkommt in Form von elektrischer Energie. Dann wird da vorne ein Generator sein, der das, was der Handgenerator gemacht hat, in die andere Richtung macht. Das heißt, er wandelt elektrische Energie in Bewegungsenergie um. Dann dreht sich das, dann dreht sich der Ventilator. Dann kommen halt die Elektronen wieder zurück. <a href="#">PTE</a> , <a href="#">TE</a>
IP4	Jetzt verwenden wir nicht mehr eine Bewegungsenergie, wo ich kurbel, sondern verwenden die Batterie als Energiequelle um den Trafo oder Generator in Bewegung zu setzen und dadurch wird sich das Windrad hoffentlich drehen. <a href="#">TE</a>
IP5	Dann sollte er sich drehen.
IP6	Das hat jeweils damit zu tun, in welche Richtung, also welches Kabel mit dem Plus und welches mit dem Minus verbunden wird. Das bestimmt die Drehrichtung von dem Propeller. Aber sobald Sie es verbinden, sollte es zu drehen beginnen, sofern in der Batterie Ladung drinnen ist.
IP7	Der Ventilator beginnt sich zu drehen und macht das, wofür er gebaut ist.
IP8	Der Ventilator geht an.
IP9	Ich glaube schon, dass er funktioniert. Dass die kleinen Propeller sich drehen und halt Luft machen.
<b>3.7</b>	<b>Was kannst du beobachten? Kannst du den Versuch beschreiben?</b>
IP1	Mir ist aufgefallen, dass sobald das Krokodilteil hier diese Art Anschluss berührt hat, begann es sich schon leicht zu drehen. Sobald es aber vollkommen umklammert hat, ging es richtig schnell.
IP2	Die Rotoren haben sich bewegt.
IP3	Nach dem Anstecken von allen vier Klammern dreht sich der Ventilator.
IP4	In dem Moment, wo Sie das Kabel angeschlossen haben, dreht sich der Ventilator.
IP5	Sobald der Stromkreis geschlossen war, hat er angefangen sich zu drehen.
IP6	Es gibt zwei verschiedene Drehrichtungen. Je nachdem wie es verbunden ist. Es hat damit zu tun, in welche Richtung die Elektronen fließen. Ob sie jetzt vom Minus weg oder vom Plus wegfließen. Sobald es verbunden ist, dreht sich der Propeller entweder gegen den Uhrzeigersinn oder im Uhrzeigersinn.
IP7	Sobald der Stromkreis geschlossen ist, beginnt sich der Ventilator zu drehen, wird immer schneller und wenn der Stromkreis wieder gebrochen ist, hört er auf. Er hat aber noch ein bisschen Schwung und dreht sich fertig bis zum Stillstand.
IP8	Die Energie wird in Windenergie umgewandelt. <a href="#">TE</a>
IP9	Sobald man den Stromkreis schließt, dreht sich das Ding und macht Luft. Macht das nicht dann eigentlich seine eigene Energie, während es sich dreht? <a href="#">PE</a>
<b>3.8</b>	<b>Kannst du erklären, wie es dazu kommt, dass der Ventilator sich dreht?</b>
IP1	Eine Umwandlung der Energie. Das heißt am Anfang war ein niedriger Energiefluss, und es wurde dann verstärkt als es vollkommen verbunden war. Es war nötig, dass es sich verbindet. Es braucht eine Art Verbindung, aber es braucht eine gute Verbindung. <a href="#">EF</a> , <a href="#">PTE</a>
IP2	Mit Hilfe der Batterie wurde diese elektrische Energie aber dieses Mal in Bewegungsenergie umgewandelt. Mit diesem Ding hier, welches auch aussieht wie ein Generator. Der Strom, der durchfließt und vom Generator in Bewegungsenergie umgewandelt wird. <a href="#">TE</a> , <a href="#">EB</a>
IP3	Ursache für die Drehbewegung ist die Umwandlung der elektrischen Energie in Bewegungsenergie und die elektrische Energie kommt in den Generator nach oben, weil wieder das Ungleichgewicht herrscht zwischen Protonen und Elektronen, also zwischen positiven und negativen Ladungen. <a href="#">TE</a>
IP4	Davor hatten wir diesen Handgenerator, den ich gekurbelt habe. Beim Kurbeln wurden die Zahnräder um eine Achse bewegt und dieser Achse die Energie gegeben, dass sich hier ein Magnetfeld bilden kann und dadurch Strom entsteht. Und dieses Mal verwenden wir Gleichstrom, damit das Magnetfeld entsteht und nochmal Strom entsteht. Wenn das Magnetfeld entsteht, wird eine elektromagnetische Induktion. Das Magnetfeld wird ausgelöst, sobald sich der Magnet der Spule nähert und jedes Mal wenn eine Änderung passiert oder stattfindet. Es muss sich deshalb die ganze Zeit verändern. <a href="#">EA</a>

## Darstellung der Ergebnisse

IP5	Es geht wieder Strom von der Batterie aus. Und die treibt dann den Generator an. Und der wiederum hat eben das Teil vorne, das sich dann dreht, und dadurch werden die Ventilatorblätter gedreht. Und dann muss der Stromkreis wieder geschlossen sein, damit es sich immer wieder drehen kann, weil sonst würde es einfach nur dort bleiben und nicht weitergehen. <a href="#">EB</a>
IP6	Drinne ist ein Motor und vorne ist der Propeller dran. Es hat was zu tun mit Elektromagneten, die aktiviert werden. Es funktioniert irgendwie so, dass drinnen ein Metallstab ist, an dem an einer Stelle ein kleiner Magnet befestigt ist, der dann immer zu einem Elektromagnet hin schwingt, die dann nach der Reihe aktiviert werden. Aber das ist wahrscheinlich zu simpel.
IP7	Wieder die Energie, die zugeführt wird durch die Batterie. Und dann wird die elektrische Energie wieder umgewandelt im Dynamo und dann in kinetische oder Bewegungsenergie umgewandelt. <a href="#">TE</a>
IP8	Die Energie wird weitergeleitet über den Stromkreis in das Windings, dort wird sie umgewandelt und wird dann zu Windenergie. <a href="#">EL</a>
IP9	Wegen Strom, also Energie. <a href="#">EU, EB</a>
<b>3.8.1 Was passiert im Inneren des Kabels?</b>	
IP1	Die Elektronen fließen durch und wieder durch den Generator, um zu einem Proton zu kommen und sobald das durchfließt, passiert irgendwas im Generator. Durch das Durchfließen wird etwas aktiviert, das das Rad zum Drehen bringt.
IP2	Da fließt Strom. Es ist dasselbe Prinzip, wie bei den anderen. <a href="#">EB</a>
IP3	Im Inneren des Leiters werden die Elektronen geleitet. Das hier ändert sich nicht, diese blauen Drähte.
IP4	In einem Kabel wird die Energie hin transportiert und dort wird dann durch den Strom der Magnet in Bewegung gesetzt und durch das Magnetfeld entsteht eine elektromagnetische Induktion. Und die wird dann wieder verwendet, damit der Ventilator sich dreht. <a href="#">EL</a>
IP5	Also es wird wieder weitergeleitet wie ein Fluss. Das Drehen ist wegen dem Generator, weil der treibt das Zähnchen da vorne, das sich dreht. Und dadurch drehen sich auch die roten Teile. <a href="#">EF</a>
IP6	In den Leitern fließen wieder Elektronen durch, wandeln dann hier im Motor die elektrische Energie in elektromagnetische Energie um. Die geht dann am Ende wieder verloren teilweise und so ein ganz kleiner Teil kommt dann zur Batterie wieder zurück oder wird auf dem Weg in Wärmeenergie umgewandelt. <a href="#">EL, PTE</a>
IP7	Wieder dass Elektronen vom Minus zum Plus fließen.
IP8	Es ist nochmal das Metall. Egal, was genau es ist, was die Energie weitergibt, es ist bei jedem Stromkreis dasselbe. Da gibt es ein physikalisches Prinzip/ein physikalisches Gesetz, dass bei jeder Form von Energieweitergabe oder -umwandlung bestimmt, dass es funktioniert. <a href="#">TE</a>
IP9	Wenn wieder der Stromkreis da connected ist, kann die Energie durchfließen und ich glaube bei dem kommt es wieder zurück. Es ist die Energie bei allen drei, aber der Strom geht durch Steckdosen. Strom ist in Steckdosen, Energie ist in Batterien. Halt Sachen, die Sachen zum Funktionieren bringen. <a href="#">EF, EB, EU</a>
<b>3.9 Welche Rolle spielt die Energie?</b>	
IP1	Eine zum Dreh führende Rolle. <a href="#">EU</a>
IP2	Wieder durch die Kabel und dieses Mal wird sie in Bewegungsenergie umgewandelt. <a href="#">EL</a>
IP3	Umwandlung als Ursache. <a href="#">EU</a>
IP4	Ursache für Magnetbewegung. <a href="#">EU</a>
IP5	Energie kommt wieder von der Batterie aus und wird dann in dem Fall umgewandelt in Windenergie. Es gibt wieder eine Energiequelle und eine Verwendung. <a href="#">GE, TE</a>
IP6	Die Elektronen wären so die Energie. Also die Elektronen sind der Energiefluss. Und die Elektronen bewegen sich selber durch den Stoff durch. Oder regen andere Elektronen an. Eines von beiden wird es sein, weil sonst würde es nicht funktionieren. Also sie sind das, was Energie eigentlich ausmacht. <a href="#">EB, EF</a>
IP7	Ursache für Drehbewegung. <a href="#">EU</a>
IP8	Die Energie von der Batterie wird umgewandelt. Der Ventilator wandelt es in eine andere Form von Energie um. <a href="#">TE</a>
IP9	Ursache für die Drehbewegung. Aus der Batterie. Da ist kein Unterschied. Bis auf, dass das Ding halt anders ist. <a href="#">EU</a>
<b>3.9.1 Wie findet die Energieumwandlung statt?</b>	

## Darstellung der Ergebnisse

IP1	Im Generator. Die Energie fließt durch. Es gibt wieder ein Verbindungsteil. Das ist die Energie und hier wird sie wieder rauskommen zu den Protonen. Die sind hier und hier sind die Elektronen. Sie macht eben diesen Weg. Der Propeller ist verbunden mit einer Scheibe und diese Scheibe wird durch die Elektrizität bewegt und durch die Scheibe werden die Elektronen zu den Protonen weitergebracht. Und der einzige Grund, warum diese Scheibe sich bewegt, ist, weil die Elektronen hindurch müssen zu den Protonen. <a href="#">EF</a>
IP2	Es geht natürlich auch ein bisschen von dieser Energie verloren. In verschiedene unnötige Sachen, die dabei entstehen. Wärmeenergie. Deswegen wird das nicht für immer ausreichen. Irgendwann mal wird das stoppen. <a href="#">EVU, GE</a>
IP3	Energie wird dadurch transportiert, dass sie einerseits, wie bei den Versuchen davor schon durch die Leiter sich durchbewegt, also die Elektronen bewegen sich durch. Der elektrische Strom bewegt sich durch. Dann im Generator wird es umgewandelt und dann fließt es wieder zurück. <a href="#">EF, EB</a>
IP4	Hier ist diese gespeicherte Energie, die dann über die Kabel transportiert wird und dann zum Generator kommt, der dann die Drehbewegung auslöst. <a href="#">GE, EL, EK</a>
IP5	Also die ganze Energie, die von der Batterie ausgeht, wird nicht umgewandelt. <a href="#">PTE</a>
IP6	Also nicht verloren, es wird halt umgewandelt in Wärmeenergie. Elektrische in elektromagnetische Energie, letztendlich Bewegungsenergie, weil sich der Propeller dann dreht. Wieder durch die Elektronen, die durchfließen. <a href="#">TE, EL</a>
IP7	Es wird auch nicht die ganze Energie umgewandelt wahrscheinlich. Ich denke, dass irgendwo immer Energie verloren gehen wird. Ich weiß nicht, ob es bei dem so ist. Aber irgendwann werden die Kabel heiß laufen und die Kontakte warm werden und da geht eben auch Wärmeenergie verloren. <a href="#">PTE, EVU</a>
IP8	Durch die Metalle. <a href="#">EL</a>
IP9	Durch das Kabel. Da drin ist ein kleiner Motor und dann wird der halt gedreht und dann dreht sich das Ding außen, was Wind macht. Wenn man die beiden Kabel nicht angesteckt hat, dann springt der Motor aus dem Platz raus. Es kann sich nicht drehen, wenn nur ein Ding angeschlossen ist. Sobald man es wieder ansteckt, dann ist da so ein magnetisches Ding, das es zu seinem Platz tut und dann dreht es sich. <a href="#">EL</a>
<b>3.10</b>	<b>Wie kommt die Energie zum Lämpchen? Zeichne bitte den Weg in die Skizze und begründe!</b>
IP1	/
IP2	Es kommt wieder zurück. <a href="#">PTE</a>
IP3	So stelle ich mir das vor.
IP4	Dann müsste ich hier noch einen neuen Stromkreis zeichnen, der von dem ausgehen würde. Die Energie geht ja von hier nach da, wird sozusagen durch die Bewegung vom Magneten oder Magnetfeld induziert auf das andere. Und geht da rein. Aber sie kann ja nicht zurück. Sobald ich hier den Strom abdrehe, wird sich der Magnet nicht mehr bewegen können und kein Magnetfeld mehr induzieren und hier würde ja weiterhin Strom sein. Also sozusagen das, was nicht verbraucht wurde, noch eine Runde dreht. Ob es noch ausschwingt. <a href="#">EB, GE, EA, EL</a>
IP5	Und dann wieder retour. <a href="#">PTE</a>
IP6	Also es geht wieder hier in die Richtung, dann den ganzen Kabel entlang, geht hier dann halt durch den Propeller durch. Da wird ein Großteil der Energie umgewandelt und der Rest wird hier in Wärme umgewandelt, falls noch irgendwas da ist. Auf dem Weg zurück geht wieder alles verloren. <a href="#">EVU, EL</a>
IP7	Und halt manchmal geht Energie verloren. Bei dem habe ich es einfach irgendwie gemacht und bei den zwei vom Minus- zum Pluspol, also im Verlauf der Elektronen. <a href="#">PTE</a>
IP8	Mhm! Wieder dasselbe.
IP9	Da wird bisschen etwas von der Energie benützt. <a href="#">PTE</a>

Tabelle 7: Antworten zum 3. Demonstrationsexperiment

<b>4.1</b>	<b>Kann es sein, dass eines dieser Lämpchen heller leuchtet? Kann es auch sein, dass eines gar nicht leuchtet?</b>
------------	--

## Darstellung der Ergebnisse

IP1	Ich glaube, es kommt darauf an, welche Batterie. Ich würde sagen, wären die Batterien anders, wäre die Stromstärke anders. Stromstärke und irgendwas mit A noch, Ampere. Wenn das unterschiedlich ist, ist auch die Lichtstärke anders, die man da sieht. Es leuchtet heller oder eben weniger. Ansonsten wird es gleich sein vom System her, weil die beiden Lämpchen gleich ausschauen.
IP2	Die Lämpchen leuchten auf. Das ist heller als dieses hier. Das ist dicker. Dieses kleine Drähtchen drinnen. Es sollte das dickere sein, welches heller leuchtet.
IP3	6 Volt, 50 Milliampere. Und die zwei sind auch nicht dieselben, weil da steht 6,2 Volt 0,3 Ampere. Und die ist 3,5 V. Hier geht es um Spannung und Ampere. Ich weiß nicht, wie viel aus der Batterie hinauskommt. 9 Volt? 4,5 Volt. Die davor hatte 3,5 Volt, das heißt dafür hat die Spannung ausgereicht. Die hier hat 6,2 Volt. Ich denke, dass die mit 6,2 nicht leuchten wird, aufgrund der mangelnden Spannung. Und die hier hat auch 6 Volt. Ich denke, dass sie auch nicht leuchten wird. Ich weiß nicht, ob es irgendeinen Unterschied macht, ob es sein kann, dass die eine vielleicht ganz schwach leuchtet. Das kann vielleicht sein. Die mit der niedrigeren Spannung wird schwach leuchten.
IP4	Ich glaube, dass beide anders leuchten. Ich weiß zwar nicht welches heller, weil es ist der dickere Draht oder zumindest ist es derselbe Draht nur nicht aufgerollt. Der ist viel dünner. Es wird einen Unterschied geben. Wenn nicht die Batterien unterschiedlich sind. Ich glaube, es wird schon einen Unterschied im Leuchten geben.
IP5	Ich glaube, dass beide leuchten werden. Der eine hat halt einen gebogenen Draht und der andere nicht. Also einen unterschiedlichen Draht haben sie, aber sie sollten beide leuchten.
IP6	Leuchten können sie beide, obwohl der Draht hier um einiges dicker ist. Der hier hat einen wirklich, wirklich sehr feinen Draht. Ich gehe davon aus, dass dieser Draht noch existiert, und denke, dass das ziemlich hell leuchten wird im Gegensatz zu dieser Lampe. Das Lämpchen mit dem dünnen Draht leuchtet heller, weil die Wärmekapazität niedriger ist, weil weniger Masse vorhanden ist. Eigentlich sollte es schon am Draht liegen. Es kann auch an den Batterien liegen. Und vor allem gleich geladen. Das ist das Wichtigste. <a href="#">EL</a>
IP7	Also es kann gut sein, dass sie unterschiedlich leuchten oder dass eines gar nicht leuchtet, weil ich weiß nur von einer Batterie, dass sie voll ist. Wenn sie gleich sind, werden beide Lampen aufleuchten, außer wenn eine davon defekt ist. Es kann aber sein, dass eine stärker oder schwächer leuchtet, wenn die nicht gleich sind. Also wenn eine ein bisschen defekt ist oder der Kontakt nicht ganz sauber ist oder ein bisschen gerostet ist. Oder wenn die eine zum Beispiel eine andere Farbe hat oder so. Die hier hat einen dünneren Draht. Ich vermute, dass die weniger hell leuchtet.
IP8	Nein, sie werden nicht beide leuchten, aber eigentlich schon.
IP9	Es gibt einen Unterschied drinnen. So die kleinen Dinger drin sehen anders aus. Beide ja. Ich glaube, die leuchtet heller, weil sie anders aussieht. Sie ist irgendwie so eine normale Lampe. Sie sieht aus wie jede andere Lampe, die ich in meinem Zimmer habe. Weil das Ding rund ist. Und da unten ist so ein kleiner Glasding.
<b>4.2</b>	<b>Was kannst du beobachten? Kannst du den Versuch beschreiben?</b>
IP1	Das muss in den Leitern sein. Trotzdem leuchtet das weniger als das hier.
IP2	Dass das dickere heller ist.
IP3	Ich beobachte, dass die mit der höheren Spannungsanzahl, also mit der höheren Spannung stärker leuchtet als die mit der geringeren Spannung.
IP4	Das dieses heller leuchtet? Das hat den dickeren Draht.
IP5	Es leuchten beide wieder. Obwohl man merkt, dass der eher glüht. Also es glühen beide, aber der strahlt nicht so sehr wie der andere, aber das hängt wahrscheinlich von der Drahtkrümmung hier ab. Also die mit dem Bogen strahlt heller.
IP6	Man sieht wirklich wenig Unterschied. Bisschen stärker ist diese, glaube ich, geladen. Wobei ich mir gar nicht so sicher bin. Also ja, es liegt schon in den Lämpchen. Und dass anscheinend die Masse damit nichts zu tun hat.
IP7	Es leuchten beide. Die mit den blauen Kabeln leuchtet schwächer und die mit den roten stärker.
IP8	Eines ist schwächer als das andere.
IP9	Die ist relativ hell. Die ist heller und die andere, wo ich gesagt habe, dass sie nicht heller sein wird.
<b>4.3</b>	<b>Kannst du deine Feststellungen erklären?</b>

## Darstellung der Ergebnisse

IP1	Da ist eine Zahl drauf. 50 Milliliter Milliampere. Da steht gar nichts drauf. 6,2 Volt, 0,3 Ampere. 50 Milliampere und 6 Volt. 3 Ampere ist mehr als 50 Milliampere. Das heißt Ampere ist der Messwert für die Stromstärke haben wir gesagt, deswegen leuchtet auch das Licht stärker, weil mehr Ampere durchfließen kann. Ampere ist wie viele Elektronen benutzt werden innerhalb von einer Sekunde, das heißt ein Ampere wäre so und so viel Elektronen können benutzt werden. Und 50 Ampere wären 50 mal so viele Elektronen werden benutzt für eine Stärke. <a href="#">EB</a>
IP2	Die glühen auf, diese Metalle und bei dem ist es halt dicker und viel mehr und es verträgt doch viel mehr Strom. Es leuchtet heller auf, weil es auch größer ist als das feine. Das würde sogar schneller kaputtgehen, weil wenn es überhitzt oder irgendwie abbrennt, wird das aufhören zu leuchten. Deshalb leuchtet das schwächer und weniger.
IP3	Also weil im Strom vielleicht beide Faktoren mitspielen, also Spannung und Stromstärke. Und wir hier 50 Milliampere und hier haben wir 0,3 Ampere. Also mehr als 50 Milliampere. Das heißt die Lampe hat sowohl eine höhere Spannung als auch höhere Stromstärke als die hier. Das bedeutet, dass anscheinend eine höhere Stromstärke bedeutet, dass weniger Strom gebraucht wird um die Lampe zum Glühen zu bringen. Weniger Spannung und weniger Stromstärke.
IP4	Weil mehr Draht ist und wenn der halt auch zum Glühen versetzt wird, dann ist halt mehr das glüht. Es ist wahrscheinlich auch ein anderes Material. Also dass es materialbedingt heller glüht.
IP5	Dass der vielleicht so gebogen/so eine v- oder u- Form. Es ist überall gleich viel Energie drauf. Vielleicht einfach weil es keinen Knick drin hat. <a href="#">EL</a>
IP6	Vielleicht hat die Masse schon etwas zu tun damit und zwar, dass bei dem Draht einfach mehr Licht entstehen kann. Sagen wir, dieser Draht hat ein Zehntel der Masse von dem Draht hier, dann ist hier das Licht zehnmal so stark wie da. Also je mehr Masse, desto heller wird auch das Licht. Auf der Seite sind beide 50 Milliampere. 0,3 Ampere. Also hier rinnt mehr Strom durch, also wird mehr Strom umgewandelt. Weil die hier hat 50 Milliampere und die hat 0,3 Ampere und Milliampere sind Tausendstel Ampere. Das heißt die hat 300 Milliampere und die halt nur 50. Das heißt, hier rinnt mehr Strom durch. Das heißt, hier wird es auch heller, weil es wärmer wird. <a href="#">EB</a>
IP7	Also die hat einen dünneren Draht und da kann es halt sein, dass da weniger Elektronen gleichzeitig durchkommen oder so. Und es daher weniger hell aufleuchtet.
IP8	Die Batterie ist schwächer als die. Die Kabel sind unterschiedlich. Die Lämpchen sind unterschiedlich. Das eine Lämpchen hat eine kleinere Glühbirne, das andere eine größere? Ich meine, einen kleineren Draht. Das eine Lämpchen hat einen Draht, der oben so ein Dreieck bildet und das andere nicht.
IP9	Ich glaube, es hat etwas mit den Kabeln zu tun. Obwohl nein, es sind dieselben Kabel.
<b>4.3.1 Was passiert im Inneren des Kabels?</b>	
IP1	Die Kabel sind anders, das heißt vielleicht kann in diesem Kabel mehr Elektrizität durchfließen. Vielleicht ist das das richtige Kabel. Es hat nichts mit dem Kabel zu tun, aber in dieser Glühbirne kann mehr Licht reinkommen, weil mehr Ampere akzeptiert wird, weil mehr Ampere durchkommen kann. In diesem Licht ist es weniger, deswegen ist auch das Licht schwächer.
IP2	Es werden einfach nur mehr Elektronen verwendet, weil mehr verwendet werden können als beim anderen. Wenn das da jetzt viel stärker wäre und bei dem wäre dasselbe, glaube ich, dass das ziemlich schnell verbrennen würde.
IP3	Ich glaube nicht, dass Sie das rote oder blaue Kabel manipuliert haben. Ich denke, dass es dasselbe Kabel ist. Auch die Batterien werden wahrscheinlich gleich stark sein. Der einzige Unterschied ist wirklich nur in den Lämpchen und ich denke, dass ganz normal die Energie durchfließt, also die Elektronen fließen durch, und auf der anderen Seite geht es wieder zurück. Der Draht erhitzt sich. Hier erhitzt er sich mehr. Hier ist der Draht dünner oder anders. Trotzdem kommen hier die Elektronen rein und gehen wieder zurück, nur die hier ist effizienter. <a href="#">EF</a> , <a href="#">EK</a>
IP4	Wie beim ersten Versuch. Strom fließt halt im Kabel hin und wird dann durch diese Pseudo-Bewegungsenergie der Atome, bewegt sich halt auch und erhitzt sich dadurch und dann beginnt es halt zu glühen. <a href="#">EA</a> , <a href="#">EK</a>
IP5	Es wird halt wieder weitergeleitet, dadurch dass Metall drin ist und gelangt dann so zum Lämpchen. <a href="#">EL</a>

## Darstellung der Ergebnisse

IP6	Der Elektronenfluss durch den Draht auf einmal ist stärker als bei diesem Lämpchen. <a href="#">EB</a>
IP7	Man kann sich so eine Art Elektronenstau vorstellen.
IP8	Das Metall ist nicht verbunden bei dem einen und dort, wo das Metall nicht verbunden ist, leuchtet es schwächer. Dort, wo das Metall verbunden ist, leuchtet stärker. Weil das Metall die Energie leitet und wenn es verbunden ist, dann ist es nochmal ein geschlossener Stromkreis. <a href="#">PTE</a>
IP9	/
<b>4.4</b>	<b>Welche Rolle spielt die Energie?</b>
IP1	Ich glaube in beiden Batterien ist gleich viel Energie, weil sie auch gleich ausschauen und von der selben Marke sind. <a href="#">GE</a>
IP2	Wie bei den anderen Sachen, dass sie umgewandelt wird in Wärmeenergie. <a href="#">TE</a>
IP3	Die Energie kommt in Form von elektrischer Energie, weil hier negativ und positiv geladen ist. Das Ganze möchte wieder in ein Gleichgewicht kommen und deswegen werden die Elektronen in dieser Batterie mit 4,5 Volt und einer Stromstärke durchgeschickt, kommen durch das Lämpchen und kommen wieder zurück. <a href="#">PE</a>
IP4	Pseudo-Bewegungsenergie als Ursache für Leuchten. <a href="#">EU</a>
IP5	Dass es wieder von der Batterie ausgeht und dann durch das Lämpchen bewegt, dass es leuchtet. Es wird Licht freigesetzt oder Wärme in dem Fall. <a href="#">EL, EK</a>
IP6	Ohne Energie würde es nicht leuchten, weil ohne irgendeine Energieform, die letztendlich zu elektrischer Energie und dann zu Wärme umgewandelt werden kann, würde es hier keine Veränderung geben. Jetzt gibt es keine Energieeinwirkung darauf bzw. keine elektrische oder Wärmeenergieeinwirkung, also passiert auch nichts. <a href="#">EU</a>
IP7	Sie bezweckt wieder, dass die beiden Lampen leuchten. Und die unterschiedliche Menge von umgewandelter Energie, dass sie verschieden leuchten. <a href="#">EU, TE</a>
IP8	Es ist wieder eine Energieumwandlung von Energie aus einer Batterie zu Lichtenergie. Und es läuft über die Drähte. <a href="#">EL</a>
IP9	Es hat etwas mit den Lampen zu tun. Die benützt mehr Energie als die. <a href="#">FE</a>
<b>4.4.1</b>	<b>Gibt es bezüglich der Energie Unterschiede zwischen den zwei Stromkreisen?</b>
IP1	Bei dieser Glühbirne wird Energie weniger schnell verbraucht, weil weniger Energie durchfließen kann, weil weniger Energie verbraucht wird. <a href="#">GE, EF</a>
IP2	Bei dem ist es stärker. Da wird einfach mehr umgewandelt, weil die Kapazität besser ist. Durch die Bauart von diesen Kreisläufen. Es könnte sein, dass die Batterien vielleicht verschieden stark sind, aber sollte nicht so sein. Die Fäden sind unterschiedlich groß. <a href="#">EL</a>
IP3	Ich glaube, dass am Stromkreis an sich, sich nichts ändert. Ich glaube, dass es in beiden gleich ist. Ich glaube, dass bei beiden 4,5 Volt reinkommen, also rauskommen von Elektronen. In diesem Fall wird anscheinend ein möglichst dünner Draht, der genau dem angepasst ist, am Hellsten leuchten. Die Energie kommt so oder so durch, weil es ist ja das Ziel der Elektronen rüberzukommen und das Lämpchen möglichst hell leuchten zu lassen. Wenn wir einfach die zwei zusammen stecken würden und gäbe es gar keine Lampe, würde der Stromkreis trotzdem fließen und die Batterie würde leer werden. Bei dem Lämpchen, das heller leuchtet, kommen weniger Elektronen wieder hier an, weil mehr Energie schon hier vorne verbraucht wird für das Lämpchen, dass es leuchten wird. Bei dem hier ist es weniger der Fall. Da wird mehr hier ankommen, weil der Draht wahrscheinlich dicker ist und das besser durchkommt und weniger Energie verloren geht durch Hitze und Licht. Ich glaube, dass vom Energiefluss her gleich ist. <a href="#">EB, GE, EVU, EF</a>
IP4	Nein, außer halt das bei diesem Lämpchen ein anderes oder einfach mehr Material verwendet wurde. Hier benötigt man mehr Energie, dadurch dass der Draht dicker ist. Da bräuchte man mehr Energie hier, damit es zum Glühen beginnt. Aber in der Größe ist es minimal. Auf jeden Fall braucht es hier mehr Energie. <a href="#">PTE</a>
IP5	Das sind dieselben Batterien und die Farben der Kabel sind nicht so wichtig. Von der Dicke der Kabel, aber ich glaube nicht, nein.
IP6	Also es fließen wieder Elektronen von der einen Seite zur anderen Seite der Batterie zurück und es verbraucht sich bei beiden genauso bis zum Ende. Also die Energie ist am Ende dann genauso umgewandelt in andere Energie und kann nicht mehr als elektrische Energie verwendet werden. Bei dem hier wird weniger Energie umgewandelt. Hier wird der Akku langsamer leer als hier, weil das Lämpchen weniger Energie auf einmal verwendet. Zum gleichen

## Darstellung der Ergebnisse

	Zeitpunkt oder über die gleiche Zeitspanne verwendet das mehr Energie als das hier und das hier funktioniert dadurch aber länger, weil mehr Energieladung vorhanden ist. <a href="#">EVU</a> , <a href="#">TE</a>
IP7	Bei den blauen Kabeln, also die weniger leuchtet, wird weniger Energie umgewandelt. <a href="#">TE</a>
IP8	Nicht, das ich wüsste.
IP9	Nein, aber bei dem kommt mehr Energie zurück und weniger wird reingeleitet. Und bei dem kommt mehr Energie rein in die Lampe und weniger wird zurückgeleitet. Das hat 100. Davon wird 60 benützt und 40 kommt zurück. Wenn das auch 100 hat, 40 wird benützt und 60 kommt zurück.
<b>4.4.2</b>	<b>Bleibt die Energie erhalten?</b>
IP1	Die Energie bleibt immer vorhanden, ob sie jetzt umgewandelt wird oder nicht, sie muss noch immer vorhanden bleiben. Meistens wird sie in der Wärme zu Ende gehen. <a href="#">TE</a>
IP2	/
IP3	Die Energie bleibt immer erhalten, weil laut dem Energieerhaltungsgesetz kann die Energie nicht zerstört werden. In diesem Fall heißt das, dass hier die Energie hineinkommt und quasi sehr viel von den Elektronen, die hinein geschickt werden, auch hier wieder ankommen. Also das ist bei dem mehr so als bei dem, weil hier wird ein bisschen Energie verbraucht um das Ganze warm zu machen und hell zu machen. Das ist bei dem weniger. Energieerhaltungssatz. Die Energie wird umgewandelt in Hitze, also in Wärme und Licht. <a href="#">TE</a> , <a href="#">EB</a>
IP4	Es wird wieder Strahlungsenergie und Wärmeenergie abgegeben. <a href="#">TE</a>
IP5	Energie kann ja nicht verloren gehen, sondern nur umgewandelt. In dem Fall wird sie in Wärme bzw. Licht umgewandelt, aber geht nicht verloren. Indem es auf das Lämpchen trifft und das Lämpchen ist praktisch der Umwandler und setzt dann das Licht aus durch Glühen und wird wärmer. <a href="#">TE</a> , <a href="#">EK</a>
IP6	/
IP7	Ja, also in einem System bleibt die Energie immer erhalten. Es wird nicht die ganze Energie umgewandelt. <a href="#">TE</a>
IP8	Sie wird umgewandelt in Lichtenergie. <a href="#">TE</a>
IP9	/
<b>4.5</b>	<b>Wie kommt die Energie zum Lämpchen? Zeichne bitte den Weg in die Skizze und begründe!</b>
IP1	/
IP2	Kein Unterschied!
IP3	Also im Stromkreis ist es halt immer so, dass es vom Negativen zum Positiven fließen möchte, und wenn er geschlossen ist, gehen die Elektronen immer in die Richtung. Das war jetzt auch bei denen immer schon so. Wenn ich die jetzt miteinander vergleiche und das hier jetzt das rote ist und das jetzt das blaue, also da war das hellere Lämpchen, ist. Und nur irgendeine Zahl, 100 Elektronen pro Sekunde losgeschickt werden. Von diesen 100 Elektronen werden bei dem blauen hier vorne nur 10 verwendet. Das heißt hier kommen nur mehr 90 an. Und bei dem roten, wo es mehr war, kommen hier auch 100 pro Sekunde. Das kommt eben auf die Spannung an. Bei dem werden vorne mehr gebraucht und deshalb kommen hier nur noch 80 an pro Sekunde. <a href="#">EF</a> , <a href="#">GE</a>
IP4	Wie vorhin, weil wir haben ja keine elektromagnetische Induktion, die sozusagen einen anderen Stromkreis bringt, sondern wir sind in einem geschlossenen.
IP5	Gibt keinen Unterschied.
IP6	Also die Wege sind exakt gleich. Das heißt, es geht bei a) so wie bei b) einmal im Kreis herum, wobei hier dann die Energie als elektrische Energie unnutzbar ist. Hier beim helleren ist aber halt der Energiefluss/der Elektronenfluss größer als auf dieser Seite. <a href="#">EF</a> , <a href="#">EB</a>
IP7	Ich denke, dass sie wieder gleich verläuft wie bei den anderen. Und auch wieder hier umgewandelt wird. Und bei dem einen halt entweder mehr Energie verloren geht oder weniger Energie umgewandelt wird in sichtbares Licht. <a href="#">PTE</a>
IP8	Meine Theorie ist, dass es da von beiden Seiten einmal umgewandelt werden muss, und da von beiden also jeweils einmal und da von beiden Seiten. Dass da der Kreis halt komplett geschlossen ist und da nur halb. <a href="#">PTE</a>
IP9	a) ist die hellere. Die Lampe, die weniger hell leuchtet, leuchtet länger. Da wird mehr Energie benützt im Generellen, weil die Lampe mehr Energie einfach so benützt. Das ist eher so eine, die weniger benützt. Es braucht nicht so viel Energie auf, das heißt, es gibt mehr Energie in der Batterie. <a href="#">FE</a> , <a href="#">GE</a>

<b>4.6</b>	<b>Kennst du den physikalischen Begriff ‚Leistung‘? Was kann man darunter verstehen?</b>
IP1	Leistung ist, wie sehr die Energie hilft.
IP2	Dass manche Geräte viel mehr Leistung aufbringen können und vertragen als andere.
IP3	Eine Wattstunde ist die Energie, die benötigt wird, um 100 Gramm, also eine Tafel Schokolade oder was auch immer, um einen Meter pro Sekunde hinaufzuheben. Irgendetwas mit Watt oder Wattstunde. Dann gibt es noch Kilowattstunden. Das ist eben das Ganze mal 1000.
IP4	Ich habe davon gehört, aber die genaue Definition kenn ich jetzt gerade nicht. Also eine Leistung ist sozusagen, die jemand macht. Leistung und Energie. Leistung ist nicht gleich Kraft. <a href="#">EB</a>
IP5	Das ist ein großer Begriff. Also z.B. an dem Windrad oder Ventilator.
IP6	Davon gehört habe ich im Physikunterricht. Ich weiß, es wird in Watt gemessen. Und die Formel hat irgendwas mit Umwandlung von Energie durch Spannung zu tun. <a href="#">TE</a>
IP7	Ja, ich kann es nicht erklären.
IP8	Wie stark etwas leuchtet oder wie stark Energie ist.
IP9	Eine Leistung ist, wenn man etwas macht und es dann gut ist. Dann leistet man sich halt was. Keine Ahnung. Sagen wir, du kaufst dir was. Dann leistest du dir was. Ich habe noch nie Leistungen in Physik gehört.
<b>4.6.1</b>	<b>Wie unterscheiden sich Leistung und Energie?</b>
IP1	Leistung ist, wie sehr die Energie hilft.
IP2	Die Energie kann so groß sein, wie es will, oder so viel sein, wie es will. Das würde nicht wirklich einen Schaden haben und bei der Leistung ist es so, dass man eine gewisse Größe davon haben muss, ansonsten geht's kaputt oder geht gar nicht.
IP3	Die Leistung gibt an, wie viel etwas verbraucht. Leistung gibt an, wie stark ein Gerät zum Beispiel ist, indem es eben sagt, wieviel es bewegen könnte pro Sekunde. Die Energie ist einfach da, also es gibt eine bestimmte Anzahl an Energie, wie viel Joule im ganzen Universum und die ist da, wird dauernd umgewandelt. Leistung ist nur eine Einheit oder so. <a href="#">EVU</a> , <a href="#">TE</a> , <a href="#">EB</a>
IP4	Energie ist das, was uns oder was anderes bewegt. Und Leistung ist die Kraft der Energie, wie stark. <a href="#">EU</a> , <a href="#">EA</a> , <a href="#">EB</a>
IP5	Also Energie macht eigentlich nichts. Es bringt etwas dazu. Und Leistung könnte ein Ergebnis der Energie sein. Aber nicht unbedingt nur. Die Leistung ist auch nicht immer das Ergebnis davon. Es kann sein, muss aber nicht. <a href="#">EU</a>
IP6	Ich glaube, die Leistung ist das, was wir hier halt jeweils unterschiedlich haben. Hier ist die Leistung geringer als hier und dadurch auch der Energiefluss ist hier in der selben Zeitspanne geringer und da halt größer. <a href="#">TE</a>
IP7	Also Leistung ist quasi die verrichtete Arbeit und Energie ist quasi das Potenzial, dass Leistung erbracht wird. <a href="#">EB</a>
IP8	Ganz einfach formuliert.
IP9	Energie bleibt immer gleich, aber power kann stärker sein. Wenn du dir einen Fön vorstellst, dann kannst du ja einstellen die Stärke, aber du kannst nicht einstellen, wie viel Energie durchgeht.
<b>4.6.2</b>	<b>Gibt es bezüglich der Leistung Unterschiede zwischen den zwei Stromkreisen?</b>
IP1	/
IP2	/
IP3	/
IP4	Es wird in der selben Zeit übertragen. Hier ist das Lämpchen mit dem dünneren Draht und hier mit dem dickeren Draht. Das leuchtet heller, das leuchtet weniger hell. Und die selbe Zeit. Hier ist mehr Leistung, weil in der selben Zeit mehr Energie umgewandelt wird, also Strahlenenergie. Und hier ist weniger Leistung, weil weniger Energie benötigt wird, damit es leuchtet oder halt abgegeben wird. Weil der Draht dicker ist. Wenn es jetzt heller leuchten würde, aber ein dünnerer Draht oder gleich dünner Draht, würde es halt materialisch so sein, also kanns auch sein, dass mehr Leistung gebraucht wird. <a href="#">TE</a> , <a href="#">EU</a>
IP5	Indem die Energie eingesetzt wird, das ist in dem Fall die Batterie, unterschiedliche Volt haben. Also Stromstärke, wie viel Strom übertragen wird. Das ist die Einheit für die Stromstärke, also wie viel Strom drin ist, wie viel gespeichert ist oder wie viel weitergeht. Also Strom ist

## Darstellung der Ergebnisse

	eine Energieform. Und ich weiß nicht, ob es in der Batterie erzeugt wird oder schon gespeichert ist. Nachdem man Batterien aufladen kann, würde ich meinen, dass es gespeichert ist. <b>EB, GE</b>
IP6	Also hier ist die Energie pro Zeit auf jeden Fall kleiner. Also hier ist die Energie pro Zeit, also Leistung, niedriger, weil hier weniger Energie im selben Zeitraum durchfließt wie hier. Ich habe vorhin gesagt, die hier leuchtet vielleicht zehnmal so hell. Das heißt, hier würde ein Zehntel der Energie von hier durchfließen. <b>EF</b>
IP7	Also die, die weniger hell leuchtet, hat weniger Leistung oder da wird weniger Leistung erbracht als der Stromkreis mit der helleren Lampe. Weniger Energie pro Zeit. Also im Stromkreis ist gleich viel Energie, aber sie wird halt langsamer freigegeben. <b>TE</b>
IP8	Der hat eine schwächere Leistung als der. Weil es mehr Energie braucht um heller zu leuchten. Mehr Energie wird umgewandelt. <b>TE</b>
IP9	Beide waren relativ schnell. Die mit den roten Kabeln, also die hellere Lampe, langsamer angeht als die andere. Weil mehr Energie umgewandelt werden muss. Man kann nicht wirklich länger sagen, weil es ist halt ungefähr gleich. Man merkt es eh nicht, weil es relativ schnell ist.

Tabelle 8: Antworten zum 4. Demonstrationsexperiment

Aus den Tabellen lässt sich erkennen, dass zu manchen Fragen, wie beispielsweise zur Beschreibung der Beobachtungen, teilweise keine Codes zugeordnet werden konnten. Dies liegt meist daran, dass in den Antworten der SchülerInnen der Energiebegriff gar nicht vorkam und das Konzept der Energie nicht verwendet wurde. Außerdem ist sofort erkennbar, dass zu einigen Fragen sehr viele und unterschiedliche Rahmenkonzepte gleichzeitig existieren. Beispielsweise traten zu Beginn verschiedenste Assoziationen mit dem Energiebegriff und den Abbildungen auf, weshalb auch mehrere Denkweisen und Frameworks klassifiziert werden konnten. Eine eindeutige Zuweisung ist also nur selten möglich.

In der nachfolgenden Tabelle 9 ist dargestellt, wie häufig die einzelnen Codes den Aussagen der SchülerInnen in den neun Interviews zugewiesen werden konnten. Dabei wird zwischen einer deduktiven Kategorienzuordnung, welche auf den theoretischen Grundlagen aus Kapitel 2.2 basiert, und einer induktiven Kategorienbildung unterschieden. Die Nummerierungen entsprechen den jeweiligen Fragen aus dem Interviewleitfaden. In der letzten Spalte wird ersichtlich, wie häufig die einzelnen Kategorien insgesamt wiedergefunden werden konnten. Hierbei muss jedoch erwähnt werden, dass die Interviewfragen selbst gewisse Rahmenkonzepte provozieren und andere wiederum ausschließen können. Daher kann diese Häufigkeitsanzahl nicht als Verallgemeinerung interpretiert werden.

