



DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

Energy Theater

Evaluierung einer dramaturgischen Unterrichtsmethode

verfasst von / submitted by

Alexandra Sarantoulidis

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfillment of the requirements for the degree of

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2019 / Vienna, 2019

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

A 190 412 313

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

Lehramtsstudium UF Physik UF
Geschichte, Sozialkunde,
Politische Bildung

Betreut von / Supervisor:

PD Mag. Dr. Hildegard Urban-Woldron

Inhaltsverzeichnis

ABSTRACT	3
DANKSAGUNG.....	4
EINLEITUNG.....	5
1. DAS KONZEPT DER ENERGIE	7
1.1 ENERGIE AUS FACHDIDAKTISCHER SICHT	7
1.2 LERNSCHWIERIGKEITEN UND SCHÜLERVORSTELLUNGEN	10
2. ENERGY THEATER	13
3. FORSCHUNGSZIEL UND -DESIGN.....	18
3.1 FORSCHUNGSFRAGEN	18
3.2 PLANUNG DER LERNEINHEIT	20
3.3 FRAGEBOGEN.....	24
4. DURCHFÜHRUNG DER UNTERRICHTSINTERVENTION UND DATENERHEBUNG.....	30
4.1 ALLGEMEINE DURCHFÜHRUNG	30
4.2 UNTERRICHTSBEOBSACHTUNG UND UNTERSCHIEDE	32
5. AUSWERTUNG UND DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE.....	37
5.1 AUSWERTUNG MIT SPSS.....	37
5.2 VORERHEBUNG	37
5.3 ERHOBENE DATEN	38
6. INTERPRETATION DER ERGEBNISSE	56
7. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	60
LITERATURVERZEICHNIS	62
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	63
TABELLENVERZEICHNIS.....	63
ANHANG	64
FRAGEBOGEN ZUR VORERHEBUNG.....	64
FRAGEBOGEN	64
ABLAUFPROTOKOLL FÜR DIE SCHÜLERINNEN.....	65
POWER POINT-PRÄSENTATION DER ERHEBUNGSEINHEIT.....	66

Abstract

Das „Energy Theater“ wurde als neue Unterrichtsmethode präsentiert, bei der Schüler/innen das physikalische Konzept der Energie anhand von darstellendem Gruppenunterricht erlernen und vertiefen sollen. Dazu sollen von Teilnehmer/innen Energieflüsse pantomimisch dargestellt werden, sodass sich der Zusammenhang eines gewählten Bewegungsablaufs erkennen lässt. Die Methode wurde anhand einer qualitativen Befragung von zehn Schulklassen beurteilt und es wurde erforscht, ob sich Unterschiede bei ihrer Bewertung zwischen den gegebenen sozialen Faktoren zeigen. Dazu wurde die Methode in einer Unterrichtseinheit mit den Klassen, wie im englischen Artikel, durchgeführt und durch einen zweiteiligen Fragebogen evaluiert. In eingeteilten Gruppen wurden je drei vorgegebene Bewegungsabläufe bearbeitet und anschließend wie im Theater vor den anderen Lernenden präsentiert. Weiter wurde analysiert, ob die Methode Schüler/innen beim Anwenden der vier Grundelemente des Energiekonzeptes (Erhaltung, Umwandlung, Transport, Entwertung) unterstützt oder eher Schülervorstellungen fördert. Daher war es notwendig, eine Erhebung der vorhandenen Prekonzepte durchzuführen und diese anschließend mit den Ergebnissen des Fragebogens zu vergleichen. Es wurde deutlich sichtbar, dass die Methode vor allem durch den erhöhten Spaß- und Abwechslungsfaktor positiv bewertet wurde, allerdings nicht gut geeignet für Personen ist, die ungern vor Gruppen präsentieren. Es ließen sich jedoch auch Unterschiede zwischen allen sozialen Faktoren erkennen. Aufgrund des begrenzten Zeitrahmens der Erhebung konnte allerdings nicht das volle Potential der Methode ausgeschöpft werden. Zusammenfassend konnte der Schluss gezogen werden, dass das „Energy Theater“ eine abwechslungsreiche, neue Methode ist, Unterricht zu gestalten. Sie eignet sich vor allem für gut sozialisierte Klassen, die lieber etwas darstellen und präsentieren, anstatt nur von Büchern und Lehrervorträgen zu lernen. Aufgrund der gesammelten Daten lässt sich außerdem sagen, dass die Mehrheit der Schüler/innen die Grundelemente der Energiequadriga nach der Durchführung der Methode, trotz zuvor erhobener Schülervorstellungen, anhand von Beispielen richtig anwenden konnten.

„Energy Theater“ was presented as a new teaching method intended to enable students to learn and really get to understand the physical concept of energy at a deeper level through forming groups acting out a play to each other. Therefore, the pupils should act as the energy flowing in a system without using words so that spectators could recognize the given process of movement. It was evaluated by ten classes via a questionnaire to see if there were differences between the given social factors. The method was tried out as described in the original article and evaluated with a two-part questionnaire. The research took place in a Physics lesson of the students. The groups were given a different process to work on and act out later in front of their class. The study intended to show if the method can help students get a better understanding of operating with the four basic elements of the concept of energy (conservation, conversion, transport, devaluation) or promote student perceptions. Therefore, it was necessary to ascertain the given student perceptions and make a comparison with the data after carrying out the method. It presented the fact that above all the fun factor and diversity of lesson planning was reason enough for students to rate the “Energy Theater” positively. Though students who dislike presenting in front of audiences did not appraise the method as much. It also exposed the circumstance that there are indeed differences in rating considering all social factors. Because of the limited time given with the classes it was not possible to unfold the full potential of the method. It can be concluded that Energy Theater is a varied new possibility to teach and can be used with well socialized groups who like to perform things instead of studying them simply out of a book or by listening to their teachers. The given data also showed that after taking part in the method, most of the students were able to operate with the basic elements of energy in given examples correctly, although they had wrong perceptions before.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich dabei unterstützt haben, mein Studium und diese Arbeit als sein finales Produkt zu bewältigen.

Allen voran bei meiner Betreuerin PD Mag. Dr. Hildegard Urban-Woldron, die mir immer mit Rat und viel Geduld zur Seite stand und ohne Druck, sondern mit fachlicher Anleitung, das Beste aus mir und dieser Arbeit herausgeholt hat.

Mein Dank gilt außerdem allen Kolleginnen und Kollegen im Schulbereich, die es möglich gemacht haben, dieses Projekt so umzusetzen, wie ich es mir erhofft habe. Und für die Gespräche danach, die mir geholfen haben, meinen Blickwinkel noch etwas zu erweitern. Dabei möchte ich mich natürlich auch bei den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern für ihre Mitarbeit und ihr ehrliches Feedback bedanken.

Weiterhin möchte ich mich besonders bei meinem Lebenspartner Michael bedanken, der mich in vielen Stunden voller Vorbereitung, zwischenzeitlicher Verzweiflung und auch technischen Problemen unterstützt und immer wieder aufgebaut hat. Danke, dass du mir die Zeit gegeben hast und immer an meiner Seite stehst.

Ein großer Dank gilt demnach auch meinen Freunden und meiner wachsenden Familie, die trotz vieler Absagen und oft verschobenen Treffen, immer ein offenes Ohr für meine Sorgen und ein heilsames Lächeln für mich parat hatten. Ihr seid meine Stütze - egal in welcher Lebenslage.

Zum Schluss möchte ich meinen Eltern danken, die nicht nur Wegbereiter für dieses Studium waren, sondern bis zum Schluss nie daran gezweifelt haben, dass ich es schaffen werde. Ihr seid der Grund dafür, dass ich in jeder noch so dunklen Situation einen Funken Licht entdecken kann.
Ich liebe euch!

Einleitung

Die Methode Energy Theater lernte ich im Zuge meines Lehramtsstudiums in einem Seminar zur vertiefenden Mechanik kennen. Die Dozentin stellte uns verschiedene neue Methoden vor und ich hatte mich sofort für das Potential dieser Unterrichtsmethode interessiert. Da ich in meiner Zeit als Schülerin gerne öfters selbstbestimmt und in einer offeneren Unterrichtsgestaltung gelernt hätte, gefiel mir vor allem die Möglichkeit, aus dem gewohnten Klassenverband auszubrechen und, ähnlich eines kleinen Projektes, an etwas mit meinen Mitschüler/innen zu arbeiten, das wir anschließend vor der Gruppe vorführen konnten. Das hätte für mich bedeutet, aus dem Trott der Frage-Antwort Bewertungsmethode meines normalen Unterrichtsalltages auszutreten und neue Fähigkeiten, wie Kommunikation und Auftreten während einer Präsentation, mit meinem Endergebnis vorzeigen zu können. Mit diesem Ansatz hätte ich mich grundsätzlich wohler gefühlt, als mit sturem Auswendiglernen aus einem Buch oder Lehrervorträgen. All diese Möglichkeiten konnte ich im Energy Theater für mich selbst entdecken und wollte mich deswegen näher mit der Methode beschäftigen, damit der Schulalltag für zukünftige Schüler/innen eventuell bunter gestaltet werden kann. Aus meiner heutigen Sicht als Lehrkraft stellte ich zusätzlich die Überlegung an, dass, trotz der Abstraktheit des Energiebegriffs, besonders der Energieerhaltungssatz und die Energieumwandlung in verschiedene Formen durch diese Methode deutlich veranschaulicht werden können. Das könnte Schüler/innen helfen, die Schwierigkeiten haben, nur anhand von theoretischen Modellen zu lernen. Ziel dieser Arbeit war es daher, die Anleitung der Methode durch Übersetzung in den deutschen Sprachraum zu bringen und das Konzept des Energy Theater noch mehr Kolleg/innen bekannt zu machen.

Die Methode wurde durch Ausprobieren mit ausgewählten Schülerinnen und Schülern erprobt und evaluiert, wobei zehn Klassen (2. bis 5. Schulstufe) an der Studie teilnahmen. Dabei sollten die Schüler/innen in kurzen Sequenzen Energieformen bei einem vorgegebenen physikalischen Vorgang, ohne zu sprechen und nur mit dem Körper selbst, darstellen und den Mitschüler/innen so veranschaulichen, dass der Vorgang von diesen erkenn- und nachvollziehbar wird. Das Energiekonzept mit seinen vier zentralen Elementen (Erhaltung, Umwandlung, Transport, Entwertung) sollte dadurch auf eine neue Art verinnerlicht werden, da sowohl ein neuer Typ des Lernens und Veranschaulichens vorgestellt als auch eine motivierende Lernumgebung durch soziales und kollegiales Zusammenarbeiten geschaffen wird. Anschließend wurden die Lernsequenz und die Methode selbst anhand eines Fragebogens bewertet. Dabei wurde versucht, soziale Faktoren, wie zum Beispiel, ob eine angenehme Lernumgebung vorherrschend war, ob das Lernen mit der Methode Freude gemacht hat, oder ob die Methode die Ernsthaftigkeit des Unterrichts beeinträchtigt, wie

auch Lernschwierigkeiten und Lernfortschritte. Zusammen mit eigenen qualitativen Beobachtungen der Lernsequenzen und einem Feedback der Klassenlehrkräfte sollte ein erster Eindruck herausgearbeitet werden, wie die Methode im Unterrichtsalltag bewertet und angenommen wird.

1. Das Konzept der Energie

1.1 Energie aus fachdidaktischer Sicht

„There is a fact, or if you wish a law, governing all natural phenomena that are known to date. There is no exception to this law – it is exact so far as is known. The law is called the conservation of energy. It says that there is a certain quantity, which we call energy that does not change in the manifold changes which nature undergoes. That is a most abstract idea, because it is a mathematical principle; it says that there is a numerical quantity, which does not change when something happens. It is not a description of a mechanism, or anything concrete; it is just a strange fact that we can calculate some number and when we finish watching nature go through her tricks and calculate the number again, it is the same.“¹

Was Richard Feynman hier in einem kurzen Absatz zusammenfasste, stellt zugleich die Definition als auch die Schwierigkeit des Energiebegriffes dar. Energie gilt als eine fundamentale Größe der Physik. Sie spielt bei allen täglichen Prozessen eine Rolle, ist Grundstein der Technik und des gesamten Lebens um uns herum. Sie ist klar definiert, als die Fähigkeit eines Körpers Arbeit zu verrichten und ihre SI-Einheit ist Joule. Es gilt bei allen Vorgängen in der Natur der Energieerhaltungssatz, der besagt, dass Energie weder erzeugt noch vernichtet werden kann. Man kann die Energie lediglich umwandeln, so dass sie in einer anderen Form auftritt, der Betrag der Energie aber immer gleichbleibt. Sie kann von einem Körper auf einen anderen übertragen werden. Dabei kann eine Energieentwertung stattfinden, wobei der Anteil der nutzbaren Energie verringert wird; diese also in eine andere Form umgewandelt wird und nicht mehr als Energieform genutzt werden kann, die man ursprünglich für den physikalischen Vorgang gebraucht hätte. Deshalb darf man hier auch das Konzept der Entropie nicht außer Acht lassen.²

Crossley, Hirn und Starauschek (2009) formulieren für den Unterricht vier Lernziele, die in Bezug auf das Energiekonzept erreicht werden sollten: **Energieumwandlung, Energieerhaltung, Energietransport und Energieentwertung**. Diese vier Grundideen des Energiebegriffes gehen schon auf Duit zurück, der diese als Energiequadriga³ zusammenfasste (Abbildung 1).



Abbildung 1: Energiequadriga⁴

¹ Richard Feynman. The Feynman Lectures on Physics. Book 1. (1963)

² Reinders Duit. Learning the energy concept in school-empirical results from The Philippines and West Germany In: Physics Education Vol. 19 (1984) 59

³ Reinders Duit. Energie. Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. NiU Physik 101 (2007)

⁴ Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL). Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“. Online unter: https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bnt/gym/bp2016/fb2/4_energie/0_ueber/02_konzept/4002_fachdidaktisches_konzept.pdf (Letzter Zugriff: 5.5.2019) 3

Das Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung in Baden-Württemberg, kurz ZSL, beschreibt diese vier Basiskonzepte als grundlegende Eigenschaften der Energie. Wenn vom Speichern der Energie gesprochen wird, müssen Begriffe wie Energieträger und Energieform definiert und unterrichtet werden, um zu verstehen, wo sich die Energie zu welcher Zeit und in welcher Art befindet. Bei der Energieübertragung ist zentral, dass Lernende Wege kennen, wie Energie von einem System auf das andere übergehen kann. Ein Beispiel stellt hier die Wärmekonvektion dar. Die Energieerhaltung wird im Energieerhaltungssatz der Mechanik, wie auch mit dem 1. Hauptsatz der Thermodynamik unterrichtet und muss grundlegend verinnerlicht werden. Die Tatsache, dass die im Universum vorhandene Energie niemals verloren gehen oder erzeugt werden kann, muss von Schüler/innen nicht nur verstanden, sondern auch akzeptiert werden, um dieses Konzept nachhaltig zu lernen. Die Idee der Energieentwertung wird später im Physikunterricht mit dem Begriff des Wirkungsgrades verständlich gemacht. Dabei macht man Lernenden klar, dass Energie nicht verloren geht, allerdings durch Vorgänge, die sich nicht verhindern lassen, wie zum Beispiel Reibung, in eine Form umgewandelt wird, die für das ursprüngliche Vorhaben keinen Wert mehr hat - diese Energieform also nicht mehr für den gewollten physikalischen Vorgang genutzt werden kann.⁵ Abbildung 2 stellt Duits (2004) beispielhafte Unterrichtsplanung zum Energiebegriff dar.

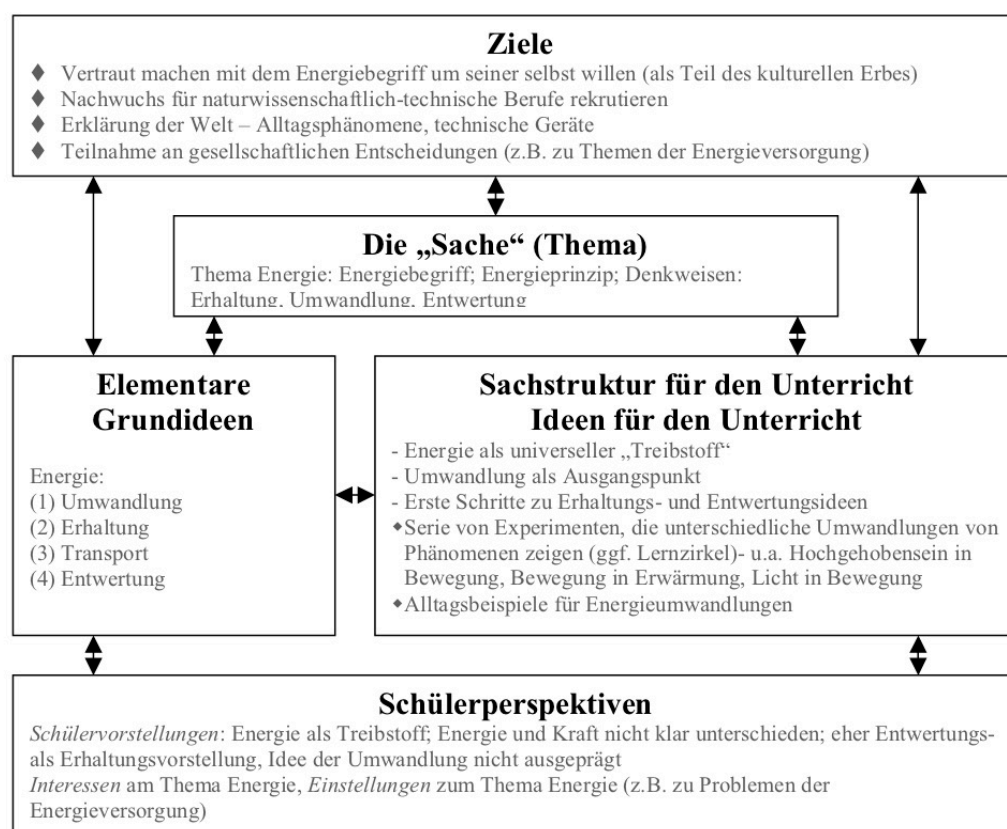


Abbildung 2: Unterrichtsplanung zum Energiebegriff⁶

⁵ Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL). Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“. 3

⁶ R. Duits. Piko Briefe - Der Fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst. (2004) Online unter http://www.brgkepler.at/~rath/pl_an/aktuell/piko_brief_2.pdf (Letzter Zugriff: 5.5.2019)

Der Autor gibt an, dass diese Planung für eine einzelne Stunde zur Einführung des Energiekonzeptes oder über mehrere Unterrichtseinheiten verteilt angewandt werden kann. Dabei stellt er die Umwandlung, Erhaltung, Entwertung und den Transport von Energie in den Fokus und unterscheidet in seiner Überlegung zwischen Ideen, die Schüler/innen nach dem Unterricht haben sollen und Schülervorstellungen, die Lernhemmnisse darstellen können. Duit legt seine Stundenplanung so an, dass ausgehend von Schülerperspektiven und Zielen, die den physikalischen Kontext vorgeben, die elementaren Grundideen herausgearbeitet werden. Anhand dieser äußeren Struktur ergeben sich anschließend die Ideen für den Unterricht. Dabei bleibt die Planung allerdings nicht bei einer geraden Abfolge der einzelnen Komponenten. Alle Variablen wechselwirken zu jeder Zeit miteinander und müssen als Ganzes sinnvoll reflektiert werden. Es lässt sich somit erst ein produktiver Stundenablauf bilden, sobald man Schülervorstellungen erhoben, physikalischen Kontext festgelegt, sowie Grundideen aufs Minimale heruntergebrochen hat und diese miteinander in Zusammenhang bringt.⁷

In ihrer Studie führen Crossley, Hirn und Starauschek (2009) die Forschung von Duit zu den Schülervorstellungen rund um das Energiekonzept weiter, indem sie untersuchten, welche Alltagsvorstellungen zum Energiebegriff verbreitet sind und ob soziale Faktoren, wie das Geschlecht oder die Herkunft, einen Einfluss auf diese haben. Als Ergebnis zeigt sich eine ständige Veränderung der Schülervorstellungen, die mit dem gesellschaftlichen Wandel im Alltag in Verbindung gebracht werden kann. Außerdem kommt es zur Erkenntnis, dass das Lernen des Energiekonzeptes zu sehr in das Kapitel der Mechanik statt dem der Energieversorgung eingebettet ist.⁸

Tatsächlich lässt sich aber bei der Analyse der Schulbücher oft feststellen, dass der Energie weit weniger Anerkennung geschenkt wird als anhand dieser Fakten zutreffend wäre. Sie wird oft nur als abgeleitete Größe nach Kraft und Arbeit erwähnt, was laut Schlichting und Backhaus genau anders herum sein sollte. Energie bewirkt aktiv etwas und kann daher von jedermann mit Alltagsvorstellungen behaftet sein oder phänomenologisch verstanden werden.⁹ Wie schon im Eingangszitat von Feynman dargestellt, ist Energie etwas Abstraktes; etwas, das nicht berührt oder in seiner reinen Form beobachtet werden kann. Das kann zu großen Verständnisschwierigkeiten führen.

⁷ R. Duit, Piko Briefe (2010)

⁸ Antony Crossley, Niklas Hirn, Erich Starauschek. Schülervorstellungen zur Energie-Eine Replikationsstudie. In: Didaktik der Physik, Frühjahrstagung (2009) 1

⁹ Hans Joachim Schlichting, Udo Backhaus. Energie als grundlegendes Konzept. In: Physik und Didaktik 7/2 (1979) 139. E-Version

1.2 Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen

„Schülervorstellungen haben beim Lernen von Physik eine Doppelrolle: Sie sind einerseits notwendiger Anknüpfungspunkt des Lernens - andererseits auch Lernhemmnis.“¹⁰

Schüler/innen sind von ihrem Alltag geprägt und vertrauen auf Erfahrungen und Beobachtungen, die sie schon öfters gemacht haben. Sie beeinflussen ihre Vorstellungen von der Welt und treffen anschließend im Unterricht auf Konzepte, die mit diesen häufig nicht übereinstimmen und zu einem kognitiven Konflikt oder Missverständnissen führen können. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass jede Lehrkraft Begriffe in die Unterrichtssprache einbaut, die für sie eine bestimmte sinnhafte Bedeutung haben. Diese Bedeutung muss nicht mit der übereinstimmen, die Schüler/innen dem Gehörten geben, was dazu führen kann, dass ein und dasselbe Wort von Lehrendem und Lernendem anders verstanden, dadurch etwas Falsches aufgefasst und verinnerlicht wird. Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle Schüler/innen die gleichen Vorstellungen besitzen, müssen diese vor der Einführung eines Themas erhoben und in der Unterrichtsplanung berücksichtigt werden. Schüler/innen müssen dort abgeholt werden, wo sie stehen - das bedeutet, dass Lehrkräfte wissen müssen, welchen Wissensstand welcher Lernende hat, um an diesen Punkt anknüpfen zu können. Auf diese Vorstellungen kann anschließend neues Wissen aufgebaut werden, wobei die Schüler/innen eine aktive Rolle einnehmen müssen. Sie müssen ihr Wissen selbst konstruieren.¹¹

Viele Schwierigkeiten dieser Konstruktion ergeben sich für Schüler/innen durch Alltagsvorstellungen, die sie aus ihrem Umfeld mitnehmen. Ein Beispiel dafür ist der Begriff des Energiesparens, der viele Lernende gedanklich weg vom Energieerhaltungssatz führt und sich daher als problematisch herausstellen kann, wenn das mögliche Missverständnis nicht beachtet und im Unterricht entsprechend in einen physikalischen Kontext gebracht wird. Die Ergebnisse der Studie von Crossley, Hirn und Staraschek zu den häufigsten Assoziationen zur Energie von Schüler/innen unterschiedlicher Altersklassen und Schularten zeigen, dass vor allem das Missverständnis, Energie sei allein elektrischer Strom, bei der Mehrheit aller Schüler/innen zu finden ist. Die Studie zeigt auch, dass diese Vorstellung allerdings durch Physikunterricht prozentual rückläufig ist. Außerdem assoziieren Lernende den Energiebegriff oftmals mit der Sonne, Wasser, Wind, Wärme oder Licht oder setzen Energie mit Kraft gleich. Manche Schülervorstellungen richten sich des Weiteren nach der Idee, dass Energie aus Nahrung gebraucht wird, um, beispielsweise Sport zu machen. Weiterhin muss beachtet werden, dass sich durch Veränderungen und Trends in Medien und Wortschatz die Alltagsvorstellungen der Schüler/innen dementsprechend verschieben können.

¹⁰ R. Duit, Piko Briefe - Der fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst (2010). Online unter <https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf> (Letzter Zugriff: 16.3.2019)

¹¹ R. Duit, Piko Briefe (1) (2010)

Beispiele sind hier Werbungen im Fernsehen oder auf Plakaten, die zumeist durch Energiespar-kampagnen den Energiebegriff mit Stromverbrauch oder Treibstoff in Verbindung bringen.¹²

Behle und Wilhelm (2019) stimmen dem Ansatz in ihrem Artikel „Schülervorstellungen zur Energie im Wandel der Zeit“ zu, dass diese Veränderungen zu erkennen sind und zitieren weiter Watts (1983), der in seiner Studie sieben zentrale Rahmenkonzepte präsentiert, die er aus Aussagen von Schülerinnen und Schülern ableitet, in denen sie versuchten, Energie zu beschreiben.

„1) *Anthropozentrische Energie*: Energie ist eine Art Lebensenergie, die Lebewesen besitzen. Hierunter fällt auch das gefühlte „Energie haben“.

2) *Funktionale Energie*: Energie tritt nicht auf natürlichem Weg auf, sie ist von Menschen für Menschen gemacht und für ein modernes Leben unabdingbar.

3) *Produzierte Energie*: Energie ist ein Nebenprodukt von Vorgängen, sie wird zusätzlich zum eigentlichen Prozess emittiert, es kann zu einer Zusatzenergie kommen.

4) *Energie als Aktivität*: Energie ist nur in Vorgängen vorhanden, diese Aktivitäten werden Energie gleichgesetzt.

5) *Energie als Zutat*: Energie ist ein inerter Inhaltsstoff von Dingen, sie lässt sich nur durch Trigger (z.B. essen) aus den Dingen auslösen und nutzbar machen.

6) *Gelagerte Energie*: Energie ist in Dingen vorhanden bzw. gespeichert. Sie kann in verschiedenen Formen auftreten und lässt sich verbrauchen, um etwas zu bewirken.

7) *Transferierte Energie*: Energie kann unterschiedliche Erscheinungsformen haben, die jedoch gleichwertig und ineinander umwandelbar sind. Sie lässt sich von System zu System transferieren.“¹³

Diese Gruppierung ordnet Schülervorstellungen mehr in Kategorien ein, anstatt konkrete Aussagen wiederzugeben, so wie es bei Crossley, Hirn und Staraschek der Fall ist.

In Bezug auf den unpräzisen Sprachgebrauch, schlägt der Artikel des ZSL daher in seinem Konzept vor, Alltags- und Fachsprache vor und während des Unterrichts sorgfältig zu reflektieren und bei Bedarf doppeldeutige Begriffe direkt mit den Lernenden zu klären. Weiter wird der Ansatz verfolgt, möglichst wenige Fachbegriffe einzuführen und wenn, diese so zu erklären und zu beschreiben, wie es bei Vokabeln im Sprachunterricht gemacht wird. Die Mitarbeiter/innen des Zentrums filtern außerdem aus den vorhandenen Schülervorstellungen diejenigen heraus, bei denen es förderlich sein kann, diese für den Physikunterricht aufzubereiten. Diese Schülervorstellungen können als Ausgangssituation herangezogen, und an den Anfang des Unterrichts gestellt werden. Zum Beispiel könnte man mit „Energie steht nur begrenzt zur Verfügung“ die Energieumwandlung und -entwertung, sowie mit „Energie steckt in Nahrungsmitteln“ zusätzlich noch das Konzept der Energieträger ansprechen. Mit den Lernenden gemeinsam kann dann so an der Vorstellung gearbeitet werden, dass den Lernenden schrittweise klar werden kann, was physikalisch richtig und falsch ist. Im ständigen Kontakt miteinander können direkte Rückmeldungen dafür sorgen,

¹² A. Crossley, N. Hirn, E. Staraschek. Schülervorstellungen zur Energie. 4-6

¹³ Julia Behle, Thomas Wilhelm. Schülervorstellungen zur Energie im Wandel der Zeit. Online unter: http://www.thomas-wilhelm.net/veroeffentlichung/SV_Energie.pdf (Letzter Zugriff: 16.3.2019)

dass Missdeutungen der Begriffe vermieden werden.¹⁴

J.W. Warren (1983) gibt außerdem zu bedenken, dass durch die Abstraktheit des Energiebegriffes oftmals auch Lehrkräfte über Missverständnisse stolpern und es ihnen anschließend schwerfällt, die Energiekonzepte Schüler/innen akkurat begreiflich zu machen. Warren gibt dazu die „Conservation of energy“ und „Energy as substance“ als Beispiele an und warnt, Energie mit Prozessen wie Arbeit oder Wärmetransfer zu verwechseln. Fehlschlüsse können schon vom eigenen ersten Physikunterricht gezogen worden sein und auch noch bis zum Abschluss der Lehrausbildung beibehalten werden. Durch ungenaue Formulierungen, die oftmals zu nah an der Alltagssprache orientiert sind, und eigene Probleme, den Kern der Aussage zu treffen, wird es Schüler/innen erheblich schwerer gemacht, ein eigenes richtiges Verständnis von Energie aufzubauen.¹⁵

¹⁴ Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL). Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“. 7-9

¹⁵ J.W. Warren. Energy and its carriers: a critical analysis. In: Phys Educ., Vol. 18 (1983) 212

2. Energy Theater

Im Artikel von Abigail R. Daane et al. (2014) wird das „Theater der Energien“ als eine Unterrichtsmethode vorgestellt, mit der Schüler/innen der Energiefluss von Objekt zu Objekt in unterschiedlichen Energieformen nähergebracht werden soll. Es wird ein physikalischer Vorgang wie eine Bewegung oder ein Erwärmungsprozess ausgewählt. Die dabei stattfindende Energieumwandlung wird als Szenario beschrieben, das pantomimisch dargestellt werden soll. Dabei spielt jede teilnehmende Person mit dem gesamten Körper ein „Energiequantum“. Die Objekte werden durch markierte Bereiche auf dem Boden begrenzt. Die Teilnehmer/innen können zwischen diesen Zonen wechseln, wodurch anschaulich gezeigt werden soll, dass die Energie zwischen den Objekten im täglichen Leben fließen kann und sich dabei in andere Formen umwandelt. Dabei müssen sich Lernende Fragen stellen, wie:

Wo steht Teilnehmer/in A?
Wo stehen die anderen?
Wohin gehen wir/sie als nächstes?
Welche Form stellen sie/wir wann und wo da?

Der große Vorteil dabei ist, dass Schüler/innen schon während der Durchführung klar wird, dass Energie erhalten bleibt, da sich alle Teilnehmer/innen immer im Szenario befinden und nicht weniger werden. Weiter ergibt sich spielerisch der Begriff der Energiemenge und die Idee der Kontinuität, sowie die Vorstellung, dass Energie überall um uns herum ist, ohne dass man als Lehrkraft speziell darauf hinweisen muss.¹⁶

Um eine Lösung für die Darstellung ihres Szenarios zu finden, leiten sie aus der Diskussion Antworten auf diese Fragen ab. Die Teilnehmer/innen müssen dann passende Handlungen improvisieren, die sich im Rahmen der erlaubten Spielregeln des Energy Theater befinden. Ein anderer großer Pluspunkt der Methode wurde von den Autorinnen selbst mit Gruppen evaluiert. Dabei heben sie besonders heraus, dass das „Theater der Energien“ durch klare Regeln ein durchstrukturiertes Gerüst für Schüler/innen schafft, indem sie sich anschließend frei bewegen können. Die Methode bewirkt somit eine Balance zwischen einem fremd festgelegten Unterrichtsrahmen und eigenständiger, individueller Kreativität. Die offene Gestaltung der Methode lässt Schüler/innen die Möglichkeit, die Konzepte der Energie selbstständig zu erforschen, zu hinterfragen und zu diskutieren, wobei kein Richtig oder Falsch der Darstellung von der Lehrkraft vorgegeben wird. Es wird ein Lernprozess im Sinne von entdeckendem Unterricht gefördert, der während der Erarbeitung zulässt, dass Lehrende aktiv den Fortschritt der Schüler/innen beobachten, um ein angepasstes Feedback geben zu können und um die weitere Lernumgebung zielführend zu gestalten.

¹⁶ Abigail R. Daane, Lindsay Wells, Rachel E. Scherr. Energy Theater. In: The Physics Teacher 52, 291 (2014)

Dabei kann vor allem zu jeder Zeit beobachtet werden, ob fehlerhafte Schülervorstellungen vorherrschen.¹⁷ Die Autorinnen legen als Grundidee der Methode fest, dass die Schüler/innen Energie vorerst als metaphorische Substanz erkennen. Dadurch ergeben sich einige Vorteile gegenüber anderen Methoden Energie zu lehren. Schüler/innen sollten besser erkennen können, dass:

- Energie erhalten ist
- Energie in Objekten lokalisiert ist und von ihnen auf andere Objekte übertragen werden kann
- Energie ihre Form ändern kann¹⁸

Die Autorinnen legen vier Lernziele für das „Theater der Energien“ fest, die mit dem Ablauf unterstützt werden sollen:

1. Energie kann nicht geschaffen oder zerstört werden, aber sie kann von einem Ort zum anderen transportiert und zwischen Systemen übertragen werden. (Energieerhaltungssatz)
2. Veränderungen der Energie in einem System können als Energieflüsse in, aus und innerhalb dieses Systems beschrieben werden. (Energietransport)
3. Auf der makroskopischen Skala manifestiert sich Energie auf vielfältige Weise, etwa in Bewegung, Klang, Licht und thermischer Energie. (Energieformen/-umwandlung)
4. Ursache-Wirkungs-Beziehungen können für komplexe natürliche und von Menschen entworfene Systeme vorgeschlagen und vorhergesagt werden, indem untersucht wird, was über kleinere Mechanismen innerhalb des Systems bekannt ist.¹⁹

Je nachdem, welche Prozessziele von der Lehrkraft in der Unterrichtseinheit erreicht werden wollen, ist das Energietheater durch seine einfachen Regeln (siehe Tabelle 1) und den anschaulichen Inhalt für Schüler/innen geeignet, die entweder noch nicht wirklich mit dem Thema Energie in Berührung gekommen sind oder für Lernende, denen das Energiekonzept bereits bekannt ist und die nur ihre Vorstellungen richtigstellen und verinnerlichen müssen.

<i>Energy Theater Regeln</i>	
1) Jede Person ist eine Energieeinheit im Szenario.	Jede Person stellt im Szenario ein „Energiequantum“ dar
2) Regionen auf dem Boden entsprechen Objekten im Szenario.	Nicht Schüler/innen oder greifbare Gegenstände stellen Objekte dar, sondern Bereiche auf dem Boden, die mit Seilen oder Klebeband abgegrenzt werden
3) Jede Person hat eine Form von Energie zu einer Zeit.	Jede Person, also jedes „Energiequantum“, kann immer nur eine Energieform zu einer gewissen Zeit haben
4) Jede Person gibt ihre Form der Energie in irgendeiner Weise an, oft mit einem Handzeichen (wie einem Buchstaben) oder einer ikonischen Bewegung (wie Fächerung).	Mit einem vorher für die ganze Gruppe für diese Energieform festgelegten Handzeichen oder einer pantomimischen Bewegung wird diese Form angezeigt
5) Menschen bewegen sich von einer Region zur anderen, wenn Energie übertragen wird, und ändern das Handzeichen, wenn sich Energie ändert.	Ein/e Teilnehmer/in kann sich vom Bereich 1 zum Beispiel zum Bereich 2 bewegen, wird dort von Energieform A in B umgewandelt, ändert daher ihr Handzeichen von einem „A“ zu einem „B“ und bleibt dort stehen
6) Die Anzahl der Personen in einer Region oder ein Handzeichen entspricht der Energiemenge in einem Objekt bzw. einer bestimmten Form.	Je nachdem wie viele Personen sich in einem Bereich befinden, oder sich hin und her bewegen, stellt die Anzahl die Energiemenge dar

Tabelle 1: Energy Theater Regeln²⁰

¹⁷ Abigail R. Daane, Lindsay Wells, Rachel E. Scherr. Energy Theater. 291-294

¹⁸ Abigail R. Daane, Ben van Dusen. Energy Theater.

¹⁹ Abigail R. Daane, Lindsay Wells, Rachel E. Scherr. Energy Theater. 291

²⁰ Abigail R. Daane, Lindsay Wells, Rachel E. Scherr. Energy Theater.

Diese Regeln werden den Jugendlichen in der ersten Phase der Durchführung der Methode mitsamt dem Ablauf erklärt. In diesem Abschnitt werden auch die Gruppen mit jeweils einem Szenario, das von der Lehrkraft passend zum Unterrichtsinhalt ausgesucht wird, eingeteilt. Ein Szenario soll immer einen physikalischen Vorgang oder Ablauf beinhalten, bei dem mehrere Energieumwandlungen, -formen und -transporte stattfinden. Einige Beispiele für solche Szenarien wären ein elektrischer Stromkreis mit einer Glühbirne, ein auf und ab hüpfender Ball, oder ein Gegenstand in Bewegung, der nach und nach zum Stillstand kommt.²¹

Daane et al. (2014) halten fest, dass der Ablauf (Tabelle 2) des „Theater der Energien“ in drei Erarbeitungsphasen geteilt werden kann, woran Reflexion und Bewertung anschließen:

Phase	Aufgaben Schüler/innen	Aufgaben Lehrkraft
<i>Choreographie</i>	SuS arbeiten in Gruppen an Darstellungen der Energie	LK unterstützt beratend, beachtet Zeitrahmen, erkennt SuS-Vorstellungen
<i>Performance</i>	SuS zeigen ihre Darstellung im Klassenverband	LK moderiert die Gruppenbeiträge, achtet auf Ordnung
<i>Reflexion</i>	SuS reflektieren im Klassenverband, was gut/schlecht dargestellt wurde	LK moderiert und leitet Diskussion
<i>Bewertung</i>	SuS bewerten untereinander ihre Darstellungen im Klassenverband	LK moderiert und leitet Diskussion

Tabelle 2: Phasen des Energy Theater

Während der Choreographie-Phase ist es die Aufgabe der Lehrkraft, den Diskussionen der Schüler/innen zu folgen und auf ihren zeitlichen Rahmen zu achten. Das kann mit Hilfe eines Ablaufprotokolls passieren. Die Aufgabe der Lernenden ist es, während der ganzen Phase aktiv miteinander zu arbeiten und sich mit Ideen einzubringen. Möglichkeiten, diese Phase so anregend und zielführend wie möglich zu organisieren, sind Rollenverteilungen und individuelle Präsentationen. Weist man Einzelnen in jeder Gruppe die Aufgabe zu, auf die Zeit zu achten oder der gruppenführende Erzähler des anschließend dargestellten Szenarios zu sein, wird ein Grundgerüst geschaffen, das den Jugendlichen bei der ordentlichen Ausführung der Methode helfen soll. Die Tatsache, dass ihnen schon vor der Choreographie-Phase gesagt wird, dass die Lehrkraft auch einzelne Schauspieler/innen nach der individuellen Bedeutung ihrer Figur im Szenario befragen kann, fördert zusätzlich den Willen, sich aktiv an der Erarbeitung zu beteiligen. Dadurch wird es einzelnen Teilnehmer/innen nicht mehr möglich, sich hinter der Gruppe zu verstecken und zwingt jedes Mitglied eigene Leistungen zu bringen. Da es nicht ratsam ist, einer Gruppe in einer Unterrichtseinheit mehrere Szenarien zuzuteilen, bietet sich bei schneller arbeitenden Gruppen an, den Jugendlichen zusätzliche Fragen zu ihrem ausgewählten physikalischen Vorgang zu stellen, die dazu führen, ein

²¹ Abigail R. Daane, Lindsay Wells, Rachel E. Scherr. Energy Theater.

noch tieferes Verständnis für die Energie im Ablauf zu entwickeln. Sie sollen ihr Szenario elementarisch, also in physikalische Einzelkomponenten zerlegen und Stück für Stück beschreiben, erklären und analysieren können.