Darstellung der Ergebnisse

Nr.	Deduktive Kategorienbildung									Induktive Kategorienbildung			
	AE	EA	PE	FE	EK	EF	PTE	TE	GE	EU	EB	EVU	EL
1.1	3	2			3	1		2	1	1	2		
1.1.1	3	2		1	4			1		4	1		
1.1.2									1		1		
1.1.3			3	6	1		1	3	3		3		2
2.1													
2.2													
2.3					2				2		1		2
2.3.1		1			1				1		1		2
2.4						1		1	1	3	4		1
2.4.1			1	1		1		1	6	1			2
2.4.2						4	2		2	2	2		5
2.4.3											1		
2.5						2	2	1					4
2.6								3					
2.6.1								4	1	1		3	
2.6.2						2	4		1		1	1	2
3.1		1	2	2	2			2	1		1		1
3.2			1	1	1								
3.3		2	3			1	1	3		1	2		
3.3.1		2	1		1	1	1	1				1	3
3.4					1	2	2	2	1				2
3.4.1	1	1		1				1	4		1		
3.5			1				2	1				2	2
3.6							1	3					
3.7			1					1					
3.8		1				1	1	3		1	3		1
3.8.1						2	1	1		1	2		2
3.9						1		2	1	5	1		1
3.9.1					1	2	2	1	2		1	2	4
3.10		1					4		1		1	1	2
4.1													1
4.2													
4.3											2		1
4.3.1		1			2	1	1				1		1
4.4			1	1	1			2	1	3			2
4.4.1						2	1	2	2		1	2	1
4.4.2					1			6			1	1	
4.5				1		2	2		2		1		
4.6								1			1		
4.6.1		1						2		2	3	1	
4.6.2						1		3	1	1	1		
Σ	7	15	14	14	21	27	28	53	35	26	40	14	44

Tabelle 9: Häufigkeit der zugewiesenen Kategorien-Codes sortiert nach Fragen aus dem Interviewleitfaden

### 6.1.1 Deduktive Kategorienzuordnung

Zunächst soll angemerkt sein, dass alle in Kapitel 2.2 vorgestellten Rahmenkonzepte in den durchgeführten Interviews wiedergefunden werden konnten.

Die Häufigkeitstabelle (vgl. Tabelle 9) zeigt, dass ein wissenschaftlicher Ansatz oder ‚scientific concept‘, wie er von Trumper und Gorsky (1993) betitelt wird, bei den SchülerInnen durchaus erkennbar ist. Am häufigsten wurde die Kategorie **Transferierte Energie** kodiert. Dieses Rahmenkonzept beinhaltet, dass Energie übertragen wird und es unterschiedliche Erscheinungsformen gibt. Innerhalb eines Systems kann Energie nicht verloren gehen. Dieses Verständnis trat nicht nur mehrmals bei einem/einer speziellen SchülerIn auf, sondern bei fast allen InterviewpartnerInnen mehrfach. Lediglich im letzten Interview konnte das Konzept der physikalisch transferierten Energie nicht wiedergefunden werden. Hauptsächlich bei der direkten Frage nach der Energieumwandlung und Energieerhaltung, konnten einige InterviewpartnerInnen den Energieerhaltungssatz nennen und anwenden oder zumindest erwähnen, dass es ein physikalisches Gesetz dafür gibt. Im Interview Nr. 3 begann der/die SchülerIn auf die Frage, was er/sie mit dem Energiebegriff verbinde, gleich mit dem Ansatz:

„Energie ist etwas, das im Universum überall verteilt ist. Man kann Energie nicht zerstören. Das ist etwas vom Wichtigsten (...). Man kann Energie halt nur umwandeln, so elektrische in Wärme- und Bewegungsenergie (...). Und sonst ist Energie jetzt nicht ein Stoff, sondern das ist gespeichert in anderen Sachen.“ (IP3, Zeile 2-6)

Zum Schluss desselben Interviews kam eine ähnliche Erläuterung vor:

„Die Energie ist einfach da, also es gibt eine bestimmte Anzahl an Energie, wie viel Joule im ganzen Universum und die ist da, wird dauernd umgewandelt.“ (IP3, Zeile 330-332)

In einem anderen Interview konnte der/die SchülerIn auf die Frage nach der Energieerhaltung den Energieerhaltungssatz wiedergeben:

„Dass Energie quasi nie erzeugt oder vernichtet werden kann, sondern immer nur von einer Form in die nächste umgewandelt werden kann. Für uns in dem Sinne geht sie verloren, aber sie wird halt in eine unbrauchbare Form umgewandelt, z.B. in Wärme.“ (IP7, Zeile 122-127)

InterviewpartnerIn Nr. 8 sprach sogar von „Wellen, die von einem Ort durch einen

Antriebsart transferiert werden zu einem Empfänger.“ (IP8, Zeile 9-10)

Auch die anderen InterviewpartnerInnen nannten unterschiedliche Energieformen und beschrieben, dass Energie in unterschiedliche Energieformen umgewandelt wird. Obwohl sie nicht konsequent von einer Energieerhaltung sprachen, konnten die meisten bei der Frage nach dem Energieerhaltungssatz erklären, dass Energie nicht erzeugt oder zerstört werden kann. Manche SchülerInnen unterschieden auch von selbst zwischen Energiequelle und Energiewandler. Auch den Leistungsbegriff gegen Ende der Gespräche verknüpften einige InterviewpartnerInnen (IP3 – IP8) mit der Energieumwandlung. Da den SchülerInnen auf die Frage nach der Leistung manchmal gar nichts einfiel, wurde ab dem dritten Interview deren physikalische Definition kurz vorgestellt. Daraufhin schafften es die meisten, die Leistung vom Energiebegriff zu unterscheiden und die Experimente in Bezug auf diese physikalische Größe zu deuten. Als Leistung definierten einige die Energieumwandlung oder den Energietransport pro Zeit:

„Ich weiß, es wird in Watt gemessen. Und die Formel hat irgendwas mit Umwandlung von Energie durch Spannung (...) zu tun. (...) Ich glaube, die Leistung ist das, was wir hier halt jeweils unterschiedlich haben. Hier ist die Leistung geringer als hier und dadurch auch der Energiefluss ist hier in derselben Zeitspanne geringer und da halt größer.“ (IP6, Zeile 297-304)

Es kamen aber auch intuitive Antworten vor, wie beispielsweise, dass die Leistung die ‚Stärke‘ oder das ‚Ergebnis‘ angibt. Dabei wurde mit einem Verständnis des Begriffes argumentiert, wie er im alltäglichen Sprachgebrauch Anwendung findet.

Das Prinzip der Energieerhaltung und -umwandlung kam zwar immer wieder und bei den meisten SchülerInnen vor, jedoch wurde es nicht konstant angewendet. Kontextabhängig, das bedeutet je nach Situation und System, wurde Energie laut den SchülerInnen sowohl umgewandelt, als auch verbraucht. Auch konnte Energie trotz Umwandlung immer noch vorhanden sein oder wieder zur Energiequelle ‚zurückkommen‘. In den Interviews wurden solche diskontinuierlichen Argumentationen der Kategorie **Partiell transferierte Energie** zugeordnet. Einige InterviewpartnerInnen sprachen davon, dass durch Energie neue Energie entstehen oder Energie in ein System kommen würde. Daraufhin würde zwar Energie umgewandelt oder transferiert, dann aber gebraucht oder verbraucht werden. Zumindest ein Teil der Gesamtenergie würde also das System wieder verlassen, ein anderer Teil im System zurückbleiben und manchmal auch wieder zur Energiequelle zurückkommen. An folgender SchülerInnenantwort

auf die Frage, welchen Weg die Energie zurücklegt, wird dieses Argumentationschema sichtbar:

„Aber nicht die Ganze, weil das hat ja auch irgendetwas mit useful energy zu tun, also das da bisschen was aufgebraucht wird und dann wird nur zurückgeschickt, das nicht gebraucht wird (...). So im Sinne von, das geht da so rein. Also das ist jetzt zumindest, was ich so glaube. Und dann, sagen wir von 100 J-Dings benutzen wir so 90 und dann gehen 10 wieder zurück.“ (IP9, Zeile 133-140)

In dieser Beschreibung lassen sich durchaus fachlich korrekte Ansätze erkennen, wie beispielsweise, dass Energie umgewandelt und genutzt wird. Dem/der SchülerIn ist anscheinend klar, dass nicht die gesamte Energie genutzt werden kann. Als Grund wurde jedoch nicht die thermische Energie, also die zugleich erfolgende Umwandlung in Wärme aufgrund der Elektronenbewegung, die viele andere durchaus ansprachen, genannt, sondern der Gebrauch von einem gewissen Anteil der Gesamtenergie.

Auch andere TeilnehmerInnen erklärten, dass jeweils nur ein Teil der Energie umgewandelt wird. Ein kleiner Teil davon würde aufgebraucht werden und jener, der nicht gebraucht wird, könne weiterverwendet werden.

Auffallend ist auch, dass je nach Energieart und -umwandlung unterschiedlich argumentiert wurde. Beispielsweise machte sich ein/e InterviewpartnerIn Gedanken darüber, ob auch beim zweiten Experiment mit dem Handgenerator die Energie wieder zurückkommen würde:

„Da wird auch einfach so ein Stromfluss weitergegeben und dann/das ist verwirrend, dass hier jetzt zwei Kabel sind (...). Weil bei dem vorherigen Versuch war es so, dass es ein Kreis war, und da (...). Es verwirrt nur ein bisschen, weil man da selber die Arbeit macht und da kam es von der Batterie. Und jetzt weiß ich nicht, ob da überhaupt Energie zurückkommt.“ (IP5, Zeile 120-127)

Zu jedem der vier Versuche wurde zusätzlich zur Durchführung eine Skizze entworfen, die den Weg der Energie darstellen soll. Die originalen Skizzen wurden nachgezeichnet und dem Anhang dieser Arbeit angefügt. Lediglich beim ersten Interview wurde nur die Skizze zum ersten Versuch verlangt. An dieser Stelle soll nur eine Skizze exemplarisch vorgestellt werden (siehe Abbildung 9):

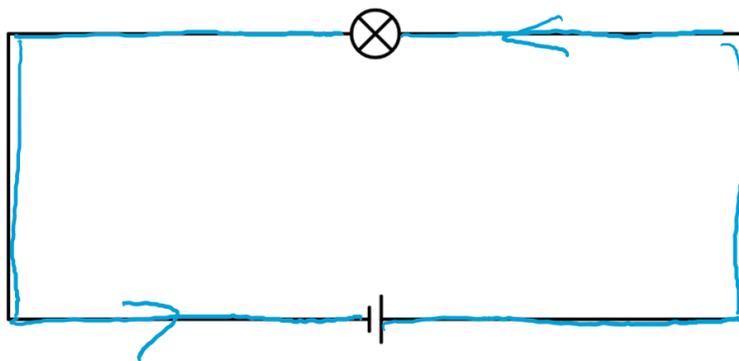


Abbildung 9: Nachgezeichnete Skizze zum 'Weg der Energie' von IP5

Dieser Weg wurde nicht von allen übereinstimmend konstruiert. Gemeinsam war aber allen, dass sich die Energie ‚im Kreis‘, also entlang der Leiter bewegt. Sie brachten die Energieübertragung mit dem Strom und der Elektronenbewegung in Verbindung oder unterschieden nicht zwischen diesen Konzepten. Die meisten SchülerInnen machten sich daher auch Gedanken über den Strom. Sie konnten sich allerdings nicht mehr an die genaue Stromrichtung erinnern, was sich darin äußerte, dass sie innerhalb des Stromkreises Pfeile sowohl von Plus zu Minus als auch von Minus zu Plus zeichneten. Alle TeilnehmerInnen skizzierten den Weg ausgehend von der Batterie beziehungsweise des Handgenerators und hielten sich konsequent an das Schema, welches in der ersten Skizze gewählt wurde. In allen Interviews wurden Überlegungen zum Rückweg aufgestellt. Die meisten entschieden sich dafür, überlegten aber, ob die gesamte Energie oder nur ein Teil davon zurückkommen würde. Als Begründung wurde der ‚Verlust von Energie‘ auf dem Weg (zum Beispiel in Form von Wärme) oder die ‚Verwendung der Energie‘ im Energiewandler genannt. Einzig InterviewpartnerIn Nr. 8 skizzierte ausgehend von beiden Seiten der Batterie Pfeile zum Energiewandler hin. Im Wandler selbst wurde eine Spirale eingezeichnet, die die Energieumwandlung darstellen sollte. InterviewpartnerIn Nr. 9 unterschied zwischen ‚gespeicherter Energie‘ in der Batterie und selbst ‚erzeugter Energie‘ beim Handgenerator. Er/sie war der Meinung, dass die Energie bei allen Stromkreisen wieder zurück zur Batterie kommen würde. Wenn jedoch händisch ‚Energie selbst erzeugt‘ wird, würde nur so viel ‚erzeugt‘ werden, wie notwendig ist, weshalb sie auch nicht mehr zurückkommen kann. Auch InterviewpartnerIn Nr. 7 merkte an, dass beim zweiten Versuch mit dem Handgenerator Energie zugeführt werden muss (vgl. Tabelle 6).

In Tabelle 9 lässt sich erkennen, dass das Konzept der Partiiell Transferierten Energie

fast gleich oft wie das Konzept der **Energie als übertragbare Flüssigkeit** zugeordnet werden konnte. Diese zwei Rahmenkonzepte wurden in den Interviews meist parallel und als gegenseitige Ergänzung verwendet. Die Energieübertragung wirft nämlich von selbst schnell die Frage auf, wie diese stattfindet. Viele Antworten waren mit einer Flüssigkeitsvorstellung verbunden, wobei die Flüssigkeit meist nicht direkt bildhaft beschrieben wurde. Lediglich InterviewpartnerIn Nr.8 beschrieb die Energie explizit als Wasser:

„Ich stell mir das bisschen so vor wie Wasser (...). das ist alles voll mit Wasser. Und das Wasser muss da runter rinnen, weil es nicht kleben bleiben kann (...). Und das Wasser kann aber nicht alles auf einmal weiterfließen, weil nur eine gewisse Anzahl an Wasser Platz hat. (...) sondern nur eine bestimmte Anzahl. Weil ja alles aus Atomen besteht und es passt ja überall nur eine bestimmte Anzahl an Atomen rein, also würde es irgendwie Sinn machen, dass es bei Energie das Gleiche ist.“ (IP8, Zeile 129-137)

Es lässt sich vermuten, dass diesem/dieser SchülerIn im Elektrizitätslehreunterricht das Wasserkreislaufmodell vorgestellt wurde. Bei allen anderen Interviews wurde vielmehr von einem Energiefluss gesprochen. Dabei ließ sich erkennen, dass der Energiefluss vielfach dem Elektronenfluss gleichgesetzt wurde. Die Elektronen würden die Energie in sich ‚tragen‘ oder diese transportieren. Folgende InterviewpartnerIn erläuterte dies etwas ausführlicher:

„Ich stelle mir das so vor, als wären die Elektronen so die Energie. Also die Elektronen sind der Energiefluss. Und die Elektronen bewegen sich selber durch den Stoff durch. Oder regen andere Elektronen an. Da bin ich mir nicht sicher. Eines von beiden wird es sein. Weil sonst würde es nicht funktionieren (...) Also sie sind das, was Energie eigentlich ausmacht.“ (IP6, Zeile 204-209)

Einzelne sprachen auch den Stoff oder das Material an, von welchem abhängig ist, ob und wie gut die Elektronen beziehungsweise die Energie fließen könne. Wie oben bereits beschrieben, war vielen SchülerInnen auch bewusst, dass es eine ‚richtige Richtung‘ für die Elektronenbewegung gibt. Dementsprechend folgerten sie, dass auch die Energie in eine bestimmte Richtung fließen müsse. Für den Energiefluss wären somit eine Verbindung und ein geschlossener Stromkreis notwendig, was wiederum impliziert, dass die Energie im Kreis fließen muss:

„Das ist ein Fluss, könnte man sagen. Wie ein Fluss, es rinnt einfach durch (...). Aber wenn ich

nur eines anschlieÙe, dann geht es ja nicht, weil die Energie dann ja nicht weitergeht.“ (IP5; Zeile 93-100)

Lediglich bei Interview Nr. 4 konnte dieses Rahmenkonzept im gesamten Gesprächsverlauf nicht entdeckt werden. Diese/r TeilnehmerIn sprach dagegen von einer (Pseudo-) Bewegungsenergie, die über die Atome weitergegeben wird und als Strom bezeichnet wird. Dabei wurde ein kontinuierliches und abstraktes Argumentationsschema, basierend auf der Umwandlung von anderen und in andere Energieformen, verwendet.

Ein zentrales Thema während der Interviews war auch der ‚Ursprung‘ oder die ‚Entstehung‘ der Energie. Grundsätzlich konnte hierbei zwischen zwei Herangehensweisen unterschieden werden: der Kategorie **Gelagerte Energie** und der Kategorie **Produzierte Energie**.

Im elektrischen Kontext, also bei allen vier Demonstrationsversuchen, überwog die Erklärung, dass Energie in der Batterie gespeichert sein und ausgehend davon weitergegeben werden würde. Folgende Aussage zeigt dies:

„In Lebensmittel ist sie zum Beispiel gespeichert oder in Batterien kann man Energie speichern. Theoretisch eigentlich in fast jedem Stoff irgendwie die Wärme, zwischen Wasser oder Metall oder so was. Metall ist nicht der beste Speicher. Dann fällt mir gar nicht mehr so viel ein.“ (IP3, Zeile 9-12)

Energie könne demnach nicht nur in Batterien, sondern auch in anderen Stoffen, Objekten Lebewesen und vielen weiteren Formen gespeichert sein. Es sei auch möglich, Energie aufzuladen. Dann würde das Objekt die Energie für eine Zeit lang in sich tragen.

Dass Energie gespeichert werden kann, war allen neun SchülerInnen grundsätzlich vertraut. Es stellt sich jedoch die Frage nach dem Wie und Wo. InterviewteilnehmerIn Nr. 4 sprach den chemischen Prozess an:

„Da wird halt irgendwo anders Energie gewonnen oder halt Strom wird in die Batterie hineingetragen und dann halt durch chemische Prozesse/weil in dem Fall hier eine Alkalibatterie/also in Säure drin gespeichert und dann erst mit dem Kontakt wird die Energie rausgelassen. Langsam halt aufgebraucht.“ (IP4, Zeile 58-61)

Über die Weiterverwendung der gespeicherten Energie wurde jedoch unterschiedlich

spekuliert. Wie auch in dieser Aussage erkennbar, waren viele der GesprächspartnerInnen der Meinung, dass die Energie anschließend verbraucht oder aufgebraucht werden müsse. Es wurde auch davon gesprochen, dass Energie verloren geht. Bei einigen Aussagen ließ sich aber durch genaueres Nachfragen erkennen, dass unter dem ‚Verlorengehen‘ etwas Anderes verstanden wurde. Vor allem diejenigen, die den Energieerhaltungssatz kannten und auch während des Interviews nannten, klärten dann gleich auf, dass Energie ja eigentlich nicht verloren gehen kann. Sie würden unter diesem Verlust eher eine ‚Entwertung‘ oder Umwandlung in ‚unnütze Energie‘, wie Wärme und andere „unnötige Sachen“, wie es InterviewpartnerIn Nr.2 nannte, meinen. Auf diesen Aspekt wird später bei den induktiven Kategorienbildungen (Kategorie Energieverbrauch und –umwandlung) noch genauer eingegangen. Es gab aber auch konkrete Beispiele, bei denen mit einem ‚wirklichen Verbrauch der Energie‘ argumentiert wurde. Beim Vergleich der zwei unterschiedlich hell leuchtenden Lämpchen (Demonstrationsexperiment 4), wurde beispielsweise folgende Aussage getätigt:

„Ich glaube in beiden Batterien ist gleich viel Energie, weil sie auch gleich ausschauen und von der selben Marke sind, aber bei dieser Glühbirne wird Energie weniger schnell verbraucht, weil weniger Energie durchfließen kann.“ (IP1, Zeile 300-303)

Ist nicht die Batterie, sondern ein Generator die Energiequelle, würde auch keine Energie gespeichert sein, weshalb diese irgendwie ‚erzeugt‘ oder auf andere Art und Weise bereitgestellt werden müsse. Ein/e SchülerIn sprach davon, dass mithilfe eines Generators eine Batterie in Echtzeit aufgeladen werden kann. Bei vielen Antworten konnte herausgelesen werden, dass Energie nicht unbedingt „einfach da ist“ oder „überall im Universum verteilt ist“ (IP3, Zeile 2), wie es InterviewpartnerIn Nr.3 begründet, sondern auch erzeugt werden oder entstehen könne. In den Interviews wurden unterschiedliche Entstehungsvarianten beschrieben: Energie könne durch Reibung, Atomkernspaltung, Wind, Wasser und Sonne ‚erzeugt‘ werden. Zum Beispiel assoziierte InterviewpartnerIn Nr.9 das Bild mit den Solarpaneelen „mit der Natur, weil es ist thermal wegen der Sonne und dann macht man daraus Energie.“ (IP9, Zeile 31-34)

Ein/e andere/r SchülerIn beschrieb die Abbildung eines Kraftwerkes wie folgt:

„Dann haben wir hier ein Kraftwerk. Da geht es zum Beispiel im Atomkraftwerk so, dass man (...) die Atomkerne spaltet und dadurch wird sehr viel Energie freigesetzt.“ (IP3, Zeile 19-22)

In den Demonstrationsversuchen ‚entstehe‘ die Energie beispielsweise durch Ladungstrennung und chemische Reaktionen in der Batterie oder, wie an dieser Schilderung erkennbar, durch die Bewegung des Handgenerators:

„Die Energie wird nur während der Bewegung erzeugt (...). Dadurch, dass die motorische Energie nur zu einem sehr kleinen Ausmaß vorhanden ist, weil ich mache ja nur einmal so auf einmal (...). Eine Drehung kann ich auf einmal machen und das erzeugt so wenig Energie, dass die Energie sofort weiterfließt. Und bei der Batterie erzeugt was anderes die Energie.“ (IP8, Zeile 160-167)

Solche Argumentationen können mit dem Rahmenkonzept der **Produzierten Energie** interpretiert und dementsprechend auch dieser deduktiven Kategorie zugeordnet werden. Energie sei demnach das Produkt oder das Nebenprodukt eines Prozesses. Dieses Rahmenkonzept konnte weniger häufig verortet werden als jenes der Gelagerten Energie. In drei Interviews wurde es gar nicht wiedergefunden.

Im Zusammenhang mit der ‚Erzeugung‘ und ‚Entstehung‘ der Energie steht auch immer der Sinn und Zweck davon. Die Kategorie **Funktionale Energie** filtert genau jene Ansätze, hinter denen eine, meist nicht natürliche, sondern vom Menschen gewünschte und beabsichtigte Handlung steckt. Die ‚Erzeugung‘ und ‚Nutzung‘ von Energie diene der Bequemlichkeit des Menschen und sei für ein modernes Leben notwendig. Obwohl alle befragten Personen von (elektrischer) Energie umgeben sind, diese nutzen und davon profitieren, verwendeten nur einige Fragmente dieses Rahmenkonzeptes. Der Wasserkocher wurde beispielsweise als Gerät beschrieben, das mithilfe von Energie aus der Steckdose Wasser aufwärmt (IP2, Zeile 41-42). Auch bei InterviewpartnerIn Nr. 7 ließ sich eine solche Denkweise erkennen:

„Etwas, was eine Aktion initiiert und das bei einem Prozess entsteht – also Energie entsteht ja nicht per se, aber die quasi umgewandelt wird und in verschiedenen Prozessen genutzt wird, damit ein Ergebnis kommt, was möglichst positiv ist für den Nutzen.“ (IP7, Zeile 10-13)

Energie würde absichtlich und für einen Nutzen erzeugt werden. Diese Aussage lässt sich, wie viele andere, auch einem weiteren Rahmenkonzept zuordnen, nämlich der Produzierten Energie.

Auf die Frage, wo im Alltag die Energie vorkommt, antwortete InterviewpartnerIn Nr.4 „Überall mittlerweile“ (IP4, Zeile 29). Aufgrund dessen könnte man vermuten, dass

diese Person der Überzeugung ist, dass es früher anders war und Energie nicht in dem Ausmaß wie heute vorkam. Im modernen Zeitalter würde sie eine bedeutendere Rolle spielen. Es ist aber genauso denkbar, dass die Person dabei lediglich die Entdeckung der elektrischen Energie meinte.

Das Rahmenkonzept **Energie als Katalysator** unterscheidet sich insofern von den anderen Konzepten, da ein konkreter Auslöser für ein bestimmtes Ereignis oder eine Wirkung vorkommen muss. Der Auslöser ist dabei die Energie. In den Interviews wurden verschiedene Beschreibungen identifiziert, die dieser Kategorie zugeordnet werden können.

Vor allem bei der Frage nach dem Begriff und der Definition von Energie, deuteten einige InterviewteilnehmerInnen das physikalische Konstrukt als eine Art Antrieb:

„Es kommt glaube ich sehr, sehr viel vor in der Alltagssprache und auch im psychologischen Kontext – man hat viel Energie oder wenig Energie. Und quasi etwas, was mobilisiert oder was der Ausgangspunkt ist für irgendeine Aktion oder Tätigkeit.“ (IP7, Zeile 4-7)

Energie leite demnach eine bestimmte Wirkung ein. Einige der Befragten definierten die Energie als eine Art Kraft, wie zum Beispiel „Eine Kraft, die etwas bewegt“ (IP1, Zeile 3) oder „Eine Kraft, die uns oder Dinge antreibt oder was tun lässt.“ (IP4, Zeile 10)

Energie würde den Draht zum Glühen oder ein Lämpchen zum Leuchten bringen, Energie oder Wind und Hitze ‚erzeugen‘. All diese Aussagen ließen sich mehrmals in den Interviews finden.

„Indem es auf das Lämpchen trifft und das Lämpchen ist praktisch der Umwandler dann in dem Fall. Und setzt dann das Licht/also es glüht dann und wird wärmer und setzt Licht aus durch das Glühen.“ (IP5, Zeile 217-219)

In dieser Antwort wurde die Energie als etwas beschrieben, das auf das Lämpchen trifft, wodurch dieses zum Glühen und Leuchten beginnt. Die Energie selbst könnte als Katalysator interpretiert werden, welcher einen Effekt auslöst. Dieser Antriebsaspekt kam zwar bei allen InterviewteilnehmerInnen bis auf SchülerIn Nr. 9. vor, jedoch immer in unterschiedlichen Kontexten und in unterschiedlicher Häufigkeit und Konstanz. In der Tabelle 9 lässt sich auch erkennen, dass diese Kategorie, im Gegensatz zu den anderen, bereits deutlich seltener zugewiesen werden konnte.

Auch sehr sporadisch, aber dennoch klar kategorisierbar, kamen die Rahmenkonzepte **Energie als Aktivität** und **Anthropozentrische Energie** vor.

Auffallend ist, dass diese Kategorien in den Aussagen von InterviewpartnerIn Nr. 6 und InterviewpartnerIn Nr. 9 gar nicht wiedergefunden werden konnten. Auch andere SchülerInnen verwendeten diesen Blickwinkel gar nicht oder nur vereinzelt in ganz bestimmten Kontexten. Im Ausschnitt, welcher aus Interview Nr.7 stammt und oben als Beispiel für die Kategorie Energie als Katalysator aufgelistet wurde, stellte der/die SchülerIn auch einen Bezug zum Alltag und dem psychologischen Kontext her. Ein Mensch könne viel oder wenig Energie haben (vgl. IP7, Zeile 4-7).

Beachtlich ist, dass vor allem der Anthropozentrische Ansatz, wenn überhaupt, nur zu Beginn der Interviews identifiziert werden konnte. Dies lässt sich aber auch auf die Art der Fragestellung und den gegebenen Kontext zurückführen. Bei der Definition und Assoziation des Energiebegriffes nutzten einige der InterviewpartnerInnen den menschlichen Körper als Beispiel. Sie erklärten, dass der Mensch Energie hat oder braucht, um etwas zu machen oder allgemein zu leben. Eine Person dachte dabei zum Beispiel auch an die TCM (= Traditionell chinesische Energie; vgl. IP1, Zeile 5), eine andere an die eigene Müdigkeit, wenn sie „Energie hineinstecke“ (vgl. IP7, Zeile 107). Sobald die Experimente betrachtet und analysiert worden waren, überwiegen andere Herangehens- und Argumentationsweisen. Die Kategorie **Anthropozentrische Energie** konnte im elektrischen Kontext im Rahmen dieser Studie nicht auffindig gemacht werden.

Etwas häufiger wurde Energie in Verbindung mit Bewegung gebracht. Diese Äußerungen wurden mit **Energie als Aktivität** kategorisiert. Dabei konnte Energie selbst Bewegung sein, etwas in Bewegung versetzen oder durch Bewegung zum Vorschein kommen. Im achten Interview wurde beispielsweise der Satz „Was sich bewegt, ist Energie.“ (IP8, Zeile 4) in den Raum geworfen, jedoch nicht genauer kommentiert. Eine andere Definition eines/einer SchülerIn lautete:

„Energie ist eine Sache, die wir nicht sehen, die wir aber brauchen. Sie wird bei jeder Sache angewendet. Es gibt verschiedene Arten von Energie, wie Bewegungsenergie, mechanische Energie. Wir alle betätigen sie. Um etwas zu bekommen, müssen wir etwas machen.“ (IP2, Zeile 16-19)

In diesem Ausschnitt lässt sich klar erkennen, dass Energie betätigt werden könne.

Sie wäre also eine offensichtliche Aktivität und in jedem Vorgang vorhanden.

Da die zuletzt erwähnten Rahmenkonzepte in ähnlichen Kontexten verwendet wurden, waren sie manchmal nicht klar voneinander abgrenzbar, wie folgendes Beispiel zeigt:

„Es gibt sie in verschiedenen Formen. Egal, was man machen will, man kann, man braucht Energie, um etwas zu machen. Das heißt, es muss eine Art Kraft kommen und zum Beispiel im Körper wäre es durch Muskeln (...). Es gibt verschiedene Formen, um etwas zur Bewegung zu bringen. Der Körper kann das machen, es können Maschinen das machen. Elektrizität.“ (IP1, Zeile 11-18)

Um etwas zu machen, würde man Energie brauchen. Es gäbe verschiedene Formen, um etwas zu bewegen, wie Muskeln, Maschinen, Elektrizität. Einerseits würde der Mensch/der Körper Energie brauchen, um etwas zu machen, andererseits würde durch die Energie auch etwas bewegt werden.

Der Framework Energie als Zutat, welcher in den vorgestellten Studien im Kapitel 2.2 vorkommt, wurde nicht in die Auswertung mitaufgenommen, da es zu viele Überschneidungen mit den Rahmenkonzepten Gelagerte Energie und Energie als Katalysator gab. Diese wurden immer parallel kodiert, weshalb die Eigenschaften dieses Frameworks bereits bei der Kategorienbildung mit den anderen zwei zusammengekommen werden konnte.

### 6.1.2 Induktive Kategorienzuordnung

Viele Antworten und Äußerungen der InterviewteilnehmerInnen ließen sich den bereits bekannten Rahmenkonzepten zuordnen. Oftmals war diese Zuweisung nicht eindeutig. Das bedeutet, dass mehrere Frameworks auf die Aussagen der SchülerInnen zutrafen, sich also ergänzten oder manchmal auch widersprachen (vgl. Tabelle 4 bis Tabelle 8)

Im Gegensatz dazu gab es auch Antworten, die zu keiner dieser deduktiv erstellten Kategorien passten und somit separat sortiert und ausgewertet werden mussten. Dabei ließen sich neue (induktive) Kategorien bilden, welche im Folgenden näher beschrieben werden.

Auffallend oft verwendeten die befragten SchülerInnen ein Energietransportkonzept, das nicht unbedingt mit einer Flüssigkeitsvorstellung (vgl. Rahmenkonzept Energie als

Flüssigkeit im Kapitel 2.2) verbunden war. Daher wurde für die Auswertung eine zusätzliche Kategorie eingeführt: die **Energieleitung**. Vor allem bei der Frage nach der Energieübertragung im elektrischen Kontext, wurde ein abstrakter Ansatz aufgegriffen, der oftmals nicht vollständig und schlüssig erklärt werden konnte. Zum Beispiel argumentierten einige mit unterschiedlichen Materialeigenschaften. Das Kabel, der Draht oder im Speziellen ein Metall würden Energie transferieren. Dies wären allgemein gute Materialien und nicht nur gute Leiter des Stroms sondern auch der Energie selbst. Plastik hingegen würde gut abdichten und keine oder nur sehr geringe Energieleitung zulassen. Die Energie gehe durch die Kabel hindurch. InterviewpartnerIn Nr.8 beschrieb die „Übertragung durch die Metalleiter“ (IP8, Zeile 65) folgendermaßen:

„Ich glaube hier sind so Kabel drin und die nehmen die Energie auf. Die sind ja in der Regel aus einem Metall und das Metall überträgt die Energie ineinander und quasi leitet das weiter.“ (IP8, Zeile 51-53)

Es lässt sich vermuten, dass hinter dieser Denkweise auch Prinzipien aus anderen physikalischen Fachgebieten, wie zum Beispiel der Wärmelehre, stecken. Das Metall wurde allgemein als guter Energieleiter beschrieben, weil es bereits als guter Wärmeleiter und/oder guter elektrischer Leiter bekannt sein könnte.

Als Voraussetzung für die Energieübertragung wurde auch immer wieder ein geschlossener Stromkreis betont. Nur wenn eine Verbindung gegeben sei, könne eine ununterbrochene Energieweitergabe stattfinden. Der Stromkreis selbst würde also die Energie übertragen. Auch Batterien, Akkus, Steckdosen und Stromanschlüsse können Energie aufnehmen und sie wieder abgeben, also Energie weiterleiten.

Auch beim Vergleich der zwei unterschiedlich hell leuchtenden Lämpchen, stützten sich einige auf die Materialeigenschaften des Drahtes. Je nach Form und Dicke der Drähtchen in der Glühlampe könne mehr oder weniger Energie geleitet, übertragen, umgewandelt oder ‚verbraucht‘ werden.

„Ich glaube, leuchten können sie meiner Meinung nach beide, obwohl der Draht hier um einiges dicker ist. Aber das sollte nicht unbedingt was ausmachen. Und der hier hat einen wirklich, wirklich sehr feinen Draht. (...) dass das ziemlich hell leuchten wird im Gegensatz zu dieser Lampe (...), weil die Wärmekapazität niedriger ist, weil weniger Masse vorhanden ist.“ (IP6, Zeile 226-242)

Diese Person war der Meinung, dass die Lampe mit dem dünnen Draht heller leuchtet, weil dieser eine geringere Masse und somit eine geringere Wärmekapazität hat. Auch hier kann man eine Vernetzung zu anderen Teilgebieten der Physik erkennen. Da das andere Lämpchen aber heller leuchtet, überlegte der/die Befragte, ob es an den Kabeln oder den Batterien liegen könne. Eine spontane Begründung für die Helligkeit war bei fast allen TeilnehmerInnen die unterschiedliche ‚Ladung‘ der zwei Batterien. Dies wurde aber während der Interviews aufgeklärt, indem erklärt wurde, dass die zwei Batterien ident sind. Durch ein Tauschen konnten das die SchülerInnen auch selbst erfahren.

Auch Atome und Elektronen spielten für einige eine durchaus wichtige Rolle bei der Energieübertragung. Diese wären verantwortlich für die Weitergabe von Energie, welche laut InterviewteilnehmerInnen entweder aufgrund der Bewegung durch die Kabel hindurch oder durch ‚Anstoßung von Atomen‘ oder deren Schwingung passiert. Im ersten Interview kam beispielsweise die Idee auf, dass die Elektronen durch das Metall fließen. Der/die SchülerIn glaubte, „die Energie ist in Elektronen.“ (IP1, Zeile 175) InterviewpartnerIn Nr. 4 meinte hingegen, „es kommt darauf an, welches Kabel das ist, aber die Atome werden in Schwingung versetzt und geben diese Schwingung halt weiter.“ (IP4, Zeile 45-47) Kurzum würde die Energie bei beiden Ansätzen in Form von Bewegung weitergeleitet werden.

An diesen Beispielen lässt sich erkennen, dass Energie oft mit Strom gleichgesetzt oder zumindest nicht klar getrennt wurde. Dies trifft nicht nur auf Argumentationen zu, welche in die Kategorie Energieleitung eingeordnet werden, sondern auch bei vielen anderen Aussagen während der Interviews. Daher war es manchmal auch schwierig, die Antworten der SchülerInnen zu interpretieren und den Kategorien zuzuordnen. Um zu verdeutlichen, inwiefern und wie oft der Begriff der Energie mit anderen physikalischen Größen vermischt wird, wird die Kategorie **Energiebegriff** erstellt. Tabelle 9 zeigt, dass dieser mehrdeutige Ansatz im Interview häufig wiedergefunden werden konnte. Dabei wurde Energie nicht immer synonym zu Strom und/oder den Elektronen, sondern auch zu vielen anderen physikalischen Begriffen, wie Kraft, Arbeit oder Leistung, verwendet. Im ersten Interview wurde die Energie beispielsweise schon als „Kraft, die etwas bewegt“ (IP1, Zeile 3) definiert. Eine andere Person verwendete gleich vier physikalische Größen zur Definition: „Leistung ist quasi die verrichtete

Arbeit und Energie ist quasi das Potenzial, dass Leistung erbracht wird.“ (IP7, Zeile 216-217)

Bei den Experimenten wurde dennoch überwiegend Energie mit Strom in Verbindung gebracht. Ein/e InterviewpartnerIn meinte: „Energie ist halt so ein Hauptbegriff, den man anders auch beschreiben könnte als Strom.“ (IP5, Zeile 66-67) Der Strom wiederum wurde von den meisten als Bewegung der Elektronen beschrieben, wie zum Beispiel im Interview Nr. 6: „Energie ist ein Fluss aus Elektronen, meist durch einen festen Körper. Es geht auch durch flüssige Stoffe, aber nicht durch gasförmige.“ (IP6, Zeile 2-3). Die Elektronen und der Strom wurden somit als Energieform gedeutet. Die Zuordnung zum Rahmenkonzept Energie als Flüssigkeit ist demnach auch nicht immer eindeutig, da vielfach auf die Frage nach der Energieübertragung mit einem Elektronen- oder Stromfluss geantwortet wurde.

Am Ende der Interviews ging es um die Leistung. Dabei gab es fast immer begriffliche Verwechslungen und Vermischungen. Ein/e SchülerIn definierte beispielsweise: „Leistung ist die Kraft der Energie“ (IP4, Zeile 255-256)

Bei der Auswertung der Interviews ließ sich feststellen, dass nicht nur der Energie- und der Leistungsbegriff unpräzise verwendet wurden, sondern auch einige andere Termini, wie zum Beispiel der Verbrauch oder der Verlust. Daher wurde der Kategorienleitfaden um den Eintrag **Energieverbrauch und -umwandlung** ergänzt. Obwohl das physikalische Prinzip der Energieerhaltung den meisten bekannt war, wurde dennoch immer wieder von einem Energieverbrauch oder -verlust gesprochen. Viele dieser Aussagen konnten daher auch nicht in die Kategorie Gelagerte Energie eingeordnet werden. Die zwei Begriffe wurden vielmehr als Synonym zur Entwertung, Nutzung oder sogar der Energieumwandlung selbst betrachtet. Energie geht demnach nicht einfach so verloren, wie es im ersten Moment der Aussage scheint, sondern wird in nützliche und unnütze Dinge umgewandelt. InterviewpartnerIn Nr. 3 erklärte die unterschiedliche Helligkeit beim vierten Versuch anfangs so:

„Ich würde sagen, dass bei dem Lämpchen, das heller leuchtet, weniger Elektronen wieder hier ankommen, weil mehr Energie schon hier vorne verbraucht wird für das Lämpchen, dass es leuchten wird. Bei dem hier ist es weniger der Fall. Da wird mehr hier ankommen, weil der Draht wahrscheinlich dicker ist und das besser durchkommt und weniger Energie verloren geht durch Hitze und Licht.“ (IP3, Zeile 289-293)

Es wurde nachgefragt, wie man sich dieses ‚Verlorengehen‘ vorstellen kann. Darauf antwortete diese Person: „Energieerhaltungssatz. Die Energie wird umgewandelt in Hitze, also ja in Wärme und Licht.“ (IP3, Zeile 315-316) Man kann also deutlich erkennen, dass das Verständnis für die Energieerhaltung da war, der Begriff aber Einfachheit halber schnell herangezogen wurde. Dies ist nicht wirklich verwunderlich, weil in der Alltagssprache die Aussage ‚Strom oder Energie verbrauchen‘ viel häufiger Anwendung findet als ‚Strom nutzen‘ und ‚Energie umwandeln‘.

Auch im sechsten Interview fand sich eine sehr ähnliche, gleichbedeutende Verwendung:

„Es geht wieder hier in die Richtung, dann dem ganzen Kabel entlang, geht hier dann halt durch den Propeller durch. Da wird ein Großteil der Energie umgewandelt und der Rest wird hier in Wärme umgewandelt, falls noch irgendwas da ist. [Auf dem Weg zurück] geht wieder alles verloren“ (IP6, Zeile 216-220)

Viele der Ausschnitte, welche den Kategorien Partiiell transferierte Energie und Energieleitung zugeordnet werden konnten, fanden sich auch bei dieser Kategorie wieder. Es konnte nicht mit Sicherheit davon ausgegangen werden, dass den SchülerInnen klar ist, dass auch kein winziger Teil der Energie verloren gehen kann.

Weniger oft, aber dennoch immer wieder beschrieben die InterviewteilnehmerInnen die Energie als Ursache für etwas Bestimmtes. Bei den Versuchen zum Beispiel sei sie die Ursache für das Leuchten des Lämpchens oder die Drehbewegung des Propellers. Einige Aussagen ließen sich weder der Kategorie Energie als Katalysator, da kein konkreter Auslöser beschrieben wird, noch der Kategorie Funktionale Energie, weil sie nicht absichtlich erzeugt wird, zuordnen. Sie wurde lediglich als Grund gesehen, der etwas bewirkt. Eine SchülerIn meinte: „Energie macht es möglich, dass die Lampe leuchtet.“ (IP7, Zeile 50) Eine andere Person beschrieb, Energie habe „eine zum Dreh führende Rolle“ (IP2, Zeile 230).

Im letzten Interview wurde der Nutzen von Energie klar hervorgehoben. „Sachen, die Sachen zum Funktionieren bringen“ (IP9, Zeile 250), erläuterte diese/r TeilnehmerIn und zählte ein paar Beispiele auf:

„Licht oder so. Handy aufladen oder so simple Dinge, so U-Bahnen. Oder so Baden, weil da braucht man auch Energie, dass das Wasser rauskommt. (...) Energie ist, wie wir unser Licht bekommen oder wie wir unser Handy aufladen.“ (IP9, Zeile 2-16)

Es lässt sich erkennen, dass das Kategoriensystem sehr umfangreich und detailliert ist. Einige Textpassagen können daher nicht immer einer einzigen Kategorie zugeordnet werden. Manche Antworten und Aussagen beinhalten mehrere Rahmenkonzepte. Zudem sind die Grenzen zwischen einigen Rahmenkonzepten so eng, dass es in der Praxis schwierig ist, eine eindeutige Zuordnung auszuführen.

Diese Mehrdeutigkeit wurde auch bei der Interrater-Durchführung ersichtlich. Vor allem die Kategorien Energie als Ursache, Energie als Katalysator und Funktionale Energie ließen sich manchmal nicht eindeutig voneinander trennen. Damit all jene Aussagen nicht doppelt oder dreifach kodiert werden müssen, einigte man sich in der Diskussion darauf, dass bei der Kategorie Energie als Katalysator unbedingt der Auslöser selbst beschrieben sein und bei der Funktionellen Energie die Funktion und der menschengemachte Sinn und Zweck genannt sein muss. Die eher allgemeinere, ursächliche Verwendung des Energiebegriffes kann der Kategorie Energie als Ursache zugeordnet werden. Auch nicht immer klar unterscheidbar waren die Kategorien Funktionale Energie und Anthropozentrische Energie, da bei beiden der Mensch eine zentrale Rolle spielt.

Manchmal beschrieben die SchülerInnen den Vorgang im Inneren des Leiters mithilfe des Stromkonzeptes. Inwiefern jedoch die Energie dabei eine Rolle spielt, ging meist nicht klar hervor. Man einigte sich darauf, dass solche Stellen gar nicht kategorisiert werden. Auch bei zu kurzen Antworten verzichtete man auf eine Kategorienzuordnung, sehr lange Abschnitte wurden in einzelne Teile gegliedert.