In der anschließenden Performance-Phase sollen Schüler/innen ihre Ergebnisse vor den anderen Gruppen präsentieren. Dabei ist es hilfreich, wenn jeweils vorher kurz vorgestellt wird, zu welchen Ergebnissen sie gemeinsam gekommen sind und für welche Ausführung sie sich schließlich entschieden haben. Das beinhaltet vor allem eine Erklärung der Handzeichen und ausgewählten Begrenzungszone am Boden, damit Außenstehende dem Szenario einfacher folgen können.

In der abschließenden Reflexions-Phase sollen die Schüler/innen das Gelernte verarbeiten und verinnerlichen. Dazu ist es möglich, auf Unterschiede und Ähnlichkeiten in den einzelnen Präsentationen einzugehen und mit den Lernenden die Energieaspekte herauszuarbeiten.

Ein Vergleich der dramaturgischen Darstellungen im Klassenverband führt den Jugendlichen vor Augen, welche Modelle einen Beweis für ein Konzept darstellen und welche eher weniger sinnstiftend sind. Sie müssen aktiv über ihre eigenen Handlungen und Ideen nachdenken und ihre Gedankengänge reflektieren. Weiter könnte überlegt werden, was andere Gruppen im Nachhinein anders gemacht hätten und welche Fragen eventuell offengeblieben sind. Im Zuge einer anschließenden Hausübung oder Verschriftlichung im Unterricht kann dieser Schritt des kritischen Hinterfragens noch weiter verinnerlicht werden. Die Autorinnen geben hier die Energy Tracking Diagrams als ein anwendbares Modell an. Dabei sollen Schüler/innen ihr Szenario aufzeichnen und den Energieverlauf abbilden. Dazu sollen sie die Richtungen des Energieflusses und die Energieformen als „Energiequanten“ wie im Energy Theater einzeichnen, darauf achten, wie viele Energiequanten sich wo befinden und die einzelnen Bereiche mit kurzen Erklärungen zur Energieumwandlung beschriften. Diese Diagramme machen es möglich, den Energiefluss genau nachzuvollziehen und zeigen, dass Energie nicht einfach irgendwo auftaucht oder verschwindet. Sie helfen Lernenden die abstrakte Energie in einem Prozess auf dem Papier zu verfolgen und machen es leichter, das Konzept gemeinsam aufzubauen. Dabei ist es möglich, einen Prozess erstmals aufzuzeichnen und immer wieder Neues hinzuzufügen oder auszubessern. Mit einem Energy Tracking Diagram wird nicht nur die Energie abgebildet, sondern auch der Lernfortschritt der Schüler/innen.²²

Während des ganzen Reflexionsprozesses soll die Lehrkraft Schüler/innen dabei unterstützen, Fragen zu stellen, das Modell selbst zu entwickeln und anschließend anzuwenden, sowie die Ender-

²² Abigail R. Daane, Lindsay Wells, Rachel E. Scherr. Energy Theater.

gebnisse zu bewerten, zu analysieren und zu kommunizieren. Wege für Lehrpersonen, Schüler/innen produktiv bei der Entwicklung ihrer Darstellungen zu unterstützen, sind in Tabelle 3 dargestellt.

Dinge, die eine Lehrkraft während dem Energy Theater tun kann, um die Schüler/innen produktiv zu unterstützen	
Macht	Sagt
Die Gruppen selbstständig arbeiten lassen, Abstand halten	Seid ihr euch alle einig, woher die Energie in diesem Schritt kommt?
Nur auf Nachfrage helfen	Was für einen Nachweis gibt es hier für eure Wahl der Energie?
Sich mit ihnen auf ein räumliches Level begeben	Was könnte eine Alternative zu eurer Darstellung sein?
Gruppenregeln festlegen	Wie und wann entscheidet ihr euch für eine Veränderung?
Bei sozialen Problemen in der Gruppe einschreiten	Wie und wann wisst ihr, wann ihr fertig seid?
Anstöße geben wie: „Eine andere Art das umzusetzen wäre...“, oder „Ein Schwachpunkt in eurer Darstellung wäre noch...“	Wie könntet ihr das jüngeren Schüler/innen verständlich machen?
Keine vorgegebene Antwort, aber eine Rechtfertigung für die Wahl der Umsetzung verlangen	Gibt es noch andere Beobachtungen zu eurem Szenario, die euch an- dere Blickwinkel offenlegen könnten?

Tabelle 3: Produktive Hilfestellungen der Lehrkräfte im Energy Theater²³

In der Abschlussdiskussion muss außerdem darauf eingegangen werden, dass Energie zwar als Substanz dargestellt werden kann, diesem Modell allerdings nicht entspricht. Weiter sollte die Lehrkraft, vor allem bei Klassen höherer Schulstufen, darauf hinweisen, dass Energie nicht in einem Objekt, sondern in einem Feld lokalisiert werden kann und negative Energiewerte trotz der Unmöglichkeit der Darstellung im „Theater der Energien“ in der Natur vorkommen können.²⁴

Eine zusammenfassende Aufstellung der Ebenen möglicher Lernziele ist in der Tabelle 4 dargestellt und folgt dem Modell von Ernst Kircher.²⁵

Leitziel/Richtziel	Lernen des Energiebegriffes
Grobziele	Energieumwandlung, -erhaltung, -transport kennen Energieformen nennen können
Feinziel	Energieerhaltungssatz
Prozessziel	Beobachten (I) Erkennen der Aufgabe, Suchen eines Lösungsweges, Auswählen einer geeigneten Methode (II) Darstellen, vorstellen, interpretieren der eigenen Ergebnisse (III) Ein physikalisches Modell aufbauen (VI) Reflexion des Zusammenhangs zwischen Modell und Physik (V)
Soziale Ziele	Rücksichtnahme, Toleranz, Kompromissbereitschaft, Teamfähigkeit, Kommunikationsbereitschaft, Auftreten vor einer Gruppe, Artikulation

Tabelle 4: Mögliche Lernzieleinteilung des Energy Theater

²³ Abigail R. Daane, Ben van Dusen. Energy Theater. Online unter: https://murdocktrust.org/wp-content/uploads/2016/07/Energy-Theater-Workshop_San-Diego.PinSci.pdf (Letzter Zugriff: 23.4.2019)

²⁴ Abigail R. Daane, Ben van Dusen. Energy Theater.

²⁵ Ernst Kircher, Raimund Girwidz, Peter Häußler (Hrsg.). Physikdidaktik. Theorie und Praxis (2015) 84-91

3. Forschungsziel und -design

Die Autorinnen des Energy Theater probierten die Methode selbst sowohl mit Schulkindern als auch Lehrer/innen aus und kamen zu dem Schluss, dass sie wesentlich zum Energieverständnis beitragen kann. Das Forschungsziel dieser Arbeit liegt in der Untersuchung, wie und nach welchen Aspekten diese Unterrichtsmethode von den Jugendlichen angenommen und bewertet wird. Um erste Aussagen über ihre Produktivität machen zu können, soll weiter herausgefunden werden, ob das Energy Theater den Lernenden helfen kann, die Grundideen aus der Energiequadrige von Duit in den ausgewählten Beispielen zu verstehen und anzuwenden. Eine Analyse der Daten soll zeigen, ob bereits erforschte Missverständnisse aus der Literatur mit den in den Klassen vorhandenen Schülervorstellungen übereinstimmen, diese durch Teilnahme am Energy Theater überwunden und der größere Zusammenhang zwischen den vier Hauptaspekten der Energie (Erhaltung, Umwandlung, Transport, Entwertung) für Lernende erkennbar werden kann; oder ob durch die neue Art der Darstellung im Unterricht Fehlvorstellungen zu einzelnen Szenarien beibehalten, beziehungsweise sogar bestärkt werden.

3.1 Forschungsfragen

Es stellen sich folgende Forschungsfragen:

1. Welche Schülervorstellungen sind bei den teilnehmenden Lernenden vorhanden?

Es soll untersucht werden, ob die Schülervorstellungen mit denen in der Literatur übereinstimmen, ob es Unterschiede bei sozialen Faktoren gibt und wer genau welche Prekonzepte verinnerlicht hat.

2. Können Schüler/innen nach der Durchführung der Methode das Energiekonzept auf ausgewählte Beispiele anwenden?

2a) Können Schüler/innen, die im Pretest eine Schülervorstellung gezeigt haben, das Energiekonzept nach der Teilnahme am Energy Theater richtig anwenden?

Es soll ermittelt werden, inwieweit den Lernenden die richtige Umsetzung zu Aspekten des Energiekonzeptes nach Mitwirken im Energy Theater gelang, obwohl gegebenenfalls physikalisch inkorrekte Schülervorstellungen zum Thema Energie bei ihnen vorhanden sind. Um die Methode als positive Einwirkung auf den Lernprozess zu legitimieren, müssten die Antworten der Teilnehmer/innen nach der Durchführung der Einheit zeigen, dass sie trotz vorhergegangenen Missverständnissen die Grundideen der Energiequadrige auf gegebene Beispiele anwenden können.

2b) In welcher Weise gehen Schüler/innen mit den Inhalten der Methode um?

Dabei soll aus Beobachtungen hervorgehen, wie sehr Schüler/innen in eine aktive Auseinandersetzung mit der Methode und der Physik treten und welche Lösungswege sie einschlagen werden. Dazu werden im Evaluierungsbogen drei Fragen (5 bis 7) gestellt, die Antworten zur Energie in einem Bewegungsablauf verlangen, sowie eine Einschätzung und Begründung der Antwort. Die Lösungen der Schüler/innen sollen zeigen, ob das richtige Energiekonzept auf diese Bewegungsabläufe angewendet werden kann, oder ob nach wie vor Schülervorstellungen dominieren. Es wird vermutet, dass durch die gruppenspezifische Aufgabe alle Lernenden am Ablauf des Energy Theater aktiv teilnehmen und anschließend eine Grundlage haben müssen, die Fragen 5 bis 7 zu beantworten. Die Hypothese legt vor, dass Schüler/innen diese auf Grund dessen richtig begründen und sich mit ihren Angaben sicher sein sollten.

2c) Bestimmen soziale Faktoren das Antwortverhalten bei den Fragen 5 bis 7?

Es soll festgestellt werden, ob es einen Unterschied bei den sozialen Faktoren gibt, um abzuschätzen, wer nach Anwenden der Methode über welche Handlungsspielräume verfügt. Es gilt die Annahme, dass Personen, die schon länger Physikunterricht haben, den naturwissenschaftlichen Zweig gewählt und am Fach Physik interessiert sind, die Grundideen der Energiequadriga eher auf Beispiele anwenden können, als jüngere Schüler/innen, die nicht für Physik zu begeistern sind, zu überprüfen.

2d) Gibt es einen Unterschied im Antwortverhalten zu den Fragen 5 bis 7 bei Teilnehmerinnen und Teilnehmern?

Es ist zu begutachten, ob Mädchen und Burschen anders auf Wissensfragen antworten, wie sie ihre Antworten begründen und wie sicher sie sich bei ihren Aussagen sind. Die Vermutung liegt nahe, dass männliche Personen größeres Interesse am Fach Physik zeigen und daher eventuell größere Handlungsspielräume bei der Anwendung des Energiekonzeptes auf die Beispiele zeigen könnten.

3. Welche sozialen Faktoren spielen eine Rolle bei der Akzeptanz des Energy Theater von Lernenden und wie wird die Methode von Befragten bewertet?

3a) Welche Individuellen Faktoren bestimmen, wie die Methode von den Lernenden bewertet wird?

Dabei soll erforscht werden, ob ein Unterschied der Antworten bei beiden Geschlechtern beziehungsweise Schüler/innen aus verschiedenen Schulzweigen²⁶ erkennbar ist. Außerdem soll untersucht werden, ob verschiedene Altersgruppen, Vorlieben und das individuelle Wohlbefinden während der Durchführung der Unterrichtsmethode eine Auswirkung auf die gesamte Bewertung der Einheit haben. Erwartet wird, dass sich vor allem Gegensätze bei den Faktoren Geschlecht, Alter und Schulzweig zeigen werden.

²⁶ In der Schule, in der die Befragung durchgeführt wurde, wird ab der 3.Klasse entweder der naturwissenschaftliche oder der Zweig mit medialem Jugendlichen gewählt.

3b) Beeinflusst das Wohlbefinden während der Einheit, unabhängig vom Alter der Teilnehmer/innen, den Wunsch, die Methode öfter im Unterricht anzuwenden und die Tatsache, dass Schüler/innen währenddessen etwas Neues zum Thema Energie lernen?

Es wird beobachtet, ob Teilnehmer oder Teilnehmerinnen die Methode eher öfter im Unterricht anwenden wollen würden. Außerdem soll herausgefunden werden, ob sich ein Geschlecht wohler bei der Durchführung fühlt. Zusätzlich soll analysiert werden, ob der Wunsch, die Methode öfters in Lerneinheiten einzubauen, mit höherer Schulstufe größer oder kleiner wird. Weiter soll beobachtet werden, in welchem Zusammenhang das Wohlbefinden während der Methode mit der Tatsache, dabei etwas Neues über Energie gelernt zu haben, steht. Es ist anzunehmen, dass das Wohlfühlen einen entscheidenden Faktor spielt, das Energy Theater öfter anwenden zu wollen und dabei Wissen zu erwerben, und dass ältere Teilnehmer/innen sich zunehmend unwohler bei Gruppenarbeiten fühlen könnten.

3c) Welche Aspekte der Methode werden positiv oder negativ bewertet und gibt es diesbezüglich Unterschiede im Antwortverhalten bei Mädchen und Burschen?

Es soll dargestellt werden, welche Aspekte an der Methode besonders und welche gar nicht gefallen, sowie ob diese miteinander in Zusammenhang stehen. Die Hypothese sagt voraus, dass vor allem der Spaßfaktor einen großen Pluspunkt bei beiden Geschlechtern darstellen könnte. Aufgrund der Unbekanntheit der Methode, könnte ein chaotischer Ablauf als negativ bewertet werden.

3d) Gibt es Unterschiede in der Bewertung der Methode von Lernenden, die den naturwissenschaftlichen Schulzweig gewählt haben und an Physik interessiert sind und Befragten des Medien-Schulzweiges mit keiner Begeisterung für das Fach?

Erforscht wird, ob Schüler/innen des naturwissenschaftlichen Zweiges bessere Bewertungen abgeben, als die des Medien-Schulzweiges. Der Vergleich zwischen den verschiedenen Zweigen soll auch zeigen, für welche Teilnehmer/innen die Methode leichter verständlich ist und ob Befragte eines bestimmten Zweiges gewisse Aspekte an der Methode nicht mögen. Anschließend wird zum Interesse am Fach Physik Bezug genommen, indem eruiert wird, welche Pluspunkte Physikinteressierte für die Methode austeilen. Es wird vermutet, dass Personen, die sich aufgrund des Interesses oder der Zweigwahl mehr mit Physik beschäftigen, Vorteile beim Verständnis der Methode und ihren Inhalten haben und sie diese insgesamt besser bewerten.

3.2 Planung der Lerneinheit

Die Durchführung der Unterrichtsintervention soll sich inhaltlich an den Vorschlag des Originalartikels halten. Da die Erhebung in einer Unterrichtseinheit von fünfzig Minuten durchgeführt werden muss, wird das Ablaufprogramm so gestrafft, dass es möglich ist, den Lernenden den Rahmen der Forschung und die Methode zu erklären, sowie sie anschließend durchzuführen und zu

bewerten. Ausgehend von Duit's Unterrichtsplanung sind die Lernziele in Tabelle 4 aufgelistet. Um den Rahmen zu vervollständigen, muss zuerst eine Erhebung der derzeitigen Schülervorstellungen stattfinden, um bei der Auswertung der erhobenen Daten festzustellen und zu vergleichen, ob diese mit der Literatur übereinstimmen. Die Grundideen sind durch die Energiequadrige festgelegt: Umwandlung, Erhaltung, Transport und Entwertung. Als Sachstruktur wird das Energy Theater als Methode gewählt und soll nun als solche evaluiert werden.

Während und nach der Durchführung und Besprechung des Energy Theater muss daher beobachtet werden, wie Schüler/innen mit den gestellten Aufgaben umgehen. Als Anleitung bekommen sie lediglich die Regeln der Methode erklärt, die sie mit ihren Gruppenaufträgen auf einem Ablaufprotokoll ausgedruckt erhalten. Die Bereiche werden von der Lehrkraft für alle Szenarien mit Klebeband auf dem Boden gekennzeichnet. Diese ansonsten offene Aufgabenstellung wird für alle Klassen gleich gestellt und gibt keine weiteren Vorgaben oder Inputs. Es soll sich zeigen, welche kreativen Ansätze die Lernenden verfolgen und wie das Energy Theater ohne tiefergehende Anleitung ablaufen wird. Dabei ist besonders auf die Art der Gruppendarstellungen Rücksicht zu nehmen und darauf, wie viel Hilfestellung Lernende vor, während und nach der Einheit brauchen, um feststellen zu können, ob die Methode an sich selbsterklärend ist und dadurch ohne Zutun ablaufen kann. Es bleibt zu sehen, ob eine aktive Auseinandersetzung mit den Inhalten möglich ist, oder ob und vor allem wann, Hilfestellung von einer Lehrkraft erforderlich wird, um beim richtigen Konzept zu bleiben. Die Schüler/innen werden daher während der Durchführung der Methode lediglich dann Unterstützung der Lehrperson erhalten, wenn im Gruppenverband tatsächlich kein selbstständiges Weiterkommen mehr möglich ist. Im anschließenden Fragebogen werden drei Fragen gestellt, bei denen die Teilnehmer/innen ihr Wissen aus den Inhalten der Methode auf neue Beispiele anwenden müssen. Dabei wurden folgende Szenarien zur Auswahl gestellt:

- a. Ein Schalter wird umgelegt und eine Glühbirne beginnt zu leuchten
- b. Ein Auto beschleunigt und bremst
- c. Ein Gummiball wird gegen eine Wand geworfen und springt zurück

Diese Szenarien wurden gewählt, weil sie im Originalartikel als Beispiele besprochen werden und weil sie gut geeignet sind, um Schülervorstellungen hervorzulocken.

Szenario i

Das Szenario zum Stromkreis enthält viele Energieträger und Energieumwandlungen, wie in Abbildung 3 sichtbar wird. Inhaltlich kommt es auch den Schülervorstellungen nahe, nur elektrischer Strom sei Energie. Es kann damit verbundene Prekonzepte besser hervorlocken und aufdecken. Das Szenario legt einen Fokus auf die Energieumwandlungen und die verschiedenen vorkommenden Energieformen, sowie den Energietransport. Die Schwierigkeiten bei diesem Beispiel liegen

bei der Überwindung der Schülervorstellungen und dem genauen Nachvollziehen des Energieflusses in allen Trägern. Es ist daher ratsam, jüngeren Lernenden mehr Beratung und Unterstützung während der Erarbeitung zukommen zu lassen, um ihnen eine gänzlich durchdachte Darstellung zu ermöglichen. Abgeleitet aus dem Erwartungshorizont des Originalartikels der Autorinnen skizziert Abbildung 3 eine Möglichkeit zur Benennung der Bodenbereiche und den dazugehörigen Energieformen. Die „X“ stellen die mit Klebeband markierten Bereiche dar, auf denen sich die Schüler/innen mit ihren ausgewählten Handzeichen als „Energiequantum“ bewegen. Die Energieträger könnten „Schalter“, „Kabel“, „Glühbirne“ und „Umgebungsluft“ sein und von den Lernenden in ihr Schauspiel eingebaut werden.

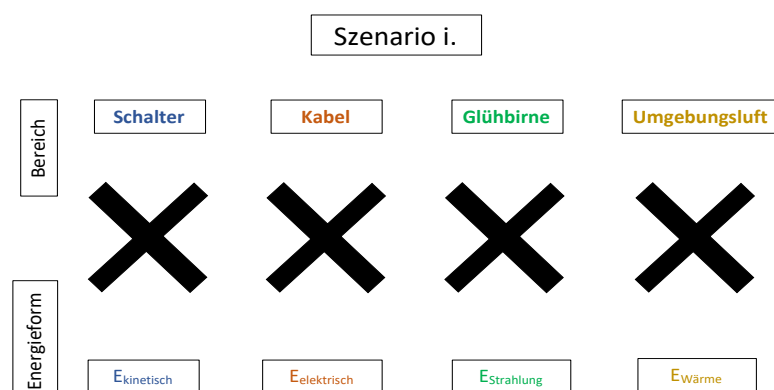


Abbildung 3: Beispielhafte Benennung der Energiebereiche zu Szenario i

Szenario ii

Das Szenario mit dem Bremsvorgang des Autos scheint auf den ersten Blick, im Vergleich zu den beiden anderen, kompakter und eventuell einfacher zu verstehen zu sein. Allerdings liegt die Schwierigkeit darin verborgen, die richtigen Energieträger zu erkennen und den Energieerhaltungssatz anzuwenden. So zeigt sich, ob Teilnehmer/innen Energie nur dort erkennen, wo für sie ersichtliche Bewegung stattfindet. Das Beispiel beinhaltet somit die Grundelemente der Erhaltung, Umwandlung und des Transportes. Außerdem eignet es sich sehr gut, um den Lernenden das Konzept der Energieentwertung näher zu bringen; allerdings weniger, um sie es selbst ergründen zu lassen, da erwartet wird, dass sie selbstständig nicht zu diesem Gedankengang kommen. Bei jüngeren Lernenden ist es daher ratsam, die Energieentwertung nach Durchspielen des Vorgangs mit ihnen anhand des Beispiels einzuführen. Bei Fortgeschrittenen lässt sich mit diesem Szenario überprüfen, ob Teilnehmer/innen die Energieentwertung bereits begriffen haben. Abgeleitet aus dem Erwartungshorizont des Originalartikels der Autorinnen skizziert Abbildung 4 eine Möglichkeit zur Benennung der Bodenbereiche und den dazugehörigen Energieformen. Die Energieträger könnten „Auto“, „Reifen“ und „Straße“ sein und von den Lernenden in ihr Schauspiel eingebaut werden.

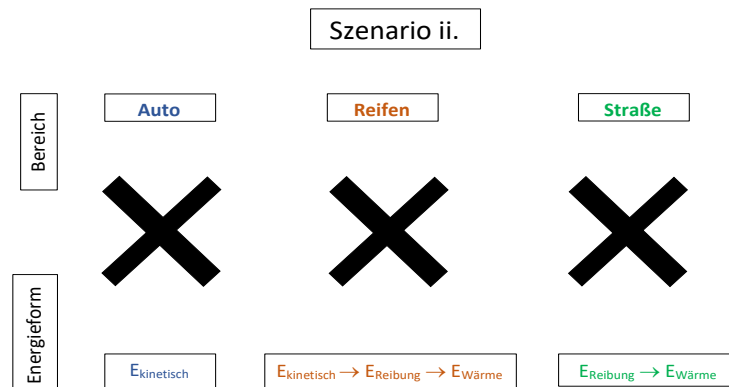


Abbildung 4: Beispielhafte Benennung der Energiebereiche zu Szenario ii

Szenario iii

Das Szenario mit dem Ball stellt eine Herausforderung für die Schüler/innen dar, da sie möglicherweise innerhalb eines Bereiches mehrere Energieformen und Umwandlungen einbauen, beziehungsweise wirklich gut überlegen müssen, welche Energieform zu welcher Zeit wo zu finden sein wird, um die Bewegung korrekt darzustellen. Als Grundidee stehen hier somit die Energieumwandlung und der Energietransport im Fokus. Eine weitere Schwierigkeit kann die Tatsache darstellen, dass der Vorgang nicht linear in eine Richtung abläuft, wie die anderen beiden Beispiele, sondern hin und herpendelt. Besonders jüngere Schüler/innen brauchen hier mehr Hilfestellungen, um nachzuvollziehen, wie sie den Energiefluss am besten verfolgen können. Außerdem kommen in diesem Bereich Energieformen vor, die für Lernende oft unsichtbar bleiben, da sie in ihren Augen nichts Aktives bewirken. Es ist daher ratsam, die potenzielle und die Verformungsenergie noch einmal hinweisend mit ihnen zu besprechen. Abgeleitet aus dem Erwartungshorizont des Originalartikels der Autorinnen skizziert Abbildung 5 eine Möglichkeit zur Benennung der Bodenbereiche und den dazugehörigen Energieformen. Die Energieträger könnten „Ball“, „Boden“ und „Wand“ sein und von den Lernenden in ihr Schauspiel eingebaut werden.

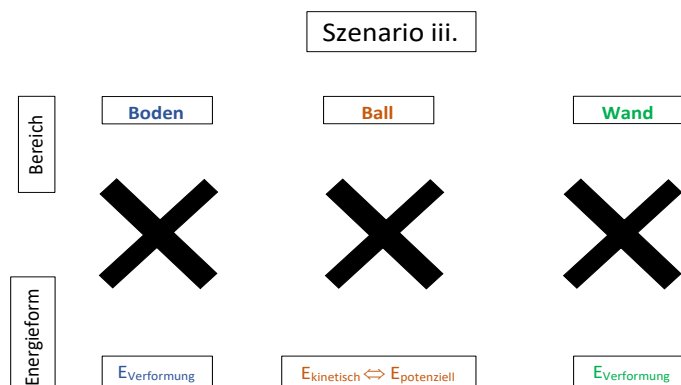


Abbildung 5: Beispielhafte Benennung der Energiebereiche zu Szenario iii

Es soll anschließend herausgefunden werden, ob sie trotz möglicher vorausgehender Fehlvorstellungen aus dem Energy Theater Wissen erwerben können, um die gestellten Aufgaben zu lösen.

Der Vergleich der Erkenntnisse aus den Beobachtungen der Befragten während der Methode mit den Ergebnissen ihrer Antworten auf Fehlkonzepte und fachliches Wissen in den Fragen 5 bis 7 soll zeigen, ob es Auswirkungen des Energy Theater auf das Energiekonzept der Lernenden gibt. Dabei soll ein Fokus auf Gemeinsamkeiten bei der Darstellung und Besprechung der Ergebnisse aller Gruppen gelegt werden. In der Abschlussdiskussion nach den Darstellungen der Teilnehmer/innen sollen Ähnlichkeiten und Unterschiede herausgearbeitet, sowie Missverständnisse und Verbesserungsvorschläge angesprochen werden. Zudem sollen sich die Schüler/innen selbst und die anderen Gruppen bewerten und einschätzen. Die Lehrkraft kann folglich beurteilen, welche individuellen Fortschritte die Lernenden gemacht haben und auf welchem Niveau sie durch Reflexion ihre Fähigkeiten anwenden können. Sollten an dieser Stelle noch Schülervorstellungen auftauchen, wird es möglich, auf diese explizit einzugehen. Die Teilnehmer/innen können dann direkt anhand ihren Darstellungen lernen.

Außerdem werden die Schüler/innen mit den Fragen 1 bis 4 zu ihrer Person befragt, um feststellen zu können, welche Vorraussetzungen jede Person zu den gegebenen Antworten hat. Dazu werden anschließend auch soziale Faktoren (Fragen 8 bis 15) erhoben, deren Analyse ergeben soll, ob die Methode von den Lernenden allgemein gut oder schlecht angenommen wird. Hierzu wird nach dem Wohlbefinden, Spaß- und Abwechslungsfaktor und individuellen Vorlieben der Teilnehmer/innen gefragt und die Ergebnisse mit den Antworten aus dem Wissensbereich der Evaluierung in Zusammenhang gebracht.

Weiter sollen nach den jeweiligen Einheiten die Klassenlehrer/innen der teilnehmenden Gruppen um eine Einschätzung der Methode gebeten werden. Da die Kolleg/innen das Energy Theater noch nicht kennen und ihre Schüler/innen ebenfalls während der Durchführung beobachten, können sie anschließend ein Feedback geben, welchen Eindruck die Methode bei ihnen hinterlässt. Dadurch wird es möglich, das Energy Theater aus einem neuen Blickwinkel zu betrachten und vollständiger zu evaluieren.

Da im Zuge dieser Arbeit mit zehn Klassen gearbeitet wird, können die Ergebnisse nur Aufschluss darüber geben, was von einer derartigen Evaluierung mit einer größeren Gruppe an Lernenden zu erwarten ist. Die Befragung dient daher als Pretest und kann durch Erweiterung der Stichprobe in einer fortführenden Arbeit noch qualitativ ausgeweitet werden.

3.3 Fragebogen

Der entwickelte Fragebogen (siehe Anhang) ist inhaltlich auf die Forschungsfragen abgestimmt. Er wird in zwei Teile aufgliedert und beginnt mit einem A5 Blatt mit drei Begriffen, zu denen die Schüler/innen ihre ersten Assoziationen schreiben sollen, noch bevor darüber gesprochen wird,

worum es in der Methode und dem Projekt gehen wird. Dazu sind einfache Linien hinter „Energie ist...“, „Energieumwandlung ist...“ und „Energieformen sind...“ gesetzt, um eine möglichst freie Beantwortung zu gewährleisten und Daten für die Forschungsfrage 1 zu sammeln. Eingrenzend wird lediglich dazu gesagt, dass die Antworten physikalischen Bezug haben sollen (siehe Anhang). Dadurch soll sich zeigen, welche Prekonzepte Schüler/innen zur Energie haben. Außerdem sollen sie bei der Auswertung als Vergleich zu den Ergebnissen des zweiten Fragebogenteils dienen, um Aussagen darüber treffen zu können, ob sich diese Konzepte gegenseitig im Weg stehen. Mit einer Analyse und einer Gegenüberstellung der Antworten des ersten Teils des Fragebogens, lässt sich herausfinden, ob die Prekonzepte gleichbleiben, oder sich verändern. Dazu sollen die Antworten aus der Vorerhebung und den Fragen 5 bis 7 in Cluster zusammengefasst und miteinander statistisch gekreuzt werden. Die Cluster der Vorerhebung werden nach „physikalisch korrekte Antwort“, „teilweise physikalisch korrekte Antwort“, „andere richtige Assoziation zur Beantwortung“, „Synonym“ und „Fehlvorstellung“ eingeteilt. Der Erwartungshorizont der physikalisch korrekten Antworten umfasst Aussagen zu folgenden Definitionen: „Energie ist die Fähigkeit eines Körpers, Arbeit zu verrichten“; „Energieumwandlung ist ein Prozess, bei dem eine Energieform in eine andere umgewandelt wird“; Energieformen sind kinetische, potenzielle, Reibungs-, Wärme-, Strahlungsenergie (etc.)“. Diese Begriffserklärungen werden als Maßstab herangezogen, da sie so im konventionellen Physikunterricht gelernt werden.

Der zweite Teil des Fragebogens wird nach Durchführung der Methode und Präsentation der Ergebnisse ausgeteilt. Er beinhaltet 15 standardisierte, geschlossene Fragen, wobei die ersten vier, allgemeine Daten, die anschließenden drei inhaltliches physikalisches Wissen und die letzten acht soziale Parameter abfragen. Sie sind, bis auf eine Frage und die offenen Begründungsmöglichkeiten, als Single-Choice-Fragen konzipiert, wodurch der Fragebogen nur als gültig gewertet werden kann, wenn dieses Prinzip eingehalten wird. Nur bei Frage 5 ist eine Mehrfachantwort möglich, um herauszufinden, wie viele und welche Aspekte die Schüler/innen in der Präsentation beobachten können, ohne schon eine fixe, richtige Anzahl vorzugeben. Als Abschluss gibt es ein Kästchen für weiteres Feedback zum Fragebogen und der Methode, das nicht verpflichtend ausgefüllt werden muss, um eventuelle, produktive Rückmeldungen zur Methode oder der Erhebung generell einfangen zu können (siehe Anhang).

Mit den allgemeinen Angaben soll es möglich gemacht werden, die Schülerin oder den Schüler gesellschaftlich und auch nach der intrinsischen Motivation einzuordnen. Dabei ist in Bezug auf die Forschungsfragen wichtig, welches Geschlecht, welche Schulstufe und welches physikalische Interesse, sowie welchen Schulzweig die Befragten als Hintergrund haben.

Frage 5 bis 7 (Energiekonzept anwenden)

Um zur Beantwortung der Forschungsfrage 2a) Daten zu sammeln, wurden drei Fragen ausgearbeitet, die zeigen sollen, ob Schüler/innen die Grundideen der Energiequadriga an Beispielen anwenden können.

Frage 5: Während der Präsentation konnten wir beobachten, dass ...

Diese Frage lässt mehrere Antworten zu und soll zeigen, welche Aspekte von Energie Lernende aus dem Energy Theater mitnehmen. Die Antwortmöglichkeiten enthalten gängige Schülervorstellungen, wie zum Beispiel den Energieverbrauch oder Energie allein in einer Form vorzufinden. Auf die Schülervorstellung, nur elektrischer Strom sei Energie, wird hier bewusst verzichtet, da nur in einem der drei Szenarien elektrische Energie vorkommt. Um diese Frage richtig zu beantworten, müssen Lernende die physikalisch richtigen Antworten erkennen und aus den Auswahlmöglichkeiten herausfiltern. Diese sind: „Energie kann in mehreren Formen auftreten“, „Energie kann gespeichert werden“, „Energie kann von einem Körper auf einen anderen übertragen werden“, „Energie kann umgewandelt werden“ und „die Veränderung der Energie kann durch Fließen über die Systemgrenzen hinein oder hinaus beschrieben werden“.

Frage 6: Wenn ein fahrendes Auto gegen eine Mauer fährt und dadurch zum Stillstand kommt, wird die Bewegungsenergie des Autos....

Diese Frage zielt klar auf den Energieerhaltungssatz und die Energieumwandlung ab. Es soll sich zeigen, wie tief verankert die Schülervorstellung des Energieverbrauchs ist und womit sie anschließend begründet wird. Genauso wichtig ist es zu erfahren, wie Lernende die Energieumwandlung argumentieren. Dabei ist interessant, ob sich zu erkennen geben wird, dass Schüler/innen diese Grundidee rein auswendig gelernt aus dem Unterricht, oder tatsächlich fundierte Antworten wiedergeben. Um diese Frage richtig zu beantworten, müssen Lernende den Energieerhaltungssatz anwenden können. Die physikalisch korrekte Antwort wäre, dass die Bewegungsenergie „in andere Energieformen umgewandelt“ wird.

Frage 7: Wenn bei einer Bremsung das Auto der Energieträger der Bewegungsenergie ist, sind/ist die/der Energieträger der Reibungsenergie...

Hier werden der Energietransport und die Energiespeicherung in den Fokus gestellt. Teilnehmer/innen müssen nicht nur diese Konzepte richtig anwenden, sondern dafür auch die Wechselwirkung der Reifen mit der Straße erkennen. Außerdem bleibt auch die Energieumwandlung als Grundidee im Mittelpunkt. Ob die Energieentwertung anhand dieses Beispiels von Lernenden erwähnt werden wird, ist ebenfalls von Interesse. Um diese Frage richtig zu beantworten, müssen Lernende die physikalisch richtigen Antworten erkennen und aus den Auswahlmöglichkeiten herausfiltern. Um diese Frage richtig zu beantworten, müssen Lernende den Energiefluss bis zu Ende

des Vorganges verfolgen und die Energieträger benennen können. Diese wären „die Reifen und die Straße“.

„Misunderstanding means you get it wrong due to the wrong preconception. (...) Lack of knowledge means you get it wrong because you do not have information about it.“²⁷

Somit ist es möglich, die Teilnehmer/innen in drei Gruppen zu unterteilen. Die „Understanding“-Gruppe ist jene, die die richtige Antwort ankreuzt, die richtige Begründung angibt, und sich dabei sicher ist. Die „Lack of knowledge“-Gruppe beinhaltet Kandidat/innen, die zwar die richtige Antwort ankreuzen, die Begründung richtig oder falsch beantworten, sich aber nicht sicher sind, oder sogar geraten haben. Die Befragten der „Misconcept“-Gruppe kreuzen die Antwort entweder richtig oder falsch an, haben allerdings eine falsche Begründung formuliert, obwohl sie sich dabei sicher sind.²⁸

Um Antworten auf die Forschungsfrage 2b) zu bekommen, werden die erhobenen Daten der Fragen 5 bis 7 mit den Angaben zur Person und den sozialen Parametern statistisch gekreuzt und diese Ergebnisse ausgewertet, sowie mit der physikalischen Richtigkeit der Antworten verglichen.

Um für die Forschungsfrage 2c) Aussagen machen zu können, gilt es herauszufinden, ob Unterschiede zwischen den Antworten der Mädchen und Burschen zu erkennen sind. Diese werden mit dem Aspekt „Geschlecht“ statistisch gekreuzt.

Frage 8 bis 15 (Soziale Parameter)

Frage 8: Wie hat dir die Methode gefallen?

Mit dieser Frage soll eine erste Einschätzung gegeben werden, ob das Energy Theater allgemein positiv ankommt oder nicht. Diese Bewertung wird zur Beantwortung der Forschungsfragen 3a) und d) herangezogen.

Frage 9: Hat dir die Methode Spaß gemacht?

Weiter soll der Spaßfaktor eruiert werden, um anschließend ermitteln zu können, welchen Stellenwert dieser bei Schüler/innen einnimmt. Wichtig ist auch herauszufinden, wem die Methode Spaß gemacht hat. Die Ergebnisse werden zur Beantwortung der Forschungsfragen 3a), b) und c) herangezogen.

Frage 10: Wie wohl hast du dich während der Einheit gefühlt?

Die Antwort auf diese Frage ist wesentlich, um die Methode bewerten zu können. Um zu sehen, in wie weit das Wohlbefinden mit dem Lernen zusammenhängt, ist es essentiell, die Daten dieser

²⁷ Chinapat Mongkholsiriwattana. Designing a test to measure misconception about energy conservation. Online unter: https://indico.cern.ch/event/478090/contributions/2138067/attachments/1286839/1914570/Designing_a_test_to_measure_misconception_about_energy_conservation_Present_version_3.pdf (Letzter Zugriff: 16.3.2019)

²⁸ C. Mongkholsiriwattana. Designing a test to measure misconception about energy conservation.

Frage mit denen der anderen sozialen Parameter statistisch zu kreuzen. Die Resultate werden zur Beantwortung der Forschungsfragen 3a) und b) herangezogen.

Frage 11: Hast du etwas physikalisch Neues über das Thema Energie erfahren?

Schüler/innen sollen bei dieser Frage selbst eine Einschätzung geben, ob sie ihr Konzeptverstehen durch die Durchführung der Methode erweitern können. Diese Bewertung ist wichtig, um beim Analysieren der Daten herauszufinden, unter welchen sozialen Voraussetzungen das Lernen stattfindet. Dazu werden sie mit denen der anderen sozialen Parameter statistisch gekreuzt. Die Ergebnisse werden zur Beantwortung der Forschungsfrage 3b) herangezogen.