Wie am Ende des Kapitels 6.1.1 bereits erklärt, ließ sich die Kategorie Energie als Zutat von der Kategorie Gelagerte Energie nicht eindeutig unterscheiden, weshalb man auch während des Interraters auf eine Weiterverwendung verzichtete.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Vielfalt an Kategorien oftmals nicht gewinnbringend ist und die Interpretation sogar erschwert.

### 7. Conclusio

Das Ziel der vorliegenden Masterarbeit war es, zu überprüfen, ob und inwiefern Vorstellungen zur Energie aus der Literatur gegenwärtig und lokal wiedergefunden werden können. Zudem sollte untersucht werden, ob sich darüber hinaus noch weitere Konzepte aufdecken lassen.

Bei der Auswertung der neun Interviews konnten alle Kategorien mehrmals und bei unterschiedlichen InterviewpartnerInnen kodiert werden. Es ließen sich viele ähnliche Argumentationen und Erklärungsmuster wie in der ausgearbeiteten Literatur finden. Auffallend ist, dass bei vielen SchülerInnen fachlich korrekte Ansätze wiedergefunden werden konnten. Diese fielen unter das Rahmenkonzept Transferierte Energie. Auch alle anderen Frameworks fanden Anwendung während der Interviews. Einzig die Kategorie Energie als Zutat wurde bei der Kodierung nicht verwendet, was jedoch an den vielen Überschneidungen mit einigen anderen Kategorien lag. Es lässt sich feststellen, dass zu einigen Fragen keine Codes existieren. Viele SchülerInnen vermieden den Energiebegriff oder verwendeten das Energiekonzept nicht zur Erklärung der Versuche. Zu anderen Antworten wiederum konnten mehrere und manchmal auch sehr unterschiedliche Konzepte zugeordnet werden. Nur selten war es möglich, die Antwort auf eine Frage einer einzigen Kategorie zuzuordnen. Dies war aber auch durchaus zu erwarten, da, wie zu Beginn in Kapitel 2.1 erklärt, oft nicht nur eine einzelne und beständige Vorstellung besteht, sondern vielmehr eine sich ständig wandelnde Mischung aus verschiedenen Konzepten (vgl. Knowledge in Pieces Model in 2.1.1).

Es lässt sich vermuten, dass manche Antworten und somit auch die damit verbundenen Vorstellungen von den Interviewfragen selbst herbeigeführt wurden. Dass zum Beispiel das Rahmenkonzept Anthropozentrische Energie nur selten wiedergefunden werden konnte, könnte daran liegen, dass bei dieser Erhebung der Fokus auf die Energieübertragung in elektrischen Stromkreisen gelegt wurde. Auch die Frage, woher die Energie komme, impliziert, dass Energie irgendwo gespeichert sein muss, weshalb viele mit der Speicherung in der Batterie argumentieren. Daher ließ sich die Kategorie Gelagerte Energie relativ häufig codieren.

Bei vielen Aussagen ohne Codes konnten Gemeinsamkeiten festgestellt werden. Dadurch konnten für die weitere Auswertung vier neue Kategorien erstellt werden: Energie als Ursache (EU), Energiebegriff (EB), Energieverbrauch und -umwandlung

(EVU) und Energieleitung (EL).

Auffallend war, dass der Energiebegriff von verschiedenen InterviewteilnehmerInnen unpräzise, widersprüchlich und/oder synonym zu anderen physikalischen Begriffen, wie zum Beispiel Strom oder Kraft, verwendet wurde. Auch ‚Energieverbrauch‘ und ‚Energieverlust‘ wurde meist vertraut verwendet, obwohl sich bei genauerem Nachfragen herausstellte, dass das Konzept der Energieerhaltung präsent war. Da so oftmals nicht klar wurde, was mit der Aussage wirklich gemeint war, erwies es sich als schwierig, diese den deduktiven Kategorien zuzuordnen. Deshalb wurden diese mit den induktiv erstellten Kategorien Energiebegriff und Energieverbrauch und -umwandlung codiert.

Der Energie wurde öfters eine Rolle zugeschrieben, welche etwas Bestimmtes hervorruft. Wenn der Auslöser selbst oder die Funktion nicht genauer beschrieben wurde, war es schwierig zwischen den Kategorien Energie als Katalysator und Funktionale Energie zu unterscheiden. Daher wurde ein allgemeinere Gliederung gesucht und die Energie als Ursache eingeführt.

Bei einigen Interviews war auffällig, dass die Energieübertragung abstrakt beschrieben und das Material für einen guten Transport verantwortlich gemacht wurde. Es lässt sich vermuten, dass hierbei bewusst oder unbewusst Parallelen zur Thermodynamik gespannt werden. Bestimmte Materialien leiten die Wärme sehr gut und demnach auch die Energie. Da diese Aussagen aber zu keiner der deduktiven Kategorien passen, wurde die Kategorie Energieleitung definiert.

Zusammenfassend lässt sich behaupten, dass die SchülerInnen über ein breites Kontingent an Rahmenkonzepten verfügen, das sie situations- und kontextabhängig heranziehen. Bei einigen lassen sich Vorerfahrungen und didaktische Ansätze, also Erklärungsversuche und -modelle, erkennen, mit denen sie im bisherigen Physikunterricht in Kontakt gekommen sind. Trotzdem existieren verschiedenste und meist auch parallele Vorstellungen in den Köpfen der SchülerInnen, welche sie versuchen, zu kombinieren und zu vervollständigen.

Die Ergebnisse dieser empirischen Erhebung lassen sich aufgrund der relativ kleinen und eingeschränkten Stichprobe nicht verallgemeinern. Dennoch ist festzuhalten, dass alle Rahmenkonzepte und Vorstellungen aus Kapitel 2 und sogar neue Ansätze in den Interviews wiedergefunden werden konnten. Dies bestätigt, dass es den meisten

SchülerInnen auch trotz Elektrizitätslehreunterricht schwer fällt, Versuche und Anwendungen im Bereich der Elektrizität sowie Energie als allgemeines Konzept zu erklären.

Da das Thema Energie, insbesondere im elektrischen Kontext, eine sehr bedeutende Rolle im alltäglichen Leben spielt, lohnt sich die Auseinandersetzung mit den bestehenden Vorstellungen allemal. Generell kann man erkennen, dass die vielen unterschiedlichen Begriffe für Verwirrung sorgen und ein konzeptuelles Verständnis stören. Um den Kindern und Jugendlichen einen altersadäquaten Lernprozess bieten zu können, bedarf es einer Umstrukturierung des Physikunterrichtes und der didaktischen Ausarbeitung eines erfolgreicherer Unterrichtsansatzes.

Diese Arbeit soll in einem ersten Schritt einen kleinen Beitrag zur Entwicklung des Unterrichtskonzeptes von Frau Winter leisten. Im weiteren Sinne soll sie als aktuelle Zusammenfassung der existierenden Vorstellungen im Bereich der Energieübertragung in elektrischen Systemen und somit als Unterstützung für alle zukünftigen Forschungen auf diesem Themengebiet dienen.

---

## Literaturverzeichnis

- Behle, J. & Wilhelm, T. (2017). Aktuelle Schülerrahmenkonzepte zur Energie. In Nordmeier, V. Grötzebauch, H. (Vorsitz), *Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Dresden 2017*. Symposium im Rahmen der Tagung von Fachverband Didaktik der Physik, Dresden.
- Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2021). Vom Luftdruck zur Spannung: Ein an Schülervorstellungen orientiertes Unterrichtskonzept zu einfachen Stromkreisen. *MNU Journal*(1).
- Clement, J., Brown, D. E. & Zietsman, A. (1989). Not all preconceptions are misconceptions: finding 'anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuitions. *International Journal of Science Education*, 11(5), 554–565.  
<https://doi.org/10.1080/0950069890110507>
- Crossley, A., Hirn, N. & Starauschek, E. (2009). Schülervorstellungen zur Energie - Eine Replikationsstudie. In V. Nordmeier (Hrsg.), *Didaktik der Physik - CD Tagungsbeiträge Frühjahrstagung der DPG Bochum 2009 und Beiträge zur MNU-Tagung Regensburg 2009 ; Jahresband 2008 der Zeitschrift "Physik und Didaktik in Schule und Hochschule"*. Lehmanns Media.
- DiSessa, A. A. (1988). Knowledge in Pieces. In G. Forman & P. B. Pufall (Hrsg.), *Constructivism in the computer age* (49-70). Lawrence Erlbaum Associates.
- Driver, R. (1993). *Children's ideas in science* (Reprint). Milton Keynes Open Univ. Press.
- Duden. Energie. In *Duden online*. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Energie>
- Duit, R. (1986). *Der Energiebegriff im Physikunterricht* [Habilitationsschrift, Universität Kiel, Didaktik der Physik]. Wien Universität.
- Duit, R. (2004). Energievorstellungen. In R. Müller, R. Wodzinski & M. Hopf (Hrsg.), *Schülervorstellungen in der Physik: Festschrift für Hartmut Wiesner* (S. 189–191). Aulis-Verl. Deubner.
- Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (Hrsg.). (2010). *Physik im Kontext: Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht ; Kontextorientierung, neue Lehr-Lern-Kultur, naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen, moderne Physik und Technologie* (1. Aufl.). Friedrich-Verl.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for

- 
- improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25(6), 671–688. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Engelhardt, P. V. & Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98–115. <https://doi.org/10.1119/1.1614813>
- Finegold, M. & Trumper, R [R.] (1989). Categorizing pupils' explanatory frameworks in energy as a means to the development of a teaching approach. *Research in Science Education*, 19(1), 97–110. <https://doi.org/10.1007/BF02356850>
- Flick, U. (2007). *Qualitative Sozialforschung: Eine Einführung*. Rowohlt.
- Harrer, B. W., Flood, V. J. & Wittmann, M. C. (2013). Productive resources in students' ideas about energy: An alternative analysis of Watts' original interview transcripts. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2), 23101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.023101>
- Heeg, J., Bittorf, R. M. & Schanze, S. (2021). Förderung der Diagnosefähigkeiten angehender Lehrkräfte hinsichtlich Lernendenvorstellungen. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.11576/HLZ-2703> (146-164 Seiten / Herausforderung Lehrer\*innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion, Bd. 4 Nr. 2 (2021): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Rahmen und Impulsgeber für die Entwicklung von Fachdidaktik und Unterricht).
- Helm, H. & Novak, J. D. (Hrsg.). (1983). *ERIC reports. Proceedings of the International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Cornell University.
- Herrmann, F. (2021). *Der Karlsruher Physikkurs: Ein Lehrbuch für den Unterricht in der Sekundarstufe 1*. Aulis Verlag Deubner.
- Hopf, C. (1995). Qualitative Interviews in der Sozialforschung. Ein Überblick. In U. Flick, E. Kardoff, H. Keupp, L. Rosenstiel & S. Wolff (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Sozialforschung: Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen* (2. Aufl., S. 177–188). Beltz.
- Hopf, M., Schecker, H., Höttecke, D. & Wiesner, H. (2022). *Physikdidaktik kompakt* (1. Aufl.). Aulis Klett Kallmeyer. <https://elibrary.utb.de/doi/book/10.5555/9783761430149>
- Jelicic, K., Planinic, M. & Planinsic, G. (2017). Analyzing high school students' reasoning about electromagnetic induction. *Physical Review Physics Education*

- 
- Research*, 13(1). <https://journals.aps.org/prper/abstract/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010112>
- Jung, W. (1986). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie*(34), 2–6.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Fischer, H. E. (Hrsg.). (2020). *Physikdidaktik* (4. Auflage). Springer Spektrum. <http://www.springer.com/>
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2015). *Physikdidaktik*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41745-0>
- Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.). (2014). *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer.
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (5. Aufl.). Beltz Juventa.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Aufl.). Beltz.
- Mayring, P. (2016). *Einführung in die qualitative Sozialforschung: Eine Anleitung zu qualitativem Denken* (6. Aufl.). *Pädagogik*. Beltz. <http://www.beltz.de/fileadmin/beltz/leseproben/978-3-407-25734-5.pdf> <https://doi.org/25734>
- Mey, G. & Mruck, K. (Hrsg.). (2020). *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie: Band 2: Designs und Verfahren* (2., erw. u. überarb. Auflage 2020). Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. <http://www.springer.com/>
- Morris, L. & Hopf, M. (2022). Energieübertragung in elektrischen Systemen mithilfe von elektromagnetischen Feldern erklären. In S. Habig & H. Van Vorst (Vorsitz), *Virtuelle Jahrestagung 2021*. Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–132). Springer.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1994). *Students' alternative frameworks and science education: Bibliography = Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht : Bibliographie* (4. Aufl.). *IPN reports in brief: Bd. 34*.
- Rechtsinformationssystem des Bundes. (Fassung 2022, 27. Oktober). *Lehrpläne - allgemeinbildende höhere Schule*. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>

- 
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2>
- Scherr, R. E. (2007). Modeling student thinking: An example from special relativity. *American Journal of Physics*, 75(3), 272–280.  
<https://doi.org/10.1119/1.2410013>
- Sefton, I. M. (2002). *Understanding Electricity and Circuits: What the Text Books Don't Tell You*. Sydney. 9th Science Teachers Workshop.
- Trumper, R [Ricardo] & Gorsky, P. (1993). Learning about energy: The influence of alternative frameworks, cognitive levels, and closed-mindedness. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7), 637–648.
- Vosniadou, S. (2019). The Development of Students' Understanding of Science. *Frontiers in Education*, 4(32).
- Watts, D. M. (1983). *A study of alternative frameworks in school science* [Dissertation]. University of Surrey.

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Assoziationen und Rahmenkonzepte (Behle & Wilhelm, 2017, S. 100)	10
Abbildung 2: Schaltskizze für Experiment 1 und 4: Batterie als Energiequelle und Lämpchen als Energiewandler .....	39
Abbildung 3: Schaltskizze für Experiment 2: Motor als Energiequelle und Lämpchen als Energiewandler .....	39
Abbildung 4: Schaltskizze für Experiment 3: Batterie als Energiequelle und Motor als Energiewandler.....	39
Abbildung 5: 1. Demonstrationsexperiment: Einfacher Stromkreis mit Batterie und Glühlämpchen .....	40
Abbildung 6: 2. Demonstrationsexperiment: Einfacher Stromkreis mit Handgenerator und Glühlämpchen .....	41
Abbildung 7: 3. Demonstrationsexperiment: Einfacher Stromkreis mit Batterie und Ventilator .....	42
Abbildung 8: 4. Demonstrationsexperiment: Einfacher Stromkreis mit verschiedenen Glühlämpchen .....	43
Abbildung 9: Nachgezeichnete Skizze zum 'Weg der Energie' von IP5 .....	83

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorienleitfaden (deduktive Kategorienbildung).....	52
Tabelle 2: Kategorienleitfaden (induktive Kategorienbildung).....	53
Tabelle 3: Transkriptionsregeln .....	55
Tabelle 4: Antworten zur allgemeinen Einleitung.....	61
Tabelle 5: Antworten zum 1. Demonstrationsexperiment .....	66
Tabelle 6: Antworten zum 2. Demonstrationsexperiment .....	69
Tabelle 7: Antworten zum 3. Demonstrationsexperiment .....	72
Tabelle 8: Antworten zum 4. Demonstrationsexperiment .....	78
Tabelle 9: Häufigkeit der zugewiesenen Kategorien-Codes sortiert nach Fragen aus dem Interviewleitfaden.....	79

---

## Anhang

### Interviewleitfaden und Lösungserwartung – Version 2

Liebe\*r .....,

wie schon besprochen, werden wir uns nun ein bisschen über die Energie unterhalten und uns gemeinsam ein paar Experimente dazu anschauen. Dabei ist es wichtig, dass wir einen geordneten Ablauf beibehalten. Das bedeutet, du sollst immer zuerst Vermutungen aufstellen, dann das Experiment beobachten, beschreiben und zuletzt erklären. Probiere diese Schritte so genau und ausführlich wie möglich zu machen! Ich gebe dir diese Kärtchen zur Unterstützung.

Es ist völlig in Ordnung, wenn du dir bei manchen Fragen nicht sicher bist. Beantworte sie einfach nach bestem Wissen. Deine Leistung wird nicht bewertet und hat keinen Einfluss auf deine Physiknote. Deine Antworten bei diesem Interview werden anonymisiert verarbeitet.

Hast du noch Fragen?

Falls du später noch Fragen hast, kannst du sie jederzeit stellen!

#### 1. BRAINSTORMING

Kommen wir zur ersten Frage: Was verbindest du mit dem Begriff *Energie*?

\*A\*

- Licht, Strom, Bewegung, teuer, Diesel, Benzin, Sonne, Mitochondrien (Zellen), Öl, warm, Heizung, Russland, Saudi Arabien, USA, Atomkraft, Nuklearmedizin, Effizienz, Elektronen, Elektroauto, Batterie, Akku, Energieerhaltung, Biogas, Methan, Kühe, Mais, Recycling, Wasser, Wind, Perpetuum mobile, Kaffee, Redbull, U-Bahn, Bim, Rad, Essen, Kalorien, Leben
- „Fähigkeit, Arbeit zu verrichten“
- Eine Sache gegen einen Widerstand zu bewegen
- Vermischung mit anderen physikalischen Größen Kraft, Arbeit, Leistung
- Einheit Joule (oder Watt, Newton usw.)
- Energie kann weder erzeugt noch vernichtet, aber in andere Energieformen umgewandelt werden → Energieerhaltungssatz
- Energie ist nur für unsern Zweck verbraucht – Energieentwertung, Wirkungsgrad
- Verschiedene Energieformen
- Energiequellen und -wandler
- Energieerhaltung
- Ursache und Wirkung

*Wie würdest du einem Freund/einer Freundin physikalisch erklären, was Energie ist?*

*Wo spielt Energie im Alltag eine Rolle? Kannst du ein paar Beispiele nennen?*

*Kannst du ein paar unterschiedliche Energieformen aufzählen?*

*Fallen dir auch andere Energieformen als die elektrische Energie ein?*

*Welche dieser Beispiele (siehe Bilder) verbindest du mit dem Energiebegriff? Erkläre bitte, warum du so entschieden hast.*



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12

---

**2.** Wir haben bisher über die elektrische Energie gesprochen. Schauen wir uns dazu einen einfachen Versuch an, den du wahrscheinlich aus der Unterstufe kennst.

Du siehst hier einen einfachen Stromkreis, der aus einem Lämpchen, einer Batterie und zwei Kabeln besteht. Der Stromkreis ist noch nicht geschlossen, d.h. es sind noch nicht alle Kabel korrekt an die Bauteile des Stromkreises angeschlossen.

*Versuchsaufbau herzeigen*

2.1 Was glaubst du wird passieren, wenn der Stromkreis geschlossen wird?

\*A\*

- Das Lämpchen leuchtet
- Strom fließt

Durchführung

2.2 Was kannst du beobachten? Probiere den Versuch so genau wie möglich zu beschreiben! (Ohne Erklärung)

\*A\*

- Aufbau: Lämpchen, zwei Kabel, Batterie
- Wenn der Stromkreis offen ist, passiert nichts
- Wenn die Kabel verbunden werden/der Stromkreis geschlossen ist, leuchtet das Lämpchen

2.3 Kannst du den Versuch und deine Beobachtungen erklären? Wie kommt es dazu, dass das Lämpchen leuchtet?

\*A\*

- Wenn der Stromkreis offen ist, kann kein Strom fließen
- Wenn der Stromkreis geschlossen ist, kann Strom fließen
- Plus und Minus sind dann verbunden und Elektronen können von Plus zu Minus bzw. von Minus zu Plus wandern
- Die Elektronen bringen das Lämpchen zum Leuchten

*Wieso leuchtet das Lämpchen? Was ist die Ursache?*

*Was passiert im Inneren des Kabels?*

*Wieso wollen sich die Elektronen bewegen?*

*Wie kann man sich diesen Stromfluss vorstellen?*

*Wieso leuchtet das Lämpchen nicht, wenn der Stromkreis offen ist?*

2.4 Welche Rolle spielt dabei die Energie?

\*A\*

- Wärmeenergie, Strahlungsenergie, elektrische Energie
- Energie ist in der Batterie gespeichert und wird dann zum Lämpchen gebracht
- Energie wird umgewandelt
- Elektronen sind die Energie/transportieren die Energie
- Durch Bewegung der Elektronen (= Bewegungsenergie) glüht das Lämpchen

*Woher kommt die Energie?*

*Wie wird sie übertragen?*

*Wie lange dauert es bis die Energie übertragen wird?*

2.5 Wie kommt die Energie zum Lämpchen? Zeichne bitte den Weg in die Skizze!

\*A\* + Zeichnung

- Entlang des Leiters/der Kabel - im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn (je nach gelernter Stromrichtung)
- Startet bei Batterie
- Entweder in eine Richtung oder von beiden Seiten zum Lämpchen
- Strahlung beim Lämpchen
- Kommt auch wieder zurück

*Begründe bitte deine Antwort!*

2.6 Kannst du den Energieerhaltungssatz nennen? Gilt er für dieses Beispiel?

- Energie wird nie verbraucht, nur umgewandelt
- Energie wird immer erhalten
- Energie geht nicht verloren und kann auch nicht entstehen
- Kenn ich nicht
- Elektrische Energie wird in Strahlungsenergie und Wärmeenergie umgewandelt
- Er gilt nicht, weil ein Teil verloren geht

*Wird hier Energie verbraucht?*

*Kann die gesamte Energie umgewandelt werden?*

*Blätter vorbereiten und sammeln!*

**3.** Wir werden diesen Stromkreis nun ein wenig verändern. Statt der Batterie wird ein kleiner Handgenerator eingebaut, an dem man drehen kann.

### Einbau Handgenerator

3.1 Können wir das Lämpchen auch ohne Batterie zum Leuchten bringen?

\*A\*

- Nein, weil kein Strom/keine Energie bzw. keine Elektronen gespeichert sind
- Ja, es wird eine andere Energieform (=Bewegungsenergie) in elektrische Energie und dann in Wärme- und Strahlungsenergie umgewandelt – wie bei vielen Kraftwerken
- Es kommt darauf an wie stark man dreht
- Das weiß ich nicht

*Was muss man machen? Reicht es den Stromkreis zu schließen?*

### Durchführung

3.2 Was kannst du beobachten? Kannst du den Versuch beschreiben?

\*A\*

- Aufbau: statt Batterie Handgenerator
- Durch das Drehen leuchtet das Lämpchen
- Je stärker man dreht desto heller leuchtet das Lämpchen
- Je länger man dreht desto länger leuchtet das Lämpchen
- Es hört auf zu leuchten, wenn man nicht mehr dreht

3.3 Kannst du erklären wie es dazu kommt, dass das Lämpchen leuchtet?

\*A\*

- Durch das Drehen wird Energie umgewandelt
- Das Drehen stoßt die Elektronen an
- Durch das Kurbeln entsteht ein Magnetfeld → Magnetfeld erzeugt Strom
- Plus und Minuspol/Nord und Südpol
- Spannungsdifferenz, elektrisches und magnetisches Feld
- Induktion: Spannung wird induziert

---

Wieso leuchtet das Lämpchen? Was ist die Ursache?  
Was bewirkt das Kurbeln?  
Was passiert im Inneren des Leiters?  
Du hast gemeint, Strom fließen bedeutet Elektronenfluss.  
Was macht das Magnetfeld mit den Elektronen?  
Was kann ich unter Minus- und Pluspol bzw. Nord und Südpol verstehen? (Evtl. Verwechslung)

3.4 Welche Rolle spielt dabei die Energie?

\*A\*

- Energie wird übertragen
- Energie wird umgewandelt (Bewegungsenergie in elektrische und Wärme- und Strahlungsenergie)
- Energie bringt Lämpchen zum Leuchten
- Energie wird aufgewendet um Kurbel zu drehen/Energie bewirkt Stromfluss

Wo liegen die Unterschiede zwischen der Energieübertragung beim Stromkreis mit der Batterie und diesem hier?

3.5 Wie kommt die Energie zum Lämpchen? Zeichne bitte den Weg in die Skizze!

\*A\* + Zeichnung

- Entlang des Leiters/der Kabel - im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn (je nach gelernter Stromrichtung)
- Startet bei Batterie
- Entweder in eine Richtung oder von beiden Seiten zum Lämpchen
- Strahlung beim Lämpchen
- Kommt auch wieder zurück

Begründe deine Antwort!

### Einbau Ventilator

3.6 Wir ersetzen nun das Lämpchen durch einen kleinen Ventilator und verwenden wieder die Batterie statt des Handgenerators.  
Was glaubst du können wir beobachten, wenn der Stromkreis geschlossen wird?

\*A\*

- Ventilator dreht sich
- Nichts, weil Energie der Batterie nicht ausreicht

### Durchführung

3.7 Was kannst du beobachten? Kannst du den Versuch beschreiben?

\*A\*

- Der Ventilator dreht sich, wenn der Stromkreis geschlossen ist
- Es entsteht Wind/Luft

3.8 Kannst du erklären wie es dazu kommt, dass sich der Ventilator dreht?

\*A\*

- Die Batterie stoßt die Elektronen an
- Die Elektronen schubsen den Ventilator an
- Motor wandelt elektrische Energie in Bewegungsenergie um

Was ist die Ursache für die Drehbewegung des Ventilators?  
Was passiert im Inneren des Leiters?

3.9 Welche Rolle spielt dabei die Energie?

---

\*A\*

- Energie wird erzeugt und weitergegeben/übertragen
- Elektronen übertragen Energie zum Ventilator
- Energie wird umgewandelt (Chemische in elektrische und Bewegungsenergie)
- Energie bringt Ventilator zum Drehen

*Wo liegen die Unterschiede zwischen der Energieübertragung beim Stromkreis mit dem Lämpchen und diesem hier?*

*Wie findet diese Umwandlung statt?*

*Wie wird die Energie hier umgewandelt?*

3.10 Wie kommt die Energie zum Ventilator? Zeichne bitte den Weg in die Skizze!

\*A\* + Zeichnung

- Entlang des Leiters/der Kabel - im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn (je nach gelernter Stromrichtung)
- Startet bei Batterie
- Entweder in eine Richtung oder von beiden Seiten zum Lämpchen
- Strahlung beim Lämpchen
- Kommt auch wieder zurück

*Begründe deine Antwort!*

**4.** Wir verwenden nun wieder den Versuchsaufbau vom Anfang, also mit Batterie und Lämpchen. Wir vergleichen die Leuchtkraft bzw. Helligkeit zweier Lämpchen.

4.1 Wir bauen zwei Stromkreise mit zwei verschiedenen Lämpchen und baugleichen/identischen Batterien. Kann es sein, dass eines dieser Lämpchen heller leuchtet? Kann es auch sein, dass eines gar nicht leuchtet?

\*A\*

- Sollte immer gleich hell leuchten, weil es die gleiche Größe hat
- Kann auch gar nicht leuchten, wenn Leistung zu schwach
- Falls Draht dünner, dann geht es kaputt
- Falls Draht dicker, dann leuchtet es nicht bzw. weniger hell

*Warum?*

Durchführung

4.2 Was kannst du beobachten? Kannst du den Versuch beschreiben?

\*A\*

- Sie leuchten zwar beide aber unterschiedlich hell

4.3 Kannst du deine Feststellungen erklären?

\*A\*

- Das Lämpchen ist zu schwach
- Die Batterie ist zu schwach, hat zu wenig Energie gespeichert
- Die Batterie ist kaputt (evtl. Batterie umtauschen)
- Der Draht ist nicht gleich dick - die Elektronen kommen nicht durch – es fließt weniger Strom
- Das zweite Lämpchen hat mehr Volt (falls zur Besichtigung verlangt)

- 
- Das zweite würde eine stärkere Batterie brauchen

*Was passiert im Inneren des Leiters?*

*Gibt es weniger Elektronen?*

*Sind die Elektronen langsamer?*

4.4 Welche Rolle spielt dabei die Energie?

\*A\*

- Es wird weniger Energie übertragen
- Es würde mehr Energie brauchen
- Das erste Lämpchen besitzt mehr Energie

*Wird mehr oder weniger Energie übertragen?*

*Bleibt die Energie erhalten und wie wird sie umgewandelt?*

4.5 Wie kommt die Energie zum Lämpchen? Zeichne bitte den Weg in die Skizze!

\*A\* + Zeichnung

- Entlang des Leiters/der Kabel - im Uhrzeigersinn oder gegen den Uhrzeigersinn (je nach gelernter Stromrichtung)
- Startet bei Batterie
- Entweder in eine Richtung oder von beiden Seiten zum Lämpchen
- Strahlung beim Lämpchen
- Kommt auch wieder zurück

*Begründe deine Antwort!*

4.6 Kennst du den physikalischen Begriff „Leistung“?

*Was kann man darunter verstehen?*

*Wie unterscheidet er sich von der Energie?*

*Kurze Erklärung zur Leistung: Kurz gefasst versteht man unter der Leistung wie viel Energie zu einer bestimmten Zeit umgewandelt wird.*

*Wird bei einem Schaltkreis mehr Energie übertragen?*

*Bleibt die Energie erhalten und wie wird sie umgewandelt?*

Vielen Dank für deine ehrlichen und ausführlichen Antworten. Wir haben nun die Gelegenheit die Versuche und Inhalte gemeinsam zu besprechen und mögliche Fragen und Schwierigkeiten zu klären. Z.B.

- Hast du spezielle Fragen an mich oder möchtest du ein kurzes Feedback meinerseits erhalten?
- Mir ist aufgefallen, dass...
- Bei dem 1. Versuch denken viele Schüler\*innen, dass..., aber...
- In meiner Arbeit werde ich...
- Usw.

Vielen lieben Dank noch einmal!

Ich denke, ich werde interessante Erkenntnisse aus deinen Aussagen ziehen können!

---

## Transkription Interview Nr. 1

- 1 I: Beginnen wir mit der ersten Frage. Kannst du mir sagen, was du mit dem Begriff  
2 Energie verbindest - ganz allgemein?
- 3 IP1: Ganz allgemein? Eine Kraft, die etwas bewegt. Energie kann in Fahrzeugen sein,  
4 in verschiedenen Formen. Also es gibt verschiedene Energieformen. Elektrizität würde  
5 ich sagen, es gibt aber auch Energien im Körper, wenn ich an die TCM denke. An-  
6 sonsten, wie man etwas fortbewegt, falls ich das noch nicht gesagt habe.
- 7 I: Wie würdest du deinem Freund oder einer Freundin Energie erklären?
- 8 IP1: Energie? Gute Frage! Ich würde ihn erzählen, dass/wenn Sie keine Ahnung hätten  
9 davon?
- 10 I: Ja, sie fragen dich, was Energie ist.
- 11 IP1: Es gibt sie in verschiedenen Formen. Egal, was man machen will, man kann, man  
12 braucht Energie, um etwas zu machen. Das heißt, es muss eine Art Kraft kommen und  
13 zum Beispiel im Körper wäre es durch Muskeln und ((Pause 20 – Unterbrechung an-  
14 dere Lehrperson)). Ich war mittendrin in meinem Satz.
- 15 I: Du hast von Energieformen gesprochen.
- 16 IP1: Also ich würde es so erklären, es gibt verschiedene Formen, um etwas zur Bewe-  
17 gung zu bringen. Der Körper kann das machen, es können Maschinen das machen.  
18 Elektrizität. Einfach dasselbe wie davor eigentlich.
- 19 I: Einige Energieformen hast du genannt. Fallen dir nicht mehrere ein, oder?
- 20 IP1: Ich denke an erneuerbare Energieformen. Wasser. Jetzt nix Falsches sagen ((la-  
21 chen)). Wasser. Ähm, Wind. Oh Gott, was mache ich gerade durch in Physik? Wasser.  
22 Wind. Kernenergie ist **keine** erneuerbare Energie.
- 23 I: Ich gebe dir vielleicht zum Anstoß hier ein paar Bilder. Vielleicht fällt dir dazu etwas  
24 ein. Einiges hast ja ich schon erwähnt. Du darfst dir Bilder aussuchen, bei denen du  
25 sagen würdest, das ist für dich eine Energieform oder das hat etwas mit der Energie  
26 zu tun.
- 27 IP1: **Solarenergie**. Die Sonne, voll. Dann das Handy, Elektrizität - braucht man zum  
28 Aufladen. Die Batterie, die passt voll dazu. Dann eine Steckdose brauche ich dafür  
29 und ich denke auch an Wechselstrom und Gleichstrom. Und ich glaube, in diesem  
30 Masten/Strommasten ist Wechselstrom und im Generator in einem Wasserkraftwerk  
31 wird zuerst Wechselstrom hergestellt. Daran denke ich auch. Dann Kernenergie, was  
32 ich vorher gesagt habe. ((Pause 5)) Ansonsten zur Erwärmung von Wasser. Elektrizität,  
33 glaube ich. Mehr fällt mir nicht ein.
- 34 I: Passt super! Dann schauen wir weiter. Du hast jetzt viel von Energie im elektrischen  
35 Kontext gesprochen. Um dieses Thema wird es jetzt auch im weiteren Verlauf gehen.  
36 Ich habe eine kleinen Versuch vorbereitet. Den kennst du vielleicht aus der Unterstufe  
37 – einen einfachen Stromkreis. Er besteht aus Kabel, einer Batterie und einem Lämp-  
38 chen. Ich schließe das jetzt mal so an. Der Stromkreis ist jetzt noch nicht geschlossen.  
39 Das heißt die Bauteile sind noch nicht miteinander verbunden. Was vermutest du?  
40 Also wir wären jetzt bei dem ersten Punkt. Was vermutest du passiert, wenn ich den  
41 Stromkreis schließe?
- 42 IP1: Also was weiß ich? Ich weiß, dass die Elektrizität wird durch das Kabel durchflie-  
43 ßen zur Glühlampe/zum Licht und durch die Kabel wird das halt durchfließen. Und ich  
44 glaube, dass wenn man genauer hinschaut, sind ja diese zwei Enden und in einem  
45 gehen die Elektronen durch und sie wollen zu den Plus – Protonen. Ja, mehr weiß ich  
46 eigentlich nicht.

---

47 I: Gut, dann schauen wir uns das Ganze an. Das war jetzt nur eine Vermutung. ((Pause  
48 5 - Durchführung))  
49 I: Was beobachtest du?  
50 IP1: Ich beobachte, sobald Sie das Kabel angeschlossen haben im Stromkreis, ging  
51 das Licht an, das heißt der Stromkreis ist geschlossen. Auf einmal ist Licht da. Und es  
52 war nötig, sozusagen, das heißt, irgendwas ist passiert, irgendwas wurde verbunden,  
53 dass es halt weiterfließen kann.  
54 I: Und jetzt kommen wir eh schon zur Erklärung, also zum letzten Punkt. Wie erklärst  
55 du dir das Ganze? Wie kommt es dazu, dass das Lämpchen leuchtet?  
56 IP1: Es war nötig, dass Strom durchfließt, aber ich weiß nicht genau, in welchem Zu-  
57 sammenhang der Strom es zum Leuchten bringt. Ich weiß nur, dass die Elektronen  
58 immer zu den Protonen wollen für den Ausgleich und mehr weiß ich nicht.  
59 I: Elektronen zu den Protonen. Wie stellst du dir diese Bewegung vor? Also wenn du  
60 sagst, sie wollen zu den Protonen. Was meinst du damit ganz genau?  
61 IP1: Es ist eine Dysbalance und sie wollen sich ausgleichen und sie gehen durch die  
62 Kabel durch.  
63 I: Dann gehen wir weiter. Du hast gesagt, die Elektronen wollen zu den Protonen und  
64 vorher haben wir immer im Zusammenhang mit der Energie von Elektrizität gespro-  
65 chen. Findest du, dass hier auch irgendeine Energieübertragung stattfindet?  
66 IP1: Ja. Ich meine, Energieübertrag. Man könnte sagen bei der Verbindung von zwei  
67 verschiedenen Gegenständen von der Batterie zum Kabel, da ist ein Energieübertrag  
68 über das Metall. Das heißt durch das Metall fließen gut die Elektronen durch, ist ein  
69 guter Leiter. Ansonsten dann wieder hier halt und mehr nicht.  
70 I: Woher kommt diese Energie deiner Meinung nach?  
71 IP1: Vom Inneren der Batterie.  
72 I: Was würdest du sagen, ist sie einfach da drin und wird dann weitertransportiert oder  
73 wie stellst du dir diesen Transport vor?  
74 IP1: Ich stelle es mir vor als wäre es gespeichert, als wäre eine große Anzahl an Elekt-  
75 ronen drin. Sobald der Anschluss da ist, versuchen sie sich auszugleichen bei den  
76 Protonen.  
77 I: Kommen sie dann wieder zurück oder bleiben sie bei dem Lämpchen?  
78 IP1: Ich glaube, sie fließen durch und das ist wichtig fürs Lämpchen. Aber ich glaube  
79 nicht, dass sie drinnen bleiben im Lämpchen. Ich glaube sie gehen dann weiter.  
80 I: Okay und wie lange dauert es ungefähr bis das Lämpchen leuchtet?  
81 IP1: Millisekunden. Ich weiß, die Lichtgeschwindigkeit ist so 300 000 Kilometer pro  
82 Sekunde schnell.  
83 I: Also du sagst es passiert in Lichtgeschwindigkeit?  
84 IP1: Ja, **das** wäre meine Erklärung.  
85 I: Gut, dann habe ich noch ein Blatt für dich. Weil wir jetzt vom Transport der Energie  
86 gesprochen haben, probieren wir das irgendwie so mit einer Skizze darzustellen. Muss  
87 wirklich nur eine Skizze sein, wie du dir vorstellst, wie die Energie fortbewegt wird.  
88 IP1: Kann ich auch dieses Beispiel aufzeichnen?  
89 I: Ja, klar!  
90 IP1: Dann würde ich so eine große Batterie machen. Ich zeichne es einfach mal nach  
91 hier. Und hier ist ein Verbindungsstück. So. Sozusagen diese Klemme. Und ich würde  
92 sagen hier sind zwei Behälter. Hier einmal die Elektronen und die Protonen. Und das  
93 Metall ist ja gut zum Leiten. Daher erkläre ich mir, dass, sobald das angeschlossen  
94 ist/die Elektronen sind durchgehend hier drinnen. Und sobald das angeschlossen ist,  
95 geht ein Elektron schon mal durch und schaut, ob sich/ob es nötig ist, dass es hier

---

96 noch mal hinkommt, ob da ein Ungleichgewicht ist und sobald es erkennt, dass ein  
97 Ungleichgewicht herrscht, geht es auch wirklich diesen Weg durch. Ich erkläre mir jetzt  
98 einfach, dass es mal durchgeht durch diesen Leiter und das Plastik/also das hier ist so  
99 Plastik. Deswegen ist es gut abgeschützt/abgedichtet und dann kommt eben zu die-  
100 sem Licht. Das mach ich mal nicht wunderschön, aber akzeptabel.  
101 I: Ja, soll nur eine Skizze sein.  
102 IP1: ((zeichnet)) Da kommt es rein. Die kleinen Drähtchen sind da oben. Und ich kann  
103 nicht erklären, warum es die gibt. Ich weiß nur, dass sie wichtig sind. Ich glaube eine  
104 Art Funken entsteht und dann passiert das Licht wegen der Elektronen, die durchkom-  
105 men. Wenn ich das jetzt fertig zeichnen müsste, dann schaut es so aus. So und jetzt  
106 wird es schwierig. Die Elektronen kommen durch, die Protonen sind hier drüben. Die  
107 Elektronen wollen hier durch und um durchzukommen muss das Licht ankommen/wird  
108 das Licht angeschaltet. Damit es hier rüberkommt, muss dieses Licht angehen (mä-  
109 ßig?) und dann kommt es hier durch zu den Protonen. So wäre meine Erklärung.  
110 I: Okay, dann habe ich jetzt noch eine Frage. Wenn die Elektronen da durchsauen  
111 und in diesem Teil von der Batterie ankommen. Können Sie dann wieder hinüber-swit-  
112 chen, dass Sie dann wieder so quasi den Weg noch mal machen, oder bleiben Sie  
113 dann einfach in dem Behälter und irgendwann ist das Licht aus?  
114 IP1: Bis es fifty-fifty ist, also ich würde sagen/sagen wir mal hier ist 100% der Elektro-  
115 nen und sagen wir hier ist 100% der Protonen, dann wollen mindestens 50% hier rüber.  
116 Dass sozusagen plus 50% der Elektronen hier sind. Ich weiß nicht genau, was mit den  
117 100% der Protonen passiert. Ich hätte gesagt davon kommt 50% rüber, so dass ein  
118 Ausgleich im ganzen Ding entsteht.  
119 I: Passt, dann schauen wir weiter.  
120 M: Vielleicht würde ich da nur noch mal kurz zur Energie zurückkommen. Jetzt ist ge-  
121 rade bisschen etwas über den Elektronenfluss behandelt worden. Wie würdest du  
122 denn das mit der Energie in Verbindung bringen?  
123 IP1: Okay, mit der Energie in Verbindung bringen. Energie/ich sehe es so, die Energie  
124 zeigt sich in vielen Formen. Energie ist immer für Nutzen da, hätte ich gesagt. Das  
125 heißt, die Elektronen sind eine Energieform, weil sie etwas nutzen, und zwar, dass sie  
126 das Licht anschalten. Das ist meine Erklärung. ((Pause 5) Ich werde hier ja richtig  
127 geprüft ((lachen)).  
128 I: Dann bauen wir jetzt den ganzen Stromkreis ein bisschen um bzw. wir verändern  
129 eigentlich nur ein Bauteil. Die Kabel muss ich jetzt nur auch austauschen, aber du wirst  
130 gleich sehen, das trotzdem noch Kabel im Stromkreis verwendet werden. Ich baue  
131 einen Handgenerator ein. Dann sind wir wieder beim ersten Punkt. Glaubst du, wir  
132 können das Lämpchen auch ohne Batterie und ohne diese gespeicherten Elektronen,  
133 wie du gemeint hast, zum Leuchten bringen?  
134 IP1: Mechanische Energie glaube ich.  
135 I: Was passiert, glaubst du, wenn ich jetzt an dieser Kurbel drehe?  
136 IP1: Okay, Sie drehen daran und ich sehe auch diese Räder drinnen, das heißt, sie  
137 bewegen sich, und ich sehe auch diesen metallischen Behälter.  
138 I: Verschieben wir das auf die Erklärung und du beobachtest jetzt bitte. ((Pause 7 -  
139 Durchführung))  
140 IP1: Bei jeder vollen Umdrehung wird es ein bisschen stärker, kommt mir so vor.  
141 I: Okay, also kannst du einfach mal beschreiben, was du beobachtet hast?  
142 IP1: Sobald Sie gedreht haben, ging das Licht an und zwar sofort. Ich kann sagen auch  
143 die Dreh(räder?) da drinnen haben sich bewegt, habe ich gesehen. Ansonsten, es ist  
144 wieder eine Energieform, sofort, sobald Sie etwas bewegt haben, gekommen. Das