Frage 12: Würdest du diese Methode gerne öfter im Unterricht verwenden?

Auch diese Frage ist essentiell, um bewerten zu können, wie Schüler/innen das Energy Theater annehmen. Der Wunsch, die Methode öfter durchzuführen, könnte allgemein mit einer positiven Beurteilung gleichzusetzen sein. Die Daten werden zur Beantwortung der Forschungsfragen 3b) herangezogen.

Frage 13: War dir immer klar, was zu tun war, oder hätte etwas besser erklärt werden müssen?

Mit dieser Frage wird versucht auszuschließen, dass die Methode aufgrund von Missverständnissen negativ bewertet wird. Es ist damit einfacher abzuschätzen, ob Probleme auftreten, weil bei der Umsetzung des Ablaufplanes Irrtümer aufgekommen, oder das Energy Theater als Ganzes nicht gemocht wird. Die Antworten werden zur Beantwortung der Forschungsfrage 3d) herangezogen.

Frage 14: Was hat dir am allerbesten an der Methode gefallen?

Um herauszufinden, was den Lernenden an der Methode Freude gemacht hat, werden Aspekte abgefragt, wie zum Beispiel „das soziale Miteinander“, „es war etwas Neues“, oder auch „dass mehr gelernt wurde, als im normalen Unterricht“. Die Vergleiche mit den anderen sozialen Parametern lassen Schlüsse ziehen, wieso Schüler/innen das Energy Theater positiv bewerten. Die Resultate werden zur Beantwortung der Forschungsfragen 3a), c) und d) herangezogen.

Frage 15: Was hat dir gar nicht an der Methode gefallen?

Im Zusammenhang mit Frage 14 wurden Aspekte abgefragt, die den Lernenden nicht an der Methode gefallen, um zu sehen, welche Schwachstellen das Energy Theater in der Anwendung mit Personen haben kann. Es gibt Antwortmöglichkeiten wie „zu chaotisch“, „ich wusste nicht, was ich davon lernen sollte“, und „ich präsentiere nicht gerne vor der Gruppe“. Diese Faktoren sollen in der statistischen Kreuzung zeigen, warum die Methode negativ bewertet wird. Vor allem könnte sich ein Zusammenhang mit dem Wohlbefinden während der Einheit zeigen. Die Ergebnisse werden zur Beantwortung der Forschungsfragen 3a), c) und d) herangezogen.

Es wird darauf geachtet, die Fragen so zu formulieren, dass sprachlichen Missverständnissen, so gut wie möglich, schon vor der Befragung entgegengewirkt werden kann. Auch auf eine ansprechende und klar strukturierte Formatierung wird bei der Erstellung des Fragebogens ein wesentlicher Fokus gelegt.

4. Durchführung der Unterrichtsintervention und Datenerhebung

4.1 Allgemeine Durchführung

Auf eine kurze Vorstellung folgte die Vorherhebung mit dem ersten Teil des Fragebogens, wobei die Schüler/innen eine Minute Zeit hatten, ihre ersten eigenen physikalischen Assoziationen zu „Energie ist...“, „Energieumwandlung ist...“ und „Energieformen sind...“ niederzuschreiben. Dazu sollten sie lediglich diese drei Satzanfänge mit dem ersten Gedanken vervollständigen, der ihnen in den Sinn kam. Nach sechzig Sekunden sollten alle Teilnehmer/innen den Zettel umdrehen und auf ihrem Platz liegen lassen. Anschließend wurde im Zuge der Erklärung der Methode mit Hilfe einer PowerPoint-Präsentation (siehe Anhang) der Arbeitsauftrag und die Regeln des Energy Theater frontal und im Klassenverband aufgezeigt. Es wurde durchgezählt und die Schüler/innen anhand dessen in drei Gruppen eingeteilt. Bei Klassenstärken von durchschnittlich 25 Schüler/innen bestand eine Gruppe daher aus ungefähr acht Personen. Damit wurde ihnen auch ein Thema (i, ii oder iii) zugeteilt, das sie anschließend erarbeiten und gemeinsam präsentieren sollten.

Um zu garantieren, dass der zeitliche wie auch methodische Rahmen eingehalten wird, wurden noch im Klassenverband Gruppensprecher und Zeitbeauftragte gewählt und der Arbeitsablauf beschrieben. Ein mögliches Ablaufprotokoll für die Choreographie-Phase (siehe Anhang) wurde den Lernenden zur Verfügung gestellt und richtete sich inhaltlich nach den Vorschlägen der Autorinnen Abigail R. Daane, Lindsay Wells, und Rachel E. Scherr. Es sollte dafür sorgen, dass sich Gruppenmitglieder nicht in einer Diskussion über nur einen Aspekt der Choreographie verlieren und ihr „Theater der Energien“ fertigstellen können. Das machte es einfacher, die geplante Zeitspanne für die Phasen einzuhalten, um anschließend auch alle Gruppen mit gänzlich durchdachten und vorbereiteten Performances präsentieren zu lassen.

Anschließend wurden die Teilnehmer/innen in die Gruppen entlassen, wobei sie sich, den räumlichen Möglichkeiten entsprechend, so aufteilen sollten, dass sie einander nicht stören. Außer den Regeln und den zugeteilten Inhalten, gab es keine weiteren Anweisungen oder Inputs für die Schüler/innen um ein möglichst freies Arbeiten anzuregen. Die Aufgabe der Lehrkraft war es, von Gruppe zu Gruppe zu gehen und die Rolle des Beraters einzunehmen. Nur bei tatsächlichen Verständnisschwierigkeiten, die nicht selbstständig in der Gruppe zu lösen waren, war es möglich, Hilfestellungen zu geben, um den Lernenden zu einer für sie optimalen Lösung der Aufgabe zu helfen, sie ihnen allerdings nicht vorzuzeigen oder gar aufzuzwingen.

Trotz Zeitbeauftragten in jeder Gruppe musste besonders zum Einüben der Arbeitsweisen der Methode auch von der Lehrkraft auf die Zeit hingewiesen werden. Generell war, wie zu erwarten,

mehr Hilfestellung nötig, als im Originalartikel beschrieben, da die Schüler/innen die Methode zum ersten Mal anwendeten. Die Lernenden arbeiteten in Gruppen zuerst einen Plan aus, wobei sie schriftlich oder rein mündlich vorgehen konnten. Im Anschluss begannen sie ihre Choreografien aufzustellen und zu üben. Dazu konnten sie die bereits aufgeklebten Markierungen für die Bodenbereiche in der Klasse verwenden. Die Schüler/innen wurden dazu angehalten, den Ablauf ihrer Darstellung mindestens einmal als Generalprobe durchzuspielen, um ein Gefühl für fehlende Aspekte zu bekommen und eventuelle Änderungen vorzunehmen.

Nach Ablauf der Zeit für die Erarbeitungs-Phase, wurde von der Lehrkraft die Rolle des Moderators eingenommen, alle Personen zurück in die Klasse geholt und die Gruppen nacheinander auf die währenddessen vorbereitete „Bühne“ und zum Vortrag gebeten. Dazu wurden die Bereiche auf dem Boden hinten oder vorne im Klassenraum mit Klebeband gekennzeichnet, welche den Energiezonen aus dem Originalartikel gleichkommen und von den Lernenden vor ihrer Präsentation ihrem Thema entsprechend benannt werden sollten. Die Teilnehmer/innen wurden nun angewiesen, nach einer kurzen Einführung des Erzählers und dem Erklären ihrer verwendeten Handzeichen, ihre pantomimische Darstellung der Energie in ihrem Szenario, wie in den oben genannten Beispielen, vorzuführen. Während den Präsentationen kam es nicht zu Diskussionen oder Korrekturen, da keine Zeit dafür blieb. Nach allen Themen gab es eine kurze Feedback-Runde über die Darstellungen der Schüler/innen, in der sie bewerten sollten, was gezeigt wurde und was gut und was schlechter verlaufen ist. Das sollte der Selbstreflexion der Lernenden dienen. Aus Zeitgründen wurden maximal drei Personen zu ihrer Meinung befragt.

Als Zusammenfassung und Abschluss wurde eine Abstimmung mit Handzeichen durchgeführt, welche Gruppe ihr Thema am verständlichsten vorführen konnte. Die Teilnehmer/innen mussten damit noch einmal überdenken, was gesehen und verstanden wurde, Feedback annehmen und sich eventuelle Alternativen überlegen, wie sie die Energien in den Szenarien gezeigt hätten. Außerdem sollten sie sich gegenseitig und sich selbst bewerten, einschätzen und beurteilen, was neben einem Verinnerlichen der Inhalte ebenso zum Ziel hatte, soziale Strukturen im Klassenverband weiter auszubilden. Da der zeitliche Rahmen auf fünfzig Minuten beschränkt war, fielen diese Abschlussdiskussionen allerdings sehr kurz aus und es blieben lediglich ein bis zwei Minuten, um sich maximal auf einen Aspekt der Besprechung näher zu konzentrieren. Im Gegensatz zur Einführung, der Durchführung und dem Ausfüllen des Fragebogens, war es bei den Abschlussgesprächen am einfachsten, diese zeitlich zu verkürzen, was bei einer tatsächlichen Unterrichtseinheit mit dem Energy Theater als Inhalt nicht sinnvoll gewesen wäre. Dieser Umstand war der Tatsache geschuldet, dass die Erhebung mit Schulstundenende beendet werden musste.

Abschließend wurde allen der zweite Teil des Fragebogens ausgeteilt und mit Hilfe der letzten Folien der PowerPoint-Präsentation erklärt, wie dieser optimal auszufüllen ist, um möglichst wenig Ungültige aussortieren zu müssen. Er wurde mit dem Vorerhebungsblatt gemeinsam abgesammelt. Mit einem möglichen kurzen mündlichen Feedback zur Erhebung selbst wurde die Einheit geschlossen.

4.2 Unterrichtsbeobachtung und Unterschiede

Da mit Lernenden unterschiedlicher Schulstufen und Wissensständen gearbeitet wurde, mussten gewisse Aspekte der Evaluierungseinheit an deren Voraussetzungen angepasst werden. Beispiele aus den Beobachtungen der Gruppen sollten zeigen, wie Schüler/innen die Aufgabenstellung bewältigten und welcher Ablauf befolgt wurde. Die Abänderungen wurden dabei vergleichend gegenübergestellt.

Beispiel zu Szenario i

Eine Schülergruppe bekommt das Thema „Stromkreis“ zugewiesen und bespricht die darin vorkommenden Energieformen. Sie erkennen recht schnell, dass durch elektrische Energie, für die sie das Zittern ihres Körpers als ikonisches Zeichen wählen, das Licht aus der Lampe kommt. Die Lernenden beschließen, es Licht- oder Strahlungsenergie zu nennen und in ihre Darstellung mit einem Öffnen und Schließen ihrer Finger pantomimisch einzubauen. Länger wird dann überlegt, was die Energieträger überhaupt sein könnten und nur wenige entschließen sich, auch das Drücken des Lichtschalters mit kinetischer Energie und damit einem angedeuteten Standlaufen dazu zu nehmen. Erst durch Hinweise begreifen auch schwächere Mitglieder, dass die Energie nach der Glühlampe irgendwo hingehen muss. Die Schüler/innen greifen dies jedoch sofort auf und erkennen, dass es sich um Wärmeenergie handeln muss, die sie schauspielerisch mit einem Hände-an-einander-Reiben auf die Bühne bringen wollen. Das konkrete Festlegen der Energieträger geschieht wieder mit Hilfestellungen und erfordert Nachfragen und Hinleiten der Lehrkraft nach dem Vorbild von Tabelle 3. Dazu wird der Anstoß gegeben, gemeinsam zu überlegen, in welchen Bereichen rund um die Glühbirne sich Veränderungen ergeben; die Energie somit eine Auswirkung haben muss. Sobald diese gefunden und verstanden sind, setzen die Teilnehmer/innen ihre Erkenntnisse selbstständig zusammen und proben ihre Darstellung. Sie entscheiden sich für die Bereiche „Schalter“, „Kabel“, „Glühbirne“, „Umgebungsluft“. Je zum Anfang und Ende mimt eine einzelne Person die kinetische Energie im Schalter mit dem ikonischen Handzeichen. Während der Schalter gedrückt ist, befinden sich Schüler/innen im Bereich „Kabel“ als elektrische „Energiequanten“ und manche wechseln dann von diesem zum Bereich „Glühbirne“. Hier wird die Handbewegung zur Strahlungsenergie geändert und langsam bewegen sich einige Schüler/innen erneut weiter in den Bereich „Umgebungsluft“, indem sie pantomimisch durch Händereiben die

Wärmeenergie anzeigen. Sobald der „Schalter“ wieder gedrückt wird, erstarren die Personen im „Kabel“ und die Gruppenmitglieder in der „Umgebungsluft“ behalten als einzige ihre Position mit ikonischem Zeichen bei.

Beispiel zu Szenario ii

Schüler/innen erkennen sehr schnell, dass kinetische Energie in ihrem Vorgang vorkommen muss. Sie stellen diese mit einem mit ihren Fingern geformten „K“ dar. Anschließend beginnt die Diskussion darüber, welche Energieformen es geben muss, wenn das Auto bremst. Nach längerer Auseinandersetzung einigen sie sich auf Reibungsenergie, die mit Händereiben angezeigt wird. Eine Person weist darauf hin, dass im Physikunterricht gelernt wurde, dass bei Reibung immer auch Wärme entsteht. Rasch wird gemeinsam überlegt, dass hier noch eine Umwandlung in Wärmeenergie stattfinden muss, die mit Zufächeln von Luft ins Gesicht gemimt wird. Auf Nachfrage der Lehrperson wird erwogen, welche Bereiche im Szenario einzubauen sind. Die Gruppenmitglieder einigen sich auf „Auto“, „Reifen“, „Straße“ und tauschen anschließend Meinungen aus, wie man die Energieumwandlung darstellen könnte. Die Teilnehmer/innen kommen zu dem Schluss, dass sie alle im Bereich „Auto“ beginnen am Stand zu laufen, einige auch schon in der „Reifen“-Zone. Anschließend wechseln nach und nach einige Gruppenmitglieder vom „Auto“ in den Bereich „Reifen“, um anzuzeigen, dass gebremst wird und stellen nun mit Händereiben Reibungsenergie dar. Von diesem Bereich gehen wieder einige weiter zum Bereich „Straße“ und spielen mit Zufächeln die Wärmeenergie. Um erkenntlich zu machen, dass das Auto und die Reifen zum Stehen gekommen sind, verbleiben lediglich einige Schüler/innen im Bereich „Reifen“ und Fächeln sich als „Wärmeenergiequanten“ Luft zu, ebenso wie alle anderen im Bereich „Straße“.

Beispiel zu Szenario iii

Die Schüler/innen kommen sehr schnell zu dem Schluss, dass der Ball kinetische Energie haben muss. Sie einigen sich auf Springen um diese ikonisch darzustellen. Gleichmaßen rasch legen sie drei Bereiche fest: „Ball“, „Boden“ und „Wand“. Nach einem ersten Nachfragen der Lehrkraft bemerken leistungsstarke Gruppenmitglieder, dass die potenzielle Energie wie bei einem Pendel vorkommen muss und entschließen sich, diese mit einem mit den Fingern geformtem „P“ in die Darstellung einzubauen. Erst auf Hinweisen der Lehrperson erinnern sie sich auch an die Verformungsenergie. Sie wird mit einem Verbiegen der Handfläche pantomimisch dargestellt. Ab diesem Zeitpunkt stellen sie sich zum Ausprobieren ihres Bewegungsablaufes bereits auf und versuchen mögliche Versionen zusammenzustellen. Die Endfassung beginnt mit allen Gruppenmitgliedern als potenzieller Energie im Bereich „Ball“. Anschließend beginnen sie nacheinander im Stand zu laufen, um kinetische Energie anzuzeigen. Mit dem Wechsel einiger Schüler/innen in den Be-

reich „Boden“, wird dargestellt, dass Verformungsenergie an diesen abgegeben wurde. Die Teilnehmer/innen die im „Ball“ verbleiben, beginnen nacheinander wieder ein „P“ zu formen, bis schließlich wieder einige in den Bereich „Wand“ wechseln und ihre Handflächen verbiegen. Diesen Ablauf spielen sie solange nach, bis keine Person mehr im Bereich „Ball“ steht, was demonstrieren soll, dass der Ball zum Stillstand gekommen ist.

Unterschiede

Da die Erhebung mit Lernenden der zweiten bis zur sechsten Klasse durchgeführt wurde, mussten gewisse Handlungsabläufe adaptiert und angepasst werden. So ergab sich allein aus dem österreichischen Lehrplan für Physik eine differenzierte Ausgangsbasis für die Lernenden. Es wurde allerdings vor der Durchführung darauf geachtet, dass die Schüler/innen der zweiten Klasse das Thema Energie schon kurz zuvor im Unterricht besprochen hatten. Das hätte für sie als Vorteil in der kommenden Erhebung gewertet werden können. Andererseits hörten Befragte höherer Schulstufen bereits wiederholt Aspekte zum Thema Energie im Unterricht. Hier bestand allerdings auch die Gefahr, dass durch Missverständnisse falsche Konzepte aufgenommen und bereits tiefer verinnerlicht wurden.

Um diese unterschiedlichen Lernvoraussetzungen zu berücksichtigen, wurde der Ablauf der Erhebung zwar gleich belassen, das Ausmaß an Unterstützungen und Erklärungen der Lehrkraft allerdings angepasst. Hilfestellungen konnten zwischen einfachen Hinweisen zu vergessenen Komponenten und detaillierten Diskussionen zu Abläufen selbst variieren. Vor allem mit jüngeren Lernenden wurde der physikalische Bewegungsvorgang noch einmal in den einzelnen Gruppen mit der Lehrkraft genau besprochen. Es wurde dabei kurz gemeinsam überlegt, dass beispielsweise der Ball aus einer Hand auf den Boden fällt, an diesem wieder nach oben abprallt und gegen die Wand stößt. Somit wurden bereits die Bereiche eingeteilt und die Schüler/innen konnten sich anschließend nur noch auf die Energieflüsse im Ablauf konzentrieren. Wie erwartet, bargen alle drei Szenarien ihre eigenen Schwierigkeiten, wie zum Beispiel das Erkennen der Energieträger in Szenario i. oder das Vorkommen der Wärmeenergie in Szenario ii.. Jedoch war deutlich zu beobachten, dass fortgeschrittene Schüler/innen wesentlich schneller konkrete Vorschläge für einen Lösungsansatz bringen konnten. Gruppen, die wenig miteinander diskutierten, benötigten ebenfalls mehr Unterstützung von der Lehrkraft, um ein konstruktives Gespräch zu beginnen. Dabei machte das Alter der Schüler/innen keinen Unterschied. Bei der Breite ihrer individuellen Handlungsspielräume war es allerdings von Bedeutung. Bei der Einteilung der Szenarien wurde daher bei den Zweitklässler/innen jeder der drei Vorgänge kurz mit ihnen durchgegangen und besprochen. Dadurch war ihnen schon bekannt, welche Energieformen und Bereiche vorkommen. Sie mussten sich lediglich überlegen, wie sie diese darstellen und welchen Ablauf ihre Präsentation haben soll.

Während der Erarbeitungsphase wurde die Aufmerksamkeit darauf gelegt, dass die Schüler/innen konzentriert arbeiten, weswegen öfters an Disziplin und Arbeitsmoral erinnert wurde. Vor allem die Lautstärke in der Klasse erforderte eine geeignete räumliche Aufteilung der Gruppen, damit sie sich nicht voneinander gestört fühlen könnten. Dazu wichen einige Schüler/innen auf den Gang oder in die Aula aus.

Das soziale Verhalten miteinander funktionierte gut und musste nicht extra eingefordert werden. Vor der Performance-Phase wurde im Klassenverband noch einmal besprochen, dass lediglich produktive Kommentare nach der Präsentation erwünscht sind und destruktives Feedback und Provokationen nicht toleriert werden. Die Darstellungen selbst fokussierten sich erwartungsgemäß stark auf die Handzeichen zu den Energieformen. Der Aspekt der korrekten Energiedichte wurde teilweise vernachlässigt, da die Gruppenmitglieder selten genau wussten, zu welcher Zeit in welchem Bereich die Teilnehmer/innen stehen sollten. Entgegen den Erwartungen des Forschungsdesigns, konnten die Schüler/innen nach jeder Gruppe genau beschreiben, welcher physikalische Vorgang gezeigt wurde.

Bei den sechsten Klassen wurden die Teilnehmer/innen nach der Einteilung der Szenarien in der Klasse räumlich aufgeteilt. Es wurde damit begonnen, sie in ein Brainstorming zu schicken. Das funktionierte erwartungsgemäß gut, da die Gruppen ruhig und sozial strukturiert miteinander arbeiteten. Von Gruppe zu Gruppe gehend wurde der individuelle Fortschritt abgefragt und lediglich Unterstützung gegeben, wenn diese benötigt wurde. Dabei wurde mit den Lernenden nicht der physikalische Vorgang durchbesprochen, wie es bei den Zweitklässler/innen der Fall war. In diesen Durchführungen wurden nur Hinweise oder Denkanstöße gegeben. Probleme bereitete den Jugendlichen der höheren Schulstufen, dass die Bereiche nur in Form von Markierungen am Boden dargestellt werden sollten. Es konnte ihnen geholfen werden, indem noch einmal vor Augen geführt wurde, dass sie sich nur überlegen müssen, wer zu welcher Zeit in welcher Zone stehen wird.

Entgegen den Erwartungen gab es keine Fragen zum Ablauf des Energy Theater selbst oder Schwierigkeiten beim Verständnis der Energie in ihren zugeteilten physikalischen Vorgängen. Festzuhalten ist hierbei, dass in jeder Gruppe mindestens eine Schülerin oder ein Schüler starke physikalische Kompetenzen gezeigt hat, womit die Gruppenmitglieder sich an deren/dessen Wissensstand orientieren konnten. Im Gegensatz zu den Zweitklässler/innen zeigten sich bei ihnen gereifere soziale Kompetenzen. Da die jüngeren Schüler/innen ihre Ideen annähernd gleichberechtigt und mit identischer Überzeugung diskutierten, mussten diese oft dabei unterstützt werden, einen Weg zur Darstellung auszuwählen. Die älteren Teilnehmer/innen hingegen schienen bereits zu wissen, auf wessen Fähigkeiten man sich verlassen kann und teilten die Arbeit auf. Manche

arbeiteten das Konzept der Präsentation aus, andere konzentrierten sich eher auf den Ablauf und die Form der Darstellung. Es wurde daher deutlich, dass Schüler/innen höherer Schulstufen durch stärkere soziale Kompetenzen und bereits geübte Teamarbeit Vorteile mit dieser Art der Gruppenaktivität hatten und somit schneller und zielorientierter arbeiten konnten.

Gemäß den Erwartungen war die Disziplin in den höheren Schulstufen ebenfalls höher, da weder durch Zwischenrufe oder Provokationen der Arbeitsfluss unterbrochen wurde. Dadurch liefen sowohl die Präsentationen als auch die anschließenden Feedbackrunden produktiv ab. Gleich wie bei den Zweitklässler/innen konnten alle Schüler/innen erkennen, um welche physikalischen Vorgänge es sich handelte.

Überraschenderweise stellten einige Personen in allen Schulstufen in der abschließenden Diskussionsrunde Überlegungen an, wie die Darstellungen ausgebaut hätten werden können, um noch kompliziertere Handlungsabläufe zu zeigen. Sie konzentrierten sich ebenfalls stärker auf die Energieformen und die Umwandlung, allerdings wurden Transport und Energiedichte genauso berücksichtigt und richtig eingebaut. Dieser Fokus lässt darauf schließen, dass diese Konzepte bereits gelernt und verinnerlicht wurden.

Sowohl bei den jüngeren als auch den älteren Lernenden konnte erst durch die Beobachtungen während der Erarbeitungsphase, der Darstellung selbst und der aktiven Mitarbeit an der anschließenden Diskussion erkannt werden, welche Teilnehmer/innen tatsächlich Kompetenzen entwickeln konnten, um die vier Grundelemente der Energiequadriga verstehen und anwenden zu können. Ruhigere Persönlichkeiten gingen hier allerdings eher im Klassenverband unter, weswegen individuelle Interviews mit allen Lernenden in Verbindung mit dem Fragebogen sinnvoll gewesen wären, um eine bessere Analyse durchführen zu können.

5. Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

5.1 Auswertung mit SPSS

SPSS ist ein Computerprogramm, mit dem numerische Daten statistisch ausgewertet und dargestellt werden können. Mit der Möglichkeit der deskriptiven Statistik, Häufigkeiten zu berechnen, wurden zuerst alle Antworten der einzelnen Fragen auf ihre Anzahl abgebildet.²⁹

Um Abhängigkeiten zueinander aufzeigen zu können, wurden Kreuztabellen erstellt, die jeweils zwei Fragen oder zusammengefasste Komponenten enthalten.

Um die Signifikanz dieser Abhängigkeit zu messen, wurde ein Chi-Quadrat-Test nach Pearson durchgeführt, der ab einem Wert von 0,5 einen starken Zusammenhang demonstriert.³⁰

5.2 Vorerhebung

Die Vorerhebung sollte dem Zweck dienen, den Wissensstand der Schüler/innen abzufragen, ohne sie vorher auf das Thema Energie vorbereitet zu haben. Dabei war es auch wichtig, zu sehen, welche Fehlvorstellungen verbreitet sind, um anschließend bewerten zu können, ob sich diese auf die Beantwortung der Fragen und Beobachtungen während der Präsentation auswirken.

Bei der Frage „Energie ist...“ unterlagen 94 Personen, und damit die Mehrheit, Fehlvorstellungen. Diese reichten von Verknüpfungen mit dem Strombegriff bis zu technischen Anwendungen und der Definition einer Kraft. Auch der Vergleich mit Nahrung oder einer Bewegungsart wurde gebracht. Wenige setzten hier Energie mit Sonne, Wind oder Wasser gleich. Diese Schülervorstellungen waren identisch mit denen, die in der Literatur bereits erforscht wurden. Nur 13 aller Befragten gaben die Definition „Energie ist die Fähigkeit eines Körpers, Arbeit zu verrichten“ an. Diese Begriffsbestimmung ist jene, die nach Erleben von konventionellem Physikunterricht von Lernenden zu erwarten wäre und wurde somit als korrekte Darstellung gewertet. 27 hatten eine andere richtige Assoziation, wie die Tatsache, dass Energie nicht verbrauchbar ist. 21 gaben an, dass Energie wichtig sei. 20 Personen beantworteten die Frage nicht.

Bei der Frage „Energieumwandlung ist...“ wurden die Antworten in Kategorien zusammengefasst. 71 Personen, und damit die Mehrheit, antwortete physikalisch richtig. 43 Personen drückten mit ihrer Antwort eine Fehlvorstellung aus, wie zum Beispiel Gleichstrom in Wechselstrom oder Energie in eine Kraft umzuwandeln. 45 Personen konnten ihre Antwort nicht exakt richtig darstellen,

²⁹ Peter P. Eckstein. Angewandte Statistik mit SPSS Praktische Einführung für Wirtschaftswissenschaftler. E-book, Wiesbaden (2016) 2

¹⁵ P. P. Eckstein. Angewandte Statistik mit SPSS Praktische Einführung für Wirtschaftswissenschaftler. 157-160

gaben also beispielsweise an, Energie nur in Wärme umzuwandeln. Vier Befragte gaben hier keine Antwort.

Ähnlich verhielt es sich bei der Frage „Energieformen sind...“. 77 Personen nannten hier Beispiele von Energieformen. Vorrangig wurden die kinetische und die Wärmeenergie genannt. 27 Personen gaben dabei sowohl richtige als auch falsche Energieformen an. 17 Personen notierten als Antwort das Synonym „Arten von Energie“, 47 unterlagen einer Fehlvorstellung und notierten Begriffe wie Wasserkraft oder Wechselstrom. Dabei wurde vor allem auf technische Anwendungen, wie Batterien und Motoren, oder die Äquivalenz mit der mechanischen Kraft verwiesen. Auch magnetische oder Anziehungskräfte wurden genannt. 18 Befragte antworteten hier nicht.

Die häufigste Schülervorstellung war die Annahme, Energie rein mit Strom zu verknüpfen. Dabei nannten viele Befragte entweder die Umwandlung von Energie in Strom oder technische Anwendungen, wobei hier sogar Komponenten wie Stromstärke, Spannung und ihre Einheiten aufgezählt wurden.

Beim zweithäufigsten Fehlkonzep wurde Energie mit Kraft gleichgesetzt, wobei hier auch Begründungen wie „Müde-Kraftlos-Sein“ aufgeschrieben wurden.

Viele beschrieben Energie auch als Nahrung, Treibstoff oder nötig, um etwas zu bewegen.

Sehr wenige führten die tatsächliche Schulbuch-Definition, oder Begriffe wie „physikalische Größe“ an. Diese Schülervorstellungen stimmten mit den aus der Literatur bekannten Prekonzepten überein.

5.3 Erhobene Daten

Von 221 eingesammelten Fragebögen waren 203 gültig. Die 18 ausgeschlossenen Fragebögen wurden entweder durch falsches Ankreuzen oder Nicht-Ausfüllen einer oder mehrerer Antworten ungültig und somit nicht in die Auswertung mit aufgenommen. Davon waren 119 Befragte männlich und 84 weiblich. Unter den Teilnehmern besuchten 18 die zweite Klasse, 67 die dritte Klasse, 54 die vierte Klasse und 64 die fünfte Klasse. 134 Personen belegten den naturwissenschaftlichen Zweig der Schule, 69 nicht.

5.3.1 Soziale Parameter

Die Befragung ergab, dass 119 aller Befragten mittelmäßig, 66 sehr und 18 gar nicht an dem Fach Physik interessiert sind, wobei 130 Personen die ausprobierte Unterrichtsmethode „sehr gut“ gefiel. Lediglich zwei von ihnen bewerteten sie als „nicht gut“. Bei der Frage nach dem Spaßfaktor, kam heraus, dass 193 der Teilnehmer/innen die ausprobierte Unterrichtsmethode Spaß machte. Zehn Personen antworteten hier mit „Nein“.

Als nach dem Gefühl während der Einheit gefragt wurde, gaben 115 Schüler/innen an, dass sie sich während der ausprobierten Unterrichtsmethode „sehr wohl“ fühlten. Neun von ihnen fühlten sich „unwohl“. Durch die Auswertung der Frage 11 wurde sichtbar, dass die Mehrheit der Befragten mit 122 Personen durch die ausprobierte Unterrichtsmethode etwas physikalisch Neues über das Thema Energie erfuhren. 81 Lernenden war laut eigenen Angaben schon zuvor alles Inhaltliche bekannt. Weiter konnte durch die Befragung festgestellt werden, dass 177 Befragte die ausprobierte Unterrichtsmethode gerne öfter im Unterricht verwenden würden. 26 Personen bilden hier mit der Antwort „Nein“ die Minderheit. 128 der Teilnehmer/innen gaben an, dass bei der ausprobierten Unterrichtsmethode hin und wieder unklar war, was zu tun war. Lediglich zwei Befragte konnten während der gesamten Einheit gar kein Verständnis dafür entwickeln.

Mit Frage 14 wurde abgefragt, was den Jugendlichen an der ausprobierten Unterrichtsmethode am allerbesten gefallen hat. Die Mehrheit mit 39 Personen wählte den Aspekt „etwas Neues auszuprobieren“. Jeweils 37 Personen mochten, „dass es kein Lehrervortrag war oder Spaß gemacht hat“. Eine Person kreuzte die Antwort „Ich konnte mich besser konzentrieren“ an. Weiter wurde die Frage gestellt, was den Lernenden an der ausprobierten Unterrichtsmethode gar nicht gefallen hat. Hier mochten 66 Befragte nicht, „dass sie vor einer Gruppe präsentieren“ mussten, 57 von ihnen war die Aufgabe unklar. Acht Personen wollten hier keine Antwort geben, da ihnen alles gefallen hat.

5.3.2 Verstehen und Anwenden der Grundelemente der Energie

Mit den Fragen 5 bis 7 wurde der Versuch unternommen, das Verstehen und Anwenden-Können des Energiekonzeptes, sowie die Sicherheit der gegebenen Antwort festzustellen. Dabei war es wichtig, unterscheiden zu können, ob die Schüler/innen raten, oder ob sie sich bewusst für eine Möglichkeit entschieden haben.

Die Teilnehmer/innen wurden gefragt, welche Aspekte zur Energie sie während der Darstellungen der Gruppen beobachten konnten. Hier war es möglich, mehrere Antworten anzukreuzen. Dabei konnten 184 Personen erkennen, dass Energie in mehreren Formen auftritt. 161 Personen konnten die Energieumwandlung und 152 Personen die Energieübertragung identifizieren. 44 Personen unterlagen der Fehlvorstellung, dass die Energie verbraucht wurde, 10 Befragte waren der Meinung, dass Energie nur in Form von Wärme auftrat. Die Mehrheit mit 147 Antworten war sich mit ihrer Auswahl sicher, 42 Personen waren sich unsicher und 14 haben dabei geraten.

63 der Befragten gaben an, dass sie ihre Antwort auf die Beobachtung während der Präsentation stützten. 49 sagten, dass sie das Wissen zur Antwort im Unterricht gelernt haben. 31 Teilnehmer/innen antworteten mit einer Kombination aus dem Energieerhaltungssatz und der Energieum-

wandlung, die sie mit Beispielen darstellten. Andere begründeten mit nur einem Aspekt der Energie. Mit 13 Personen, die sich einfach sicher waren und 11, die durch ein Bauchgefühl antworteten, bleibt die Minderheit bei eher gegenstandslosen Rückmeldungen. Vier Personen gaben keine Begründung an.

In Abbildung 6 sind die Werte der Kreuztabelle bezüglich der Frage zu den beobachtbaren Aspekten der einzelnen Präsentationen und der Sicherheit der Antwort dargestellt. Der Chi-Quadrat-Test zeigte für diese Kombination keinen starken Zusammenhang an. Jedoch wurde trotzdem deutlich, dass die richtigen Antworten vorrangig mit Sicherheit gegeben wurden. Die Antworten mit Fehlvorstellungen sind auch von einigen mit Sicherheit begründet worden, zeigen aber auch eher Unsicherheiten, beziehungsweise Raten.

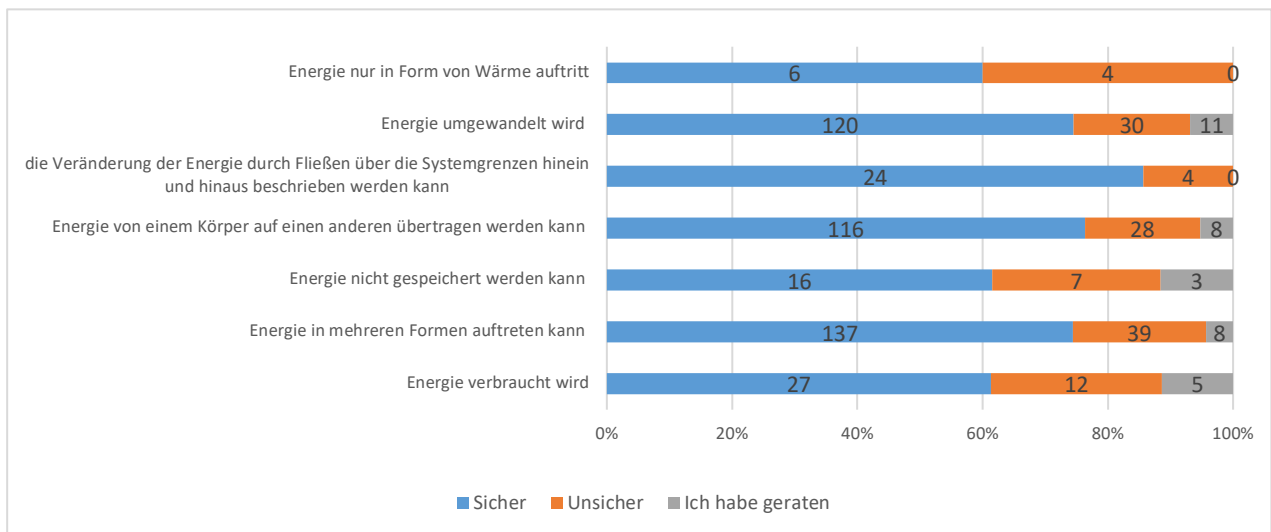


Abbildung 6: Antworten zu den Aspekten, die in der Präsentation beobachtet werden konnten und der Sicherheit der Antwort

In Abbildung 7 sind die Werte der Kreuztabelle bezüglich der Frage zu den beobachtbaren Aspekten der einzelnen Präsentationen und der Begründung der Antwort dargestellt. Der Chi-Quadrat-Test zeigte für diese Kombination keinen starken Zusammenhang an. In der Einheit wurde deutlich sichtbar, dass Energieübertragung und -umwandlung in andere Formen stattgefunden hat, weswegen die Schüler/innen diese Begründung angaben. Die zweitgrößte Gruppe der Befragten mit richtigen Antworten schlussfolgerte diese aufgrund ihres Wissens aus dem Unterricht, oder antworteten mit einer gelernten Definition, wie zum Beispiel dem Energieerhaltungssatz. Herauszulesen war außerdem, dass sowohl die Befragten aus der Präsentation wie auch dem Unterricht am ehesten den Aspekt des Energieflusses, allerdings auch den fälschlichen Energieverbrauch mitnahmen. Der Großteil der Befragten, die sich ihrer Antwort bei Frage 5 sicher waren, begründeten ihre Antwort mit der Tatsache, dass sie die Aspekte während der Präsentation gesehen oder im Unter-

richt gelernt haben. Eine falsche Argumentation gaben vorwiegend Schüler/innen an, die sich sicher waren. Erklärungen, die nichts mit dem Beispiel zu tun hatten, wurden eher von unsicheren Lernenden gegeben.