---

145 heißt, sobald eine Bewegung herrscht, wird das umgewandelt in der Elektrizität. Und  
146 das wurde dann/das hat dazu geführt, dass das Lämpchen geleuchtet hat.  
147 I: Also du sagst die Ursache oder der Grund ist jetzt meine Drehbewegung.  
148 IP1: Ja, eine Energieform kam in das System.  
149 I: Gut, wie stellst du dir das jetzt im Leiter vor? Also du sagst, das Kurbeln bewirkt  
150 irgendwas, und was passiert in diesem Kabel?  
151 IP1: Elektrizität fließt hindurch durch das Kurbeln. Und das Kurbeln/durch das Kurbeln  
152 kommt Elektrizität durch diesen Mini Generator durch.  
153 I: Du sprichst von Elektrizität. Wie stellst du dir diese Elektrizität vor?  
154 IP: Es sind wieder die Elektronen von vorher, weil es wieder Minus und diese zwei/wie  
155 heißen die nochmal?/die Krokoklemmen sind ja in verschiedenen Farben und wieder  
156 an diesen zwei verschiedenen Punkten, so wie vorher. Deswegen erkläre ich mir wie-  
157 der, dass eines für das Negative ist und eines für das Positive. Eines Elektron und  
158 eines Proton. Deswegen auch die zwei verschiedenen Farben vom Leiter erkläre ich  
159 mir mit Elektronen und Protonen.  
160 I: Wenn ich das jetzt richtig verstanden habe, dann müssen die Elektronen ja wieder  
161 irgendwo herkommen. Sind diese dann wieder darin gespeichert?  
162 IP1: Ich würde sagen, sie entstehen durch eine Art **Umwandlung** von der mechani-  
163 schen Energie.  
164 I: Dann gehen wir wieder einen Schritt weiter und wieder die gleiche Frage wie beim  
165 letzten Versuch. Welche Rolle spielt hier jetzt die Energie? Vielleicht wenn du es noch-  
166 mal probierst zusammenzufassen. Einiges hast du schon gesagt. Findet hier ein Ener-  
167 gieübertrag statt?  
168 IP1: Ich sag ja.  
169 I: Und wie stellst du dir diesen Transport der Energie vor?  
170 IP1: Ich glaube, sie braucht eine Art/sie braucht einen Leiter und dieser Leiter ist in  
171 dem Draht drinnen, der abgedeckt ist mit Plastik. Der Leiter muss gut sein, so dass die  
172 Energie durchfließt und ich glaub die Energie ist in Elektronen.  
173 I: Diesen Übergang haben wir jetzt und wie wird jetzt vom Kurbeln auf dieses Bauteil/du  
174 hast es vorhin als/Generator/du hast gemeint, hier entstehen diese Elektronen. Wie  
175 können durch das Kurbeln die Elektronen entstehen?  
176 IP1: Och okay, ich rate ((lachen)):  
177 I: Nur wie du dir das erklärst.  
178 IP1: Ich erklär es mir so, dass/sagen wir mal man dreht, dann ist bringt das Drehen ein  
179 Rad im Generator auch zum Drehen und sobald das zum Drehen kommt, berührt das  
180 Rad/werden zum Beispiel Elektronen stark in Bewegung gesetzt, das im Rad drin ist.  
181 Das dann wieder wie vorher an so einen/wie heißt dieses Metall Ding/ich sag jetzt mal  
182 dieses Metall ist da drinnen an ein Rad gebunden, das Rad bewegt sich, die Elektro-  
183 nen gehen weiter. Sie werden sozusagen irgendwie rausgezogen aus dem Rad, weil  
184 es sich bewegt. Dann gehen diese Elektronen durch den Generator weiter in den Leiter  
185 und dann vom Leiter ins Licht.  
186 I: Okay, dann tauschen wir jetzt statt dem Glühlämpchen etwas aus. Und zwar habe  
187 ich da drüben so einen kleinen Ventilator vorbereitet. Wir nehmen wieder die Batterie  
188 von vorhin.  
189 IP1: Schaut richtig „special“ aus.  
190 I: Und ich schließe es auch wieder wie beim ersten Versuch an und verbinde das  
191 Ganze noch nicht - mit der Frage, was du glaubst, was passiert, wenn ich das jetzt an  
192 das Metallstück dran halte oder dran klemme?  
193 IP1: Voll, vermuten wieder. Wieder die Batterie, also da sehe ich sogar ein Plus

---

194 Zeichen, das heißt **Proton** war richtig, hätte ich mal gesagt. Protonen und Elektronen  
195 auf beiden Seiten wieder. Die zwei Kabel sind wichtig, das ein Stromkreis geschlossen  
196 wird. Ich sage wieder, dass Elektronen und Protonen wichtig sind in diesem Beispiel  
197 und ich sehe wieder diesen Art Metallzylinder, das heißt wieder eine Art Energie Um-  
198 wandlung entsteht, um einen Propeller zum Drehen zu bringen. Erinnerst mich an das  
199 Windrad. Könnte eine Verbindung haben. Ich weiß es nicht.  
200 I: Also du sagst, es dreht sich, wenn ich jetzt die Krokoklemme anschließe.  
201 IP1: Definitiv. Ich bin überzeugt.  
202 I: Schauen wir, was passiert. ((Pause 5 - Durchführung))  
203 I: ((lachen)) Okay, dann kannst du jetzt kurz beschreiben, was du gesehen hast.  
204 IP1: Beobachten?  
205 I: Beobachtet hast du bereits und beschreiben kannst du eigentlich eh nur deine Ver-  
206 mutung noch einmal formulieren. Du hast das Richtige vermutet, es hat sich gedreht  
207 ((lachen)). Ist dir sonst etwas aufgefallen?  
208 IP1: Mir ist aufgefallen, dass sobald diese zwei Teile/dieses Akrokoko (...) /sobald das  
209 Krokodilteil hier diese Art Anschluss gehört hat, begann es sich schon leicht zu drehen,  
210 sobald es aber vollkommen umklammert hat, ging es richtig schnell. Das heißt am  
211 Anfang war ein niedriger Energiefluss, und es wurde dann verstärkt als es vollkommen  
212 verbunden war. Heißt, es war nötig, dass es sich verbindet. Heißt, dass, aus irgendei-  
213 nem Grund war es nötig, weil/ich weiß nicht warum/es könnte auch rein theoretisch/  
214 ich hab ja davor gesagt, es braucht nur eine Art Verbindung, aber es braucht eine **gute**  
215 Verbindung, was ich nicht verstehe. Falls das wichtig ist. Ähm, ich weiß nicht, wie die  
216 Energie das Rad zum Drehen gebracht hat. Das wüsste ich nicht, ich könnte vermuten.  
217 I: Was würdest du sagen ist die Ursache, dass sich der Ventilator dreht?  
218 IP1: Eine Umwandlung der Energie.  
219 I: Und was passiert im Inneren der Leiter? Wieder die gleiche Frage wie vorhin. Was  
220 stellst du dir vor passiert da in den Kabeln?  
221 IP1: Die Elektronen fließen durch und ich glaube wieder durch den Generator/durch  
222 diesen Mini Zylinder, um zu einem Proton zu kommen und sobald das durchfließt, pas-  
223 siert irgendwas im Generator, was/etwas muss durch Fließen und durch das Durch-  
224 fließen wieder etwas aktiviert, das das Rad zum Drehen bringt.  
225 I: Und welche Rolle spielt hier jetzt die Energie?  
226 IP1: Eine zum Dreh führende Rolle. Voll, das denke ich.  
227 I: Und wie stellst du dir diesen Transport/du sagst, es führt so zur Drehbewegung/wie  
228 stellst du dir diese Umwandlung vor?  
229 IP1: Im Generator.  
230 I: Im Generator sagst du passiert es, im Zylinder? Kannst du auch erklären wie?  
231 IP1: Ich kann es versuchen. Die Energie fließt durch. Es gibt wieder eine Art Verbin-  
232 dungsteil und sagen wir mal/darf ich es vielleicht aufzeichnen? Das hilft mir ein biss-  
233 chen. ((Pause 10 – Zeichnung)) Sagen wir mal, das ist die Energie und hier wird sie  
234 wieder rauskommen zu den Protonen. Die sind hier und hier sind die Elektronen. Sie  
235 macht eben diesen Weg. Das ist schon im Zylinder drinnen. Und ich stelle mir vor,  
236 dass/hier ist vom Propeller diese Metallstange, der geht ganz durch/und ich glaube,  
237 dass irgendwie ist der verbunden mit einer Scheibe und diese Scheibe wird durch die  
238 Elektrizität bewegt und durch die Scheibe kommt dann diese/werden die Elektronen  
239 weiter die Protonen weitergebracht. Und der einzige Grund, warum diese Scheibe sich  
240 bewegt, ist, weil die Elektronen hindurch müssen zu dem Protonen.  
241 I: Okay, passt! Dann kommen wir jetzt eigentlich schon zum letzten Versuch. Da wer-  
242 den wir zwei Stromkreise vergleichen. Dafür nehmen wir die zwei Lämpchen. Du

---

243 kannst sie dir kurz anschauen. ((Pause 15 – Vorbereitung Experiment))  
244 IP1: Das ist schon komisch, warum beginnt das zu Leuchten? Eigenartige Frage ((la-  
245 chen)). ((Pause 10 \_ Vorbereitung))  
246 I: So, ich schließe die Stromkreise jetzt noch nicht. ((Pause 5 – Vorbereitung))  
247 I: Du hast dir die Lämpchen angesehen. Kannst du irgendwelche Unterschiede fest-  
248 stellen, mal so zum Hinschauen nur?  
249 IP1: Ich sehe, dass drinnen in dem Glas, wo das Licht dann entsteht, sind diese Mini-  
250 Drähtchen bisschen unterschiedlich. Bei einem ist er größer, beim anderen kleiner.  
251 Ansonsten gleich.  
252 I: Was vermutest du passiert, wenn wir die zwei Stromkreise schließen? Da gibt es  
253 jetzt mehrere Fragen: Werden die Lämpchen leuchten? Könnten sie unterschiedlich  
254 leuchten oder könnte auch eines gar nicht leuchten? Was glaubst du denn wird pas-  
255 sieren?  
256 IP1: Ich glaube, es kommt darauf an, welche Batterie/es gibt ja verschiedene Batte-  
257 rien/wie ich sehe/ich glaube, die sind nicht ganz gleich, oder sind sie es doch? Doch  
258 sie sind gleich. Ich würde sagen, wären die Batterien anders/wären sie von einem an-  
259 deren Modell, wäre die Stromstärke anders. Ich weiß nicht, ob das ein richtige Begriff  
260 ist. Stromstärke und irgendwas mit A noch.  
261 I: Das ist die die Einheit für die Stromstärke, Ampere.  
262 IP1: Ja, Ampere. Wenn das unterschiedlich ist, glaube ich, ist auch die Lichtstärke  
263 anders, die man da sieht. Es leuchtet heller oder eben weniger. Ansonsten wird es  
264 gleich sein vom System her, weil die beiden Lämpchen gleich ausschauen.  
265 I: Dann machen wir das Ganze mal. Du kannst diesen Stromkreis schließen. Dann  
266 darfst du jetzt beobachten und beschreiben. Was erkennst du? ((Pause 3 – Durchfüh-  
267 rung))  
268 IP1: Das muss in den Leitern sein. Ich verstehe es sonst nicht. Okay, ich hab es ge-  
269 nau so angeschlossen wie Sie. Trotzdem leuchtet das weniger als das hier, was keinen  
270 Sinn ergibt. Es muss in den Leitern sein.  
271 I: Wollen wir die Leiter mal tauschen?  
272 IP1: Bitte! Das regt mich jetzt ein bisschen auf. ((Pause 20 – Tausch Kabel))  
273 IP1: Okay, wieder auf 3-2-1. Ich flippe aus ((lachen)). Das ist so komisch.  
274 I: ((lachen)) Wie erklärst du dir das?  
275 IP1: Jetzt muss ich eine komische Erklärung machen. Oh Mann. Sind die Dinge  
276 nicht/**da ist eine Zahl drauf**. 50 Milliliter Milliampere. Steht da auch was drauf? Da  
277 steht gar nichts drauf.  
278 I: Du kannst es auch nochmal drehen, wenn du magst.  
279 IP1: 6,2 Volt, 0,3 Ampere. Krieg ich einen Stromschlag, wenn ich das berühre? Ich trau  
280 mich. 50 Milliampere und 6 Volt. Ich als Physiker würde sagen ((lachen))/was war  
281 da/wie viel Ampere waren das? 0,3 okay. 3 Ampere ist mehr als 50 Milliampere. Das  
282 heißt Ampere ist der Messwert für die Stromstärke haben wir gesagt, deswegen leuch-  
283 tet auch das Bild/das Licht stärker, weil mehr Ampere durchfließen kann. Die Kabel  
284 sind anders, das heißt vielleicht kann in diesem Kabel mehr Elektrizität durchfließen.  
285 Vielleicht ist das das richtige Kabel/nein doch nicht. Es hat nichts mit dem Kabel zu  
286 tun, aber in diesem Licht/in dieser Glühbirne kann mehr Licht reinkommen, weil mehr  
287 Ampere akzeptiert wird/weil mehr Ampere durchkommen kann. In diesem Licht ist es  
288 weniger, deswegen ist auch das Licht schwächer.  
289 I: Wie stellst du dir diese Stromstärke vor/die Ampere, die du nennst?  
290 IP1: Ampere ist wie viele Elektronen benutzt werden innerhalb von einer Sekunde, das  
291 heißt ein Ampere wäre so und so viel Elektronen können benutzt werden. Und 50

---

292 Ampere wären 50 mal so viele Elektronen werden benutzt für eine Stärke.  
293 I: Welche Rolle spielt jetzt hierbei die Energie? Was würdest du sagen, gibt es eine  
294 Variante, wo mehr Energie ist oder wo weniger Energie ist oder ist da gleich viel Ener-  
295 gie?  
296 IP1: Ich glaube in beiden Batterien ist gleich viel Energie, weil sie auch gleich aus-  
297 schauen und von der selben Marke sind, aber bei dieser Glühbirne wird Energie weni-  
298 ger schnell verbraucht, weil weniger Energie durchfließen kann, weil weniger Energie  
299 verbraucht wird.  
300 I: Kennst du zufällig schon den Begriff Leistung?  
301 IP1: Ja, Leistungssatz.  
302 I: Okay, was weißt du darüber?  
303 IP1: Ich weiß, ein Impuls/es hat etwas mit Impulsen zu tun, glaube ich, weil es gibt  
304 auch einen Impulssatz.  
305 M: Ja, aufpassen. Du bist in der Mechanik unterwegs.  
306 I: Hat natürlich auch etwas zu tun damit. Hast du es aber im elektrischen Kontext auch  
307 schon mal gehört?  
308 IP1: Die Energie bleibt immer vorhanden, ob sie jetzt umgewandelt wird oder nicht, sie  
309 muss noch immer vorhanden bleiben. Meistens wird sie in der Wärme zu Ende gehen.  
310 Ja, Physik 4. Klasse.  
311 I: Also wie würdest du dann sagen, wie unterscheidet sich der Begriff Leistung von der  
312 Energie?  
313 IP1: Leistung ist, wie sehr die Energie hilft.  
314 I: Okay, super. Du hast alles beantwortet. Dann beenden wir jetzt die Tonaufnahme.

---

## Transkription Interview Nr. 2

- 1 I: Beginnen wir mit der ersten Frage: Was verbindest du mit dem Begriff Energie?
- 2 IP2: Ähm wir haben erst jetzt neue/die Kraftwerke besprochen. Das verbinde ich mit  
3 Energie, also die erneuerbare Energie, und es gibt verschiedene Arten von Energie.  
4 Dann haben wir diesen Satz gelernt, dass Energie nicht geschaffen oder/es kann nicht  
5 geschaffen werden. Es kann auch nicht verschwinden. Sie kann nur umgeleitet wer-  
6 den, weil jetzt/im Wind/Windkraftenergie/der ist/da gibt es Windkraftwerke, die durch  
7 Wind in Bewegung gesetzt werden und durch einen Generator wird diese Bewegungs-  
8 energie in elektrische Energie umgewandelt. Bei den Windkraftwerken wird die nicht  
9 gespeichert. Das ist eine erneuerbare Energie und dann gibt es die Brennanlagen. Da  
10 wird es verbrannt und die Wärmeenergie wird in elektrische Energie umgewandelt in-  
11 dem sie in eine Dampf/also Wasser wird so erhitzt, dass Dampf entsteht. Das kommt  
12 in eine Dampfturbine dann entsteht so/wird wieder ein Generator gebraucht und die  
13 Energie wird dann in elektrische wieder umgewandelt.
- 14 I: Okay, cool! Wie würdest du einem Freund oder einer Freundin erklären, was Energie  
15 ist - ganz physikalisch?
- 16 IP2: Energie ist eine Sache, die wir nicht sehen, die wir aber brauchen. Sie wird bei  
17 jeder Sache angewendet. Es gibt verschiedene Arten von Energie, wie Bewegungs-  
18 energie, mechanische Energie. Wir alle betätigen sie. Um etwas zu **bekommen, müs-**  
19 **sen** wir etwas machen. So würde ich es beschreiben.
- 20 I: Sehr gut und kannst du vielleicht noch ein paar andere Energieformen nennen? Du  
21 hast jetzt die mechanische Energie und die/
- 22 IP2: Die Solarenergie. Ähm ((lachen)) es gibt **so viele**, sie fallen mir gerade nicht ein.
- 23 I: Nicht so schlimm.
- 24 IP2: Wärmeenergie.
- 25 I: Mhm, okay! Ich gebe dir vielleicht als Denkanstoß noch ein paar Bilder, dann kannst  
26 du die bisschen sortieren. Vielleicht was dir noch dazu einfällt. Schaust sie dir mal  
27 durch, ob es dann noch vielleicht zusätzliche Energieformen gibt oder irgendwas, das  
28 du mit Energie verbindest.
- 29 IP2: Das ist die Energie in Batterien. Die wird angewendet mit/da braucht man/das ist  
30 die Quelle, das ist das Objekt, welches diesen Strom irgendwie erscheinen lässt, in  
31 dem Fall leuchtet das auf. Das sind die Strommasten womit man das weiterleitet. Das  
32 misst, glaube ich, wie warm etwas ist.
- 33 I: Ich glaube, das ist ein Fön. Aber ja, kann auch sein.
- 34 IP2: Es sieht nämlich so aus.
- 35 I: Schlechtes Foto ((lacht)).
- 36 IP2: Das ist auch eine andere Art von Batterie. Eine kleiner Art. Das sind die Handys,  
37 die wir immer verwenden. Die werden/**wir haben das Mal besprochen**. Das fand ich  
38 interessant. Ich bin mir gerade nicht sicher, wie die nochmal aufgeladen werden. Ir-  
39 gendwie war es so, dass sie auseinandergegangen sind diese zwei Sachen und ir-  
40 gendwas hat uns der Herr Professor gesagt gehabt. Hab wohl nicht aufgepasst  
41 ((lacht)). Ein Wasserkocher, der anscheinend Wasser aufwärmt mit Energie, die wir  
42 von der Steckdose bekommen. Solar. Und das sind keine Abgase die rauskommen,  
43 oder?
- 44 I: Ich glaube, das ist ein Kraftwerk. Kann sein, dass es Abgase sind, die rauskommen,  
45 oder Dampf.
- 46 IP2: Ich glaube eher Dampf. Ja und die Steckdose. In unserer normalen Steckdose ist

---

47 - **das ist keine Energie**, das ist eher der Strom, der fließt - haben wir 230 Volt. In  
48 Amerika ist es weniger.

49 I: Okay, gut! ((Pause 7)) Du hast jetzt einige elektrische Energieformen aufgezählt oder  
50 die elektrische Energie aufgezählt und auch ein paar Bilder zugeordnet. Ich habe hier  
51 einen Versuch vorbereitet. Den kennst du vielleicht aus der Unterstufe. Es ist ein ganz  
52 einfacher Stromkreis mit einer Batterie, zwei Kabel und einem kleinen Lämpchen –  
53 Glühlämpchen. Ich schließe jetzt mal die Kabel so an, dass sie noch nicht alle verbun-  
54 den sind, also das heißt, der Stromkreis ist noch nicht geschlossen. Geschlossen wäre  
55 er, wenn alle Bauteile verbunden sind. Was glaubst du denn jetzt/was passiert, wenn  
56 ich das Kabel anschließe?

57 IP2: Das Lämpchen leuchtet auf.

58 I: Okay, also das heißt wir sind jetzt bei diesen Schritten: Du vermutest - hast du gerade  
59 und jetzt können wir das Ganze beobachten. ((Pause 5 – Durchführung)) Kannst du  
60 deine Beobachtung beschreiben?

61 IP2: Ja ((lacht)), das Lämpchen ist jetzt an, weil der Kreis geschlossen wurde.

62 I: Okay und kannst du das auch erklären? Wie erklärst du dir das?

63 IP2: In der Batterie ist Energie ((quitscht)) gespeichert und äh dieses/dieser/es  
64 kommt/okay **Elektronen**, ich glaube es waren Elektronen. Ich hoffe, ich stelle mich  
65 nicht blöd an. Es waren die Elektronen, die vom Minuspol bis zum positiven  
66 Punkt/Pluspol/genau/rüber gehen. Ich glaub es geht so hin und diese Quelle ist einfach  
67 nur das Aufleuchten, weil die Energie durchläuft und das zeigt es an.

68 I: Mhm und wie stellst du dir diesen Fluss vor? Du hast gemeint, diese Elektronen  
69 gehen da durch. Kannst du das bisschen genauer beschreiben?

70 IP2: Bildlich?

71 I: Ja machen wir es gleich bildlich. Ich hab dir das so eine Skizze vorbereitet, also die  
72 erste da oben. Hast du so einen Schaltkreis schon mal gesehen? ((nicken)) Das ist  
73 das Lämpchen und das ist die Batterie. Wie glaubst du jetzt, dass diese Energie, die  
74 da drin gespeichert ist, wie du gesagt hast, wie kommt die jetzt zum Lämpchen bezie-  
75 hungsweise was passiert da drüben?

76 IP2: Mit den Kabeln. (In diesem Fall?) sind es diese ziemlich geraden Striche. Das  
77 fließt vom Minus zum Plus, also in die Richtung. So und da das hier in der Mitte ist und  
78 es diesen Stromkreis/also ist es in diesem Stromkreis drinnen und deswegen bekommt  
79 es diese Energie um aufzuleuchten.

80 I: Kannst du mir mal den Weg einzeichnen oder die Richtung? ((Pause 3 - zeichnet))

81 IP2: (Ja, ich vermute so?)

82 I: Du hast gemeint, die Elektronen bewegen sich. Wieso wollen sich diese bewegen?

83 IP2: Das ist eine gute Frage ((lacht)). Die Elektronen bewegen sich, weil sie ((Pause 8  
84 – überlegt)). ((lacht)) Ich weiß nicht, wieso sich die Elektronen bewegen. Sie wollen  
85 zum **Plus**, weil sie/Vermutung, also das ist eine Vermutung/sie sind negativ und wollen  
86 zum positiven Teil.

87 I: Und was passiert, wenn sie beim positiven Teil ankommen. wie stellst du dir das  
88 dann danach vor? Bleiben sie dort und dann hört das Lämmchen irgendwann auf zu  
89 leuchten?

90 IP2: Es geht weiter bis es fertig ist.

91 I: Was heißt fertig für dich?

92 IP2: Das heißt, dass wenn die Batterie keinen Akku mehr hat/keine Energie mehr  
93 hat/fertig ist - verbraucht.

94 I: Okay passt und welche Rolle spielt da jetzt die Energie? Du hast ganz am Anfang  
95 gesagt, Energie kann nie verbraucht oder wie hast du es genannt?

---

96 IP2: Es kann nicht verschwinden.  
97 I: Genau und es kann nur umgeleitet oder umgeformt werden, hast du gemeint. Wie  
98 würdest du jetzt beschreiben, wird hier diese Energie umgeformt oder umgeleitet?  
99 IP2: In diesem Fall ist es eine gespeicherte Energie und sie fließt dadurch bis zu dem  
100 hier und, falls die Lampe warm ist, dann wird sie/es ist **meistens** so dass Wärmeenergie  
101 ausgestrahlt wird, bei oder im generellen bei mechanischer Energie wird auch ein  
102 ganz kleiner Teil in Wärmeenergie ausgestrahlt, weil Hitze entsteht, eine kurze kleine  
103 Hitze und in dem Fall würde ich auch sagen, dass Wärmeenergie entsteht.  
104 I: Okay und wie lange würdest du sagen, dauert das Ganze/wie lange dauert es bis es  
105 zum Leuchten beginnt?  
106 IP2: Ganz wenige Sekunden, also weniger als eine Sekunde. Vielleicht sogar eine  
107 Sekunde.  
108 M: Vielleicht noch ganz kurz zu dieser Skizze zurück. Du hast da diesen Weg einge-  
109 zeichnet. Heißt das, dass die Energie wieder zurück zur Batterie fließt in deiner  
110 Skizze?  
111 IP2: Ja, denn sonst könnte man ja hier aufhören das Kabel zu zeichnen und dann  
112 würde, wenn man das jetzt versuchen würde, würde das gar nichts bringen, denn dann  
113 wäre das Lämpchen nicht mehr hell.  
114 I: Okay gut. Dann baue ich das Ganze jetzt ein bisschen um. Wir brauchen trotzdem  
115 noch das Lämpchen und wir brauchen auch noch Kabel, aber ein bisschen andere  
116 Kabel und wir verwenden jetzt statt dieser Batterie einen kleinen Handgenerator.  
117 ((Pause 5 – Aufbau)). Die erste Frage an dich: glaubst du, wir können das Lämpchen  
118 auch mit diesem Handgenerator zum Leuchten bringen?  
119 IP2: Wenn dieser Generator funktioniert, dann ja.  
120 I: Du darfst das machen.  
121 IP2: (Das ist?) mit einer Spule und mit einem Magneten drinnen und durch die Span-  
122 nung entsteht (Druck?). ((Pause 5 – Durchführung)) Sollte man aufhören zu drehen,  
123 dann wird es auch aufhören zu leuchten, weil kein Strom mehr entstehen kann.  
124 I: Okay, beobachtet haben wir es eigentlich schon. Probierst du mir das jetzt noch  
125 bisschen genau zu formulieren oder zu erklären, was da im Inneren von den Kabeln  
126 passiert? Wie die Energie im/Ja.  
127 IP2: Okay, in diesem, also ich weiß nicht, ob in diesem Generator genau das ist was  
128 wir mal mit einem Generator von einem Fahrrad besprochen haben, aber da war ein  
129 Stabmagnet der in einer Spule drin war und weil sich dieser Magnet gedreht hat in  
130 dem hier in diesem Fall, entstand eine Spannung. Diese Spannung wurde dann ir-  
131 gendwie zu Strom umgewandelt und dann war es auch so, dass das Minus-Kabel den  
132 Strom geleitet hat und es bis zum Verbraucher kam und dann wieder zurück zum/also  
133 vom Plus zurück.  
134 I: Du hast gesagt, das Minus-Kabel hat Strom geleitet. Wie stellst du dir dieses Strom-  
135 leiten vor? Was passiert im Kabel?  
136 IP2: Ich stell mir das wirklich **sehr bildlich** vor ((lacht)): mit einem Kabel und da sind  
137 kleine Pünktchen mit einem Minus drauf, die dann dort hingehen. Wie halt Blutzellen  
138 in den Venen. So ähnlich halt mit einem Minus drin.  
139 I: Super und wieso bewegen sich diese Minus-Teilchen?  
140 IP2: Weil sie auch zum Plus wollen.  
141 I: Und wenn sie beim Plus ankommen, was passiert dann?  
142 IP2: Dann ist nichts. Dann passiert nichts mehr mit denen.  
143 I: Dann sind die sozusagen verbraucht oder sie haben jetzt ihre Funktion erledigt und  
144 es kommen neue Teilchen nach?

---

145 IP2: Ja, sie haben ihre Funktion erledigt und dann machen sie das wieder.  
146 I: Welche Rolle spielt hier jetzt die Energie?  
147 IP2: Dieselbe, wie die anderen, nur bei muss man mechanisch etwas machen und bei  
148 der anderen war sie gespeichert und man musste nur die Kabel ansetzen.  
149 I: Was würdest du dann sagen, wie wird hier diese Energie transportiert? Immer wieder  
150 über die Elektronen?  
151 IP2: Mithilfe den Kabeln.  
152 I: (...) Da haben wir noch mal den gleichen Schaltkreis aufgezeichnet wie oben, nur  
153 jetzt mit dem ausgetauschten ähm (...) ((Pause 5 – neue Zeichnung)). Das ist das  
154 Lämmchen und da hast du den Generator. Kannst du mir jetzt hier den Weg einzeich-  
155 nen, also genauso wie da oben, welchen Weg die Energie zurückgelegt?  
156 IP2: (Wieder hier so?).  
157 I: Und genauso wie da oben, kommt sie wieder zurück zum Generator?  
158 IP2: Ja, ja!  
159 I: Und wie wird sie dann wieder weitergegeben?  
160 IP2: Kann ich ankreuzen, ich weiß es nicht? ((lacht))  
161 I: Okay, ja passt ((lacht)). Lassen wir das so stehen, ist okay.  
162 IP2: Aber ich weiß, dass ich diese Frage schon am Donnerstag fragen werde. Ich weiß,  
163 ich bin hartnäckig. ((lachen))  
164 I: Wir können nachher darüber sprechen, wenn du was wissen willst. Wir gehen noch-  
165 mal zurück zur Batterien und zu unseren Kabel. Ich hab dir da drüben so einen Venti-  
166 lator aufgebaut. Ich schließe das Ganze mal an, also das heißt jetzt statt dem Lämp-  
167 chen gibt es einen Ventilator. Und die erste Frage an dich: was passiert, wenn wir  
168 diesen Stromkreis schließen?  
169 IP2: Diese Rotoren drehen sich. ((Pause 5 -Durchführung))  
170 I: Was hast du beobachtet?  
171 IP2: Die Rotoren haben sich bewegt.  
172 I: Kannst du mir das erklären?  
173 IP2: Ich versuch es. Es war wieder mit Hilfe der Batterie/wurde diese elektrische Ener-  
174 gie aber dieses Mal in Bewegungsenergie umgewandelt. Mit diesem Ding hier, wel-  
175 ches auch aussieht wie ein Generator.  
176 I: Und was passiert im Leiter?  
177 IP2: Da fließt Strom.  
178 I: Und nochmal genau die gleiche Frage: wie stellst du dir hier diesen Stromfluss vor?  
179 IP2: Es ist dasselbe Prinzip, wie bei den anderen. Was ich aber probieren würde/ dreht  
180 sich das dann in die andere Richtung, wenn man die Kabel anders vernetzt?  
181 I: Probiere es aus! ((Pause 25 – Tausch und Durchführung)) (...)  
182 IP2: Okay danke, das wollte ich wissen ((lacht)).  
183 I: Was würdest du sagen, ist die Ursache für diese Drehbewegung?  
184 IP2: Der Strom, der durchfließt und vom Generator in Bewegungsenergie umgewan-  
185 delt wird.  
186 I: Und wieder die gleiche Frage wie vorhin: welche Rolle spielt die Energie? Wie wird  
187 die Energie übertragen?  
188 IP2: Wieder durch die Leiter/durch die Kabel und dieses Mal wird sie in **Bewegungs-**  
189 **energie** umgewandelt.  
190 I: Wieder über die Elektronen, wie vorhin oder?  
191 IP2: Mhm.  
192 I: Dann kannst du mir hier wieder/das hab ich jetzt natürlich auch nicht richtig aufge-  
193 zeichnet/ (...) ((Pause 10 – Zeichnung) Zeichnest du mir jetzt hier auch noch mal den

---

194 Weg ein, den die Energie macht? ((Pause 5 – zeichnet)) Und kommt genauso zurück  
195 oder verändert sich etwas im Vergleich zu den anderen?  
196 IP2: Es kommt wieder zurück.  
197 M: Würde das jetzt für immer so weitergehen, wenn die Energie zurückgeht in die Bat-  
198 terie?  
199 IP2: Nein, es geht natürlich auch ein bisschen von dieser Energie **verloren** und des-  
200 wegen wird das nicht für immer ausreichen. Irgendwann mal wird das stoppen.  
201 M: Wohin geht sie denn verloren?  
202 IP2: In verschiedene unnötige Sachen, die dabei entstehen.  
203 M: Kannst du ein Beispiel nennen?  
204 IP2: Wärmeenergie.  
205 I: Dann bauen wir jetzt wieder den Versuch auf vom ganz am Anfang nur hab ich jetzt  
206 zwei andere Lämpchen. Die kannst du kurz vergleichen, während ich mache ((Pause  
207 15 – Aufbau)) (...).  
208 IP2: Ich würde gerne wissen, was der Typ vorhin (...)  
209 I: Ich hab die Stromkreise jetzt noch nicht geschlossen und habe einige Fragen an  
210 dich: was passiert denn, wenn ich die zwei Stromkreise schließe?  
211 IP2: Die Lämpchen leuchten auf.  
212 I: Könnte es sein, dass ein Lämpchen gar nicht leuchtet beziehungsweise eines viel-  
213 leicht bisschen mehr leuchtet als das andere, also heller leuchtet?  
214 IP2: Ja, das könnte sein. Das ist heller als dieses hier. Sollte, oder? Das ist dicker. Ich  
215 weiß, dass das feiner ist als dieses hier.  
216 I: Wie meinst du feiner?  
217 IP2: Dieses kleine Drähtchen drinnen.  
218 I: Und dann glaubst du, dass das dünnere heller leuchtet oder dass dickere?  
219 IP2: Es sollte das dickere sein, welches heller leuchtet.  
220 I: Probieren wir es aus. Du kannst diesen Stromkreis schließen. Was beobachtest du?  
221 IP2: Dass das dickere heller ist.  
222 I: Wie würdest du dir das Ganze erklären?  
223 IP2: Die glühen auf, diese Metalle und bei dem ist es halt dicker und viel mehr und es  
224 verträgt doch viel mehr Strom. Es leuchtet heller auf eben, weil es auch grösser ist als  
225 das feine, welches weniger Strom/das würde sogar schneller kaputtgehen, weil wenn  
226 es überhitzt wird oder irgendwie abbrennt, weil das geht, wird das aufhören zu leuch-  
227 ten. Deshalb leuchtet das schwächer und weniger.  
228 I: Wenn das dicker ist und du hast vorhin ja von Elektronen gesprochen, die sich herum  
229 bewegen. Wie erklärst du dir jetzt, dass es heller leuchtet? Also bewegen sich die  
230 Elektronen schneller, langsamer oder kommen mehr durch oder stoppen sie?  
231 IP2: Es werden einfach nur mehr verwendet, weil mehr verwendet werden können als  
232 beim anderen. Wenn das da jetzt viel stärker wäre und bei dem wäre dasselbe, glaube  
233 ich, dass das ziemlich schnell verbrennen würde. Wir haben nämlich mal eine zu starke  
234 Batterie verwendet gehabt und das Lämpchen ist nicht explodiert, aber es hat aufge-  
235 hört zu leuchten, weil es zu stark war.  
236 I: Welche Rolle spielt hierbei die Energie?  
237 IP2: Wie bei den anderen Sachen, dass sie **umgewandelt** wird in Wärmeenergie.  
238 I: Gibt es einen Unterschied zwischen diesem und dem Stromkreis?  
239 IP2: Bei dem ist es stärker.  
240 I: Würdest du dann sagen, da gibt es mehr Energie oder mehr Energie von der Batterie  
241 aus?  
242 IP2: Da wird einfach mehr umgewandelt, weil die Kapazität besser ist.

---

243 I: Hast du schon vom Begriff Leistung gehört?  
244 IP2: Ja, ja.  
245 I: Was fällt dir dazu ein im elektrischen Kontext?  
246 IP2: Dass manche Geräte viel mehr Leistung aufbringen können und vertragen als  
247 andere.  
248 I: Und was glaubst du ist diese Leistung? Was unterscheidet sie vom Energiebegriff.  
249 IP2: Die Energie kann so groß sein, wie es will, oder so viel sein, wie es will. Das würde  
250 nicht wirklich einen Schaden haben (sagt sie vermutend?) und bei der Leistung ist es  
251 so, dass man eine gewisse Zahl/Sache davon/Größe davon haben muss, ansonsten  
252 geht's kaputt oder geht gar nicht.  
253 I: Hier sind nochmal die zwei Stromkreise aufgezeichnet. Zeichnest du mir den Weg  
254 der Energie ein und ob es da vielleicht einen Unterschied gibt oder wie würdest du  
255 diesen Unterschied dann vielleicht kennzeichnen?  
256 IP2: Ja ((Pause 10 – zeichnet). Kein Unterschied!  
257 M: Das heißt es kommt jetzt nur dieser Helligkeitsunterschied durch den Unterschied  
258 der Bauart zustande? Würdest du das so sagen?  
259 IP2: Durch die Bauart von diesen Kreisläufen?  
260 M: Weil du das dünne und dicke Drähtchen angesprochen hast.  
261 IP2: In dem Fall würde ich sagen schon, ja.  
262 M: Weil alles andere im Stromkreis sonst gleich bleibt?  
263 IP2: Ja. Ich meine, es könnte sein, dass die Batterien vielleicht verschieden stark sind,  
264 aber sollte nicht so sein. Die Fäden sind die einzigen Sachen, die mir gerade aufgefal-  
265 len sind, die unterschiedlich sind.  
266 I: Okay bravo, dann beenden wir die Tonaufnahme.

---

### Transkription Interview Nr. 3

- 1 I: Die erste Frage: Was verbindest du allgemein mit dem Begriff Energie?
- 2 IP3: Energie ist etwas, das im Universum überall verteilt ist. Man kann Energie nicht  
3 zerstören. Das ist eines von den Dingen/etwas vom Wichtigsten, was ich weiß. Man  
4 kann Energie halt nur umwandeln, so elektrische in Wärme- und Bewegungsenergie  
5 und sowas. Und sonst ist Energie jetzt nicht ein Stoff, sondern das ist gespeichert in  
6 anderen Sachen.
- 7 I: Kannst du vielleicht irgendwelche „Sachen“, also so Energieformen nennen, wo es  
8 gespeichert sein könnte?
- 9 IP3: In Lebensmittel ist sie zum Beispiel gespeichert oder in Batterien kann man Ener-  
10 gie speichern. Theoretisch eigentlich in fast jedem Stoff irgendwie die Wärme, zwi-  
11 schen Wasser oder Metall oder so was. Metall ist nicht der beste Speicher. Dann fällt  
12 mir gar nicht mehr so viel ein.
- 13 I: Ich gebe dir ein paar Anhaltspunkte, zusätzliche Bilder. Du kannst sie dir mal durch-  
14 schauen, vielleicht fallen dir dann weitere Energieformen ein oder ein Prozess.
- 15 IP3: **Solarenergie** gibt es auch. Da kommt die Energie über Strahlen durch den Welt-  
16 raum zu uns. Weil Licht sich wellenförmig bewegt und kein Medium braucht, soweit ich  
17 weiß, wird es auch durch das Vakuum gehen. Dann das Handy mit dem Akku, hier der  
18 Wasserkocher. Da kommt der Strom rein und erhitzt dann unten die Platte. Dadurch  
19 erhitzt sich dann das Wasser. Dann haben wir hier ein Kraftwerk. Da geht es zum  
20 Beispiel im Atomkraftwerk so, dass man die Atome, Kerne, (über?) die Atom spal-  
21 tet/nein, ich glaub die Atomkerne spaltet und dadurch wird sehr viel Energie freige-  
22 setzt. Das hier ist ein Föhn, der macht das/ich kann mir vorstellen, dass da wahrschein-  
23 lich hinten eine Heizplatte drinnen ist – wahrscheinlich ein Ventilator, der Luft ansaugt  
24 und dann geht die Luft hindurch, wird nochmal erhitzt und dann kommt die heiße Luft  
25 raus. Dann hier bei dem hier wird **Strom** weitergeleitet, also vom Kraftwerk, wird das  
26 umgepolt, sodass die Spannung möglichst hoch ist und damit wenig Wärmeverlust. So  
27 kann man es weitertransportieren. Dann die Batterie. Die ist auch geladen über eine  
28 Säure, aber das weiß ich nicht ganz genau. Hier die Glühbirne. Da kommt auch Strom  
29 rein und bringt einen Draht zum Glühen. Und das ist noch Solarenergie. Damit wird die  
30 Solarenergie aufgefangen und dann umgewandelt in elektrischen Strom. Windenergie.  
31 Der Wind wird auch einfach durch/also die Windräder werden in Rotation versetzt und  
32 das wird dann in elektrischen Strom umgewandelt. Das hier ist das Teil da. Das ist  
33 auch nur eine große Batterie mit einem Minus- und Pluspol. Wenn man es dann halt  
34 an steckt, so kann man das Lämpchen zum Glühen bringen. Das ist die Steckdose,  
35 (die bringt alles weiter?).
- 36 I: Sehr gut! Dann können wir das weggeben. Dir ist viel eingefallen. Wie würdest du  
37 vielleicht einem Freund - einer Freundin physikalisch erklären, was Energie ist?
- 38 IP3: Physikalischen Definitionen sind immer so...
- 39 I: Stell dir vielleicht vor, irgend ein Kleinkind stellt dir diese Frage.
- 40 IP3: Wahrscheinlich würde ich es eher so erklären anhand von den Sachen, was das  
41 Kind braucht. Also dass ich nicht irgendeine physikalische Sache sag, wie das ist das  
42 und das. Fällt mir auch keine ein. Da würde ich eher sagen, Energie ist das, was du  
43 benötigst um dich zu **bewegen** oder wenn du was isst, ist auch Energie drinnen. Die  
44 brauchst du, deswegen ist sie immer gut oder sowas. Und ja, Energie kann in vielen  
45 verschiedenen **Formen** vorkommen, in Wärme, in Bewegung, in der Elektrizität. Ja so  
46 irgendwie würde ich das wahrscheinlich machen.

---

47 I: Okay, dann machen wir weiter. Du siehst hier schon den ersten Versuch, den ich  
48 vorbereitet hab. Kennst du diesen aus der Unterstufe vielleicht?

49 IP3: Ich glaube den Versuch nicht, aber wir haben in der Volksschule mal so einen  
50 Stromkreis auf einem Brett gebaut. Ich habe es zwar nicht geschafft in der Volksschule,  
51 aber ja.

52 I: Dann bauen wir das zusammen. Es ist im Endeffekt ein Stromkreis. Ich schließe den  
53 Stromkreis jetzt aber noch nicht! Meine erste Frage zum Vermuten wäre nämlich: was  
54 passiert, wenn ich den Stromkreis schließe? Also geschlossen wäre er, wenn alle Bau-  
55 teile miteinander verbunden sind.

56 IP3: Ich denke, dass, wenn der Stromkreis geschlossen ist, das Lämpchen, sofern es  
57 nicht kaputt ist, angeht.

58 I: Probieren wir es aus. ((Pause 5 – Durchführung)) Was beobachtest du?

59 IP3: Ich beobachte dass, nachdem man alles zusammen gesteckt hat, also beide Pole  
60 mit den beiden Teilen beim Metall andockt/(Teile?) von der Glühbirne verbunden hat,  
61 dass die Glühbirne angeht, also leuchtet. ((Pause 3 – Durchführung))

62 I: Wie erklärst du dir das?

63 IP3: Ich erkläre mir das so, dass hier in dieser Batterie auf der einen Seite die Batterie  
64 positiv geladen ist und hier negativ geladen. Und dadurch, dass sich das immer aus-  
65 gleichen möchte, fließen hier die **Elektronen** durch den Stromkreis durch, gehen hier  
66 durch und jetzt, also bringen den Draht zum Glühen, fließen dann hier weiter, hier rauf  
67 und dann (hinein?). Die Batterie ist dann leer, wenn beide Seiten neutral sind.

68 I: Wenn die Elektronen jetzt da durchsauen und hier reinkommen, bleiben sie dann  
69 auf der Seite, die vorher positiv geladen ist?

70 IP3: ((Pause 7 – überlegt)) Ich glaube nicht. Ich weiß nicht, wieso sie nicht dableiben  
71 sollten. Ich glaube, es hat (irgendwann mal geheißen?), dass sie zurückfließen. Aber  
72 ich hab das nicht/ also weiß ich nicht.

73 I: Du sagst, die Elektronen fließen durch. Wie schaffen Sie es, das Lämpchen zum  
74 Leuchten zu bringen?

75 IP3: ((Pause 5 – überlegt)) Da kommt der Strom rein. Dann wird hier wahrscheinlich  
76 irgend so ein Draht sein. Der Draht ist hier oben dann ganz besonders dünn und da er  
77 eben so dünn ist, fängt er an zu glühen und sich zu erhitzen. Die Elektronen fließen  
78 weiterhin durch, anschließend zurück.