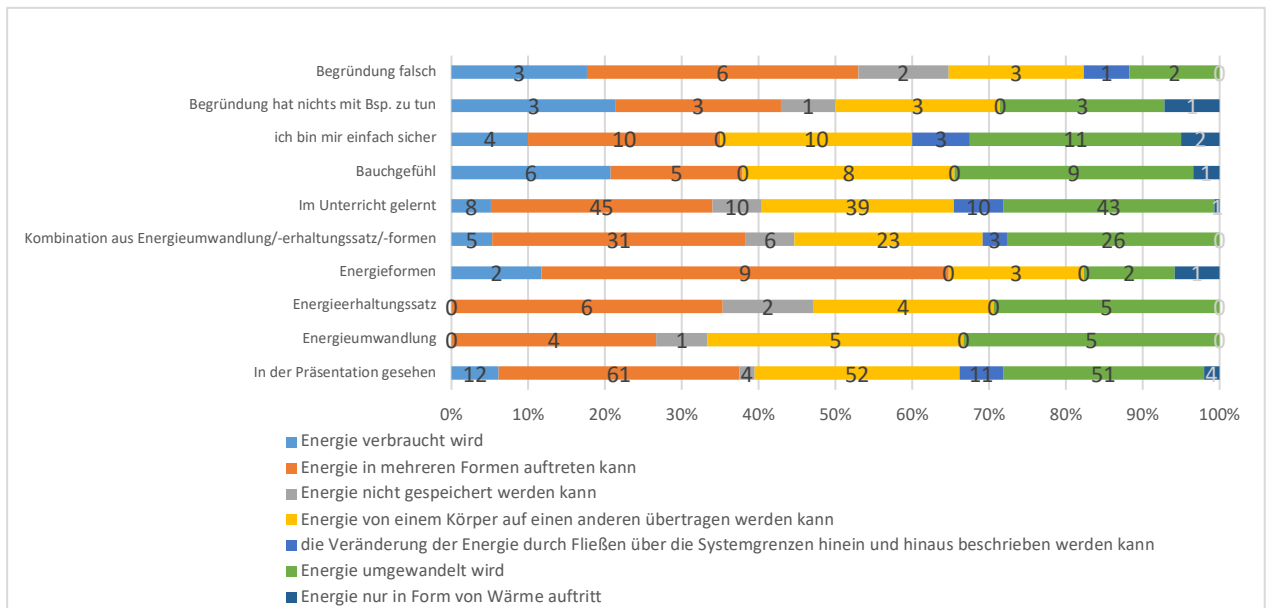


Abbildung 7: Antworten zu den Aspekten, die in der Präsentation beobachtet werden konnten und der Begründung der Antwort

Mit Frage 6 wurden die Schüler/innen gefragt, was mit der Bewegungsenergie eines Autos passieren würde, wenn es gegen eine Mauer fährt und zum Stillstand kommt. 179 Personen wählten hier die Energieumwandlung. 14 Befragte unterlagen einer Fehlvorstellung, wobei 23 angaben, dass die Energie verbraucht und eine Person meinte, dass Energie erzeugt werden würde. Die Mehrheit mit 130 Lernenden gab an, sich damit sicher zu sein, 55 Personen waren sich unsicher und 18 haben dabei geraten. Während 28 Schüler/innen einer Fehlvorstellung unterlagen, gaben 2 Befragte keine Begründung an.

In Abbildung 8 sind die Werte der Kreuztabelle bezüglich der Frage nach dem Verbleib der Bewegungsenergie eines Autos nach einem Zusammenstoß mit einer Mauer und der Sicherheit der Antwort dargestellt. Der Chi-Quadrat-Test zeigte für diese Kombination keinen starken Zusammenhang an. Jedoch wurde trotzdem deutlich, dass die richtigen Antworten mit Sicherheit gegeben wurden. Fünf Personen gaben an, dass Energie mit Sicherheit verbraucht wird, 16 waren sich dabei unsicher, zwei haben geraten. Bei der Antwort „Energie wird erzeugt“ hat lediglich einer der Befragten geraten.

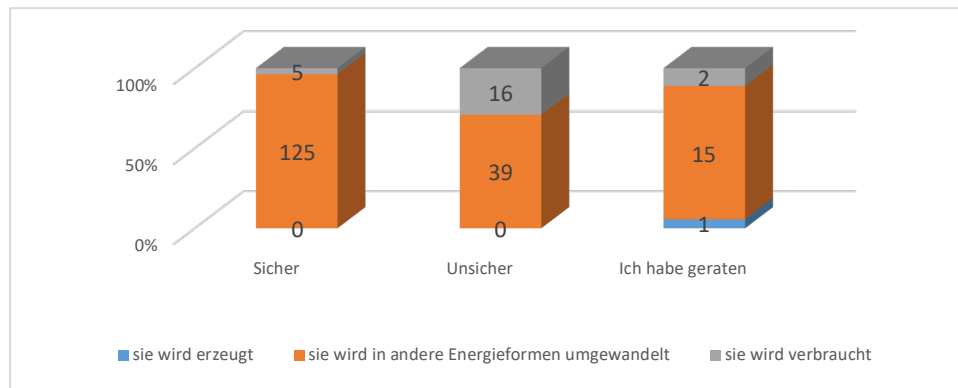


Abbildung 8: Antworten zu dem Beispiel eines gegen die Mauer fahrenden Autos und der Sicherheit der Antwort

In Abbildung 9 sind die Werte der Kreuztabelle bezüglich der Frage nach dem Verbleib der Bewegungsenergie eines Autos nach einem Zusammenstoß mit einer Mauer und der Begründung der Antwort dargestellt. Der Chi-Quadrat-Test zeigte für diese Kombination keinen starken Zusammenhang an. Es blieb herauszulesen, dass die Schüler/innen, die mit Energieumwandlung oder -erhaltungssatz geantwortet haben, den Großteil ausmachten. 28 Befragte konnten allerdings trotz richtig gewählter Antwort keine korrekte Begründung abgeben. Außerdem wurde erkennbar, dass die Teilnehmer/innen, die den Energieverbrauch gewählt hatten, diesen vorrangig mit der Vorstellung des Stillstandes des Autos kombinierten.

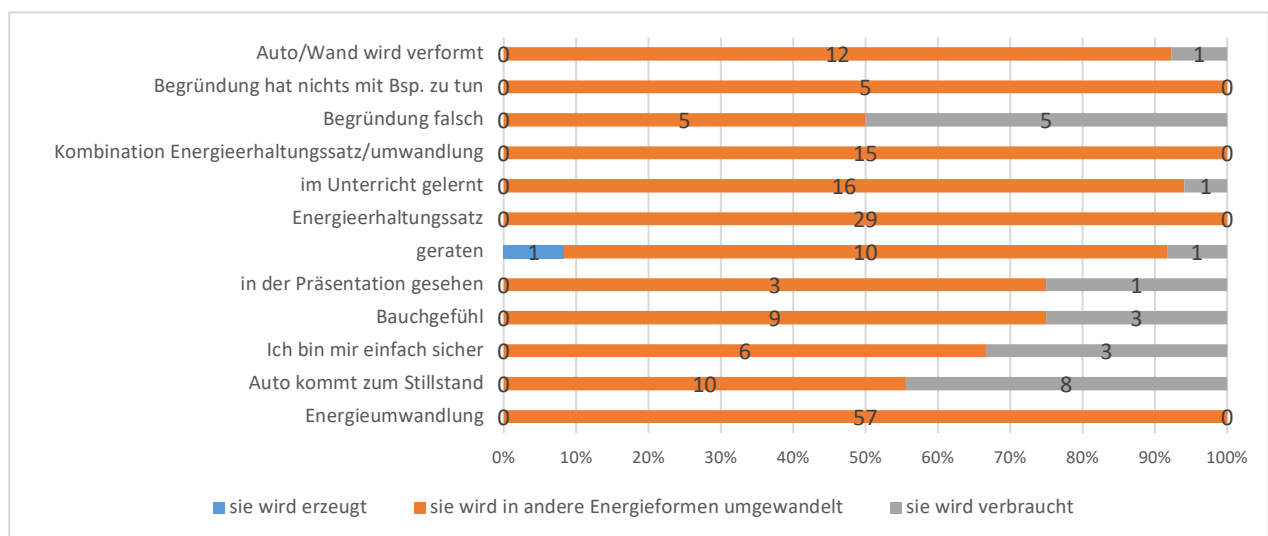


Abbildung 9: Antworten zu dem Beispiel eines gegen die Mauer fahrenden Autos und der Begründung der Antwort

Deutlich wurde, dass der Großteil der sicheren Befragten eine Begründung mit der Energieumwandlung oder dem Erhaltungssatz gaben. 20 Personen waren sich sicher, begründeten aber mit einer Fehlvorstellung. Sichtbar war auch, dass die Option „In der Präsentation gesehen“ hier nur von vier Lernenden gewählt wurde. Bei falschen Begründungen waren sich acht Personen unsicher. Außerdem wurde dargestellt, welche Antworten die Schüler/innen gaben, als gefragt wurde, was der Energieträger der Reibungsenergie bei der Bremsung eines Autos wäre.

136 Personen wählten hier Reifen und Straße. 67 Personen lagen falsch, wobei 60 Befragte die Reifen und sieben die Straße als Energieträger wählten. Die Mehrheit mit 103 Antworten war sich sicher, 62 Personen waren sich unsicher und 38 haben dabei geraten. 60 der Befragten erklärten ihre Antwort mit der Tatsache, dass die Reifen auf der Straße reiben; 29 sagten, dass man mindestens zwei Objekte oder Oberflächen benötige, um Reibung zu erzeugen. 28 Befragte gaben an, sich entweder einfach sicher oder unsicher zu sein, beziehungsweise auf ein Bauchgefühl zu hören. Zehn Teilnehmer/innen argumentierten, das Wissen im Unterricht erworben zu haben. Andere stützten sich hier auf nur einen Aspekt der Energie. Mit 43 Personen, von denen 33 Antworten nichts mit der Frage an sich zu tun hatten, waren zehn Begründungen mit Fehlvorstellungen gänzlich falsch.

In Abbildung 10 sind die Werte der Kreuztabelle bezüglich der Frage nach dem Energieträger der Reibungsenergie bei der Bremsung eines Autos und der Sicherheit der Antwort dargestellt.

Der Chi-Quadrat-Test zeigte für diese Kombination keinen starken Zusammenhang an.

Jedoch war trotzdem deutlich, dass die richtige Antwort von der Mehrheit der Befragten gewählt wurde, unabhängig davon, ob sie sich sicher oder unsicher waren, oder geraten haben.

Auffallend war außerdem, dass die Reifen eher als Energieträger erkannt wurden als die Straße.

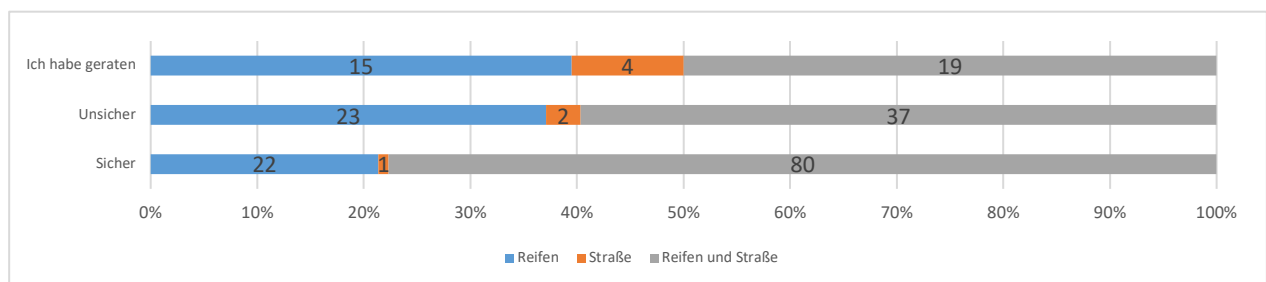


Abbildung 10: Antworten zu dem Energieträger der Reibungsenergie nach der Bremsung eines Autos und der Sicherheit der Antwort

In Abbildung 11 sind die Werte der Kreuztabelle bezüglich der Frage nach dem Energieträger der Reibungsenergie bei der Bremsung eines Autos und der Begründung der Antwort dargestellt. Der Chi-Quadrat-Test zeigte für diese Kombination keinen starken Zusammenhang an. Es wurde dennoch deutlich, dass der Großteil der Befragten Reifen und Straße in Zusammenhang brachten und diesen Gedankengang daher in der Begründung ausdrücken konnten. Es wurde außerdem sichtbar, dass bei dieser Frage viele Teilnehmer/innen auch trotz richtiger Antwort eine falsche Begründung angaben.

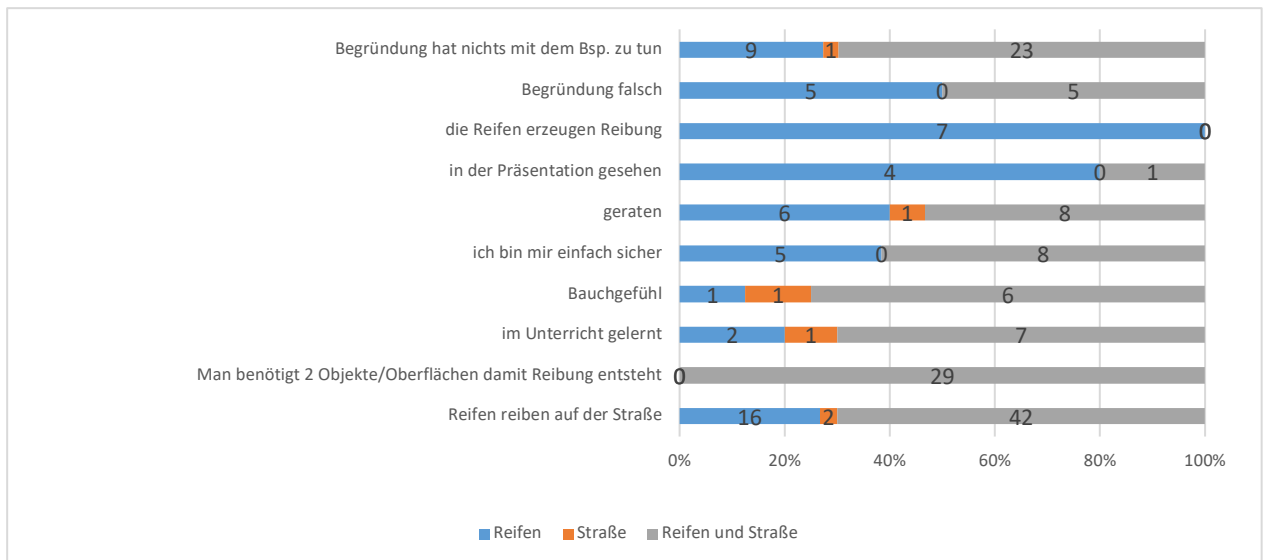


Abbildung 11: Antworten zu dem Energieträger der Reibungsenergie nach der Bremsung eines Autos und der Begründung der Antwort

Die richtige Antwort zur Frage 7 wurde vom Großteil der Befragten auch laut eigener Angabe sicher gegeben. Gleich wie bei der vorhergehenden Kreuztabelle zeigte sich, dass hier die Schüler/innen mit einer falschen Begründung überwiegend sicher waren, zum anderen aber auch 12 von 33 Personen unsicher waren.

5.3.3 Statistische Zusammenhänge der Daten

In der Auswertung werden alle Kreuztabellen dargestellt, deren Funktionen im Chi-Quadrat-Test nach Pearson einen Wert größer gleich 0,5 ergeben und somit einen starken Zusammenhang zeigten, sowie deren Darstellung einen Mehrwert für die Endbewertung der Unterrichtsmethode haben. Aufgrund der besseren Darstellungsmöglichkeiten können die Achsen und Diagrammtypen variieren.

In Abbildung 12 sind Antworten der Fragen nach dem Geschlecht und dem Wohlbefinden während der Einheit in Zusammenhang gebracht. Es wurde gezeigt, dass sich der Großteil der weiblichen Befragten sehr wohl fühlte, wobei die männlichen Teilnehmer auch eine größere Gruppe im mittelmäßigen Bereich ausmachten. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,559.

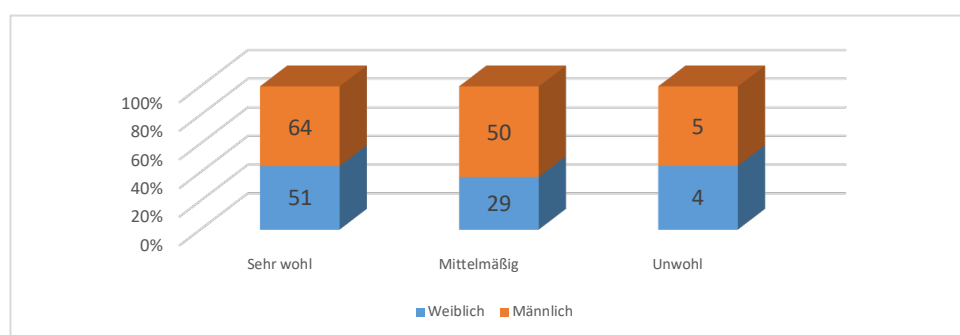


Abbildung 12: Antworten zu dem Geschlecht und dem Wohlbefinden während der Einheit

In Abbildung 13 sind Antworten der Fragen nach dem Geschlecht und dem Wunsch, die Methode öfter im Unterricht zu verwenden, in Zusammenhang gebracht. Es wurde dargestellt, dass das Geschlecht der Befragten nicht ausschlaggebend war, ob sie die Methode gerne angewendet haben, oder nicht. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,597.

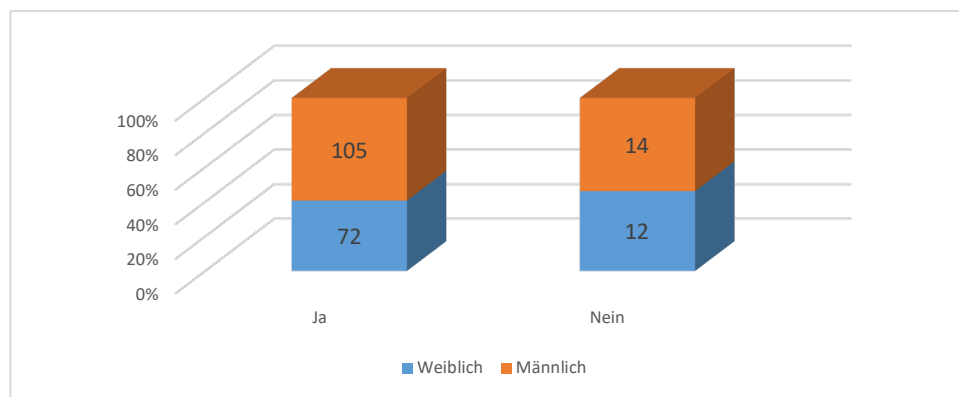


Abbildung 13: Antworten zu dem Geschlecht und dem Wunsch, die Methode öfters im Unterricht zu verwenden

In Abbildung 14 sind Antworten der Fragen nach dem Geschlecht und dem Aspekt, der am besten an der Methode gefallen hat, in Zusammenhang gebracht. Es wurde abgebildet, dass die Anzahl der Befragten beider Geschlechter in der Wahl der Antworten ausgeglichen war und hier beide dem Spaß- und Abwechslungsfaktor Vorrang gegenüber zum Beispiel der Interaktivität mit anderen Klassenkameraden gaben. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,897.

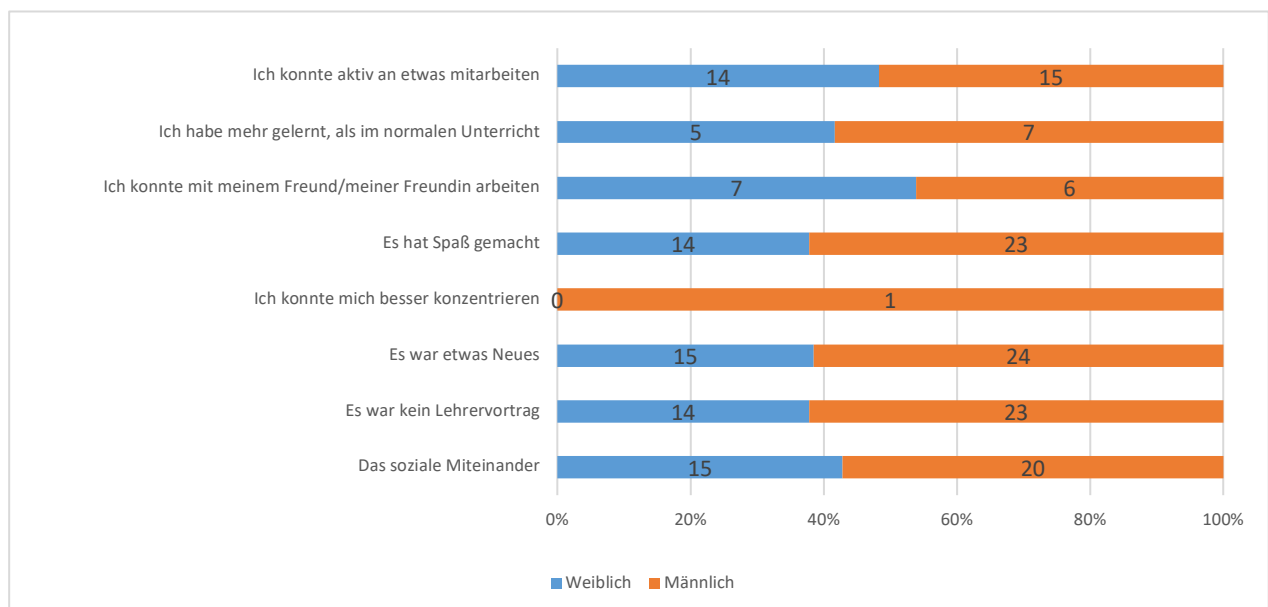


Abbildung 14: Antworten zum Geschlecht und dem Aspekt, der am besten an der Methode gefallen hat

In Abbildung 15 sind Antworten der Fragen nach der Schulstufe und dem Wohlbefinden während der Einheit in Zusammenhang gebracht. Es wurde gezeigt, dass sich das Unwohlsein mit der höheren Schulstufe leicht erhöht. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,655.