79 I: Und dieser Strom, von dem du sprichst - meinst du damit die Elektronen, die strö-  
80 men?

81 IP3: Ja! Weil die Protonen sich nicht bewegen können.

82 I: Die wichtigste Frage: Welche Rolle spielt dabei die Energie?

83 IP3: ((Pause 7 – überlegt)) Weiß ich nicht, keine Ahnung. Ich weiß nur, dass halt Plus  
84 und Minus sich immer ausgleichen wollen und ausgleichen möchten und dadurch,  
85 dass das im Plus und Minus ist, ist nicht wirklich da, aber durch das Zusammenste-  
86 cken, kann man einen Energiefluss erzeugen, aber ich weiß jetzt nicht.

87 I: Du sprichst von Energiefluss. Wäre das dann wieder in Verbindung mit den Elektro-  
88 nen dieser Stromfluss oder wie meinst du das?

89 IP3: Ja, der **Elektronenfluss** (weil das andere sich nicht bewegen kann?).

90 I: (...) Kannst du mir hier bei der ersten Abbildung einzeichnen, wie die Energie/.

91 IP3: Das hier ist die Stromquelle.

92 I: Genau, das ist die Batterie und das ist das Lämpchen. Und ich hätte jetzt gerne,  
93 dass du mir diesen Weg der Energie einzeichnest. ((Pause 3 – zeichnet))

94 IP3: (Welches ist hier Plus und Minus?)? Ich kann mich nicht mehr genau (erinnern?).

95 I: Ja, das ist das Plus.

---

96 IP3: Dann würde ich sagen, hier fließen sie halt durch, hier so weiter und hier, dann  
97 kommen sie eigentlich ganz normal durch den Draht auch weiter durch das Lämpchen  
98 und gehen dann quasi hier rüber wieder zurück.  
99 I: Woher kommt diese Energie?  
100 IP3: ((Pause 10 – überlegt)) **Energie** ist da, weil dieses **Ungleichgewicht** halt da ist  
101 und es möchte sich wieder ausgleichen. Ich glaube **durch** Energieaufwand wurde das  
102 hier in Plus und Minus geteilt, also positiv und negativ geladen und weil sich das immer  
103 ausgleichen möchte im Universum oder so, geht es halt wieder zusammen. Heißt,  
104 wenn die Möglichkeit da ist, dann fließt es da rüber.  
105 I: Du sagst, es fließt rüber. Heißt das, du stellst dir diese Energieübertragung durch  
106 das Fließen vor. Also, wie wird sie übertragen?  
107 IP3: Ja, ich stelle es mir das so vor.  
108 I: Und wie lange dauert es, bis die Energie übertragen wird?  
109 IP3: Also bis die Energie von hier da drüben ist? Also wenn ich ein Elektron da rein  
110 schicke, wie lange es dauert bis es da ist?  
111 I: Wenn das für dich die Energieübertragung ist, dann ja.  
112 IP3: Dann würde ich sagen, es ist **fast** direkt da. Kommt darauf an, wie stark dieses  
113 Ungleichgewicht zwischen Plus und Minus ist.  
114 I: Du hast es vorhin schon genannt, bei der Erklärung, was Energie allgemein ist. Du  
115 hast gesagt, es kann nie zerstört werden.  
116 IP3: Ja, genau.  
117 I: Kennst du den Energieerhaltungssatz?  
118 IP3: Nein.  
119 I: Im Endeffekt besagt der Energieerhaltungssatz genau das, was du schon gesagt  
120 hast: dass man kann Energie nicht zerstören und man kann sie auch nicht erzeugen.  
121 Sie kann nur umgewandelt werden. Würdest du sagen, dass hier Energie verbraucht  
122 wird?  
123 IP3: ((Pause 6 – überlegt)) Nein, weil sie kann ja zerstört werden kann, also sie kann  
124 nicht weniger werden.  
125 I: Kann die gesamte Energie umgewandelt werden?  
126 IP3: Glaube nicht, nein. Hier wird es auch in Wärme und Licht halt umgewandelt, aber  
127 es geht hier auch noch zurück. (Ich kann das nicht?)  
128 I: Alles gut! Nicht so leicht, wie du siehst (...). ((lachen)) Dann gehen wir mal einen  
129 Schritt weiter (...) Ich tausche das jetzt aus: Statt der Batterie wird ein Handgenerator  
130 eingebaut. ((Pause 10 – Aufbau)). Wieder die erste Frage an dich: Können wir das  
131 Lämpchen auch ohne Batterie zum Leuchten bringen?  
132 IP3: Ohne Batterie schon, aber nicht ohne Energie. Also wenn ich da nicht drehe, dann  
133 leuchtet es auch nicht. Wenn ich jetzt dran drehen, denke ich, dass die Bewegungs-  
134 energie umgewandelt wird in elektrische Energie in diesem Gerät hier. Dann (schießt?)  
135 es da durch und dann leuchtet diese Lampe.  
136 I: Probiere es aus! ((Pause 5 – Durchführung)) Was kannst du beobachten?  
137 IP3: Ich kann beobachten, dass es so funktioniert hat, wie ich es mir gedacht habe.  
138 Bedeutet, wenn ich an dem Generator drehe, dann leuchtet das Lämpchen. Und je  
139 nach dem, wie **schnell** ich drehe und ob ich kurz aufhöre zu drehen oder je nach dem  
140 leuchtet das Lämpchen **heller** oder konsequenter. Also ich muss dauernd drehen,  
141 dass es dauernd brennt.  
142 I: Wie erklärst du dir das?  
143 IP3: Ich erkläre mir das so, dass ich hier drehe, dann wird es in diesem Teil hier in  
144 elektrische Energie umgewandelt, dann kommt es halt/werden die dann halt da

---

145 reingeschickt/also hier wird quasi wieder ein Ungleichgewicht erzeugt von Protonen  
146 und Elektronen, also positiv und negativ. Und dann werden wieder die Elektronen hier  
147 reingeschickt/die wollen da rein, weil sie zurück zu den Protonen wollen, weil sie sich  
148 ausgleichen wieder wollen und auf dem Weg, wie bei dem vorigen Experiment, fließen  
149 sie halt da rein, da durch, erhitzen den Draht, kommen zurück und schließen (auch  
150 ab?).

151 I: ((Pause 4 – überlegt)) Welche Rolle spielt die Energie?

152 IP3: Also ich meine Bewegungsenergie, also ich die Hand, die ich bewege ((Pause 3  
153 – überlegt)). Das ist meine Idee, also **Rotationsenergie** wird umgewandelt in elektri-  
154 sche Energie. Kommt hier rein, schießt da durch und kommt wieder zurück. Ich würde  
155 fast sagen, dass es fast ist, wie die Batterie, nur dass ich bei der Batterie nicht selber  
156 das Ungleichgewicht erzeugen muss und hier das **schon** machen muss, weil ich quasi  
157 die Batterie in Echtzeit aufladen muss.

158 I: Okay, kannst du mir wieder den Weg einzeichnen hier bei der Nummer zwei? Das  
159 ist der Handgenerator und das ist das kleine Lämpchen.

160 IP3: Dann ist eigentlich Wurst in welche Richtung, aber vom Handgenerator wird es  
161 halt umgewandelt und geht hier hinein in das Lämpchen. Im Lämpchen ist ein dünner  
162 Draht, der leuchtet und kommt wieder zurück und geht dann wieder in dieses Handge-  
163 neratorteil hinein.

164 I: Wenn die Energie wieder zurückkommt, hier jetzt zum Beispiel zum Handgenerator,  
165 kann die dann wieder diesen Verlauf neu machen oder wiederholen? Wie stellst du dir  
166 das vor?

167 IP3: ((Pause 4 – überlegt)) Ich stelle mir das so vor, dass quasi, wenn am Anfang das  
168 hier jetzt auf beiden Seiten neutral ist also auf beiden Seiten alles passt. Dann fange  
169 ich an zu drehen, dann erzeugt das hier ein Ungleichgewicht indem es auf der einen  
170 Seite Elektronen hinzufügt/das weiß ich nicht so genau/und dann, weil es eben un-  
171 gleich ist und über das Kabel verbunden ist, fangen die Elektronen an zu fließen. Sie  
172 fließen rüber und dann ist hier/also wenn ich hier einmal nur kurz drehen würde ((kur-  
173 belt)), dann ist da jetzt ein **Gleichgewicht**, dann **Ungleichgewicht**. Dann hat sich das  
174 Ungleichgewicht halt wieder gleich gemacht und dann passt es wieder. Und so ist es  
175 halt dauernd. Wenn ich dauernd drehe, dann versucht es halt dauernd auszugleichen,  
176 auszugleichen, auszugleichen. Aber ich muss immer wieder neu drehen, weil es sonst  
177 auf beiden Seiten neutral ist.

178 I: Weil dieses Gleichgewicht herrsch?

179 IP3: Genau!

180 I: Dann zum dritten Versuch. Wir geben das Lämpchen weg. Du siehst hier einen Ven-  
181 tilator. Den wollen wir wieder mit der Batterie verbinden. Da hinten sind so Anschlüsse.  
182 Ich verbinde ihn noch nicht mit der Batterie, weil ich dich fragen möchte, was passiert,  
183 wenn ich den Stromkreis schließe?

184 IP3: Wenn die Batterie stark genug ist und der Propeller nicht zu groß ist, dann wird  
185 es so passieren, dass die Energie hineinkommt in Form von **elektrischer** Energie.  
186 Dann wird da vorne ein Generator sein, der das, was der Handgenerator gemacht hat,  
187 in die andere Richtung macht. Das heißt, er wandelt elektrische Energie in Bewe-  
188 gungsenergie um. Dann dreht sich das, dann dreht sich der Ventilator. (Unv.) ((la-  
189 chen)) Dann kommen halt die Elektronen wieder zurück.

190 I: Schauen wir es uns mal an! ((Pause 8 – Durchführung)) Es hat am Anfang nicht  
191 funktioniert, weil sich die zwei Krokokklemmen berührt haben. Was hast du beobachtet?

192 IP3: Ich beobachte, dass nach dem Anstecken von allen vier Klammern sich der Ven-  
193 tilator dreht.

---

194 I: Du hast es bei der Vermutung schon probiert ein bisschen zu erklären. Magst du es  
195 noch einmal versuchen?  
196 IP3: Ja, ich probiere es nochmal.  
197 I: Oder, ich frage eine spezifischere Frage: Was ist die Ursache für die Drehbewe-  
198 gung?  
199 IP3: Ursache für die Drehbewegung ist die Umwandlung der elektrischen Energie in  
200 Bewegungsenergie und die elektrische Energie kommt in den Generator nach oben,  
201 weil wieder das Ungleichgewicht herrscht zwischen Protonen und Elektronen, also zwi-  
202 schen positiven und negativen Ladungen.  
203 I: Was passiert im Inneren des Leiters?  
204 IP3: Im Inneren des Leiters werden die Elektronen geleitet. Das hier ändert sich nicht,  
205 diese blauen (Drähte?).  
206 I: Die Energie hast du eh schon angesprochen, dass sie umgewandelt wird. Wie wird  
207 die Energie transportiert?  
208 IP3: ((Pause 5 – überlegt)) Energie wird dadurch transportiert, dass sie einerseits, wie  
209 bei den Versuchen davor schon durch die Leiter sich durchbewegt, also die Elektronen  
210 bewegen sich durch. Der elektrische Strom bewegt sich durch. Dann im Generator  
211 wird es umgewandelt und dann fließt es wieder zurück.  
212 I: Kannst du mir das bitte wieder einzeichnen bei Punkt 3? ((Pause 10 – zeichnet))  
213 IP3: So stelle ich mir das vor.  
214 I: Dann kommen wir zum letzten Versuch. Im Endeffekt ist es wieder der gleiche Ver-  
215 suchsaufbau wie ganz am Anfang. Wir verwenden jetzt statt diesem Lämpchen diese  
216 zwei. Du kannst sie dir anschauen. ((Pause 10 – Aufbau))  
217 IP3: 6 Volt, 50 Milliampere. Gibt es einen Unterschied zu der?  
218 I: Ja, du kannst diese auch anschauen.  
219 IP3: Und die zwei sind auch nicht dieselben, weil da steht 6,2 Volt 0,3 Ampere.  
220 I: Also das hast du schon gesehen.  
221 IP3: Und die ist 3,5 V. Okay, alles klar. Hier geht es um Spannung und Ampere.  
222 I: Vermuten wir wieder. Was glaubst du denn, könnte passieren? Werden beide leuch-  
223 ten? Kann es sein, dass ein Lämmchen gar nicht leuchtet. Können auch beide gar  
224 nicht leuchten?  
225 IP3: Ich weiß nicht, wie viele aus der Batterie hinauskommt. Wie viel Volt. Neun Volt?  
226 I: Du kannst dir die Batterie auch anschauen. 4,5 Volt.  
227 IP3: 4,5 Volt. Die davor hatte 3,5 Volt, das heißt dafür hat die Spannung ausgereicht.  
228 Die hier hat 6,2 Volt. Ich denke, dass die mit 6,2 nicht leuchten wird, aufgrund der  
229 mangelnden Spannung. Und die hier hat auch 6 Volt. Ich denke, dass sie auch nicht  
230 leuchten wird. Jetzt weiß ich nicht, ob es irgendeinen Unterschied macht, ob diese 6,2  
231 oder 6/ob es sein kann, dass die eine vielleicht ganz schwach leuchtet oder sowas.  
232 Das kann **vielleicht** sein.  
233 I: Welche würde dann schwach leuchten?  
234 IP3: Die mit der niedrigeren Volt/Spannung.  
235 I: Dann nehme ich die mit 6,2 Volt und du kannst die mit 6 Volt nehmen und wir schlie-  
236 ßen sie an. ((Pause 20 – Durchführung)) Was beobachtest du?  
237 IP3: Ich beobachte, dass, gegen meiner Vermutung, die mit der höheren Spannungs-  
238 anzahl, also mit der höheren Spannung stärker leuchtet als die mit der geringeren  
239 Spannung.  
240 I: Wie erklärst du dir das Ganze?  
241 IP3: Also weil im Strom vielleicht beide Faktoren mitspielen, also Spannung und Strom-  
242 **stärke**. Und wir hier 50 Milliampere und hier haben wir (...) 0,3 Ampere. Also mehr als

---

243 50 Milliamperestunden. Das heißt die Lampe hat sowohl eine höhere Spannung als  
244 auch höhere Stromstärke als die hier. Erklären? ((Pause 10 – überlegt)) Kann ich mir  
245 das jetzt nur dadurch, dass das bedeutet, dass anscheinend/obwohl ich das nicht ge-  
246 lernt habe oder so/eine höhere Stromstärke bedeutet, dass weniger Strom gebraucht  
247 wird um die Lampe zum Glühen zu bringen.  
248 I: Wie meinst du weniger Strom gebraucht?  
249 IP3: Weniger Spannung und weniger Stromstärke.  
250 I: Was passiert da im Leiter? Gibt es da Unterschiede?  
251 IP3: Ich glaube nicht, dass Sie das rote oder blaue Kabel manipuliert haben. Ich denke,  
252 dass es dasselbe Kabel ist. Das heißt der einzige Unterschied/auch die Batterien wer-  
253 den wahrscheinlich gleich stark sein. Der einzige Unterschied ist wirklich nur in den  
254 Lämpchen und ich denke, dass ganz normal die Energie durchfließt, also die Elektro-  
255 nen fließen durch, und auf der anderen Seite geht es wieder zurück. Der Draht erhitzt  
256 sich. Hier erhitzt er sich mehr. Hier ist der Draht dünner oder/er ist auf jeden Fall **an-**  
257 **ders** und/aber trotzdem kommen hier die Elektronen rein und gehen wieder zurück,  
258 nur die hier ist effizienter einfach.  
259 I: Wieder zur Energie. Welche Rolle spielt sie hier?  
260 IP3: **Also:** die Energie kommt in Form von elektrischer Energie, weil hier negativ und  
261 positiv geladen ist. Das Ganze möchte wieder in ein Gleichgewicht kommen und des-  
262 wegen werden die Elektronen in dieser Batterie mit, ich glaube, 4,5 Volt und ich weiß  
263 jetzt nicht, was die Stromstärke ist, werden die durchgeschickt, kommen durch das  
264 Lämpchen und kommen wieder zurück.  
265 I: Gibt es da Unterschiede zwischen den zwei Stromkreisen?  
266 IP3: Ich glaube, dass am Stromkreis an sich, sich nichts ändert.  
267 I: Wird in einem Stromkreis mehr Energie umgewandelt als im anderen oder wird da  
268 gleich viel Energie umgewandelt? ((Pause 5 – überlegt))  
269 IP3: Ich glaube, dass es in beiden (genau?) gleich ist. Ich glaube das hier 4,5 Volt  
270 reinkommen, also rauskommen von Elektronen und hier auch 4,5 Volt. Das Ding ist  
271 nur, dass in diesem Fall anscheinend ein möglichst **dünner** Draht, der genau dem  
272 angepasst ist, wahrscheinlich am Hellsten leuchten wird. Die Energie kommt so oder  
273 so durch, weil es ist ja das Ziel der Elektronen rüberzukommen und das Lämpchen  
274 möglichst hell leuchten zu lassen. Auch wenn der Draht jetzt/wenn wir theoretisch ein-  
275 fach die zwei zusammen stecken würden und gäbe es gar keine Lampe, würde der  
276 Stromkreis trotzdem fließen und die Batterie würde leer werden.  
277 I: Bleibt die Energie erhalten?  
278 IP3: ((Pause 4 – überlegt)) Die Energie bleibt immer erhalten, weil laut dem Energie-  
279 erhaltungsgesetz kann die Energie nicht zerstört werden. In diesem Fall heißt das,  
280 dass hier die Energie hineinkommt und quasi **sehr viel** von den Elektronen, die hinein  
281 geschickt werden, auch hier wieder ankommen, also das ist bei dem mehr so als bei  
282 dem, weil hier werden ein bisschen Energie verbraucht um das Ganze warm zu ma-  
283 chen und hell zu machen. Das ist bei dem weniger.  
284 I: Also du sagst, bei dem Lämpchen mit der größeren Spannung wird mehr Energie  
285 benötigt um es warm zu machen. Ist das richtig so?  
286 IP3: **Nein!** Ich würde sagen, dass bei dem Lämpchen, das heller leuchtet, weniger  
287 Elektronen wieder hier ankommen, weil mehr Energie schon hier vorne verbraucht wird  
288 für das Lämpchen, dass es leuchten wird. Bei dem hier ist es weniger der Fall. Da wird  
289 mehr hier ankommen, weil der Draht wahrscheinlich dicker ist und das besser durch-  
290 kommt und weniger Energie verloren geht durch Hitze und Licht.  
291 I: Kannst du mir dann wieder den Weg einzeichnen?

---

292 IP3: Kann ich machen.  
293 I: Du kannst die zwei auch beschriften. Sagen wir A ist der Stromkreis, mit dem Lämp-  
294 chen, das weniger hell leuchtet und B, das heller leuchtet. Gibt es da Unterschiede?  
295 IP3: Ich glaube, dass vom Energiefluss her gleich ist, also im Stromkreis ist es halt  
296 immer so, dass es vom Negativen zum Positiven fließen möchte, und wenn er ge-  
297 schlossen ist, was er hier in beiden Fällen ist, gehen die Elektronen immer in die Rich-  
298 tung. Das war jetzt auch bei denen immer schon so. Wenn der Stromkreis zu ist, geht  
299 es hier/vom Positiven/kann ich wieder das hier einzeichnen, so. ((Pause 10 – zeich-  
300 net)) Jedoch, wenn ich die jetzt miteinander vergleichen würde und sagen würde, dass  
301 das hier jetzt das rote ist und das hier ist jetzt das blaue/also da war das Lämpchen  
302 heller/würde ich sagen, dass hier/das ist jetzt nur irgendeine Zahl, ich habe wirklich  
303 keine Ahnung/quasi 100 Elektronen pro Sekunde losgeschickt werden. Von diesen  
304 100 Elektronen werden bei dem blauen hier vorne nur 10 verwendet. Das heißt hier  
305 kommen nur mehr 90 an. Und bei dem roten, wo es mehr war, kommen hier auch 100  
306 pro Sekunde/das kommt eben auf die Spannung an, wie viele/bei dem werden vorne  
307 mehr gebraucht und deshalb kommen hier nur noch 80 an **pro Sekunde**. So stelle ich  
308 mir das vor.  
309 I: Wenn du sagst, sie werden vorne verbraucht. Wo kommen die hin oder wie stellst  
310 du dir diesen Verbrauch vor?  
311 IP3: **Energieerhaltungssatz**. Die Energie wird umgewandelt in Hitze, also ja in Wärme  
312 und Licht.  
313 I: Kennst du den Begriff der Leistung? Elektrische Leistung? Habt ihr das im Unterricht  
314 besprochen oder kennst du den Begriff aus dem Alltag?  
315 IP3: Ja, ja, kenne ich.  
316 I: Was kann man darunter verstehen?  
317 IP3: ((Pause 5 – überlegt)) Ich glaube, im physikalischen Sinne, wenn ich das jetzt  
318 nicht mit der Arbeit verwechsle, war das so, dass eine Wattstunde die Energie ist, die  
319 benötigt wird um ich glaube 100 Gramm, also eine Tafel Schokolade oder was auch  
320 immer um einen Meter pro Sekunde hinaufzuheben. Kann sein, dass ich das jetzt ver-  
321 wechsle, aber irgendetwas mit Watt oder Wattstunde. Dann gibt es noch Kilowattstun-  
322 den. Das ist eben das Ganze mal 1000.  
323 I: Wie unterscheiden sich die zwei physikalischen Begriffe: Energie und Leistung?  
324 IP3: ((Pause 5 – überlegt)) Die Leistung gibt an, wie viel etwas verbraucht quasi, also  
325 wie viel/Leistung gibt an, wie stark ein Gerät zum Beispiel ist, indem es eben sagt,  
326 wieviel es quasi bewegen könnte pro Sekunde. Die Energie ist einfach da, also es gibt  
327 eine bestimmte Anzahl an Energie, wie viel Joule im ganzen Universum und die ist da,  
328 wird dauernd umgewandelt. Leistung ist nur eine Einheit oder so.  
329 I: Dann schließen wir mit dieser Frage das Interview ab.

---

## Transkription Interview Nr. 4

- 1 I: Beginnen wir mit der ersten Frage. Was verbindest du mit dem Begriff Energie?  
2 IP4: Also Energie/(gleich mit dem Begriff Energie?) also ich weiß, was Energie ist für  
3 mich selbst. Erklären ist schwierig, weil es gibt ja Energie im elektrischen Sinne, aber  
4 auch Energie habe ich, aber auch ich brauche Energie, Energie, um mich zu bewegen.  
5 **Definieren** kann ich jetzt nicht unbedingt, ich kann nur damit umgehen.  
6 I: Wenn dich ein jüngerer Schüler oder eine Freundin oder Freund fragt, was Energie  
7 ist. Wie würdest du das so auf die Schnelle erklären?  
8 IP4: Im Sinne von elektrischer Energie?  
9 I: Ganz egal.  
10 IP4: Energie. Die Kraft, die uns oder Dinge antreibt oder was tun lässt.  
11 I: Okay, du hast jetzt von der elektrischen Energie gesprochen. Kennst du noch andere  
12 Energieformen?  
13 IP4: Ja das haben wir das letzte Mal gemacht, also kinetische Energie. Hat der Herr  
14 Professor davon erzählt. Und noch einige, aber die habe ich jetzt vergessen ((lachen)).  
15 Also Energieformen, wie kinetische Energie.  
16 I: Ja, kinetische Energie ist eine Energieform. Ich kann dir auch ein paar Anhaltspunkte  
17 geben. Vielleicht helfen dir diese ein wenig auf die Sprünge. Dann fällt dir vielleicht  
18 noch was ein. Du kannst die Bilder sortieren, die du mit Energie in Verbindung bringst.  
19 Vielleicht gibt es auch Bilder, die gar nichts mit der Energie zu tun haben deiner Mei-  
20 nung nach.  
21 IP4: Solarpaneele halt mit Sonnenenergie. Dann mal Wasserkraft und Windenergie.  
22 Sonnenenergie und Windenergie habe ich gesagt. Aus dem Atomreaktor halt Atom-  
23 energie. Halt die elektrische Energie, die in der Batterie gespeichert wird. Hier wird halt  
24 Strom transportiert, also hm transportiert, also elektrische Energie.  
25 I: Gibt es hier ein Bild, das du jetzt gar nicht mit Energie in Verbindung setzen würdest?  
26 IP4: Nein, (also eigentlich alle?).  
27 I: Okay! Das heißt das würdest du sagen, wo kommt Energie im Alltag vor?  
28 IP4: **Überall mittlerweile.**  
29 I: Passt (...). ((Pause 3 – Wegräumen)) Dann habe ich hier ein paar Materialien vorbe-  
30 reitet für unseren ersten Versuch. Einmal ein Glühlämpchen, eine Batterie und zwei  
31 Kabel mit Krokoklemmen dran, dass wir sie gut verbinden können. Ich baue jetzt einen  
32 kleinen Stromkreis auf, den ich aber noch nicht schließe. Geschlossen wäre der Strom-  
33 kreis, wenn alle Bauteile richtig miteinander verbunden sind. Du sollst jetzt vermuten,  
34 was passiert, wenn ich den Stromkreis schließe?  
35 IP4: Wenn das Lämpchen funktioniert, sollte es leuchten.  
36 I: Dann beobachten wir das Ganze. Was beobachtest du?  
37 IP4: Es leuchtet.  
38 I: Sonst fällt dir wahrscheinlich nicht viel auf, oder?  
39 IP4: Hm nein.  
40 I: Okay! Wie würdest du dir das erklären, dass das Lämpchen leuchtet?  
41 IP4: Das ist der Strom, der fließt und er fließt durch den Draht durch. Durch den Strom  
42 sozusagen erhitzt sich das Lämpchen und der Draht beginnt zu glühen.  
43 I: Was verstehst du unter Strom? Was ist für dich Strom?  
44 IP4: Strom ist halt eine **Energieform**, also für mich. Und ((Pause 3 – überlegt)) ja es  
45 kommt darauf an welcher Kabel das ist, aber die Atome werden in Schwingung ver-  
46 setzt und geben diese Schwingung halt weiter.  
47 I: Das heißt, wenn wir jetzt ganz nahe da hineinzoomen würden in das Kabel, wie

---

48 stellst du dir das vor, was passiert da im Inneren?  
49 IP4: Also kommt darauf an, ob da Wechselstrom drin ist, also (auf der Batterie?) ist  
50 oder nicht. Wenn es Wechselstrom ist, würden die Atome nach vorne schwingen und  
51 wieder zurückschwingen. Da wird dann halt eine Energie oder Bewegungsenergie in  
52 diesem Fall weitergegeben.  
53 I: Du hast die Bewegungsenergie genannt. Welche Rolle spielt hier die Energie? Also  
54 woher kommt sie?  
55 IP4: Aus der Batterie.  
56 I: Aus der Batterie. Wie kommt sie dahin oder was passiert in der Batterie?  
57 IP4: Da wird halt irgendwo anders Energie gewonnen oder halt **Strom** wird in die Bat-  
58 terie hineintransportiert und dann halt durch chemische Prozesse/weil in dem Fall hier  
59 eine Alkalibatterie/also in Säure drin gespeichert und dann erst mit dem Kontakt wird  
60 die Energie rausgelassen. Langsam halt aufgebraucht.  
61 I: Du sagst, die Energie wird aufgebraucht.  
62 IP4: Also hm aufgebraucht, in andere Form umgewandelt. Es kann keine Energie ver-  
63 schwinden. Also in Licht und Wärme, die abgegeben wird.  
64 I: Wie wird sie jetzt übertragen? Wie stellst du dir diese Energieübertragung vor?  
65 IP4: Über ein Kabel zur Lampe und bei der Lampe geht dann durchs Licht auch Ener-  
66 gie raus in Form von Licht. Und die Energie, die nicht sozusagen verbraucht wird, geht  
67 dann halt wahrscheinlich wieder zurück und wird halt solange verbraucht bis halt keine  
68 Energie mehr da ist, weil alles abgegeben wurde.  
69 I: Also würdest du sagen, dieses Schwingen der Atome überträgt die Energie? Habe  
70 ich das richtig verstanden?  
71 IP4: Ja ((zögert)).  
72 I: Also in der Batterie ist Energie gespeichert. Durch die chemischen Prozesse in der  
73 Batterie wird diese Atombewegung ausgelöst, dieses Zittern oder diese Schwingung,  
74 und das ist dann quasi Bewegungsenergie und diese wird dann umgewandelt in  
75 Wärme- oder Strahlungsenergie. Habe ich das richtig verstanden? Meinst du das so?  
76 IP4: Ja, das meine ich so!  
77 I: Dann probieren wir das Ganze auch aufzuzeichnen ((Pause 8 – Vorbereitung)) Also  
78 bei Punkt 1 habe ich dir den Schaltkreis ganz primitiv aufgezeichnet. Könntest du mir  
79 jetzt bitte einzeichnen, wie die Energie übertragen wird?  
80 IP4: Das hier wäre die Batterie. Wie soll ich das aufzeichnen? Mit einem Pfeil?  
81 I: Wie du glaubst, dass die Energie von der Batterie zum Lämpchen kommt.  
82 IP4: Halt so. (Außen rum?) Vom Kabel hier zum Lämpchen. Dann wird hier auch Ener-  
83 gie abgegeben und die Energie, die übrig bleibt, geht dann halt durch das Kabel.  
84 I: Sie wird hier teilweise abgegeben und kommt nur ein Teil zurück? Oder kommt die  
85 gesamte Energie zurück?  
86 IP4: Also hier wird ja auch durch das Licht Energie verbraucht und dann wird die halt  
87 abgegeben. Und ich glaube nicht, dass das Lämpchen stark genug ist, dass alle Ener-  
88 gie rausgepowert ist. Dass sie halt durch das Kabel (weitergeht und entwertet wird?).  
89 I: Das heißt, es wird nicht die ganze Energie umgewandelt, sondern ein Teil kommt  
90 wieder zurück?  
91 IP4: Zumindest in dem Lämpchen. Bei einem großen Strahler würde es vielleicht kurz  
92 aufleuchten (und dann wäre alles von der Batterie weg?).  
93 I: Dann verändern wir diesen Stromkreis ein wenig und bauen einen kleinen Handge-  
94 nerator ein ((Pause 8 – Aufbau)). Können wir das Lämpchen auch ohne Batterie zum  
95 Leuchten bringen?  
96 IP4: Vom Drehen des Generators halt. Bewegungsenergie wird hier mit einem Trafo

---

97 umgewandelt in Strom und wird dann das Lämpchen zum Leuchten bringen.  
98 I: Du darfst das ausprobieren! ((Pause 7 – Durchführung)) Was beobachtest du?  
99 IP4: Das Lämpchen beginnt wieder zu leuchten. Das heißt es hat Strom (bekommen?)  
100 oder erzeugt. Durch meine Bewegungsenergie, also meine Hand, die die Kurbel dreht,  
101 und über die (Zahnräder?) wird dieser Trafo verwendet und dort wird Strom erzeugt.  
102 I: Was passiert im Inneren des Leiters? Kannst du das noch genauer erläutern?  
103 IP4: Im Kabel. Ich glaube, wir haben einmal gelernt, welche Farbe für welche Richtung  
104 steht.  
105 I: Ist im Prinzip nicht so wichtig.  
106 IP4: Dann sagen wir vom roten kommt der Strom raus und wird halt wieder durch eine  
107 **Pseudo**-Bewegungsenergie der Atome weitergegeben ins Licht, damit halt wieder ein  
108 Teil der Energie verbraucht. Ich glaube halt nicht, dass wirklich alle Energie in diesem  
109 Lämpchen verbraucht wird. Die restliche Energie geht halt wieder im Kabel zurück.  
110 Aber da es hier keine Batterie ist, weiß ich nicht, ob die Energie/was jetzt mit der Ener-  
111 gie passiert. Wahrscheinlich geht sie im roten dann wieder nach vorne (unv.).  
112 I: Du hast gemeint hier wenden wir Bewegungsenergie oder Rotationsenergie auf in-  
113 dem wir kurbeln. Was passiert in diesem Stück? Also wie kommt es dann dazu, dass  
114 sich diese Atome, wie du meinst, herumbewegen?  
115 IP4: Zuerst ist es mal Bewegungsenergie. Ich drehe die Kurbel und durch die Zahnrä-  
116 der wird halt eine Achse in Bewegung gesetzt. Im Trafo ist es halt/kann ich es auf-  
117 zeichnen?  
118 I: Ja klar, du kannst es gerne aufzeichnen.  
119 IP4: Ich weiß nicht, was für ein Trafo das ist. Aber es ist halt eine Spule ((zeichnet))  
120 und da wird ein Magnet in Beweg/ich weiß nicht, ob es bei dem auch so ist/hin und  
121 wegbewegt und durch die Bewegung entsteht ein **Magnetfeld** und das wird dann in  
122 elektrische Energie umgewandelt.  
123 I: Dann wieder die gleiche Frage wie vorhin: Welche Rolle spielt hier die Energie?  
124 IP4: Um das Lämpchen zum Leuchten zu bringen.  
125 I: Also wieder allgemein: Woher kommt sie? Wie wird sie übertragen?  
126 IP4: Aus der Bewegung, aus dem Trafo in die Kabel zum Lämpchen und vom anderen  
127 Kabel halt wieder zurück.  
128 I: Gibt es da einen prinzipiellen Unterschied zur Batterie?  
129 IP4: Bei der Batterie müsste ich nicht kurbeln.  
130 I: Dann darfst du hier bei Punkt 2 den Weg einzeichnen. Das M ist der Handgenerator.  
131 ((Pause 10 – zeichnet))  
132 IP4: Also nochmal dasselbe.  
133 I: Dankeschön. Dann kommen wir zum dritten Versuch. Dafür brauchen wir diesen  
134 kleinen Ventilator, den wir mit der Batterie verbinden. Was glaubst du passiert, wenn  
135 der Stromkreis geschlossen wird?  
136 IP4: Jetzt verwenden wir nicht mehr eine Bewegungsenergie, wo ich kurble, sondern  
137 verwenden die Batterie als Energiequelle um den Trafo oder Generator in Bewegung  
138 zu setzen und dadurch wird sich das Windrad hoffentlich drehen.  
139 I: Probieren wir es aus. ((Pause 4 – Durchführung)) Kannst du beschreiben, was du  
140 beobachtest?  
141 IP4: In dem Moment, wo Sie das Kabel angeschlossen haben, dreht sich der Ventila-  
142 tor. Und ja.  
143 I: Und kannst du es erklären?  
144 IP4: Davor hatten wir diesen Handgenerator, den ich gekurbelt habe. Beim Kurbeln  
145 wurden die Zahnräder (um eine?) Achse bewegt und dieser Achse die Energie

---

146 gegeben, dass sich hier ein Magnetfeld bilden kann und dadurch Strom entsteht. Und  
147 dieses Mal verwenden wir Gleichstrom und verwenden Strom, damit das Magnetfeld  
148 entsteht und nochmal Strom entsteht.

149 I: Kannst du mir bisschen genauer beschreiben, wie dieses Magnetfeld mit dem Strom  
150 zusammenhängt.

151 IP4: Wenn das Magnetfeld entsteht, wird eine elektromagnetische Induktion.

152 I: Wie stellst du dir das im Inneren der Kabel vor?

153 IP4: In einem Kabel wird die Energie hin transportiert und dort wird dann durch den  
154 Strom der Magnet in Bewegung gesetzt und durch das Magnetfeld entsteht eine elekt-  
155 romagnetische Induktion. Und die wird dann wieder verwendet, damit der Ventilator  
156 sich dreht.

157 I: ((Pause 10 – überlegt)) Wenn wir uns nochmal genauer die Energie anschauen: du  
158 sagst, hier ist diese gespeicherte Energie, die dann über die Kabel transportiert wird,  
159 hast du gemeint, und dann zum Generator kommt, der dann die Drehbewegung aus-  
160 löst. Habe ich das richtig verstanden?

161 IP4: ((nickt))

162 I: Wie kann diese Schwingbewegung dann das Magnetfeld auslösen?

163 IP4: Das Magnetfeld wird ausgelöst, sobald sich der Magnet der Spule nähert und  
164 jedes Mal wenn eine **Änderung** passiert oder stattfindet, entsteht ein Magnetfeld. Es  
165 muss sich deshalb die ganze Zeit verändern.

166 I: Zeichnest du bitte wieder ein, wie die Energie zum Ventilator kommt!

167 IP4: Das fühlt sich irgendwie komplett falsch an, weil ich durchgehend dasselbe ein-  
168 zeichne. ((lachen))

169 I: Ja (...), das sieht ziemlich ähnlich aus. Du hast die Umwandlung immer so schön  
170 eingezeichnet. Kannst du diese auch hier noch irgendwie kennzeichnen?

171 IP4: Dann müsste ich hier noch einen neuen Stromkreis zeichnen, der von dem aus-  
172 gehen würde, weil (unv.).

173 I: Kannst du das skizzieren?

174 IP4: ((Pause 15 – zeichnet)) (...)

175 I: Die Energie würde nochmal diesen Kreislauf machen und hier wieder zurückkom-  
176 men?

177 IP4: Ja, genau. Nein, aber. ((Pause 3 – überlegt)) Die Energie geht ja von hier nach  
178 da, wird sozusagen durch die Bewegung vom Magneten oder Magnetfeld induziert auf  
179 das andere. Und geht da rein. Aber sie kann ja nicht zurück. ((Pause 5 – denkt nach))  
180 Sobald ich hier den Strom abdrehe, wird sich der Magnet nicht mehr bewegen können  
181 und kein Magnetfeld mehr induzieren und hier würde ja weiterhin Strom sein.

182 I: Du zweifelst jetzt, ob es wieder zurückkommt?

183 IP4: Ja. Also sozusagen das, was nicht verbraucht wurde, noch eine Runde dreht. Ob  
184 es noch ausschwingt (unv.).

185 I: Lassen wir das mal so stehen. Eventuell sprechen wir nachher noch darüber. Wir  
186 kommen zum letzten Versuch. Dafür brauchen wir zwei Lämpchen. Diese kannst du  
187 dir kurz anschauen. ((Pause 20 – Aufbau)) Die Batterien sind baugleich und die Kabel  
188 sind auch gleich. Jetzt übergebe ich dir dieses Lämpchen und ich nehme dieses hier.  
189 Und dann probieren wir die zwei Stromkreise zu schließen. Was vermutest du: Werden  
190 beide Lämpchen leuchten? Kann es sein, dass eines oder beide nicht leuchten?  
191 Leuchtet eines heller?

192 IP4: Ich glaube, dass beide anders leuchten. Ich weiß zwar nicht welches heller, weil  
193 es ist der dickere Draht oder zumindest ist es derselbe Draht nur nicht aufgerollt. Der  
194 ist viel dünner. Das kann ich nicht ganz erkennen. Es wird einen Unterschied geben.

---

195 I: Und du sagst der Grund dafür sind die unterschiedlichen Drähte?  
196 IP4: Wenn nicht die Batterien unterschiedlich sind.  
197 I: Die Batterien sind baugleich, also ident, und die Kabel auch.  
198 IP4: Ich glaube, es wird schon einen Unterschied im Leuchten geben.  
199 I: Probieren wir es aus! ((Pause 8 – Durchführung)) Was beobachtest du?  
200 IP4: Das dieses heller leuchtet?  
201 I: Ist das jetzt das Lämpchen, bei dem du vorhin gemeint hast, es hat den dünneren  
202 oder den dickeren Draht?  
203 IP4: Das hat den dickeren Draht.  
204 I: Das Lämpchen, das den dickeren Draht hat, leuchtet heller. Kannst du das erklären?  
205 IP4: Weil mehr Draht ist und wenn der halt auch zum Glühen versetzt wird, dann ist  
206 halt **mehr** das glüht. Es ist wahrscheinlich auch ein anderes Material. Also dass es  
207 materialbedingt heller glüht.  
208 I: Was passiert im Inneren der Kabel?  
209 IP4: Wie beim ersten Versuch. Strom fließt halt im Kabel hin und wird dann durch diese  
210 Pseudo-Bewegungsenergie der Atome/wenn das jetzt Lämpchen/was auch immer das  
211 für ein **Material** ist/es leuchtet, bewegt sich halt auch und erhitzt sich dadurch und  
212 dann beginnt es halt zu glühen.  
213 I: Welche Rolle spielt hier die Energie? Gibt es einen Unterschied zwischen den zwei  
214 Stromkreisen?  
215 IP4: Nein, außer halt das bei diesem Lämpchen ein anderes oder einfach **mehr** Mate-  
216 rial verwendet wurde.  
217 I: Wird bei einem Stromkreis mehr Energie umgewandelt?  
218 IP4: Nein. (unv.) ((Pause 8 – überlegt)) Ich bin mir jetzt nicht sicher. Wahrscheinlich,  
219 aber ich weiß es gerade nicht.  
220 I: Wird hier auch Energie verbraucht?  
221 IP4: Ja, es wird wieder Strahlungsenergie und Wärmeenergie abgegeben.  
222 I: Du hast vorhin gemeint, die Energie kommt durch, ein Teil wird umgewandelt und  
223 der Rest kommt wieder zurück. Stimmt das für diese zwei Stromkreise auch?  
224 IP4: Ja, weil wir haben ja keine elektromagnetische Induktion, die sozusagen einen  
225 anderen Stromkreis bringt, sondern wir sind in einem geschlossenen.  
226 I: Was unterscheidet die zwei Stromkreise?  
227 IP4: Also die beiden? Das Lämpchen.  
228 I: Energetisch gibt es keinen Unterschied?  
229 IP4: Also ich glaube, hier benötigt man mehr Energie, dadurch dass der Draht dicker  
230 ist. Da bräuchte man mehr Energie hier, damit es zum Glühen beginnt. Aber in der  
231 Größe ist es minimal.  
232 I: Und wo kommt dieses „bisschen mehr Energie“ her? Bewegen sich dann die Atome  
233 schneller?  
234 IP4: Auf jeden Fall braucht es hier mehr Energie. Ich kann es nicht genau erklären.  
235 I: Zeichnest du mir hier bitte wieder den Weg auf? Sagen wir a) ist das Lämpchen mit  
236 dem dickeren Draht.  
237 IP4: ((Pause 15 – zeichnet))  
238 I: Kennst du zufällig den Begriff der Leistung? Im elektrischen Kontext?  
239 IP4: Ja, ich habe davon gehört, aber die genaue Definition kenn ich jetzt gerade nicht.  
240 I: Vielleicht kannst du das auch aus deinem Alltag und deinen Erfahrungen erklären.  
241 Wie würdest du Energie und Leistung unterscheiden?  
242 IP4: Also eine Leistung ist sozusagen/im falschen Kontext (unv.)/die jemand macht.  
243 Leistung und Energie. ((Pause 5 – denkt nach)) Leistung ist nicht gleich Kraft, aber

---

244 Leistung ist wie es (unv.) ((Pause 5 – denkt nach)).  
245 I: Nicht so schlimm! Kommen wir nochmal zur Frage ganz am Anfang zurück. Stell dir  
246 vor ein Freund – eine Freundin fragt dich nicht nur, was Energie ist, sondern möchte  
247 wissen, wo der Unterschied zwischen Energie und Leistung liegt. Was würdest du ant-  
248 worten?  
249 IP4: Energie ist das, was uns oder was anderes bewegt. Und Leistung ist die Kraft der  
250 Energie, wie stark ((zweifelt und murmelt)).  
251 I: Okay, kurze Erklärung. Die Leistung ist im Endeffekt so definiert: es ist jene Energie,  
252 die pro Zeit umgewandelt wird. Also da kommt zur Energie der Zeitaspekt dazu. Wie  
253 viel Energie pro Zeit umgewandelt wird. Und jetzt gehen wir die Fragen nochmal durch,  
254 weil wir noch ein bisschen Zeit und das Wissen über Energie und Leistung haben. Wird  
255 bei einem Schaltkreis mehr Energie übertragen?  
256 IP4: Es wird in der selben Zeit übertragen ((murmelt)). (Wie mehr?) Mit dem Leistungs-  
257 aspekt?  
258 I: Probiere es zu verknüpfen. Ich möchte nicht zu viel verraten.  
259 IP4: Hier ist das Lämpchen mit dem dünneren Draht und hier mit dem dickeren Draht.  
260 Das leuchtet heller, das leuchtet weniger hell. Und die selbe Zeit. Hier ist mehr Leis-  
261 tung, weil in der selben Zeit mehr Energie umgewandelt wird, also Strahlenenergie.  
262 Und hier ist weniger Leistung, weil weniger Energie benötigt wird, damit es leuchtet  
263 oder halt abgegeben wird.  
264 I: Das Lämpchen, das heller leuchtet, hat eine größere Leistung? Weil mehr Energie  
265 in der gleichen Zeit umgewandelt wird?  
266 IP4: Weil der Draht dicker ist. Wenn es jetzt heller leuchten würde aber ein dünnerer  
267 Draht oder gleich dünner Draht, würde es halt materialisch so sein, also kanns auch  
268 sein, dass mehr Leistung gebraucht wird.  
269 I: Super, passt! Dann sind wir auch schon am Ende!

---

## Transkription Interview Nr. 5

- 1 I: Die erste Frage lautet: Was verbindest du mit dem Begriff Energie?
- 2 IP5: Energie. Also die Sonne zum Beispiel, also sie strahlt ja auch Wärme/Wärme ist  
3 auch Energie, würde ich jetzt sagen. Und ja.
- 4 I: Fallen dir sonst noch Energieformen ein? Sonnenenergie, Wärmeenergie, ...
- 5 IP5: **Strom**? Ich weiß nicht, ob Arbeit auch/würde ich sagen. Windenergie könnte  
6 ((Pause 5 – überlegt)).
- 7 I: Ich gebe dir eine kleine Hilfe. Vielleicht fällt dir dann noch ein bisschen mehr ein. Das  
8 sind verschiedene Bilder. Was fällt dir dazu ein? Verbindest du alle mit der Energie?
- 9 IP5: Steckdose, Verlängerungskabel und Batterie würde ich zur Elektrizität (schon sa-  
10 gen?). Die Glühbirne auch. Den Wasserkocher **auch**. (...) Natürlich Kraftwerke, Son-  
11 nenenergie, Windenergie. Wieder Elektrizität. Ich weiß nicht, Atomkraftwerke. Und ja,  
12 Handy, das muss auch aufgeladen werden. Also auch Elektrizität wie der Föhn.
- 13 I: Also würdest du sagen, dass alle Beispiele definitiv etwas mit Energie zu tun haben?  
14 ((nickt)) Okay! Wie würdest du einem Freund oder eine Freundin den Begriff Energie  
15 erklären – physikalisch erklären?
- 16 IP5: Vielleicht das es/oh das ist so/ja, ich mein Energie braucht man eigentlich alltäg-  
17 lich. Also ich mein, irgendwo muss ja der Strom herkommen, womit dem wir unsere  
18 Geräte aufladen können oder auch Licht bekommen usw. Also eben jetzt die Windrä-  
19 der zum Beispiel auch, auch wenn wir U-Bahn fahren. Es ist eigentlich überall Energie  
20 vorhanden. Man kann es nicht **angreifen** und nicht sehen.
- 21 I: Im Endeffekt kann man also nur die Auswirkungen sehen?
- 22 IP5: Ja, genau.
- 23 I: Dann geben wir die Bilder weg und stürzen uns auf die elektrische Energie, also  
24 Energie im elektrischen Kontext. Dafür habe ich dir einen einfachen Stromkreis vorbe-  
25 reitet. Den Versuch kennst du vielleicht aus der Unterstufe. Der Stromkreis besteht  
26 aus einer ganz gewöhnlichen Batterie, zwei Kabeln mit Krokoklemmen zur Befestigung  
27 und einem Glühlämpchen. Der Stromkreis ist noch nicht geschlossen. Geschlossen  
28 wäre er, wenn alle Bauteile miteinander verbunden wären. Die erste Frage an dich:  
29 Was passiert, wenn der Stromkreis geschlossen wird?
- 30 IP5: Dann wird das Lämpchen leuchten.
- 31 I: Probieren wir es aus. Was beobachtest du?
- 32 IP5: Es leuchtet. Also der Stromkreis wurde geschlossen. Und der Strom kann jetzt  
33 eben durch das Ganze durchfließen. Von der Batterie bis zum Lämpchen und wieder  
34 (unv.).
- 35 I: Also sind wir jetzt schon bei der Erklärung. Was passiert hier im Detail? Wie erklärst  
36 du dir deine Beobachtung?
- 37 IP5: Also die Batterie gibt Energie her. Das ist z.B. auch beim Taschenrechner so. Und  
38 dann läuft die Energie, also im Strom durch das Kabel durch, geht durch das Lämp-  
39 chen und das leuchtet dann. Bei der Wärme. Und dann läuft es beim Lämpchen wieder  
40 retour durch das Kabel wieder zur Batterie und fängt vom Neuen an.
- 41 I: Was ist die Ursache für das Leuchten?
- 42 IP5: Der Strom von der Batterie.
- 43 I: Woher kommt der Strom? Was ist für dich dieser Strom? Was stellst du dir darunter  
44 vor?
- 45 IP5: Ja, der ist drin gespeichert. Man kann es nicht angreifen und auch nicht sehen.  
46 Es ist halt ja vielleicht so wie **Sog**.
- 47 I: Okay, ein Sog meinst du. Was passiert mit dem Strom im Inneren der Kabel?

---

48 IP5: Weil im Kabel Metalle drin sind und das sind gute Leiter, deswegen wird es halt  
49 weitergeleitet dadurch. Und kann damit in bestimmte Wege geleitet werden, wie halt  
50 das Kabel gelegt ist.

51 I: Wie kommt es dazu, dass das Lämpchen leuchtet?

52 IP5: Strom ist ja auch relativ **warm** und deswegen wird das Metall ziemlich heiß  
53 dadurch und dieser Draht oben wird erwärmt und der glüht dann. Und deshalb kann  
54 man ein Leuchten sehen.

55 I: Kommen wir wieder zur Energie. Welche Rolle spielt hier die Energie?

56 IP5: Ja, die Energie ist in dem Fall ja auch Wärme, also wird Energie vielleicht auch  
57 von den kleinen (unv.) freigesetzt. Und von der Batterie geht die dann aus, also wird  
58 dann weitergeleitet.

59 I: Meinst du die Energie kommt aus der Batterie und wird dann durch die Kabel wei-  
60 tergeleitet?

61 IP5: ((nicken))

62 I: Kann ich mir das dann so vorstellen, dass der Strom oder dieser „Sog“ das gleiche  
63 ist wie die Energie?

64 IP5: Ja, Energie ist halt so ein **Hauptbegriff**, den man anders auch beschreiben könnte  
65 als Strom jetzt.

66 I: Ich habe hier für dich Skizzen mit dem Schaltkreis symbolisch vorbereitet. Das ist  
67 die Batterie, das die Kabel und dieses Symbol steht für das Lämpchen. Kannst du mir  
68 hier einzeichnen, wie die Energie von der Batterie zum Lämpchen kommt?

69 IP5: Zum Lämpchen? ((zeichnet)) Ja, da geht es weg. Kabel. Lämpchen. Obwohl, jetzt  
70 bin ich mir nicht sicher, ob auf beiden Seiten.

71 I: Warum bist du dir unsicher? Kannst du das begründen?

72 IP5: Wegen Plus und Minus und ob von den beiden Strom weggeht. Ob es von beiden  
73 weggeht oder nur bei einem ankommt. Ich glaube, ne, das stimmt schon so.

74 I: Kannst du mir noch bitte die Richtung einzeichnen? Du hast gesagt die Übertragung  
75 findet über die Leiter/Kabel statt. Wird die gesamte Energie übertragen?

76 IP5: Nein, weil sonst würde es das Lämpchen vermutlich nicht (aufhalten?). Weil ich  
77 weiß nicht wie viel Watt das jetzt hat, also Leistung. Weil es werden nur so viele über-  
78 tragen, wie das Lämpchen aushält.

79 I: Wie lange dauert es bis die Energie übertragen wird?

80 IP5: Das hängt vom Leiter ab, aber ich denke ziemlich schnell.

81 I: Kennst du den Energieerhaltungssatz?

82 IP5: Boah, das ist schon ein bisschen her. Energie kann nicht verloren gehen, sondern  
83 nur umgewandelt.

84 I: Wo findet hier diese Umwandlung statt?

85 IP5: Es wird zu Wärme umgewandelt. Von der **elektrischen** Energie in Wärmeenergie.

86 I: Und du bist der Meinung, dass nur ein Teil der Energie umgewandelt wird?

87 IP5: Ja.

88 I: Stellen wir uns das jetzt gemeinsam vor. Die Energie kommt da hin und das Lämp-  
89 chen hört ja nicht auf zu leuchten. Passiert das alles dann kontinuierlich?

90 IP5: Das ist ein Fluss, könnte man sagen. Wie ein Fluss, es rinnt einfach durch.

91 I: Und was passiert mit dem anderen Abschnitt, also dem zweiten Kabel?

92 IP5: Zurück.

93 I: Möchtest du das in deiner Zeichnung noch ergänzen? Oder glaubst du die Energie  
94 geht nur bis zum oder bleibt beim Lämpchen?

95 IP5: Ne, die geht weiter. Glaube ich. Aber wenn ich nur eines anschließe, dann geht  
96 es ja nicht, weil die Energie dann ja nicht weitergeht. Hm, na dann wahrscheinlich

---

97 zurück ((Pause 7 – zeichnet)).  
98 I: Dann kommen wir zum nächsten Versuch. Dafür verwenden wir einen kleinen Hand-  
99 generator. Diesen schließen wir am Lämpchen an. Und die erste Frage wieder an dich:  
100 was vermutest du, wirst du beobachten können? Können wir das Lämpchen auch ohne  
101 Batterie zum Leuchten bringen?  
102 IP5: Ja also dadurch, dass man das dreht, wird Energie erzeugt. Durch den Generator,  
103 glaube ich, und dann leuchtet das Lämpchen wieder auf, weil Strom erzeugt wird.  
104 I: Kann das auch trotzdem funktionieren, also ohne kurbeln?  
105 IP5: Nein, man muss schon drehen. Außer es ist auch eine Batterie, wo etwas gespei-  
106 chert ist. Das könnte sein.  
107 I: Muss der Stromkreis geschlossen sein?  
108 IP5: Ja.  
109 I: Dann schließe ich den Stromkreis und lass dich den Versuch ausprobieren. ((Pause  
110 7 – Durchführung)) Was beobachtest du?  
111 IP5: Desto schneller ich drehe, desto heller wird das Lämpchen.  
112 I: Und wie erklärst du dir das?  
113 IP5: Dadurch dass ich schneller drehe, wende ich mehr Energie auf. Und dadurch wird  
114 auch **mehr** Strom in das Lämpchen geschickt sozusagen. Und wenn ich leicht drehe,  
115 kommt nicht so viel Energie, also da kommt weniger Energie rüber.  
116 I: Was passiert hier im Inneren der Kabel?  
117 IP5: Da wird auch einfach so ein Stromfluss weitergegeben und dann/das ist verwir-  
118 rend, dass hier jetzt zwei Kabel sind ((Pause 5 – denkt nach)). Irgendwie widerspreche  
119 ich mir selber gerade.  
120 I: Wie meinst du das?  
121 IP5: Weil bei dem vorherigen Versuch war es so, dass es ein **Kreis** war, und da/nein,  
122 es macht eh Sinn. Es verwirrt nur ein bisschen, weil man da selber die Arbeit macht  
123 und da kam es von der Batterie. Und jetzt weiß ich nicht, ob da überhaupt Energie  
124 zurückkommt.  
125 I: Okay, also bist du dir nicht mehr so sicher, ob die Energie zurückkommt.  
126 IP5: Ja.  
127 I: Wenn wir schon bei der Energie sind, bleiben wir auch dabei. Kannst du mir wieder  
128 den Weg einzeichnen? Das ist das Lämpchen und das ist der Handgenerator.  
129 IP5: ((zeichnet)) Dann so mal. Und jetzt ist die Frage, ob es retour auch wieder geht.  
130 Aber es ist ein **Stromkreis**. Aber hm die Energie geht dann verloren. ((Pause 10 –  
131 überlegt)) Na, ich glaube, es muss wieder retour gehen.  
132 I: Gibt es einen Unterschied zwischen dem ersten Versuch und diesem hier?  
133 IP5: Eigentlich keinen, außer dass die Energiequellen anders sind. Das heißt, da wird  
134 das immer wieder von selber und da muss ich es drehen. Also Arbeitsenergie, die  
135 dann umgewandelt wird in dem Fall in Wärme.  
136 I: Und hier hast du gemeint, wird die Energie selbst hergestellt? Wie funktioniert das?  
137 IP5: Also man kann ja Batterien auch aufladen. ((Pause 5- überlegt)) Es ist einfach  
138 Energie drinnen. Und die wird dann/gute Frage ((lacht)).  
139 I: Dann kommen wir zum nächsten Versuch. Wir verwenden wieder die Batterie und  
140 verbinden sie mit einem Ventilator. Was passiert, wenn der Stromkreis geschlossen  
141 wird?  
142 IP5: Dann sollte er sich drehen. ((Pause 10 – Durchführung))  
143 I: Was beobachtest du?  
144 IP5: Sobald der Stromkreis geschlossen war, hat er angefangen sich zu drehen.  
145 I: Wie erklärst du dir das?

---

146 IP5: Es geht wieder Strom von der Batterie aus. Und die treibt dann das graue Teil/den  
147 Generator an. Und der wiederum hat eben das Teil vorne, das sich dann dreht, und  
148 dadurch werden die Ventilatorblätter gedreht. Und dann muss der Stromkreis wieder  
149 geschlossen sein, damit es sich immer wieder drehen kann, weil sonst würde es ein-  
150 fach nur dort bleiben und nicht weitergehen.  
151 I: Was ist die Ursache für die Drehbewegung?  
152 IP5: Der **Strom** von der Batterie dann.  
153 I: Wie stellst du dir hier diesen Strom vor – im Kabel drinnen?  
154 IP5: Also es wird wieder weitergeleitet (wie ein?) Fluss oder es wird halt weitergeleitet.  
155 I: Wie schafft es der Strom, den Ventilator zum Drehen zu bringen?  
156 IP5: Das ist wegen dem Generator, weil der treibt das Zähnchen da vorne, das sich  
157 dreht. Und dadurch drehen sich auch die roten Teile.  
158 I: Okay! Welche Rolle spielt hier die Energie?  
159 IP5: In dem Fall wieder Energie kommt von der Batterie aus und wird dann in dem Fall  
160 umgewandelt in Windenergie. Gibt es das?  
161 I: Ja, es ist eigentlich wieder eine Bewegungsenergie. Windenergie gibt es aber auch.  
162 Gibt es hier einen Unterschied zu den vorherigen Versuchen?  
163 IP5: Nein eigentlich wieder nicht. Es gibt wieder eine Energiequelle und eine Verwen-  
164 dung.  
165 I: Wird hier die ganze Energie umgewandelt?  
166 IP5: Also die **ganze** Energie, die von der Batterie ausgeht, glaube ich nicht.  
167 I: Kannst du mir wieder den Weg einzeichnen?  
168 IP5: Mhm ((Pause 7 – zeichnet)) und dann wieder retour.  
169 I: (...) Die Energie kommt wieder retour zur Batterie und startet von Neuem?  
170 IP5: Ja. Ja.  
171 I: Dann kommen wir schon zum letzten Versuch. Dafür brauchen wir wieder den Ver-  
172 suchsaufbau von ganz am Anfang. Jetzt vergleichen wir aber zwei Stromkreise bzw.  
173 zwei Lämpchen. Du kannst sie dir anschauen ((Pause 20 – Aufbau)). Dann darfst du  
174 dieses Lämpchen anschließen und ich nehme dieses hier. Vorher noch die Vermutung:  
175 was glaubst du, wird passieren?  
176 IP5: Ich glaube, dass beide leuchten werden. Der eine hat halt einen **gebogenen** Draht  
177 und der andere nicht. Also einen unterschiedlichen Draht haben sie, aber sie sollten  
178 beide leuchten.  
179 I: Probieren wir es aus! ((Pause 5 – Durchführung)) Was beobachtest du?  
180 IP5: Es leuchten beide wieder. Obwohl man merkt, dass der **eher glüht**. Also es glü-  
181 hen beide, aber der/ja, es ist schwer zu sagen, aber der ist halt eher so/er **strahlt** nicht  
182 so sehr wie der andere, aber das hängt wahrscheinlich von der Drahtkrümmung hier  
183 ab.  
184 I: Wie erklärst du dir das?  
185 IP5: Dass der vielleicht so gebogen/so eine v- oder u- würde ich mal sagen/also dass  
186 der halt glüht, also eher so/keine Ahnung.  
187 I: Erkennst du einen Unterschied von der Helligkeit her?  
188 IP5: Ja, also die strahlt heller.  
189 I: Also das Lämpchen mit dem gekrümmten Draht? Nein.  
190 IP5: Mit dem Bogen, ja.  
191 I: Und warum?  
192 IP5: ((Pause 5 – denkt nach)) Ja hm, es ist überall gleich viel Energie drauf. Schwierig.  
193 Vielleicht einfach weil es keinen Knick drin hat.  
194 I: Du glaubst, es liegt an dem Knick?

---

195 IP5: Ja, kann sein, aber bin mir unsicher.  
196 I: Was passiert im Inneren der Leiter?  
197 IP5: Es wird halt wieder weitergeleitet, dadurch dass Metall drin ist und gelangt dann  
198 so zum Lämpchen.  
199 I: Welche Rolle spielt die Energie?  
200 IP5: Also ja, dass es wieder von der Batterie ausgeht. Und wieder das Kabel ist und  
201 dann durch das Lämpchen bewegt, dass es leuchtet. Es wird Licht freigesetzt oder  
202 Wärme in dem Fall.  
203 I: Gibt es bei diesen zwei Stromkreisen einen Unterschied bezüglich der Energie?  
204 IP5: Nein. Das sind, glaube ich, dieselben Batterien und die Farben der Kabel sind  
205 nicht so wichtig.  
206 I: Also glaubst du nicht, dass bei einem mehr Energie übertragen oder umgewandelt  
207 wird?  
208 IP5: Von der Dicke der Kabel, aber ich glaube nicht, nein.  
209 I: Bleibt die Energie hier erhalten?  
210 IP5: Energie kann ja nicht verloren gehen, sondern nur umgewandelt. In dem Fall wird  
211 sie in Wärme bzw. Licht umgewandelt, aber geht nicht verloren.  
212 I: Wie wird sie umgewandelt?  
213 IP5: Indem es auf das Lämpchen trifft und das Lämpchen ist praktisch der Umwandler  
214 dann in dem Fall. Und setzt dann das Licht/also es glüht dann und wird wärmer und  
215 (setzt Licht aus durch das Glühen?).  
216 I: Kannst du mir wieder aufzeichnen, wie die Energie zum Lämpchen kommt? Sagen  
217 wir a) ist dieses v-förmige Lämpchen und das gebogene ist b).  
218 IP5: ((Pause 20 - zeichnet))  
219 I: Gut, also gibt es gar keinen Unterschied?  
220 IP5: Ja.  
221 I: Du hast ganz am Anfang schon den Begriff Leistung erwähnt. Was versteht man  
222 darunter?  
223 IP5: Das ist ein großer Begriff. Also z.B. an dem Windrad oder Ventilator/oh Leistung,  
224 das ist hm/das ist ((Pause 5 – überlegt)).  
225 I: Vielleicht hilft es dir einen Vergleich mit der Energie zu machen? Wie unterscheiden  
226 sich diese Begriffe?  
227 IP5: Also Energie macht eigentlich nicht/also es wird halt nur/es bringt etwas dazu,  
228 würde ich jetzt mal behaupten. Und Leistung ist dann/also könnte ein **Ergebnis** der  
229 Energie sein.  
230 I: Verstehe ich das richtig, dass die Energie ist eine Ursache oder Auslöser und Leis-  
231 tung ist die Wirkung?  
232 IP5: **Auch**, aber nicht unbedingt nur. Die Leistung ist auch nicht immer das Ergebnis  
233 davon. Es kann sein, muss aber nicht.  
234 I: Wie könnten sich diese zwei Stromkreise in ihrer Leistung unterscheiden?  
235 IP5: Indem der Energie/also die eingesetzt wird, das ist in dem Fall die Batterie, unter-  
236 schiedliche Volt haben, würde ich mal sagen.  
237 I: Unterschiedliche Volt?  
238 IP5: Mhm.  
239 I: Was sind diese Volt?  
240 IP5: Stromstärke.  
241 I: Und was gibt das an?  
242 IP5: Also wie viel Strom übertragen wird, glaube ich. Aber das macht irgendwie kei-  
243 nen/das ist halt die Einheit für die Stromstärke, also wie viel Strom drin ist, hätte ich

---

244 mal gesagt.  
245 I: Wie viel Strom da drin gespeichert ist?  
246 IP5: Ja. Oder wie viel weitergeht (unv.).  
247 I: Nur damit ich dich wirklich richtig verstehe: Da ist Strom gespeichert, das mit der  
248 Energie gleichgesetzt werden kann.  
249 IP5: Also Strom ist eine **Energieform** und ja, ich weiß nicht, ob es in der Batterie er-  
250 zeugt wird oder schon gespeichert ist. Nachdem man Batterien aufladen kann, würde  
251 ich meinen, dass es gespeichert ist.  
252 I: Dann beenden wir damit unser Interview.

---

## Transkription Interview Nr. 6

- 1 I: Die erste Frage lautet: Was verbindest du mit dem Begriff Energie?
- 2 IP6: Energie ist ein **Fluss** aus Elektronen, meist durch einen festen Körper. Es geht  
3 auch durch flüssige Stoffe, aber nicht durch gasförmige, glaube ich.
- 4 I: Du hast jetzt gleich die elektrische Energie genannt. Kennst du auch noch andere  
5 Energieformen?
- 6 IP6: Kinetische Energie, Bewegungsenergie.
- 7 I: Wie würdest du einem Freund oder eine Freundin den Begriff Energie physikalisch  
8 erklären?
- 9 IP6: Wahrscheinlich gar nicht ((lachen)). So eine Art Antriebsstoff für die Umwelt, für  
10 alles.
- 11 I: Ich gebe dir ein paar Anhaltspunkte. Vielleicht fällt dir dann noch ein bisschen mehr  
12 ein zur Energie. Was verbindest du mit Energie?
- 13 IP6: Ja, zum Beispiel hier der Wasserkocher. Da kommt ja elektrische Energie rein  
14 und ich glaub Induktion wird hier verwendet um Hitze zu erzeugen. Und ja dann kocht  
15 halt das Wasser. Das ist ein Batterie mit Lithium drin glaube ich. Ja halt Steckdosen-  
16 verlängerung. Wie es genau funktioniert, habe ich keine Ahnung. Hier Atomenergie,  
17 ein Atomreaktor. Dann Solarenergie. Da die Energieleitungen, die Hochspannungslei-  
18 tungen. Glühbirne, haben wir auch erklärt. Steckdose, Föhn. Ja, es ist halt alles letzt-  
19 endlich **elektrische** Energie.
- 20 I: Finden hier auch Energieumwandlungen statt?
- 21 IP6: **Ja** natürlich. Hier wird zum Beispiel Bewegungsenergie umgewandelt in elektri-  
22 sche Energie. Beim Windrad. Hier wird auch noch irgendwo Energie/beim Atomkraft-  
23 werk wird auch Energie umgewandelt, aber mir fällt nicht ein wie sie heißt. Und bei der  
24 Solarenergie wird halt Licht in Energie.
- 25 I: Dann kommen wir eh schon zum ersten Versuch. Den Versuch kennst du vielleicht  
26 aus der Unterstufe.
- 27 IP6: Hm vielleicht, hoffen wir es.
- 28 I: Wir haben eine Batterie, zwei Kabeln, also die Leiter mit Krokoklemmen und eine  
29 Glühbirne. Also einen ganz einfachen Stromkreis. Ich schließe den Stromkreis noch  
30 nicht. Geschlossen wäre er, wenn alle Bauteile miteinander verbunden wären. Und  
31 frage dich, was passiert, wenn der Stromkreis geschlossen wird?
- 32 IP6: Die Glühbirne beginnt zu leuchten.
- 33 I: ((Pause 3 – Durchführung)) Was beobachtest du?
- 34 IP6: Naja, also der Draht erhitzt sich jetzt, dadurch das Strom durchrinnt und beginnt  
35 durch die Hitze halt zu leuchten.
- 36 I: Und wie erklärst du dir das physikalisch?
- 37 IP6: Also die Elektronen laufen durch, erhitzen einen Draht, der ganz, ganz fein ist und  
38 halt immer wieder in Spiralen gedreht ist und ich weiß nicht/Wolfram, glaube ich, heißt  
39 der Stoff, aus dem die Drähte gemacht werden und der erhitzt sich halt sehr stark  
40 dadurch und beginnt durch die Hitze zu glühen.
- 41 I: Was ist die Ursache für das Leuchten?
- 42 IP6: Dass Hitze entsteht.
- 43 I: Wie stellst du dir das im Inneren des Kabels vor?
- 44 IP6: Es fließen Elektronen durch.
- 45 I: Woher kommen diese Elektronen?
- 46 IP6: Da hab ich keine Ahnung ((lachen)). Die werden irgendwie durch Säure in der  
47 Batterie hergestellt. Aber wie es funktioniert weiß ich nicht.

---

48 I: Wieso kann das Lämpchen nicht leuchten, wenn ich eine Kontaktstelle nicht ver-  
49 binde?

50 IP6: Weil dann kein Stromkreis ist und die Elektronen nicht fließen können.

51 I: Und wieso können sie das nicht?

52 IP6: Ja, die fließen halt nur im **Stromkreis** ((pustet und lacht)).

53 I: Okay, passt! Welche Rolle spielt hier die Energie?

54 IP6: Die elektrische Energie spielt hier insofern die Rolle, dass hier halt die Elektronen  
55 durchfließen. Das wars dann auch so ziemlich.

56 I: Woher kommt diese Energie?

57 IP6: **Aus der Reaktion** mit der Säure in der Batterie und geht halt an den Metallen  
58 hinten auf der Batterie auf der einen Seite hinaus und auf der anderen Seite hinein.

59 I: Und wie wird sie übertragen?

60 IP6: ((Pause 3 – überlegt)) Durch das Metall in den Kabeln. Ich schätze, es ist Kupfer.

61 I: Okay, es ist ein Metall und dadurch wird die Energie übertragen? Wie lange dauert  
62 das ca.?

63 IP6: Das geht sehr, sehr schnell ((lacht)). Wahrscheinlich sogar weniger als eine Milli-  
64 sekunde.

65 I: Aber es dauert ein kleines bisschen?

66 IP6: Ja, **ganz bisschen** halt, aber wirklich nicht lange.

67 I: ((Pause 7 – Vorbereitung)) Ich habe für dich hier die Schaltskizzen vorbereitet.  
68 Kannst du mir für Versuch 1 einzeichnen, wie die Energie von der Batterie zum Lämp-  
69 chen kommt? (...)

70 IP6: Hier ist es auch wichtig welche Richtung, oder?

71 I: Wenn du das glaubst?

72 IP6: Ich weiß, sie fließen in eine Richtung, aber ich weiß nicht in welche. Ich rate jetzt  
73 einfach mal und sage, sie fließen in diese Richtung und immer dieser Linie entlang  
74 zum Lämpchen, dann durch den Draht halt durch und hier wieder zurück.

75 I: Habe ich das richtig verstanden, dass du die Energie in Verbindung mit den Elektro-  
76 nen betrachtest?

77 IP6: Ja, genau.

78 I: Und die Energie macht auch genau diese Runde?

79 IP6: Ja.

80 I: Und sie kommt auch wieder zurück zur Batterie?

81 IP6: Nein, die Energie wird in der Glühlampe wird sie ja zu Hitze umgewandelt. Das  
82 heißt, vielleicht kommt ein Teil wieder zurück, aber der Großteil wird in Hitze umge-  
83 wandelt.

84 I: Und dann startet es von Neuem?

85 IP6: Ja, das ist **durchgehend**. Das ist nicht so ein Impuls, sondern es ist die ganze  
86 Zeit.

87 I: Wird hier Energie verbraucht?

88 IP6: Ja **eindeutig**, weil eine Batterie entlädt sich auch nach irgend einer Zeit.

89 I: Du sagst, es wird nicht die gesamte Energie umgewandelt, sondern nur ein Teil.

90 IP6: Es wird nur ein Teil der Energie wahrscheinlich umgewandelt. Weil die ganze wird  
91 nie wirklich **ganz** gehen. Auch wenn es nur ein halber Prozent ist, der überbleibt von  
92 der Energie.

93 I: Kennst du den Energieerhaltungssatz?

94 IP6: Energie kann nicht verloren gehen, sie kann nur umgewandelt werden in andere  
95 Energieformen.

96 I: Du hast gemeint, es wird ein bisschen etwas verbraucht, weil sich die Batterie

---

97 entlädt.  
98 IP6: **Ja**, also von der elektrischen Energie geht es halt über im Falle der Glühlampe in  
99 Wärme.  
100 I: Dann schauen wir zum nächsten Experiment. Wir verwenden dafür wieder dieses  
101 Glühlämpchen, tauschen aber die Batterie mit diesem kleinen Handgenerator aus.  
102 Glaubst du, wir können das Lämpchen auch ohne Batterie zum Leuchten bringen?  
103 IP6: Ja.  
104 I: Was ist dafür notwendig?  
105 IP6: Eben der Handgenerator. Der sagt ja schon so **schön**, dass er ein Generator ist.  
106 Das heißt, er erzeugt Strom bzw. elektrische Energie. Und das funktioniert mit Magne-  
107 tismus und einer Magnetspule, also einer Drahtspule.  
108 I: Reicht es also, wenn ich die Kabel mit dem Lämpchen verbinde?  
109 IP6: **Nein**, weil da ist noch keine Energie, die erzeugt wird. Da müsste man hier zuerst  
110 drehen.  
111 I: Dann schauen wir uns das an. Du darfst selbst ausprobieren und beobachten.  
112 IP6: ((dreht)) Ja, es beginnt zu leuchten. Je nach dem wie schnell ich drehe, beginnt  
113 es stärker zu leuchten, weil dann halt mehr Energie erzeugt wird. Ja, wie es funktio-  
114 niert, habe ich keine Ahnung.  
115 I: Probieren wir es trotzdem.  
116 IP6: Ich glaube, es ist weil der Magnet mit den unterschiedlichen Polen und dem Mag-  
117 netfeld drin gedreht wird, erzeugt er elektrische Spannung in der Spule, die halt dann  
118 zu elektrischer Energie wird, die durchfließt durch die Lampe und sie zum Leuchten  
119 bringt, wie eben vorher schon besprochen, weil es sich umwandelt – elektrische Ener-  
120 gie in Wärme.  
121 I: Was ist die Ursache für das Leuchten?  
122 IP6: Hier ist die Ursache für das Leuchten die Bewegung von diesem Teil hier, also  
123 das Drehen. Weil ohne das/es ist **essenziell**, dass überhaupt etwas passiert.  
124 I: Was passiert im Leiter?  
125 IP6: Im Leiter passiert wieder genau dasselbe. Da geht einfach Strom **durch**, also  
126 Elektronen fließen durch. Hier wird dann die elektrische Energie wieder umgewandelt  
127 in Wärme und dann gehen die Elektronen, die halt durchgegangen sind durch die  
128 Lampe wieder zurück.  
129 I: Welche Rolle spielt hier die Energie?  
130 IP6: Naja, wieder genau dieselbe, nur dass wir hier die Energie selber erzeugen. Nicht  
131 wie bei der Batterie, die Energie schon vorhanden ist.  
132 I: Wie wird die Energie übertragen?  
133 IP6: Die Energie wird wieder durch die **Elektronen**, die durchfließen, übertragen.  
134 I: Kannst du mir bitte wieder den Weg einzeichnen? (...)  
135 IP6: Dann zeichne ich es wieder in dieselbe Richtung und dem Kabel entlang und bis  
136 zum Handgenerator zurück.  
137 I: Wird hier jetzt die ganze Energie umgewandelt?  
138 IP6: Ich bin der Meinung, dass wahrscheinlich die ganze Energie oder zumindest **an-**  
139 **nähernd** die ganze Energie/es kann immer sein, dass ein winziger Teil überbleibt/aber  
140 da wir ja sehen, wenn wir einmal kurz drehen und dann aufhören, dann hört die Glüh-  
141 birne auch auf zu leuchten, würde es ja bedeuten, dass die Energie komplett umge-  
142 wandelt wird bzw. die Energie **verloren** geht auf dem Weg und keine elektrische Ener-  
143 gie ist, wenn sie wieder zurück ankommt.  
144 I: Habe ich das richtig verstanden, dass hier ein Teil zurückgeht?  
145 IP6: **Ja**, aber das geht wahrscheinlich auch irgendwie unnütz verloren. Jetzt im

---

146 Nachhinein, wenn ich das so anschau ((lachen)).  
147 I: Also bei Versuch 1.../  
148 IP6: Und 2/  
149 I: ... wird die meiste Energie umgewandelt beim Lämpchen und was passiert mit dem  
150 Rest?  
151 IP6: Ja genau, der wird wahrscheinlich im Kabel in Wärme umgewandelt.  
152 I: Und dann kommt nichts mehr zurück?  
153 IP6: Zurückkommen tun schon noch Elektronen, aber halt keine mehr, die Energie mit  
154 sich tragen. Falls das überhaupt irgendeinen Sinn macht.  
155 I: Das würde dann halt auch mit dem zweiten Versuch übereinstimmen oder wie meinst  
156 du?  
157 IP6: Ja, das wäre dann wahrscheinlich ein **Gesetz** halt.  
158 I: Das heißt der Weg führt vom Handgenerator zum Lämpchen und wird dann umge-  
159 wandelt?  
160 IP6: Ja.  
161 I: Dann kommen wir zum nächsten Versuch ((Pause 10 – Aufbau)). Wir haben hier  
162 einen Ventilator aufgebaut, den wir an der Batterie anschließen können. Was glaubst  
163 du passiert, wenn die Bauteile miteinander verbunden werden, also der Stromkreis  
164 geschlossen wird?  
165 IP6: Das hat jeweils damit zu tun in welche **Richtung**, also welches Kabel mit dem  
166 Plus und welches mit dem Minus verbunden wird. Das bestimmt die Drehrichtung von  
167 dem Propeller. Aber sobald Sie es verbinden, sollte es zu drehen beginnen, sofern in  
168 der Batterie Ladung drinnen ist.  
169 I: ((Pause 5 – Durchführung)) Kannst du erkennen, in welche Richtung es sich dreht?  
170 IP6: Gegen den Uhrzeigersinn.  
171 I: Soll ich es auch mal umtauschen?  
172 IP6: Ja. ((Pause 5 – Tausch)) Ja, jetzt ist es mit dem Uhrzeigersinn.  
173 I: Also, was beobachtest du?  
174 IP6: Na, also ich beobachte: es gibt zwei verschiedene Drehrichtungen. Je nachdem  
175 wie es verbunden ist. Womit es zu tun hat – ich weiß, dass es damit zu tun hat, in  
176 welche Richtung die Elektronen fließen. Ob sie jetzt vom Minus weg oder vom Plus  
177 wegfließen, bin ich mir nicht sicher. Und ich beobachte, sobald es verbunden ist, dreht  
178 sich der Propeller entweder gegen den Uhrzeigersinn oder im Uhrzeigersinn. Je nach-  
179 dem wie es verbunden ist. Und ja, das ist es auch schon. Mehr gibt es nicht zu be-  
180 obachten.  
181 I: Wie erklärst du dir das?  
182 IP6: Drinnen ist ein Motor im/also das hier ist ein Motor und vorne ist der Propeller  
183 dran. Und wie der funktioniert, das ist jetzt die Frage. Ich glaube, es hat was zu tun mit  
184 Elektromagneten, die aktiviert werden. Aber wie genau, kann ich jetzt nicht sagen. Also  
185 ich hab eine Vermutung, dass es irgendwie so funktioniert, dass drinnen ein Metallstab  
186 ist, an dem an einer Stelle ein kleiner Magnet befestigt ist, der dann immer zu einem  
187 Elektromagnet hin schwingt, die dann nach der Reihe aktiviert werden. Aber das ist  
188 wahrscheinlich zu simpel.  
189 I: Was ist die Ursache für die Drehbewegung des Ventilators?  
190 IP6: ((Pause 5 – denkt nach; lacht)) Ich habe keine Ahnung. Wie gesagt, es hat etwas  
191 zu tun mit diesen Elektromagneten, die ich erwähnt habe. Aber es kann auch sein,  
192 dass es **kompletter** Blödsinn ist und überhaupt nicht stimmt.  
193 I: Was passiert im Leiter?  
194 IP6: In den Leitern fließen wieder Elektronen durch, wandeln dann hier im Motor die

---

195 Energie um, die **elektrische** Energie in **elektromagnetische** Energie um. Die geht  
196 dann am Ende wieder verloren teilweise wieder und so ein ganz kleiner Teil kommt  
197 dann zur Batterie wieder zurück oder wird auf dem Weg in Wärmeenergie umgewan-  
198 delt.

199 I: Was meinst du mit „verloren“?

200 IP6: Also **nicht** verloren, es wird halt umgewandelt in Wärmeenergie.

201 I: (...) Du erklärst ja den Weg der Energie anhand der Elektronen. Wie stellst du dir  
202 das genau vor?

203 IP6: Naja, also ich stelle mir das so vor, als wären die Elektronen so die Energie. Also  
204 die Elektronen sind der Energiefluss. Und die Elektronen bewegen sich **selber** durch  
205 den Stoff durch. Oder regen andere Elektronen an. Da bin ich mir nicht sicher. Eines  
206 von beiden wird es sein. Weil sonst würde es nicht funktionieren.

207 I: Also verstehe ich das richtig: Elektronen setzt du mit der Energie gleich?

208 IP6: **Ja**, also sie sind das, was Energie eigentlich ausmacht.

209 I: Wie wird hier die Energie übertragen?

210 IP6: Wieder durch die Elektronen, die durchfließen.

211 I: Welche Umwandlungen finden statt?

212 IP6: Elektrische in elektrom**agnetische** Energie. Das heißt/Oder bzw. letztendlich Be-  
213 wegungsenergie, weil sich der Propeller dann dreht.

214 I: Kannst du mir bitte wieder den Weg einzeichnen bei Punkt 3?

215 IP6: Also es geht wieder hier in die Richtung, dann den ganzen Kabel entlang, geht  
216 hier dann halt durch den Propeller durch. Da wird ein Großteil der Energie umgewan-  
217 delt und der Rest wird hier in Wärme umgewandelt, falls noch irgendwas da ist.

218 I: Also auf dem Weg zurück.../

219 IP6: ...geht wieder alles verloren.

220 I: Dann sind wir schon beim letzten Versuch. Wir haben hier wieder den gleichen Ver-  
221 suchsaufbau wie bei Experiment 1. Ein einfacher Stromkreis mit Batterie, Kabel und  
222 Lämpchen. Aber wir verwenden dieses Mal zwei andere Lämpchen und vergleichen  
223 sie. Du kannst sie dir in der Zwischenzeit anschauen. Die Fragen sind dann: Werden  
224 sie beide leuchten? Wenn ja, gibt es eines, das heller leuchtet?

225 IP6: Ja, ich glaube, leuchten können sie meiner Meinung nach beide, obwohl der Draht  
226 hier um einiges dicker ist. Aber das sollte nicht unbedingt was ausmachen. Und der  
227 hier hat einen wirklich, wirklich sehr feinen Draht und, da ich davon ausgehe, dass  
228 dieses Experiment schon öfter durchgeführt wurde vor mir und dieser Draht noch exis-  
229 tiert ((lachen)), denke ich, dass das ziemlich hell leuchten wird im Gegensatz zu dieser  
230 Lampe.

231 I: Das Lämpchen mit dem dünnen Draht leuchtet heller?

232 IP6: Ja genau, weil die **Wärmekapazität** niedriger ist, weil weniger Masse vorhanden  
233 ist.

234 I: Okay, dann übernimmst du bitte das Lämpchen mit dem dünnen Draht und wir schlie-  
235 ßen die zwei gleichzeitig an (...). Was beobachtest du?

236 IP6: Dass ich **falsch** lag. Dass anscheinend die Masse damit nichts zu tun hat. Bzw.  
237 vielleicht hat die Masse **schon** etwas zu tun damit und zwar, dass bei dem Draht ein-  
238 fach mehr Licht entstehen kann, weil/sagen wir dieser Draht hat ein Zehntel der Masse  
239 von dem Draht hier, das könnte sein/dann ist hier das Licht zehnmal so stark wie da.  
240 Also je mehr Masse, desto heller wird auch das Licht, weil Licht von (mehr rauskom-  
241 men kann?).

242 I: Du glaubst, die Unterschiede liegen vor allem in den Lämpchen bzw. am Draht?

243 IP6: Ja, eigentlich schon. Es kann auch an den Batterien liegen.

---

244 I: Wir können sie mal umtauschen, wenn du das möchtest.  
245 IP6: Ja, wir können es mal versuchen. Weil es könnte ja theoretisch auch an den Bat-  
246 terien liegen.  
247 I: Das stimmt, das habe ich auch vergessen zu sagen. Die Batterien sollten baugleich  
248 sein.  
249 IP6: Und vor allem gleich geladen. Das ist das Wichtigste. ((Durchführung)) Ja, man  
250 sieht wirklich wenig Unterschied. **Bisschen** stärker ist diese, glaube ich, geladen. Wo-  
251 bei ich mir gar nicht so sicher bin. Also ja, es liegt schon in den Lämpchen.  
252 I: Wieso leuchtet dieses heller? Kannst du das erklären?  
253 IP6: Also wie schon gesagt, ich habe auch eben vorher gesehen, auf der Seite/zumin-  
254 dest glaube ich das gesehen zu haben/die sind beide 50 Milliampere.  
255 I: Du kannst sie dir gerne nochmal anschauen.  
256 IP6: Gerne ((Pause 5 – beobachtet)). Ah, doch nicht. 0,3 Ampere (...). Also **hier** rinnt  
257 mehr Strom durch, also wird mehr Strom umgewandelt. Weil die hier hat 50 Milliam-  
258 pere und die hat 0,3 Ampere und, wenn ich jetzt richtig liege, sind Milliampere Tau-  
259 sendstel Ampere. Das heißt die hat 300 Milliampere und die halt nur 50. Das heißt,  
260 hier rinnt mehr Strom durch. Das heißt, hier wird es auch heller, weil es wärmer wird.  
261 I: Was heißt „rinnt mehr Strom durch“?  
262 IP6: ((lacht)) Also hm, genau beschreiben kann ich es nicht. Da habe ich keine Ahnung,  
263 aber ich denke mir, der Elektronenfluss durch den Draht durch auf einmal ist stärker  
264 als bei diesem Lämpchen.  
265 I: Welche Rolle spielt hier die Energie?  
266 IP6: Naja wieder mal ohne Energie würde es nicht leuchten, weil ohne irgendeine  
267 Energieform, die letztendlich zu elektrischer Energie und dann zu Wärme umgewan-  
268 delt werden kann, würde es hier keine Veränderung geben. Jetzt gibt es keine Ener-  
269 gieeinwirkung darauf bzw. keine elektrische oder Wärmeenergieeinwirkung, also pas-  
270 siert auch nichts.  
271 I: Gibt es Unterschiede zwischen den zwei Stromkreisen in Bezug auf die Energie?  
272 IP6: Nein, also es fließen wieder Elektronen von der einen Seite zur anderen Seite der  
273 Batterie zurück und es verbraucht sich bei beiden genauso bis zum Ende/also die  
274 Energie ist am Ende dann **genauso** umgewandelt in andere Energie und kann nicht  
275 mehr als elektrische Energie verwendet werden.  
276 I: Wird bei beiden Stromkreisen gleich viel Energie umgewandelt?  
277 IP6: Bei dem hier wird weniger Energie umgewandelt. Hier wird der Akku **langsamer**  
278 **leer** als hier, weil das Lämpchen weniger Energie auf einmal verwendet. Das heißt,  
279 zum gleichen Zeitpunkt oder über die gleiche Zeitspanne verwendet das mehr Energie  
280 als das hier und das hier funktioniert dadurch aber länger, weil mehr Energieladung  
281 vorhanden ist.  
282 I: (...) Kannst du mir wieder den Weg einzeichnen? Sagen wir a) ist das Lämpchen mit  
283 dem dünnen Draht, das weniger hell geleuchtet hat, und b) ist das Lämpchen, das  
284 heller geleuchtet hat.  
285 IP6: Also die Wege sind exakt gleich. Das heißt, es geht bei a) so wie bei b) geht es  
286 einmal im Kreis herum, wobei hier dann die Energie als elektrische Energie **unnutzbar**  
287 ist und hier ist aber halt der Energiefluss/der Elektronenfluss größer als auf dieser  
288 Seite.  
289 I: Beim Lämpchen, das heller leuchtet, ist der Elektronenfluss größer?  
290 IP6: Genau, ja.  
291 I: Kennst du den Begriff Leistung?  
292 IP6: Davon gehört habe ich, ja.

---

293 I: In welchem Kontext? Auch im elektrischen?  
294 IP6: Im Physikunterricht.  
295 I: Okay ((lachen))! Was verstehst du darunter?  
296 IP6: Ich weiß, es wird in Watt gemessen. Und die Formel hat irgendwas mit Umwand-  
297 lung von Energie durch Spannung/irgendwas mit **Spannung** hat es zu tun. Ganz si-  
298 cher bin ich mir nicht.  
299 I: Wie würdest du die Energie von der Leistung unterscheiden? Vielleicht nicht nur an  
300 die Definitionen im Physikunterricht denken, sondern wie du darüber denkst.  
301 IP6: Ich glaube, die Leistung ist das, was wir hier halt jeweils unterschiedlich haben.  
302 Hier ist die Leistung geringer als hier und dadurch auch der Energiefluss ist hier in der  
303 selben Zeitspanne geringer und da halt größer.  
304 I: Super, du hast jetzt wirklich die Leistung hergeleitet. Energie pro Zeit. Das ist auch  
305 die physikalische Definition. Kannst du mithilfe dieses Wissens nochmal probieren die  
306 Unterschiede zu beschreiben?  
307 IP6: Also hier ist die Energie pro Zeit auf jeden Fall kleiner bzw. na, warte! Da muss  
308 ich jetzt denken, da muss ich rechnen ((Pause 5 – denkt nach)) Ja, okay, ja. Also hier  
309 ist die Energie pro Zeit, also Leistung, niedriger, weil hier weniger Energie im selben  
310 Zeitraum durchfließt wie **hier** Energie durchfließt. Ich habe vorhin gesagt, die hier  
311 leuchtet vielleicht zehnmal so hell. Das heißt, hier würde ein Zehntel der Energie von  
312 hier durchfließen.  
313 I: Bravo! Damit wären wir auch schon am Ende.

---

## Transkription Interview Nr. 7

- 1 I: Wir beginnen mit einer allgemeinen Frage: Was verbindest du mit dem Begriff Ener-  
2 gie?  
3 IP7: Also gleich am Anfang mal **Elektrizität** oder einfach Batterien im Generellen. Aber  
4 es kommt auch immer darauf an in welchem Fachkontext. Es kommt glaube ich sehr  
5 sehr viel vor in der Alltagssprache und auch im **psychologischen** Kontext – man hat  
6 viel Energie oder wenig Energie. Und quasi etwas, was mobilisiert oder was der Aus-  
7 gangspunkt ist für irgendeine Aktion oder Tätigkeit.  
8 I: Du hast gesagt, es kommt auf den Kontext an. Wenn du den Begriff rein physikalisch  
9 erklären müsstest, wie würdest du das machen?  
10 IP7: Etwas, was eine Aktion initiiert und das bei einem Prozess entsteht – also Energie  
11 entsteht ja nicht per se, aber die quasi umgewandelt wird und in verschiedenen Pro-  
12 zessen genutzt wird, damit ein **Ergebnis** kommt, was möglichst positiv ist für den Nut-  
13 zen.  
14 I: Kannst du noch andere Energieformen nennen, außer die elektrische Energie?  
15 IP7: Ja also Wärmeenergie, kinetische Energie, Reibung.  
16 I: Ich gebe dir dazu noch einige Bilder, die ich für diese Frage vorbereitet habe. Du  
17 kannst dir davon welche aussuchen, die du mit Energie verbindest und ein bisschen  
18 erzählen, was du darüber weißt.  
19 IP7: ((Pause 10 – schaut sich Bilder an)) Also in irgendeinem Kontext würde ich alle  
20 mit Energie verbinden. Also halt zum Beispiel die Steckdose eine **Energiequelle** oder  
21 ein Energietransmitter. Oder auch die Batterien. Und dann quasi verschiedene Um-  
22 wandlungsstationen, wie die Solarpanelen oder die Windräder. Und zum Transport von  
23 Energie die Strommasten. Und dann eben Einsatzorte, wo Energie für einen **Nutzen**  
24 verwendet wird mit dem Wasserkocher, dem Föhn oder der Lampe.  
25 I: Wir kommen schon zum ersten Versuch. Dafür brauchen wir eine Batterie, ein Glüh-  
26 lämpchen und zwei Kabel. Damit bauen wir einen einfachen Stromkreis, wie du ihn  
27 vielleicht schon kennst. Der Stromkreis wird noch nicht geschlossen. Geschlossen  
28 wäre er, wenn alle Bauteile korrekt miteinander verbunden wären. Und frage dich vor-  
29 her: Was vermutest du passiert, wenn der Stromkreis geschlossen wird?  
30 IP7: Also auf der einen Seite ist ja der Minuspol und auf der anderen Seite der Pluspol,  
31 also ein Elektronendefizit und ein Elektronenüberschuss. Und sobald das mit Leitern  
32 verbunden wird, laufen die Elektronen über den niedrigsten Widerstand vom **Über-**  
33 **schuss** zum Mangel oder Defizit. Und da wird es wahrscheinlich durch den Draht von  
34 der Glühbirne laufen und es wird aufleuchten.  
35 I: Schauen wir es uns an. Was beobachtest du?  
36 IP7: Also meine Vermutung hat gestimmt. Die Glühbirne leuchtet auf. Mit einem Hin-  
37 tergrundwissen kann man sagen, die Elektronen bewegen sich im Stromkreis.  
38 I: Dann sind wir jetzt beim vierten Punkt, bei der Erklärung. Du hast schon erklärt, dass  
39 sich die Elektronen durch das Kabel durchbewegen und durch das Glühlämpchen und  
40 das Ganze passiert wegen des Überschusses und des Elektronenmangels oder -defi-  
41 zites, hast du es genannt. Wie stellst du dir den Ablauf im Inneren des Kabels vor?  
42 IP7: Also die Elektronen laufen wie Teilchen durch und laufen auch durch den Glüh-  
43 draht. Da lösen sie eine **Reaktion** aus, die wir durch die Photonen wahrnehmen.  
44 I: Bleiben wir bei dieser „Reaktion“. Wie findet diese statt?  
45 IP7: ((Pause 3 – überlegt; lacht)) Da kann ich jetzt eher vermuten. Dass halt eine ge-  
46 wisse **Wechselwirkung** zwischen den Elektronen und dem Draht passiert. Und der an  
47 der Stelle, die freigelegt ist, zu Glühen beginnt.

---

48 I: Welche Rolle spielt hierbei die Energie?  
49 IP7: Die Energie macht es möglich, dass die Lampe leuchtet. Sie ist in der Batterie  
50 gespeichert und wird in Wärmeenergie umgewandelt und auch in etwas Sichtbares.  
51 I: Du sagst, sie ist in der Batterie gespeichert. Wie wird sie übertragen?  
52 IP7: Durch die elektrischen Leiter und die Elektronen.  
53 I: Wie lange dauert das ungefähr?  
54 IP7: Nicht lange. Man sieht ja direkt das Ergebnis.  
55 I: Kannst du mir hier für den ersten Versuch den Weg einzeichnen, wie die Energie  
56 von der Batterie zum Lämpchen kommt.  
57 IP7: Also über den Draht ((zeichnet)). Also im Draht. Hier fließen die Elektronen und  
58 die Energie wird/(...) also ich würde es mir so vorstellen, dass hier ein Teil der Energie  
59 abgegeben wird und wir hier quasi dann die Photonen sehen. Und wahrscheinlich auch  
60 in andere Energieformen umgewandelt wird, wie Wärmeenergie, die wir nicht sehen.  
61 I: Und dieser Pfeil?  
62 IP7: ((löscht aus))  
63 I: Der sollte nicht da sein?  
64 IP7: Nein.  
65 I: Kann ich mir das wie einen Fluss vorstellen, also dass die Energie mit den Elektronen  
66 zum Lämpchen kommt und dort umgewandelt wird?  
67 IP7: Das würde ich mir so vorstellen.  
68 I: Läuft das konstant so weiter? Ist das unbegrenzt möglich?  
69 IP7: Ich würde mir denken, dass sobald die Batterie leer ist, die Energiezufuhr nicht  
70 mehr möglich ist. Da es diesen Elektronenfluss braucht, um es zu der Glühlampe zu  
71 transferieren.  
72 I: Noch kurz zu den Elektronen. Bleiben diese auch beim Lämpchen?  
73 IP7: Nein, die fließen wieder zum Elektronenminimum/zum Pluspol.  
74 I: Was passiert, wenn sie dort angelangt sind?  
75 IP7: Dann bleiben sie da?  
76 I: Gut, dann kommen wir zum zweiten Versuch. Wir brauchen wieder das Lämpchen  
77 und tauschen die Batterie aus. Stattdessen verwenden wir so einen kleinen Handge-  
78 nerator. ((Pause 5 – Aufbau)) Können wir das Lämpchen auch ohne Batterie zum  
79 Leuchten bringen?  
80 IP7: Ja, ich glaube schon.  
81 I: Was müssen wir dafür machen?  
82 IP7: Arbeit hineinstecken, die dann in Energie umgewandelt wird - mit dem Dynamo  
83 nehme ich an.  
84 I: Das darfst du selbst ausprobieren. Reicht dafür ein Kabel?  
85 IP7: Den Stromkreis müssen wir noch schließen.  
86 I: Dann darfst du es ausprobieren! ((Pause 3 – Durchführung)) Was beobachtest du?  
87 IP7: Durch das Drehen an der Kurbel leuchtet die Glühbirne wieder auf. Es ist aber so,  
88 je **stärker** ich drehe, desto heller leuchtet sie. Und wenn ich nicht konstant weiterdrehe,  
89 geht sie wieder aus. Und flacht zuerst ab und dann ist sie ganz aus.  
90 I: Wieso leuchtet das Lämpchen? Was ist die Ursache?  
91 IP7: Meine Arbeit wird quasi mit dem Dynamo in elektrische Energie umgewandelt und  
92 dann passiert dasselbe oder etwas ähnliches wie vorhin mit der Batterie.  
93 I: Sowas ähnliches? Stellst du dir das im Kabel wieder genau gleich vor?  
94 IP7: Ja.  
95 I: Woher kommen die Elektronen?  
96 IP7: Ich hätte vermutet, dass irgendetwas im Dynamo passiert, das wieder die

---

97 Elektronen zwingt vom einen Ort zum nächsten zu laufen.  
98 I: Welche Rolle spielt hier die Energie?  
99 IP7: Eine ganz ähnliche wie vorher oder die gleiche. Sie wird nur anders zugeführt.  
100 I: Wie wird sie zugeführt?  
101 IP7: Eben durch meine Bewegung und dann durch den Dynamo.  
102 I: Würdest du sagen, dass hier Energie verbraucht wird?  
103 IP7: Ja schon!  
104 I: Wo denn? An welchen Stellen?  
105 IP7: Quasi bei mir, wenn ich Energie hineinstecke. Wenn ich das den ganzen Tag  
106 machen würde, dann würde ich irgendwann müde werden und würde nicht mehr wei-  
107 termachen können.  
108 I: Kannst du mir bitte bei Punkt 2 wieder den Weg einzeichnen, wie die Energie vom  
109 Handgenerator zum Lämpchen kommt?  
110 IP7: ((zeichnet)) Also sie kommt von außen zum Handgenerator und wird da dann wie  
111 vorher durch diesen Draht in Form von Elektronen geleitet und hier wieder verbraucht.  
112 I: Verstehe ich das richtig, dass die ganze Energie, die du hier reinsteckst, wird auch  
113 umgewandelt?  
114 IP7: Nein, es geht wahrscheinlich auch Energie verloren, weil nicht immer alle Energie  
115 umgewandelt wird und keine Maschine 100% effizient ist.  
116 I: Kennst du den Energieerhaltungssatz?  
117 IP7: Ja.  
118 I: Was besagt der?  
119 IP7: Dass Energie quasi nie **erzeugt** oder vernichtet werden kann, sondern immer nur  
120 von einer Form in die nächste umgewandelt werden kann.  
121 I: Du hast manchmal davon gesprochen, dass Energie verloren geht. Was meinst du  
122 damit?  
123 IP7: Für uns in dem Sinne geht sie verloren, aber sie wird halt in eine **unbrauchbare**  
124 Form umgewandelt, z.B. in Wärme.  
125 I: Sehr gut! Dann kommen wir zum dritten Versuch. Dafür brauchen wir diesen Venti-  
126 lator und die Batterie von vorhin. Ich baue wieder einen einfachen Stromkreis auf. Was  
127 passiert, wenn der Stromkreis geschlossen wird?  
128 IP7: Ich vermute, dass der Ventilator sich zu drehen beginnt und das macht, wofür wir  
129 ihn gebaut haben/also nicht wir ((lacht)), aber wofür er gebaut ist.  
130 I: ((Pause 5 – Durchführung)) Was beobachtest du?  
131 IP7: Sobald der Stromkreis geschlossen ist, beginnt sich der Ventilator zu drehen, wird  
132 immer schneller und wenn der Stromkreis wieder gebrochen ist, hört er auf. Er hat aber  
133 noch ein bisschen Schwung und dreht sich fertig bis zum Stillstand.  
134 I: Was ist hier die Ursache für die Drehbewegung?  
135 IP7: Wieder die Energie, die zugeführt wird durch die Batterie. Und dann wird die **elekt-**  
136 **rische** Energie wieder umgewandelt im Dynamo/Gerät und wird dann in kinetische  
137 oder Bewegungsenergie umgewandelt.  
138 I: Was passiert hier im Leiter?  
139 IP7: Wieder dass Elektronen vom Minus zum Plus fließen.  
140 I: Wird hier die ganze Energie umgewandelt?  
141 IP7: Nein auch nicht wahrscheinlich.  
142 I: Warum nicht?  
143 IP7: Ich denke, dass irgendwo immer Energie verloren gehen wird. Ich weiß nicht, ob  
144 es bei dem so ist. Aber irgendwann werden die Kabel **heiß** laufen und die Kontakte  
145 warm werden und da geht eben auch Wärmeenergie verloren.

---

146 I: Zeichnest du mir bitte wieder den Weg ein?  
147 IP7: ((Pause 10 – zeichnet)) Und halt manchmal geht Energie verloren.  
148 I: Du hast jetzt immer eine bestimmte Richtung eingezeichnet. War das willkürlich oder  
149 hat das einen speziellen Grund?  
150 IP7: Bei dem ((zeigt auf 2)) habe ich es einfach irgendwie gemacht und bei den zwei  
151 vom Minus- zum Pluspol, also im Verlauf der Elektronen.  
152 I: Weil sich die Elektronen vom Minus- zum Pluspol bewegen?  
153 IP7: Ja.  
154 I: Wir kommen schon zum letzten Versuch. Dafür verwenden wir wieder Lämpchen,  
155 aber zwei andere. Du kannst sie dir in der Zwischenzeit ansehen. Wir bauen wieder  
156 den gleichen Stromkreis auf wie am Anfang, also zwei getrennte Stromkreise, die wir  
157 vergleichen wollen ((Pause 8 – Aufbau)).  
158 IP7: Soll ich das schon schließen?  
159 I: Ja gleich. Vermuten wir noch vorher. Was glaubst du? Werden sie beide leuchten?  
160 Könnte sein, dass sie beide nicht leuchten oder unterschiedlich leuchten?  
161 IP7: Also es kann gut sein, dass sie unterschiedlich leuchten oder dass eines gar nicht  
162 leuchtet, weil ich weiß nur von einer Batterie, dass sie voll ist.  
163 I: Genau, das habe ich vergessen. Die zwei Batterien sind baugleich, also ident.  
164 IP7: Dann werden beide Lampen aufleuchten, außer wenn eine davon defekt ist. Es  
165 kann aber sein, dass eine stärker oder schwächer leuchtet, wenn die nicht gleich sind.  
166 I: Was meinst du mit „nicht gleich“?  
167 IP7: Also wenn eine ein bisschen defekt ist oder der Kontakt nicht ganz sauber ist oder  
168 ein bisschen gerostet ist. Oder wenn die eine zum Beispiel eine andere Farbe hat oder  
169 so.  
170 I: Hast du eine Vermutung, welche von den zwei Lämpchen dann heller leuchten  
171 könnte?  
172 IP7: Die hier hat einen dünneren Draht. Sehe ich aber nicht genau. Ich weiß nicht.  
173 Aber ich vermute, dass die weniger leuchtet oder weniger hell.  
174 I: Probieren wir es aus. Du verbindest bitte die roten Kabel und ich die blauen. Was  
175 beobachtest du?  
176 IP7: Also ich hatte Recht mit meiner Vermutung ((lacht)). Es leuchten beide. Die mit  
177 den blauen Kabeln leuchtet weniger/schwächer und die mit den roten stärker.  
178 I: Woran könnte das liegen? Kannst du das erklären?  
179 IP7: Also bei der/ich bin mir nicht ganz sicher, aber ich glaube die hat einen **dünneren**  
180 Draht und da kann es halt sein, dass da weniger Elektronen gleichzeitig durchkommen  
181 oder so. Und es daher weniger hell aufleuchtet.  
182 I: Also weniger Elektronen heißt für dich also weniger Energieumwandlung?  
183 IP7: Mhm ((nickt)).  
184 I: Kann ich mir dann vor dem Lämpchen so einen Elektronenstau vorstellen? Und beim  
185 anderen Lämpchen fließen schneller durch und daher leuchtet es auch heller?  
186 IP7: Ja genau.  
187 I: Welche Rolle spielt hier die Energie?  
188 IP7: Sie **bezweckt** wieder, dass die beiden Lampen leuchten. Und der Unterschied/die  
189 **unterschiedliche Menge** von umgewandelter Energie, dass sie verschieden leuch-  
190 ten.  
191 I: Was meinst du mit der „unterschiedlichen Menge“? Kannst du das ein bisschen ge-  
192 nauer erläutern?  
193 IP7: Ich würde mir denken, dass bei den blauen Kabeln, also die weniger leuchtet,  
194 weniger Energie umgewandelt wird. Und ja.

---

195 I: Bleibt hier die Energie erhalten?  
196 IP7: Ja, also in einem System bleibt die Energie immer erhalten.  
197 I: Wird hier die ganze Energie umgewandelt?  
198 IP7: Nein auch nicht.  
199 I: Kannst du bitte wieder den Weg einzeichnen? Sagen wir a) ist das weniger helle  
200 Lämpchen und b) ist das Lämpchen, das heller leuchtet.  
201 IP7: ((zeichnet)) Ich denke, dass sie wieder gleich verläuft wie bei den anderen. Und  
202 auch wieder hier umgewandelt wird ((Pause 5 – zeichnet)). Und bei dem einen halt  
203 entweder mehr Energie verloren geht oder weniger Energie umgewandelt wird in sicht-  
204 bares Licht.  
205 I: Kannst du das bitte noch kennzeichnen? ((Pause 10 – zeichnet)) Kennst du schon  
206 den Begriff der Leistung?  
207 IP7: Ja.  
208 I: Auch im elektrischen Kontext?  
209 IP7: Ja, aber ich glaube, ich kann es nicht erklären.  
210 I: Probieren wir es trotzdem. Es muss auch nicht zwingend auf den Physikunterricht  
211 bezogen sein. Wie unterscheidest du Energie und Leistung?  
212 IP7: Also Leistung ist quasi die **verrichtete Arbeit** und Energie ist quasi das **Potenzial**,  
213 dass Leistung erbracht wird.  
214 I: (...) Ich erkläre dir kurz, was die Leistung ist: Das ist nichts anderes also die Energie  
215 pro Zeit. Es kommt der Zeitaspekt dazu. Man schaut sich an, wie viel Energie pro Zeit  
216 umgewandelt wird. Betrachten wir noch einmal die zwei Stromkreise und probieren  
217 mithilfe dieses Wissens sie nochmals zu vergleichen. Bleibst du bei deiner Erklärung  
218 oder würdest du es umformulieren?  
219 IP7: Also die, die weniger hell leuchtet, hat weniger Leistung oder da wird weniger  
220 Leistung erbracht als der Stromkreis mit der helleren Lampe.  
221 I: Und was passiert mit der Energie?  
222 IP7: Ja weniger Energie pro Zeit.  
223 I: Heißt das auch insgesamt weniger Energie?  
224 IP7: Also im Stromkreis ist gleich viel Energie, aber sie wird halt langsamer freigege-  
225 ben.  
226 I: Dann sind wir auch schon am Ende. Wir beenden die Tonaufnahme.

---

## Transkription Interview Nr. 8

- 1 I: Die erste Frage lautet: Was verbindest du mit dem Begriff Energie?
- 2 IP8: Ja für mich ist Energie hauptsächlich die Art und Weise wie verbinde ich Strom  
3 und auch Sonnenenergie. Eigentlich alles, was bei uns in der Erde irgendwie angetrieben  
4 wird, ist, soweit ich weiß, von Energie. Was sich bewegt, ist Energie, aber auch  
5 menschliche/körperliche Energie ist Energie. Das sind so die ersten Begriffe, die mir  
6 einfallen.
- 7 I: Wie würdest du den Begriff physikalisch erklären? Vielleicht einem Freund oder ei-  
8 nem Kleinkind?
- 9 IP8: Wahrscheinlich, dass das halt **Wellen** sind, die von einem Ort durch einen An-  
10 triebsort quasi transferiert werden zu einem Empfänger. Und ja, mehr kann ich dazu  
11 eigentlich auch nicht sagen ((lacht)). Ich habe ehrlich gesagt keine Ahnung.
- 12 I: Kannst du noch ein paar Energieformen nennen?
- 13 IP8: Es gibt Sonnenenergie, elektrische Energie. Es gibt Bewegungsenergie.
- 14 I: Ich habe für dich ein Bilder vorbereitet. Kannst du dir diese anschauen und bisschen  
15 etwas über die Energie erzählen, also ob du diese Abbildungen mit Energie in Verbin-  
16 dung bringst oder nicht. Und wenn ja, wie?
- 17 IP8: Das ist elektrische Energie ((zeigt auf Glühbirne)). Das kommt von Strom und das  
18 wird zu Licht. Dann das ist ein **Energiekraftwerk**. Da wird Strom erzeugt. Solarener-  
19 gie. Das ist von den Sonnenstrahlen/fangen Rezeptoren das auf die Sonnenstrahlen  
20 und machen daraus Energie. Für mich ist das so quasi mobile Energie, wenn man das  
21 so sagen kann. So Energie, die quasi **tragbar** ist, also man ladet was auf und trägt es  
22 die Energie in sich und dann ladet man es wieder auf. Das ist wieder Strom, aber ich  
23 weiß jetzt nicht genau/das sind die Leitungen, also wie es weitergeleitet wird, die Ener-  
24 gie. Windenergie, da treibt der Wind was an, also ein Windrad und erzeugt dadurch  
25 Energie. Wieder halt elektrische Energie, die dieses Mal Wind erzeugt ((zeigt auf den  
26 Fön)). Wieder elektrische Energie, weil es ein geschlossenes Stromnetz ist und er-  
27 zeugt dieses Mal Hitze. Eine Batterie, etwas, was man auflädt oder aufladen kann  
28 eventuell, was dann Energie in sich trägt. Nochmal eine Batterie. Was ist der Unter-  
29 schied? Ah das eine kann man aufladen, das andere nicht. Ein Stromanschluss, da  
30 wird Energie aufgenommen und weitergegeben. Und eine Steckdose, da wird Energie  
31 aufgenommen und wieder weitergeleitet.
- 32 I: Passt, danke! Dann kommen wir schon zum ersten Experiment. Das kennst du viel-  
33 leicht noch. Wir haben hier eine Batterie, wie auf dem Bild vorhin, zwei Kabel, die  
34 sogenannten Leiter, und ein Glühlämpchen.
- 35 IP8: Das habe ich in der zweiten Klasse mal gemacht.
- 36 I: Was vermutest du passiert, wenn der Stromkreis geschlossen wird? Der Stromkreis  
37 ist geschlossen, wenn alle Bauteile miteinander verbunden sind.
- 38 IP8: Das Glühlämpchen leuchtet.
- 39 I: Probieren wir es aus. Was beobachtest du?
- 40 IP8: Das Glühlämpchen leuchtet, der Stromkreis ist geschlossen.
- 41 I: Wie würdest du das erklären?
- 42 IP8: Naja in der Batterie hält sich Energie auf, die hat quasi Energie in sich gefangen,  
43 ein bisschen. Und durch einen Stromkreis wird die Energie übertragen und es funktio-  
44 niert nur, wenn der geschlossen ist, wegen dem Plus- und Minuspol.
- 45 I: Wie stellst du dir diese Übertragung vor?
- 46 IP8: Ich hab keine Ahnung.
- 47 I: Also schauen wir mal ins Innere des Kabels. Was passiert da drin?

---

48 IP8: Ehrlich, ich hatte die schlechteste Physiklehrerin, die es gibt ((lacht)).  
49 I: Okay, kann man nichts machen. Probiere mal nicht an den Physikunterricht zu den-  
50 ken, sondern ganz logisch eine Theorie aufzustellen?  
51 IP8: Naja, ich glaube hier sind so Kabel drin und die nehmen die Energie auf. Die sind  
52 ja in der Regel aus einem **Metall** und das Metall überträgt die Energie ineinander und  
53 quasi leitet das weiter.  
54 I: Also die Ursache für die Energieübertragung ist das Metall? Das Material, das im  
55 Inneren ist?  
56 IP8: Ich würde schon sagen. Stimmt das? Nein?  
57 I: Wir können ganz zum Schluss darüber sprechen ((lachen)) (...). Welche Rolle spielt  
58 hier die Energie?  
59 IP8: Sie leuchtet ein Lämpchen, also sie macht Licht.  
60 I: Du sagst, die Energie ist verantwortlich dafür, dass das Lämpchen leuchtet? Also sie  
61 macht das Licht?  
62 IP8: Ääääh ja.  
63 I: Woher kommt die Energie?  
64 IP8: Aus der Batterie ((lacht)).  
65 I: Und übertragen wird sie durch die Metallleiter?  
66 IP8: Ich würde schon sagen.  
67 I: Dann darfst du hier den Weg aufzeichnen, den die Energie zurücklegt. Also von der  
68 Batterie zum Lämpchen (...).  
69 IP8: Was genau soll ich machen?  
70 I: Du sollst bitte einzeichnen, wie die Energie von der Batterie zum Lämpchen kommt.  
71 IP8: Naja, die geht da so lang. Dann geht sie da so lang, dann da so lang. ((Pause 5  
72 – zeichnet)). Dann chillt sie da ((lachen)). Aber sie kann sich nicht in das Lämpchen  
73 leiten, weil sie da so quasi abstößt.  
74 I: Bei der Batterie?  
75 IP8: Nein, weil der Plus- und Minuspol nicht verbunden sind, ist der Stromkreis irgend-  
76 wie getrennt und deswegen funktioniert das Ganze nicht.  
77 I: Du sagst hier bei der Batterie wäre der Stromkreis noch getrennt?  
78 IP8: Nein, nein. Wenn ich so mache ((nimmt Krokoklemme runter)), ist er getrennt.  
79 I: Und wenn du es anschließt? Aaah so wie es in der Skizze dargestellt ist, bedeutet  
80 bereits, dass der Stromkreis geschlossen ist. Diese Lücke stellt nur die Batterie selbst  
81 dar.  
82 IP8: Ah dann geht das so und so ((Pause 5 – zeichnet)). Und wenn es getrennt ist,  
83 dann geht alles in die gleiche Richtung.  
84 I: Bis zum Ende vom Kabel?  
85 IP8: ((Pause 4 – überlegt)) Nein, sie würde beim Lämpchen stehen bleiben.  
86 I: Und wo geht sie dann hin?  
87 IP8: Sie bleibt da.  
88 I: Und was macht sie da? Chillen wieder? ((lachen)) Okay, dann kommen wir nochmal  
89 zurück. Du sagst, die Energie läuft da rum bzw. sie läuft nicht rum, sondern nur bis  
90 zum Lämpchen. Wie bewegt sich diese Energie? Wie kann ich mir das vorstellen? Im  
91 Leiter/im Kabel, wenn du sagst die Metalle sind daran schuld?  
92 IP8: Die Metalle sind daran schuld.  
93 I: Was machen diese Metalle?  
94 IP8: Sie sind quasi **Leiter**. Sie **transferieren** die Energie quasi, glaube ich.  
95 I: Wie machen sie das?  
96 IP8: Weiß ich doch nicht ((lachen)).

---

97 I: Probiere es mal!

98 IP8: ((Pause 3 – überlegt)) Ich könnte mir vorstellen, dass sich die Energie quasi von  
99 ihnen abstößt. Also irgendwie, was für mich Sinn machen würde, wenn man bedenkt,  
100 dass ich mir nichts vom Physikunterricht gemerkt habe, ist, dass die Energie nicht im  
101 Metall bleiben kann, sondern dass sie weiter **muss**. Das würde irgendwie Sinn ma-  
102 chen.

103 I: Okay! Es muss für dich Sinn machen (...).

104 IP8: Ja ich weiß nicht, irgendwie würde es Sinn machen ((lachen)).

105 I: Also du sagst, die Metalle geben die Energie weiter, weil sie sie abstoßen irgendwie  
106 und sie kann nicht an einem Punkt bleiben im Leiter.

107 IP8: Ja, sie muss weiter.

108 I: Okay, passt! Kennst du den Energieerhaltungssatz?

109 IP8: Nein!

110 I: Nie gehört davon?

111 IP8: Nein!

112 I: Dann erklär ich dir kurz, was dieser aussagt: Energie kann nicht erzeugt oder ver-  
113 richtet werden, sie kann nur umgewandelt werden.

114 IP8: Aaaaah!

115 I: Würdest du sagen, dass hier bei diesem geschlossenen Stromkreis Energie ver-  
116 braucht wird?

117 IP8: Ja.

118 I: Wo und wie und weshalb?

119 IP8: In dem Lämpchen wird sie verbraucht, weil sie umgewandelt wird in Lichtenergie.

120 I: Wird die gesamte Energie umgewandelt?

121 IP8: Nein.

122 I: Was passiert mit dem Rest?

123 IP8: Er bleibt in der Batterie.

124 I: Wie lange und wieso?

125 IP8: Bis er aufgebraucht wird, weil die Energie nur langsam fließen kann.

126 I: Okay, die Energie muss fließen, aber langsam?

127 IP8: Okay, ja. Ich stell mir das bisschen so vor wie **Wasser**. **Schau!** Stell dir vor, das  
128 ist alles voll mit Wasser. Und das Wasser muss da runter rinnen, weil es nicht **kleben**  
129 bleiben kann. Wäre das jetzt zum Beispiel ein **Schwamm**, dann würde das Wasser  
130 aufgesaugt werden und nicht weiterfließen. Aber dadurch, dass es ein **Holz** ist, muss  
131 es weiterfließen. Und das Wasser kann aber nicht **alles auf einmal** weiterfließen, weil  
132 nur eine gewisse Anzahl an Wasser Platz hat. Und das heißt, dass nicht alles auf  
133 einmal rausfließen kann, sondern nur eine bestimmte Anzahl. Weil ja alles aus **At-**  
134 **men** besteht und es passt ja überall nur eine bestimmte Anzahl an Atomen rein, also  
135 würde es irgendwie Sinn machen, dass es bei Energie das Gleiche ist.

136 I: Verstehe ich das richtig, dass dieses Wasser für dich Atome sind, die da fließen?

137 IP8: Ja.

138 I: Noch eine Frage zum Verbrauch. Du hast gemeint, hier wird Energie verbraucht, weil  
139 es umgewandelt wird. Ist für dich diese Umwandlung das Gleiche wie das Verbrau-  
140 chen? Oder sind das zwei verschiedene Begriffe?

141 IP8: Nein das ist das Gleiche.

142 I: Also wenn du sagst, es wird Energie verbraucht, meinst du damit es wird umgewan-  
143 delt oder sie geht verloren?

144 IP8: Nein, sie wird umgewandelt. Aber quasi da ist weniger Energie drin, daher ver-  
145 braucht.

---

146 I: Okay! Nächster Versuch. Wir verwenden wieder das Lämpchen, aber statt der Bat-  
147 terie diesen Handgenerator. Und ich frage dich, können wir das Lämpchen auch ohne  
148 Batterie zum Leuchten bringen?  
149 IP8: Ja, weil wir mit unserem Körper Energie erzeugen können durch Bewegung. Das  
150 nennt sich motorische Energie. Und diese motorische Energie kann genauso weiter-  
151 geleitet werden über Kabel.  
152 I: Was müssen wir dafür machen?  
153 IP8: Den Stromkreis **schließen** und **antreiben**.  
154 I: Gut, dann probiere es mal aus! ((Pause 3 – Durchführung)) Was beobachtest du?  
155 IP8: Wenn es sich bewegt, ist es an, dann leuchtet es. Wenn es sich nicht bewegt,  
156 leuchtet es nicht.  
157 I: Sonst auch noch etwas Interessantes?  
158 IP8: Die Energie wird nur während der Bewegung erzeugt.  
159 I: Wie erklärst du dir das?  
160 IP8: Dadurch, dass die motorische Energie nur zu einem sehr kleinen Ausmaß vor-  
161 handen ist, weil ich mache ja nur einmal so auf einmal ((dreht eine Runde)).  
162 I: Also eine Drehung?  
163 IP8: Eine Drehung kann ich auf einmal machen und das erzeugt so wenig Energie,  
164 dass die Energie sofort weiterfließt. Und bei der Batterie erzeugt was anderes die  
165 Energie. Ich habe keine Ahnung was. Und da kann sich die Energie/ist viel Energie auf  
166 einmal da, während bei der motorischen nur wenig Energie verfügbar ist.  
167 I: Aber leuchtet das heller oder wie kommst du darauf?  
168 IP8: ((dreht noch einmal)) Ich erinnere mich nicht.  
169 I: Können wir nachher noch einmal schauen. Was passiert im Kabel drinnen?  
170 IP8: Es leitet. Das Gleiche wie mit der Batterie. Es leitet die Energie weiter.  
171 I: Und wie?  
172 IP8: Durch die Drähte. Das habe ich jetzt ja beschlossen ((lacht)).  
173 I: Okay, also ich kann mir das wieder wie ein Wasser vorstellen, das da durchfließt bis  
174 zum Lämpchen? Wie schaffe ich es, dass es angetrieben wird? Also der Übergang  
175 von ich drehe an der Kurbel und das Wasser fließt durch?  
176 IP8: Naja, sagen wird, das Wasser ist hier in meiner Hand. Und wenn ich drehe  
177 ((dreht)), dann staut sich das Wasser hier an, wie durch Magie.  
178 I: Okay, Physik ist aber nicht Magie.  
179 IP8: Sagen wir mal so. Durch **Hitze** entsteht Wasser. Tut es nicht, aber das ist mir jetzt  
180 egal. Durch Hitze entsteht Wasser. Und das Wasser ist dann einfach da, weil ich etwas  
181 angeheizt habe. Oder sagen wir, das ist jetzt plötzlich **Wasserdampf**, das hier durch-  
182 fließt. Wir heizen Wasser an, es entsteht Dampf. Genauso wir **heizen** Luft an, es ent-  
183 steht Energie. Also nicht wirklich, aber du weißt was ich meine. Wir heizen es an, es  
184 entsteht Energie. Die Energie überträgt sich/also entsteht hier vorne, weil das so ein  
185 komisches Gerät ist da und das wird dann sofort auf die Drähte übertragen und die  
186 leiten es dann weiter. Und weil alles da drin, was ich sehe, aus Metall ist und nicht aus  
187 Plastik zum Beispiel, macht meine Theorie irgendwie **Sinn**, dass das Metall die Ener-  
188 gie leitet.  
189 I: Passt! Dann noch eine Frage dazu: Du sagst da drin entsteht die Energie?  
190 IP8: Nein, die Energie gibt es schon, sie wird nur ((Pause 3 – überlegt)). Wie soll ich  
191 das erklären? Energie gibt es ja immer, also ist überall. ((Pause 5 – überlegt)) Sie wird  
192 nur irgendwie befördert.  
193 I: Darf ich den Begriff Umwandlung dafür verwenden? Passt der zu deiner Vorstellung?  
194 IP8: Ja, sie wird umgewandelt.

---

195 I: Okay! ((Pause 5)) Das heißt die Rolle, die die Energie hier spielt, ist die Umwandlung  
196 von deiner Bewegung in diese Strömung von Dampf, Wasser oder was auch immer.  
197 IP8: Es ist **Wasser**. Wir haben beschlossen, dass es Wasser ist.  
198 I: Okay es ist Wasser, also dass da drin so ein Fluss ist.  
199 IP8: Ja, es schwimmen auch Fische drin ((lachen)).  
200 I: (...) Zeichnest du mir das bitte wieder ein? Schaut das gleich auch wie vorhin oder  
201 gibt es Unterschiede?  
202 IP8: Ich glaube, das schaut gleich aus.  
203 I: Dann darfst du es nochmal einzeichnen! ((Pause 10 – zeichnet)) Und das fließt vom  
204 Motor weg zum Lämpchen.  
205 IP8: Mhm!  
206 I: Was passiert dort beim Lämpchen mit der Energie?  
207 IP8: Es wird umgewandelt.  
208 I: Perfekt! Kannst du mir nochmal kurz die Unterschiede zwischen den zwei Stromkrei-  
209 sen zusammenfassen?  
210 IP8: Ich glaube, der Unterschied ist nur, dass es anders angetrieben wird.  
211 I: Dankeschön! Dann nehmen wir wieder die Batterie her und schauen mal zu diesem  
212 Aufbau. ((Pause 30 – Aufbau)) Du siehst hier einen neuen Stromkreis, dieses Mal mit  
213 einer Batterie, einem Ventilator und zwei Kabel. Was passiert, wenn ich den Strom-  
214 kreis schließe?  
215 IP8: Der Ventilator geht an.  
216 I: ((Pause 5 – Durchführung)) Was beobachtest du?  
217 IP8: Die Energie wird in Windenergie umgewandelt.  
218 I: Wie erklärst du dir das?  
219 IP8: Naja die Energie wird weitergeleitet über den Stromkreis in das Windding, dort  
220 wird sie umgewandelt und wird dann zu Windenergie.  
221 I: Was passiert im Inneren des Kabels?  
222 IP8: Ich glaube, es ist nochmal das **Metall**.  
223 I: Das Metall gibt die Energie weiter?  
224 IP8: Ja also egal, **was** genau es ist, was die Energie weitergibt, es ist bei jedem Strom-  
225 kreis dasselbe. Da bin ich mir sicher! Ich glaube, da gibt es ein physikalisches Prin-  
226 zip/ich weiß nicht genau welches/aber ich glaube, es gibt ein **physikalisches Gesetz**,  
227 dass bei jeder Form von Energieweitergabe oder -umwandlung bestimmt, dass es  
228 funktioniert.  
229 I: Was würdest du als Ursache beschreiben, dass sich der Ventilator dreht?  
230 IP8: Die Energie von der Batterie wird umgewandelt.  
231 I: Und wo liegt der Unterschied zwischen dem Stromkreis mit dem Lämpchen und die-  
232 sem hier mit dem Ventilator? Also zwischen dem ersten Versuch und dem dritten Ver-  
233 such?  
234 IP8: ((Pause 8 – überlegt)) Der Ventilator wandelt es in eine andere Form von Energie  
235 um.  
236 I: Und Schuld daran ist der Ventilator bzw. das Lämpchen, in welche Energieform es  
237 umgewandelt wird? Zeichnest du mir bitte wieder den Weg ein? Ist es wieder dasselbe  
238 wie vorhin?  
239 IP8: ((Pause 5 – zeichnet und nickt)) Mhm!  
240 I: Dann kommen wir auch schon zum letzten Versuch. Es ist im Endeffekt der erste  
241 Versuch nur mit zwei anderen Lämpchen und zwei getrennten Stromkreisen, die wir  
242 vergleichen. Du darfst dir die Lämpchen in der Zwischenzeit anschauen und ich baue  
243 die Stromkreise auf. Erkennst du einen Unterschied?

---

244 IP8: Nein, kein Unterschied. Ah doch, dieses Lämpchen hat da ein Metallteilchen und  
245 dieses nicht. Ah nein, da ist es ja.  
246 I: Ja, die sollten beide unten und oben ein kleines Anschlussteilchen haben.  
247 IP8: Jaaa, weil das Metall dafür verantwortlich ist, dass die Energie weitergeleitet wird  
248 ((lacht)).  
249 I: Wie du so schön erklärt hast ((lacht)).  
250 IP8: Stimmt das?  
251 I: Das besprechen wir nachher.  
252 IP8: Ich glaube es wirklich. Ich bin der festen Überzeugung, dass es am Metall liegt.  
253 I: Was vermutest du bei diesem Versuch: Werden beide Lämpchen leuchten? Wenn  
254 nein, welches leuchtet? Könnte eines heller leuchten?  
255 IP8: Sind es beide geschlossene Stromkreise?  
256 I: Ja, wir schließen beide Stromkreise noch (...).  
257 IP8: Haben beide Batterien einen Plus- und Minuspol?  
258 I: Du kannst dir auch die Batterien anschauen. Die sind baugleich, also sollten sie ident  
259 sein.  
260 IP8: Die Batterien sind baugleich ((Pause 5 – überlegt)) Nein, weil dieses/bei beiden  
261 eines oben, eines unten ((murmelt))/es gibt keinen Unterschied bei den Lämpchen, es  
262 gibt keinen Unterschied bei den Batterien ((zögert)). (unv.) Ist da ein Unterschied bei  
263 den Lämpchen? Nö, ist es nicht. Es ist kein Unterschied bei den Batterien ((Pause 5 –  
264 überlegt)).  
265 I: Also leuchten sie beide gleich hell?  
266 IP8: Nein, sie werden nicht beide leuchten, aber eigentlich schon.  
267 I: Okay, probieren wir es aus. ((Pause 30 – Durchführung))  
268 IP8: Sie leuchten beide gleich. Nein, eines ist schwächer als das andere.  
269 I: Wie erklärst du dir das?  
270 IP8: Kann ich mir **nicht** erklären.  
271 I: Woran könnte es liegen? Mit deiner Theorie.  
272 IP8: Die **Batterie** ist schwächer als die.  
273 I: Die Batterien sind baugleich, haben wir gesagt.  
274 IP8: Oh!  
275 I: Wir können sie auch mal austauschen, wenn du magst. Dann siehst du es ((Aus-  
276 tausch)).  
277 IP8: Die **Kabel** sind unterschiedlich.  
278 I: Die Kabel sind auch gleich. Ich könnte sie auch noch austauschen.  
279 IP8: Dann habe ich keine Ahnung. Die Lämpchen sind unterschiedlich.  
280 I: Was könnte an den Lämpchen unterschiedlich sein?  
281 IP8: Das eine Lämpchen hat eine kleinere Glühbirne, das andere eine größere?  
282 I: Schau sie dir ruhig an.  
283 IP8: Ich meine, einen kleineren Draht. Oder einen (unv.) Draht. Nein! Das eine Lämp-  
284 chen/nein, die haben beide zwei Drähte. Aaaaah, das eine Lämpchen hat einen Draht,  
285 der oben so ein **Dreieck** bildet und das andere nicht.  
286 I: Was heißt das jetzt aber?  
287 IP8: Das Metall ist **nicht verbunden** bei dem einen und dort, wo das Metall nicht ver-  
288 bunden ist, leuchtet es **schwächer**. Dort, wo das Metall verbunden ist, leuchtet stärker.  
289 I: Und warum?  
290 IP8: Weiß ich nicht, ist aber so. Weil das Metall die Energie leitet und wenn es verbun-  
291 den ist, dann ist es nochmal ein geschlossener Stromkreis.  
292 I: Und wieso leuchtet es hier dann trotzdem ein bisschen und nicht gar nicht?

---

293 IP8: ((Pause 5 – überlegt)) Ich habe keine Ahnung.  
294 I: Welche Rolle spielt hier die Energie?  
295 IP8: Naja, es ist wieder eine Energieumwandlung von Energie aus einer Batterie zu  
296 Lichtenergie. Und es läuft über die Drähte.  
297 I: Wird bei einem Stromkreis weniger Energie verbraucht bzw. umgewandelt?  
298 IP8: Nicht, das ich wüsste.  
299 I: Bleibt die Energie erhalten?  
300 IP8: Weiß ich nicht.  
301 I: Wie wird sie umgewandelt?  
302 IP8: In Lichtenergie.  
303 I: Zeichnest du mir bitte wieder den Weg auf? Sagen wir a) ist das Lämpchen, das  
304 schwächer leuchtet, und b) ist das Lämpchen, das heller leuchtet. Kannst du mir dazu  
305 auch ein bisschen etwas erklären? Gibt es einen Unterschied bezüglich der Energie  
306 und des Weges?  
307 IP8: ((Pause 5 – zeichnet)) Schau! Also meine Theorie ist, dass es da von beiden  
308 Seiten einmal umgewandelt werden muss, und da von beiden also jeweils einmal und  
309 da von beiden Seiten.  
310 I: Wie meinst du?  
311 IP8: Dass da der Kreis halt komplett geschlossen ist und da nur halb.  
312 I: Okay! Und das sieht man auf der Skizze direkt im Lämpchen?  
313 IP8: Ja!  
314 I: Gut! Kennst du den Begriff Leistung?  
315 IP8: Wie stark etwas leuchtet oder wie stark Energie ist.  
316 I: Leistung ist, wie stark Energie ist?  
317 IP8: ((lacht)) Also ja, ganz einfach formuliert.  
318 I: Gibt es bei den zwei Stromkreisen einen Unterschied bezüglich der Leistung?  
319 IP8: Ja!  
320 I: Welchen?  
321 IP8: Der hat eine schwächere Leistung als der ((zeigt auf a)).  
322 I: Also du sagst, das Lämpchen, das heller leuchtet, hat eine höhere Leistung?  
323 IP8: Ja!  
324 I: Und warum?  
325 IP8: Weil es mehr Energie braucht um heller zu leuchten.  
326 I: Was bedeutet mehr Energie?  
327 IP8: Mehr Energie wird umgewandelt.  
328 I: ((Pause 5)) Passt danke, dann beenden wir hiermit unser Interview.

---

## Transkription Interview Nr. 9

- 1 I: Was verbindest du mit dem Begriff Energie?  
2 IP9: Licht oder so. Handy aufladen oder so simple Dinge, so U-Bahnen. Oder so Ba-  
3 den, weil da braucht man auch Energie, dass das Wasser rauskommt. Ja solche Sa-  
4 chen.  
5 I: Wie würdest du den Begriff physikalisch erklären? Einer Freundin, deiner Schwester  
6 oder einem kleinen Kind?  
7 IP9: Wahrscheinlich gar nicht, weil ich bin richtig schlecht in Sachen erklären. Ich  
8 würde sagen/nein, keine Ahnung.  
9 I: Probiere es mal! Stell dir vor, deine Schwester fragt dich. Sie versteht im Physikun-  
10 terricht nicht, was Energie ist und möchte es von dir wissen.  
11 IP9: Ich würde sagen, Energie/naja, es gibt halt viele verschiedene Arten von Energie.  
12 So Thermal. Ich weiß nicht, ich habe das grad in Englisch gemacht.  
13 I: Du kannst auch probieren, auf Englisch zu sprechen!  
14 IP9: Nein, passt schon. So nuclear, also so Sachen. Es kommt darauf an, was sie mich  
15 fragt. Ich würde sagen, Energie ist wie wir unser Licht bekommen oder wie wir unser  
16 Handy aufladen. Keine Ahnung, ich bin schlecht im Erklären.  
17 I: Du hast schon die Kernenergie genannt. Kannst du noch andere Energieformen nen-  
18 nen?  
19 IP9: Kinetic. Muss ich kurz überlegen. Nein, sind grad alle nicht so in meinem Kopf.  
20 Elastic. Was noch? Ich kann mich gerade wirklich nicht erinnern, ich weiß es nicht. Tut  
21 mir leid!  
22 I: Denk vielleicht auch an den Alltag, wo brauchst oder merkst du Energie?  
23 IP8: Naja **thermal**, aber das habe ich schon gesagt.  
24 I: Ja okay, dann kannst du dir diese Bildchen dazu anschauen! Vielleicht fällt dir dann  
25 noch mehr dazu ein. Probiere über die Energie zu sprechen und die Abbildungen zu  
26 sortieren.  
27 IP9: Dazu würde ich halt sagen Hitze, aber das ist ein Fön. Es geht trotzdem über so  
28 **Elektrizität**. So Wind, das ist so Bioenergie. Das ist voll kompliziert. Das kann ich nicht.  
29 Das ist genauso wie das da.  
30 I: Wieso dasselbe? Kannst du das kurz erklären?  
31 IP9: Weil es so bisschen mit Natur zu tun hat, also Wind. Das verbinde ich nicht mit  
32 Natur, das ist eher so über Leiter, wo der Strom durchgeleitet wird. Aber es ist halt in  
33 der Natur. Das verbinde ich mit Natur, weil es ist so thermal, wegen der Sonne und  
34 dann macht man daraus Energie. Aber ich kann ehrlich gesagt nicht erklären, warum.  
35 Ja und das ist keine Ahnung ((lacht)). Hilfe! Steckdose und damit lädt man irgendwas  
36 auf oder man steckt etwas an, wie Fön oder Wasserkocher. Ahm keine Ahnung, das  
37 verbinde ich auch mit Steckdose, weil das steckt man da an. Und den Rest ja.  
38 I: Passt! Schauen wir uns den ersten Versuch an. Wir haben hier eine Batterie, zwei  
39 Kabel, die daran angeschlossen werden, und ein kleines Glühlämpchen. Was vermu-  
40 test du passiert, wenn ich den Stromkreis schließe?  
41 IP9: Dann geht die Lampe an.  
42 I: Du weißt, was es bedeutet, der Stromkreis ist geschlossen?  
43 IP9: Ja.  
44 I: Das bedeutet, dass alle Bauteile korrekt miteinander verbunden sind. Probieren wird  
45 es aus! Was beobachtest du?  
46 IP9: Ich beobachte, dass, nachdem man es angesteckt hat, die Lampe angeht. Also  
47 weil der Strom halt geschlossen ist, das heißt, es geht durch den ganzen Kreis.

---

48 I: Wie erklärst du dir das physikalisch?  
49 IP9: Lass mich kurz überlegen! ((Pause 5 – überlegt)) Okay, wenn du an der Lampe  
50 beide Seiten ansteckst, ist der Stromkreis nicht mehr offen. Das heißt, es ist ein ge-  
51 schlossener Stromkreis. Das heißt, der Strom kann durch das ganze Ding gehen. Und  
52 dann geht die Lampe an.  
53 I: Wieso geht die Lampe an?  
54 IP9: Weil der Strom zur Lampe geht, weil der Stromkreis geschlossen ist.  
55 I: Wie kann ich mir diesen Strom vor oder wie stellst du dir diesen Strom vor?  
56 IP9: Wie so/ehrlich gesagt, ich glaube nicht, dass es irgendeine Form hat, aber  
57 halt/vielleicht hat es eine Form, keine Ahnung. Also es geht durch die Kabel durch, das  
58 weiß ich. Und dann zur Lampe. Ja, keine Ahnung. Wie soll ich ihn mir vorstellen?  
59 I: Was passiert in der Lampe?  
60 IP9: Das habe ich ehrlich gesagt nicht wirklich gelernt. Das kann ich nicht sagen.  
61 I: Und wenn du mal gar nicht an den Physikunterricht denkst, sondern rein aus deinen  
62 Alltagsvorstellungen/  
63 IP9: **Naja, da sind halt zwei so kleine Dinger und die sind connected durch ein**  
64 **ganz feines Kabel** und ich glaube, wenn man das connected, dann der Strom da  
65 durchgeht und Licht entsteht. Ich weiß nicht wirklich wie, aber ja.  
66 I: Und wieso leuchtet das Lämpchen nicht, wenn der Stromkreis nicht geschlossen ist?  
67 IP9: Weil es nur auf einer Seite durchgeht und dann halt nicht/keine Ahnung, weil halt  
68 nicht **beide Seiten Strom bekommen**. Also obwohl, es geht doch nur durch eine  
69 Seite, oder? Es geht entweder so oder so.  
70 I: Das möchte ich von dir wissen ((lachen)).  
71 IP9: Oh! Ich würde sagen, weil es dann nicht verbunden ist, das heißt, es gibt so einen  
72 Punkt, wo Strom nicht zur Lampe geht und die Lampe braucht von beiden Seiten den  
73 Strom.  
74 I: Also du sagst, es kommt von beiden Seiten Strom?  
75 IP9: **Nein!** Es kommt von einer, aber wenn halt eine Seite nicht verbunden ist, dann  
76 kann der Strom nicht wieder zurückgehen. Dann ist es offen, dann ist da so ein kleiner  
77 Freiplatz. Aber wenn es verbunden ist über beide Seiten, dann geht das alles so im  
78 Kreis. Das heißt, es kann wieder zur Batterie zurückgehen. Und dann so/keine Ah-  
79 nung, ich habe das Gefühl, ich rede gerade richtig viel Bullshit. Aber ehrlich gesagt ja,  
80 keine Ahnung.  
81 I: Welche Rolle spielt hier die Energie?  
82 IP9: Durch die Batterie halt.  
83 I: Kannst du das genauer erklären?  
84 IP9: Ja es ist halt so Batterie in der Energie ((lachen)) Na warte, Energie in der Batterie.  
85 Und wenn du das verbindest, dann wird die Energie zur Lampe connected, dass sie  
86 halt angeht.  
87 I: Also du sagst, die Energie kommt aus der Batterie. Habe ich das richtig verstanden?  
88 IP9: Ja.  
89 I: Wie wird sie übertragen?  
90 IP9: Durch die Kabel.  
91 I: Wie stellst du dir diese Übertragung vor?  
92 IP9: Ich weiß nicht/ich habe das Gefühl, dass Energie so durchsichtig ist, was es auch  
93 ist. Aber so, sagen wir, es wäre jetzt irgend so eine Flüssigkeit, die durch die Kabel  
94 rinnt. Es ist halt keine Flüssigkeit. Weil da ist es halt/ja, es ist nix. Aber es geht da halt  
95 durch und dann connected es zu einem kleinen Kabel oder Metallstück bei der Lampe,  
96 wo es dann durch die Lampe geht.

---

97 I: Du hast vorhin ja gesagt, der Strom fließt da durch.  
98 IP9: Ja, das mein ich ja. Also die Energie.  
99 I: Ist das dasselbe?  
100 IP9: Nein, aber ich bin halt dumm.  
101 I: Nein auf keinen Fall! Du bist sicher nicht dumm! ((lachen)) Wo liegt der Unterschied?  
102 Gibt es einen Unterschied?  
103 IP9: Nein, Energie ist das, was **Strom macht**. Glaube ich. Ich fühle mich dumm.  
104 I: Du sagst, da fließt Strom durch. Der kann durchfließen, weil in der Batterie Energie  
105 gespeichert ist und die treibt das quasi an.  
106 IP9: Ja. Obwohl warte, ist Strom nicht in den Steckdosen? Das heißt, eigentlich/Nein,  
107 hä? Nein, ich bleibe jetzt dabei, sonst verwirre ich mich selbst noch zu sehr.  
108 I: Nein, probiere es ruhig!  
109 IP9: Ist nicht Strom in so Steckdosen oder so? Das heißt es kommt darauf an, wenn  
110 das Energie ist, dann wird die/man kann ja Sachen ja mit unterschiedlichen Sachen  
111 andrehen. Das heißt, das wäre die Energie, aber dann so in Steckdosen ist es Strom.  
112 I: Also sind es zwei unterschiedliche Dinge?  
113 IP9: Ja, es ist etwas anderes. Glaube ich.  
114 I: Was würdest du dann sagen? Fließt bei diesem Versuch Strom oder Energie?  
115 IP9: Energie. Nein das fühlt sich so dumm an. Keine Ahnung, ja.  
116 I: Und wie stellst du dir die Übertragung vor?  
117 IP9: Ja, sie fließt. Aber es kann halt nicht wortwörtlich fließen, aber so ja.  
118 I: Kannst du mir bei Punkt 1 einzeichnen, wie die Energie von der Batterie zum Lämp-  
119 chen kommt? Du kennst dich aus mit den Symbolen, oder? Das ist die Batterie, das  
120 ist das Lämpchen und das sind die Kabel, die miteinander verbunden sind. Der Strom-  
121 kreis ist geschlossen.  
122 IP9: Kannst du mir noch sagen, was Plus und Minus ist?  
123 I: Theoretisch ist der lange Strich das Plus und der kurze Strich das Minus.  
124 IP9: Ich hab so keine Ahnung. Ich glaube, okay. Muss ich auch die Richtung einzeich-  
125 nen?  
126 I: Gerne, wenn du meinst, es gibt eine bestimmte Richtung.  
127 IP9: So irgendwie.  
128 I: Sie kommt hier wieder zurück?  
129 IP9: Aber **nicht die Ganze**, weil das hat ja auch irgendetwas mit useful energy zu tun,  
130 also das da bisschen was aufgebraucht wird und dann wird nur zurückgeschickt, das  
131 nicht gebraucht wird. Ich kann das auch nicht so gut erklären, weil das ist was anderes.  
132 I: Useful?  
133 IP9: Ja so im Sinne von, das geht da so rein. Also das ist jetzt zumindest, was ich so  
134 glaube. Und dann, sagen wir von 100 J-Dings benutzen wir so 90 und dann gehen 10  
135 wieder zurück.  
136 I: Was sind die J-Dings?  
137 IP9: Ja so, keine Ahnung, wie man das sagt.  
138 I: Du kannst es gerne auf Englisch sagen.  
139 IP9: Nein, obwohl vielleicht könnte es/egal, es ist/nein, nein, nein.  
140 I: Probiere es bitte! Was meinst du mit J?  
141 IP9: Ich glaube, ich habe es verwechselt. Kann es sein, wie sagt man das nochmal.  
142 Ich mag es aufschreiben ((schreibt Watt)).  
143 I: Watt?  
144 IP9: Ja, ich glaube sowas.  
145 I: J ist die Abkürzung für Joule.

---

146 IP9: Das wahrscheinlich. Aber das ist nicht das Richtige.  
147 I: Joule ist die Einheit der Energie.  
148 IP9: Achso okay, dann stimmt es eh.  
149 I: Das heißt, hier kommt eine gewisse Anzahl an Joule raus, läuft da rum zum Lämp-  
150 chen/.  
151 IP9: Also startet bei Plus und da kommt **mehr** raus, als da wieder zurückkommt.  
152 I: Warum kommt weniger zurück? Was passiert bei dem Lämpchen?  
153 IP9: Ja, es wird aufgebraucht.  
154 I: Ah okay! Und das ganze beginnt dann wieder von vorne?  
155 IP9: Ja.  
156 I: Wird hier Energie verbraucht?  
157 IP9: Ja.  
158 I: Wo?  
159 IP9: In der Lampe.  
160 I: Und warum?  
161 IP9: Naja, weil die Lampe Energie braucht zum **Brennen**.  
162 I: Und du hast schon erklärt, sie braucht nicht die ganze Energie?  
163 IP9: Nein, es benützt relativ viel Energie, aber es benützt nicht die **ganze**.  
164 I: Wie lange dauert es, bis diese Energie übertragen wird?  
165 IP9: Wie man sehen kann, nicht sehr lange, weil sie gleich angeht.  
166 I: Wie lange schätzt du?  
167 IP9: Weniger als eine Sekunde. Weil ich mein, wenn man das hier so dran gibt, geht  
168 es gleich an.  
169 I: Im gleichen Moment?  
170 IP9: Es wird schon noch ein bisschen brauchen, aber so, dass es das menschliche  
171 Auge nicht sehen kann.  
172 I: Kennst du den Energieerhaltungssatz? Energy (...) conservation?  
173 IP9: Nein, warum geht es da?  
174 I: Okay, dann erkläre ich dir das kurz. Energie kann nicht erzeugt und auch nicht ver-  
175 nichtet werden, sie kann nur umgewandelt werden.  
176 IP9: Ja ich weiß, dass das stimmt. (...) Das ist heute der Tag, an dem ich bemerke,  
177 dass ich kein Physik kann! ((Pause 20 – Aufbau))  
178 I: Dann kommen wir zum zweiten Versuch. Wir brauchen wieder das gleiche Lämp-  
179 chen wie vorhin und schließen es an einem Handgenerator an, den du nachher betä-  
180 tigen darfst. Können wir das Lämpchen auch ohne Batterie zum Leuchten bringen?  
181 IP9: Ja mit **dem** Ding halt. Wenn du die Energie selber erstellst, das ist kinetic energy  
182 oder sowas.  
183 I: Was muss ich dafür machen?  
184 IP9: Das connecten und das Ding drehen.  
185 I: Magst du drehen?  
186 IP9: Ja ((dreht und lacht)). Voll lustig.  
187 I: Was beobachtetest du?  
188 IP9: Desto schneller oder mehr man dreht, desto heller wird es, weil mehr Energie  
189 **produced** wird durch das Drehen.  
190 I: Wie erklärst du dir das?  
191 IP9: Ich glaube, es hat etwas mit friction zu tun, also es reibt aneinander und dadurch  
192 wird halt Energie entstanden, die wieder durch die Kabel geht und die Lampe andreht.  
193 Durch so friction entsteht Energie, die man dann halt so benützt.  
194 I: Was passiert im Inneren des Leiters?

---

195 IP9: Da sind so kleine Metallkabel und die leiten das in die Richtung von der Lampe.  
196 I: Wie stellst du dir diese Leitung vor?  
197 IP9: Keine Ahnung. Hä? Wie soll ich sie mir vorstellen?  
198 I: Vorhin hast du es zum Beispiel als Fluss beschrieben.  
199 IP9: Ja ich glaube auch, dass es fließt.  
200 I: Kannst du nochmal genau erklären, wie du dir diese Leitung vorstellst?  
201 IP9: Naja, es fließt halt so bisschen durch die Metalle/also ich würde jetzt nicht sagen,  
202 dass es nicht fließt, weil es kann nicht fließen, aber es geht durch die Kabel durch und  
203 dann geht es zur Lampe und dann geht es wieder zurück. Aber da wird die Energie  
204 nicht nochmal gebraucht, sondern/hä, keine Ahnung ja.  
205 I: Magst du es einzeichnen, wie es bei diesem Versuch aussieht. M steht für diesen  
206 kleinen Motor, also den Handgenerator. Das ist die Lampe. Zeichnest du mir bitte noch  
207 einmal ein, wie die Energie vom Handgenerator zum Lämpchen kommt?  
208 IP9: ((Pause 15 – zeichnet)) Aber warte kurz. Auf welcher Seite ist das schwarze Ka-  
209 bel?  
210 I: Suche dir eine Seite aus und beschrifte sie bitte auch.  
211 IP9: ((Pause 5 – zeichnet)) (unv.)  
212 I: Also du sagst, die Energie geht durch das schwarze Kabel zum Lämpchen und  
213 dann?  
214 IP9: Das ist voll schwer zu erklären. Da weiß ich ehrlich gesagt nicht weiter. Ich glaube,  
215 da geht es gar nicht weiter. Weil du brauchst die ganze Energie auf vom Motor, weil  
216 du so viel machst, wie viel du brauchst.  
217 I: Also im Unterschied zum vorherigen Versuch, geht hier die Energie nur zum Lämp-  
218 chen hin und nicht wieder zurück?  
219 IP9: Ja dann wird sie aufgebraucht. Glaube ich.  
220 I: ((Pause 10 – überlegt)) Wieso muss der Stromkreis trotzdem geschlossen sein?  
221 IP9: Ja, gute Frage. Keine Ahnung. Vielleicht weil ((Pause 5 – überlegt)). Keine Ah-  
222 nung, das kann ich nicht sagen.  
223 I: Okay egal. Kommen wir zum nächsten Versuch. Dafür brauchen wir wieder die Ka-  
224 bel, aber dieses mal tauschen wir das Lämpchen mit einem Ventilator aus. Du darfst  
225 wieder vermuten. Was passiert, wenn ich den Stromkreis schließe?  
226 IP9: Ich glaube schon, dass er funktioniert.  
227 I: Was heißt das? Was solltest du beobachten können?  
228 IP9: Dass die kleinen Propeller sich drehen und halt Luft machen. Kann ich ihn hoch-  
229 nehmen?  
230 I: Dann schließen wir beide Kontaktstellen an. ((Pause 10 – Durchführung)). Was be-  
231 obachtetst du?  
232 IP9: Sobald man den Stromkreis schließt, dreht sich das Ding und macht Luft. Macht  
233 das nicht dann **eigentlich seine eigene Energie**, während es sich dreht?  
234 I: Wie erklärst du dir das? Sag du es mir?  
235 IP9: Wie erkläre ich was?  
236 I: Wie erklärst du dir, dass sich die Propeller drehen?  
237 IP9: **Wegen Strom, also Energie**. Wenn wieder der Stromkreis da connected ist, kann  
238 die Energie durchfließen und ich glaube bei dem kommt es wieder zurück.  
239 I: Entschuldigung, darf ich dich kurz unterbrechen. Du sagst wieder die Energie fließt  
240 durch. Vorher hast du gesagt, der Strom fließt durch. Kannst du das nochmal präzise  
241 formulieren?  
242 IP9: Nein, nein, nein, nein ((pustet laut)). Es ist die Energie bei allen drei, aber der  
243 Strom geht durch Steckdosen. Nein, du verwirrst mich. Das mag ich nicht ((lachen)).

---

244 I: Kannst du bitte nochmal erklären, was genau für dich diese Energie ist?  
245 IP9: Halt Sachen, die Sachen zum Funktionieren bringen.  
246 I: Wo liegt der Unterschied zwischen Strom und Energie?  
247 IP9: Strom ist in Steckdosen, Energie ist in Batterien.  
248 I: Was ist die Ursache für die Drehbewegung beim Ventilator?  
249 IP9: Energie.  
250 I: Woher kommt die Energie?  
251 IP9: Aus der Batterie.  
252 I: Wie findet die Übertragung statt?  
253 IP9: Durch das Kabel.  
254 I: Und was passiert dann? Wie kommt es dazu, dass es sich dreht?  
255 IP9: Da drin ist so ein kleiner Motor und dann wird der halt so **gedreht** und dann dreht  
256 sich das Ding außen, was Wind macht. Und ich glaube, wenn man die beiden Kabel  
257 nicht angesteckt hat, dann springt der Motor aus dem Platz raus. Das heißt, es kann  
258 sich nicht drehen, wenn nur ein Ding angeschlossen ist. Sobald man es wieder an-  
259 steckt, dann ist da so ein magnetisches Ding, das es zu seinem Platz tut und dann  
260 dreht es sich. So stelle ich es mir vor. Ich weiß nicht, ob es stimmt.  
261 I: Wo liegt der Unterschied zwischen diesem Stromkreis und dem Stromkreis mit dem  
262 Lämpchen und der Batterie von ganz am Anfang?  
263 IP9: Da ist kein Unterschied. Bis auf, dass das Ding halt anders ist.  
264 I: Was für ein „Ding“?  
265 IP9: ((zeigt auf Ventilator)) (...)  
266 I: Kannst du mir bitte wieder den Weg einzeichnen, den die Energie zurücklegt?  
267 IP9: Ich kann sowas nicht, aber ja, ich kann es probieren ((Pause 10 – zeichnet)).  
268 I: Und es ist wieder dasselbe wie oben? Ein Teil kommt zurück?  
269 IP9: Ja!  
270 I: Was passiert vorne beim Ventilator?  
271 IP9: Da wird bisschen etwas von der Energie benützt (...).  
272 I: Dann sind wir schon beim letzten Versuch angelangt. Wir brauchen dafür wieder  
273 Lämpchen. Wir verwenden dafür aber diese zwei. Du darfst sie dir in der Zwischenzeit  
274 anschauen. Wir werden zwei Stromkreise aufbauen/.  
275 IP9: Es gibt einen Unterschied drinnen.  
276 I: Haben sie?  
277 IP9: Ja. So die kleinen Dinger drin sehen anders aus.  
278 I: Wir werden zwei Stromkreise bauen. Die Batterien, die wir verwenden, sind bau-  
279 gleich, also ident. Die Kabel sind auch gleich (...). In einen Stromkreis schließen wir  
280 das erste Lämpchen, in den anderen das zweite Lämpchen. Meine Frage an dich lau-  
281 tet: Glaubst du, beide Lämpchen werden leuchten?  
282 IP9: Wenn was?  
283 I: Wenn wir die Stromkreise schließen.  
284 IP9: Beide ja.  
285 I: Leuchten sie beide gleich hell?  
286 IP9: Nein.  
287 I: Warum nicht? Und welches von den beiden wird heller leuchten?  
288 IP9: Ich glaube, die leuchtet heller.  
289 I: Und warum?  
290 IP9: Keine Ahnung, weil sie anders aussieht. Sie ist irgendwie so eine normale Lampe.  
291 I: Was heißt denn normal?  
292 IP9: Ja sie sieht aus wie jede andere Lampe, die ich in meinem Zimmer habe.

---

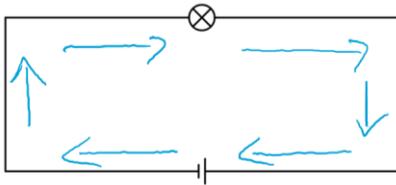
293 I: Okay, wieso sieht die andere nicht aus wie eine normale Lampe?  
294 IP9: Weil das Ding rund ist.  
295 I: Weil der Draht gebogen ist?  
296 IP9: Ja. Ich wette, ich liege falsch. Welche hatten wir da angeschlossen?  
297 I: Vorhin haben wir diese Lampe verwendet. Du kannst sie dir auch anschauen.  
298 IP9: Ja, dann wird die heller leuchten.  
299 I: Du sagst, es leuchtet jene Lampe heller, die keinen gebogenen Draht besitzt.  
300 IP9: Ja. Und da unten ist so ein kleiner Glasding.  
301 I: Dann darfst du eine Lampe anschließen und ich übernehme die andere. Achtung,  
302 nicht bei dem Plastik anschließen, sondern den kleinen Metallstücken ((Pause 10 –  
303 Aufbau)).  
304 IP9: Die ist relativ hell. Oh nein, ich hatte Unrecht.  
305 I: Was beobachtetest du?  
306 IP9: Die ist heller und die andere, wo ich gesagt habe, dass sie nicht heller sein wird.  
307 I: Wie erklärst du dir das?  
308 IP9: Ich glaube, es hat etwas mit (unv.). Ich glaube, es hat etwas mit den Kabeln zu  
309 tun. Obwohl nein, es sind dieselben Kabel.  
310 I: Es sind dieselben. Wir können sie auch gerne austauschen. Magst du das ausprobieren?  
311 IP9: Nein, alles gut! Es hat etwas mit den Lampen zu tun. Die benützt mehr Energie  
312 als die.  
313 I: Die Lampe, die heller leuchtet, benützt mehr Energie, als die Lampe, die weniger  
314 hell leuchtet, sagst du.  
315 IP9: Ja.  
316 I: Was passiert in den Kabeln? Gibt es da einen Unterschied?  
317 IP9: Nein, aber bei dem kommt mehr Energie zurück und weniger wird reingeleitet.  
318 Und bei dem kommt **mehr Energie rein** in die Lampe und weniger wird zurückgeleitet.  
319 Glaube ich. Sagen wir, das hat 100. Ich schätze das jetzt nur. Davon wird 60 benützt  
320 und 40 kommt zurück. Wenn das auch 100 hat, 40 wird benützt und 60 kommt zurück.  
321 I: Kannst du mir das bitte aufzeichnen? Sagen wir a) ist der Stromkreis, mit dem  
322 Lämpchen, das weniger hell leuchtet.  
323 IP9: ((Pause 45 – zeichnet)) Ah Mist, die muss die hellere sein.  
324 I: a) ist die hellere?  
325 IP9: Ja.  
326 I: Dann tauschen wir das aus ((Pause 20 – Zeichnung Austausch)). Würde es einen  
327 Unterschied geben, wie lange die zwei Lampen leuchten?  
328 IP9: Die Lampe, die weniger hell leuchtet, leuchtet **länger**.  
329 I: Kannst du das begründen?  
330 IP9: Naja, da wird mehr Energie benützt im Generellen, weil die Lampe mehr Energie  
331 einfach so benützt. Das ist eher so eine, die weniger benützt. Das heißt, es braucht  
332 nicht so viel Energie auf, das heißt, es gibt mehr Energie in der Batterie.  
333 I: Wird hier Energie verbraucht?  
334 IP9: Ja. Bei der Lampe.  
335 I: Und es wird wieder nicht die ganze Energie umgewandelt?  
336 IP9: Nur ein bisschen.  
337 I: Kennst du den Begriff Leistung?  
338 IP9: Nicht wirklich, also jein. Was ist das?  
339 I: Nie gehört? Im Alltag verwendest du ihn oder?  
340 IP9: So wie ne Leistung halt.  
341

---

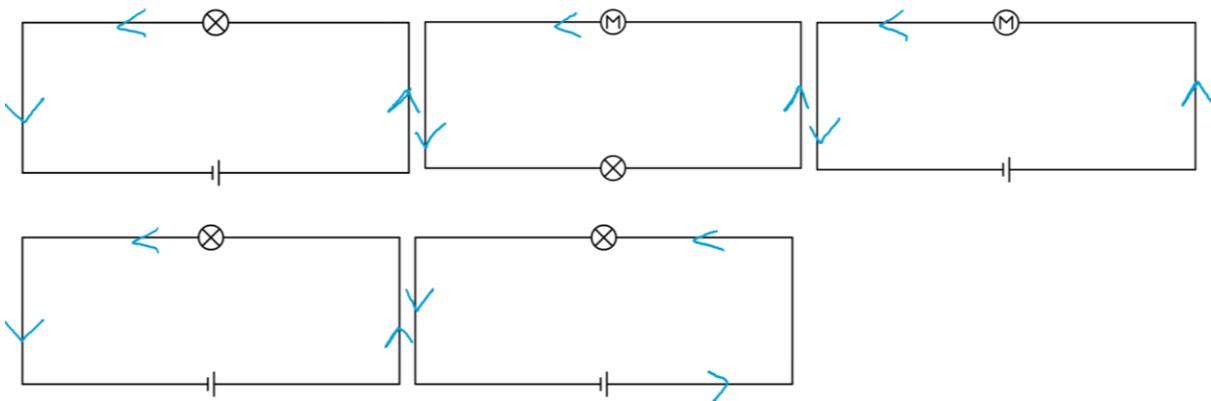
342 I: Kannst du den Begriff beschreiben oder erklären? Stell dir wieder vor, deine Schwes-  
343 ter fragt dich, was ist Leistung.  
344 IP9: In einer physikalischen Art?  
345 I: Wenn es geht physikalisch und sonst auch alltäglich.  
346 IP9: Eine Leistung ist, wenn man etwas macht und es dann gut ist. Dann leistet man  
347 sich halt was. Keine Ahnung. Sagen wir, du kaufst dir was. Dann **leistest** du dir was.  
348 Ich habe noch nie Leistungen in Physik gehört.  
349 I: Power? Im Englischen.  
350 IP9: Jaja doch, davon habe ich schon gehört ((lachen)). Aber nein.  
351 I: Wie unterscheiden sich die Begriffe Energie und Leistung?  
352 IP9: Energie bleibt immer gleich, aber power kann stärker sein. Weil du kannst/wenn  
353 du dir einen Fön vorstellst, dann kannst du ja **einstellen die Stärke**, aber du kannst  
354 nicht einstellen, wie viel Energie durchgeht.  
355 I: Ich erkläre dir jetzt, was die Leistung ist. Es ist die Energie, die in einer bestimmten  
356 Zeit umgewandelt wird. Energie pro Zeit also. Würdest du sagen, dass es bei diesen  
357 zwei Stromkreisen einen Unterschied bezüglich der Leistung gibt?  
358 IP9: ((Pause 5 – überlegt)) Nein, ich glaube beide waren relativ schnell. Nein, ich  
359 glaube, die mit den roten Kabeln, also die hellere Lampe, langsamer angeht als die  
360 andere. Weil mehr Energie umgewandelt werden muss.  
361 I: Wie meinst du? Hier dauert es länger, bis die Lampe angeht?  
362 IP9: Ja halt man kann nicht wirklich länger sagen, weil es ist halt ungefähr gleich. Man  
363 merkt es eh nicht, weil es relativ schnell ist.  
364 I: Das heißt, du verbindest mit dem Leistungsbegriff, wie schnell eine Lampe angeht.  
365 IP9: Ja.  
366 I: Gut, dann beenden wir unser Interview.  
367 IP9: Boah, ich fühle mich wirklich dumm.

Skizzen zum „Weg der Energie“

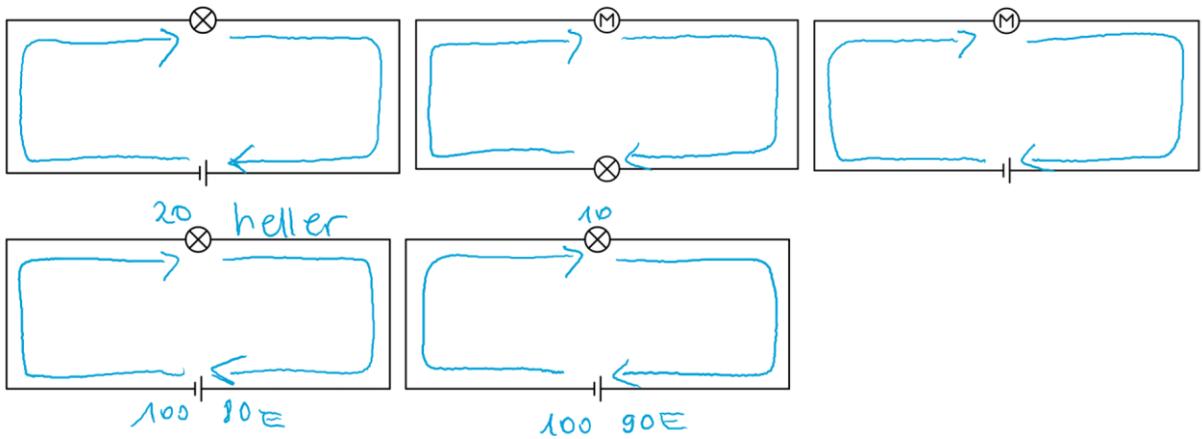
IP1



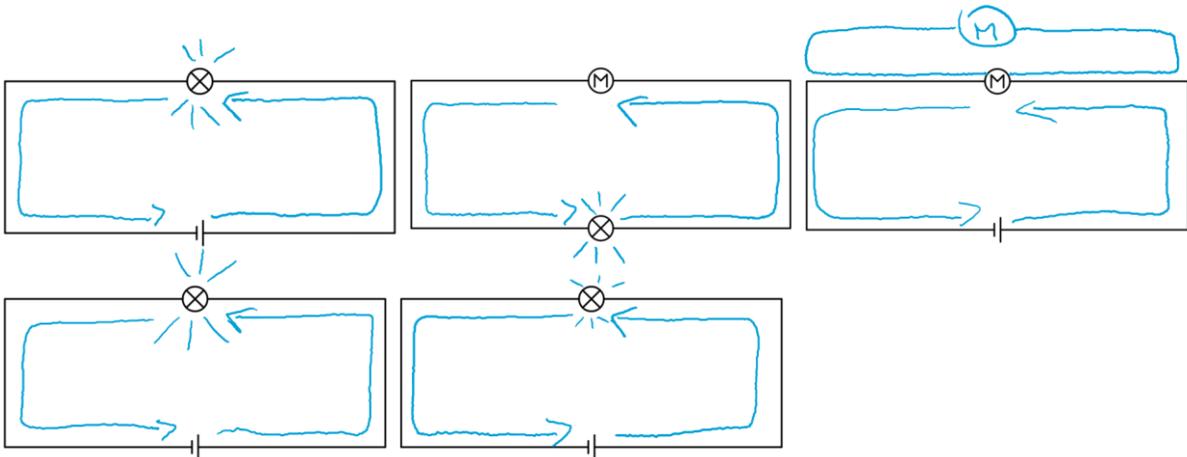
IP2



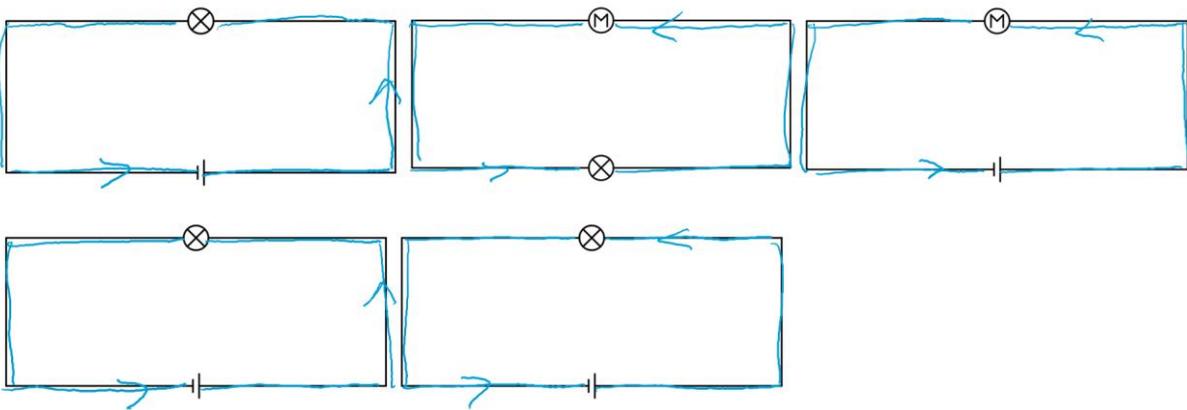
IP3



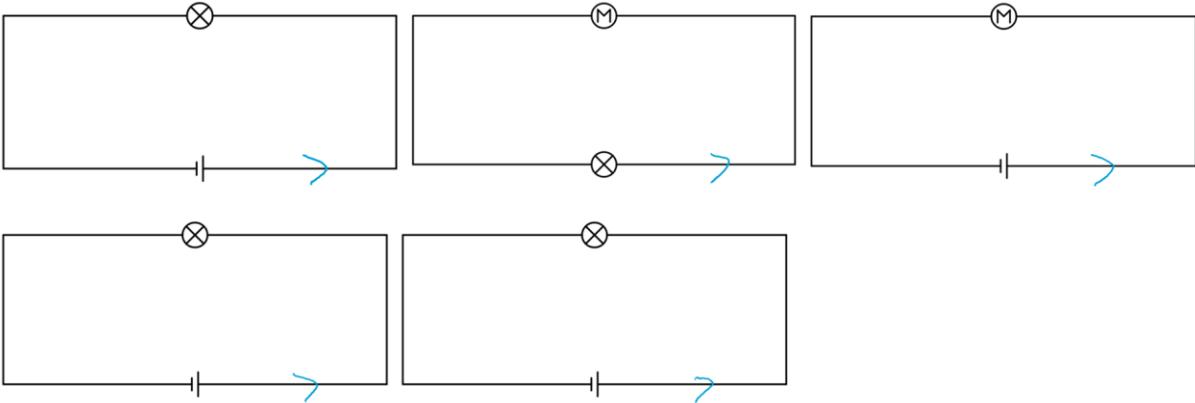
**IP4**



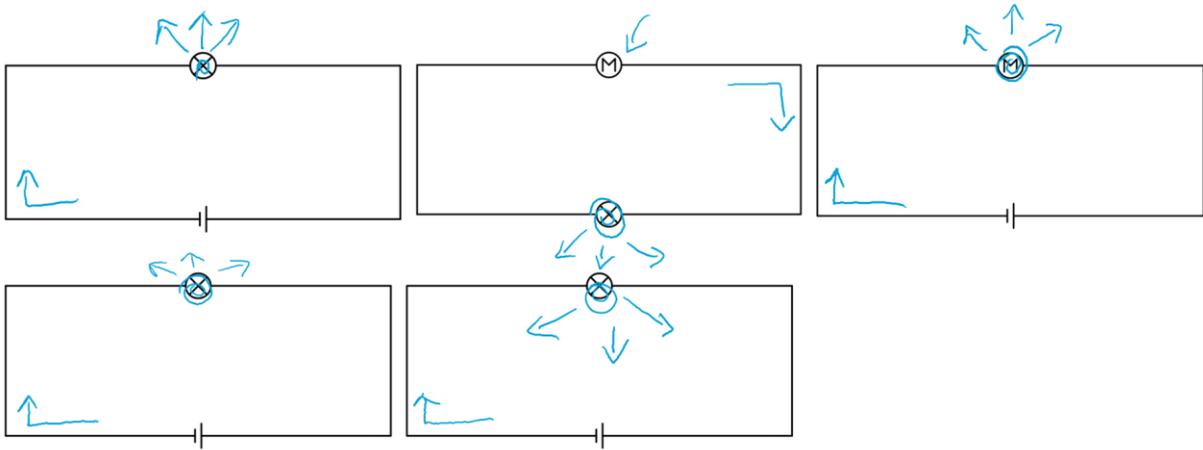
**IP5**



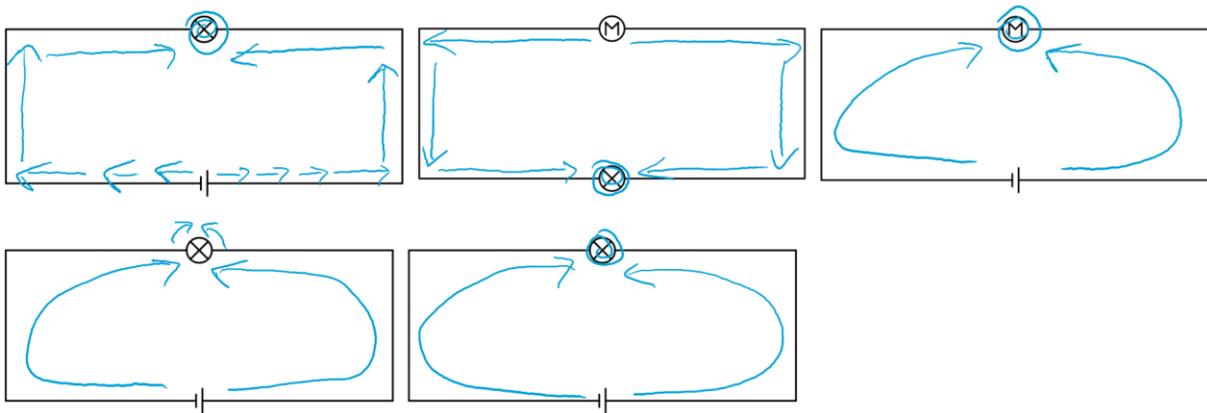
**IP6**



**IP7**



**IP8**



**IP9**