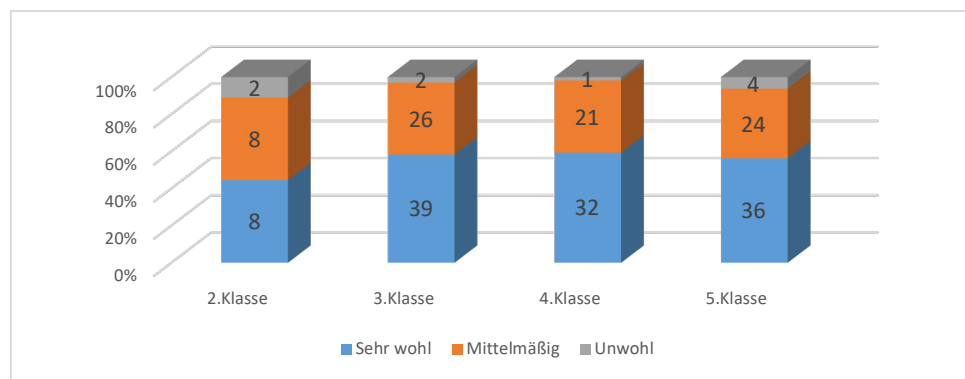


Abbildung 15: Antworten zur Schulstufe und dem Wohlbefinden während der Einheit

In Abbildung 16 sind Antworten der Fragen nach der Schulstufe und dem Wunsch, die Methode öfter im Unterricht zu verwenden, in Zusammenhang gebracht. Es zeichnete sich ab, dass die Befragten mit höherer Schulstufe eher dazu tendierten, die Methode nicht mehr anwenden zu wollen, als Schüler/innen in der Unterstufe. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,546.

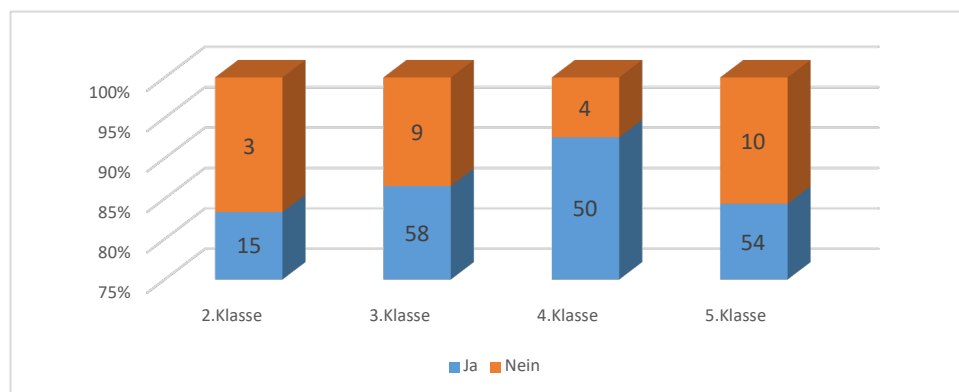


Abbildung 16: Antworten zur Schulstufe und dem Wunsch, die Methode öfters im Unterricht zu verwenden

In Abbildung 17 sind Antworten der Fragen nach der Zweigwahl und der Frage, ob die Methode gefallen hat, in Zusammenhang gebracht. Es wurde dargestellt, dass die Methode jeweils einem Drittel der Befragten, unabhängig von der Zweigwahl, mittelmäßig gefiel. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,731.

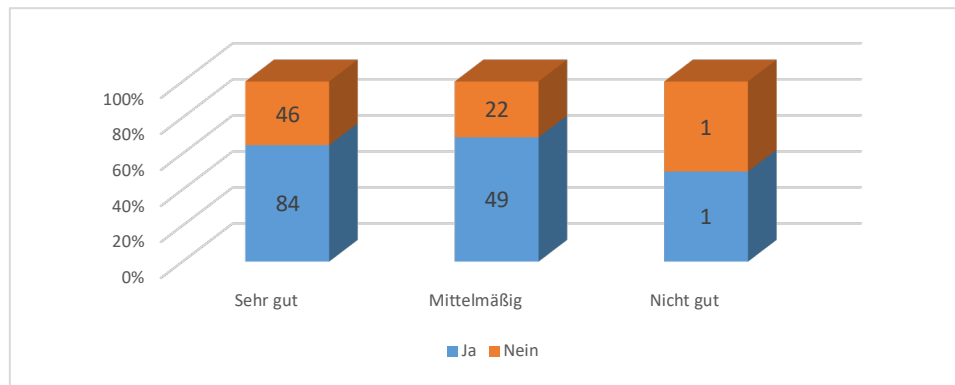


Abbildung 17: Antworten zur Zweigwahl und der Tatsache, ob die Methode gefallen hat

In Abbildung 18 sind Antworten der Fragen nach der Zweigwahl und dem Spaßfaktor in Zusammenhang gebracht. Es wurde gezeigt, dass verhältnismäßig mehr Befragte, die den naturwissenschaftlichen Zweig besuchten, den Spaßfaktor bei der Methode vermissten. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,785.

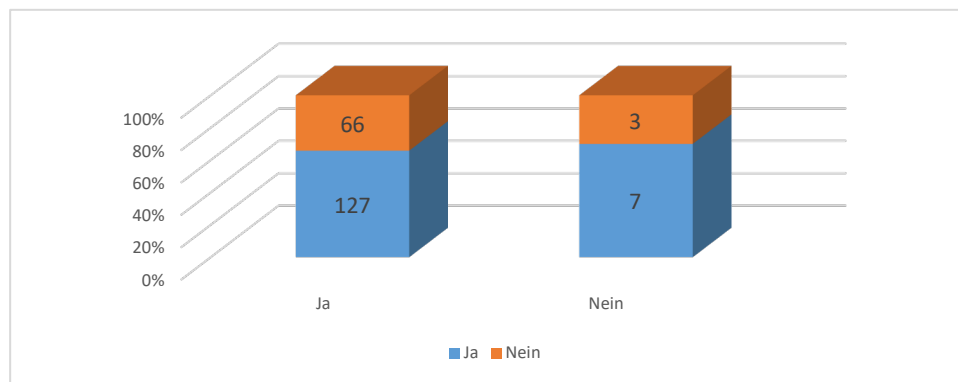


Abbildung 18: Antworten zur Zweigwahl und der Tatsache, ob die Methode Spaß gemacht hat

In Abbildung 19 sind Antworten der Fragen nach der Zweigwahl und der Frage, ob die Methode klar verständlich war, in Zusammenhang gebracht. Es wurde abgebildet, dass prozentual den Befragten, die den naturwissenschaftlichen Zweig nicht besuchten, eher klar wurde, was während der Einheit zu tun war. Mehrere Teilnehmer/innen des Nawi-Zweigs waren sich hin und wieder unsicher, konnten sich aber gegenseitig helfen, das Verständnis wieder zu erlangen. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,629.

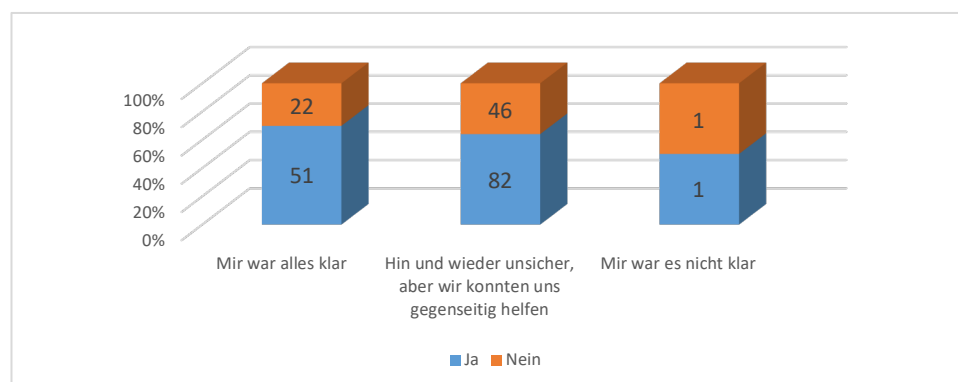


Abbildung 19: Antworten zur Zweigwahl und der Tatsache, ob während der Methode alles verständlich gewesen ist

In Abbildung 20 sind Antworten der Fragen nach der Zweigwahl und dem Aspekt, der an der Methode gar nicht gefallen hat, in Zusammenhang gebracht. Es wurde sichtbar, dass Befragte aus dem naturwissenschaftlichen Zweig an der Methode bemängelten, dass sie nicht gerne vor einer Gruppe präsentieren; dass es ihnen während der Einheit zu chaotisch war und sie nicht wussten, was dabei gelernt werden soll. Dabei störten sich die Befragten des anderen Zweigs zusätzlich an der Tatsache, dass sie Physik und Gruppenarbeiten generell nicht mögen. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,515.

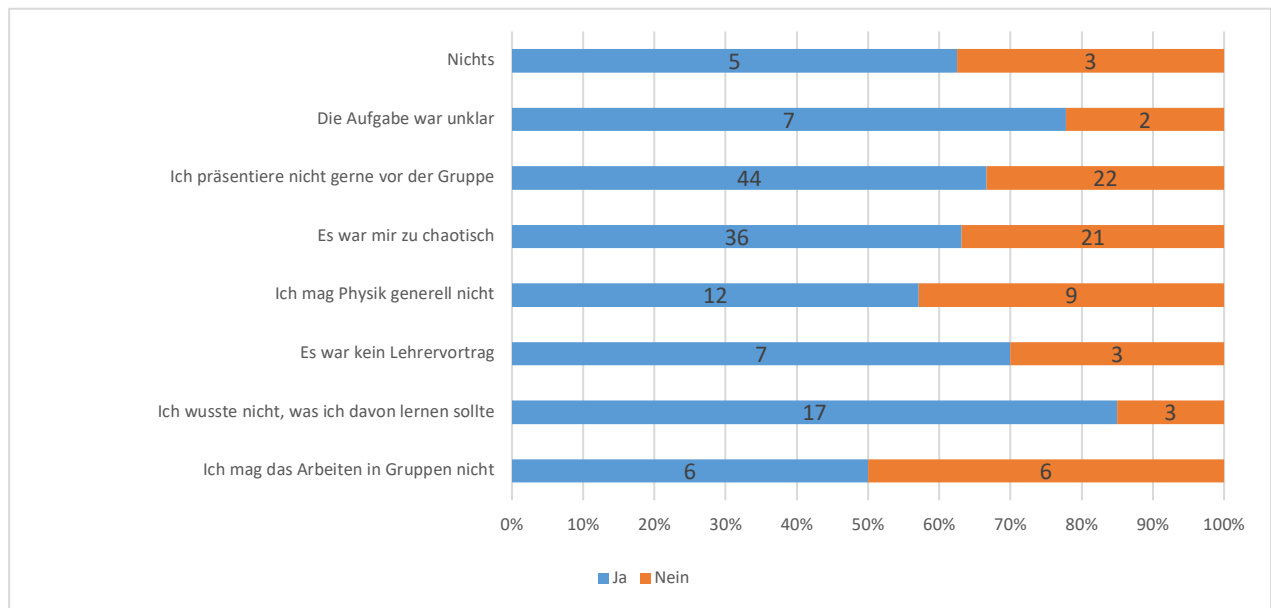


Abbildung 20: Antworten zur Zweigwahl und dem Aspekt, der gar nicht an der Methode gefallen hat

In Abbildung 21 sind Antworten der Fragen nach dem Interesse an Physik und der Tatsache, ob die Methode gefallen hat, in Zusammenhang gebracht. Es wurde deutlich, dass einem Drittel der Befragten, die sowohl sehr als auch eher weniger physikinteressiert sind, die Methode mittelmäßig gut gefiel. Alle Teilnehmer/innen, die an Physik überhaupt nicht interessiert waren, bewerteten die Methode allerdings mit „sehr gut“ oder „mittelmäßig“. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,884.

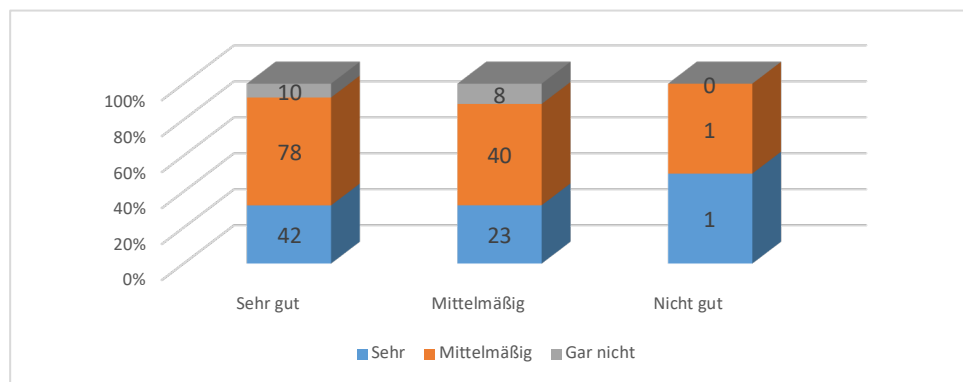


Abbildung 21: Antworten zum Interesse an Physik und der Tatsache, ob die Methode gefallen hat

In Abbildung 22 sind Antworten der Fragen nach dem Interesse an Physik und der Tatsache, was am allerbesten an der Methode gefallen hat, in Zusammenhang gebracht. Es wurde gezeigt, dass die Physikinteressierten besonders den Spaßfaktor, die Abwechslung zum normalen Unterricht und das soziale Miteinander an der Methode schätzten. Die Schüler/innen, welche mittelmäßig an Physik interessiert waren, mochten zusätzlich dazu die Tatsache, dass sie mehr gelernt hatten, als im Unterricht. Physikuninteressierte Teilnehmer/innen fokussierten sich hier auf den Spaß und die Möglichkeit, etwas unabhängig vom Lehrervortrag machen zu können. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,803.

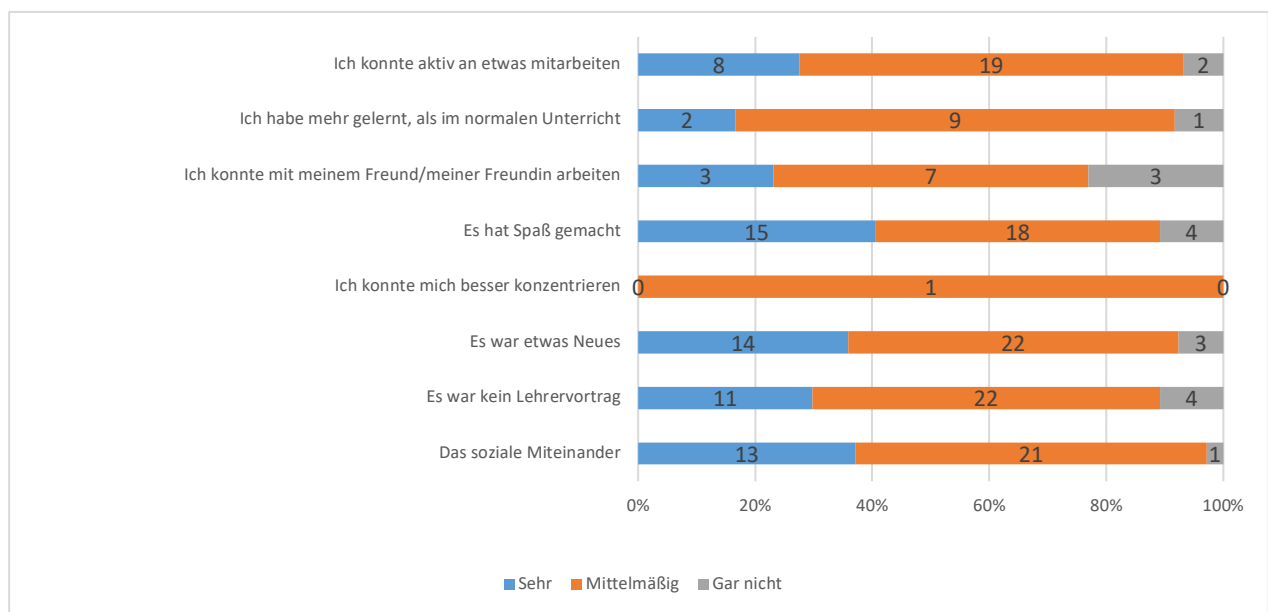


Abbildung 22: Antworten zum Interesse an Physik und dem Aspekt, der am besten an der Methode gefallen hat

In Abbildung 23 sind Antworten der Fragen nach dem Wohlbefinden während der Methode und der Tatsache, ob etwas Neues dabei gelernt wurde, in Zusammenhang gebracht. Deutlich herauszulesen war, dass der Großteil der Befragten, der sich sehr oder mittelmäßig wohlfühlte, etwas Neues dazulernen konnte. Bei den Lernenden, die sich während der Einheit unwohl fühlten, war der Unterschied festzustellen, dass sie eher nichts Neues lernten. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,512.

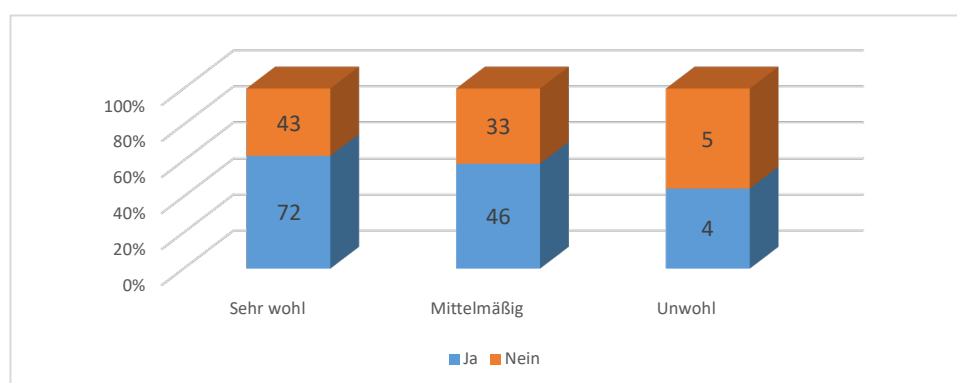


Abbildung 23: Antworten zum Wohlbefinden und der Tatsache, ob während der Einheit etwas Neues gelernt wurde

In Abbildung 24 sind Antworten der Fragen nach dem Verständnis während der Einheit und dem Aspekt, der am meisten an der Methode gefallen hat, in Zusammenhang gebracht.

Es wurde abgebildet, dass die Antworten der Befragten, die sich sicher und hin und wieder unsicher waren, stark ähnelten. Deutlich wurde aber, dass die Teilnehmer/innen mit Unsicherheiten sich eher auf den sozialen und Spaßfaktor fokussierten. Soweit herauslesbar, bevorzugten die Schüler/innen, die sich nicht auskannten, die Tatsache, dass es kein Lehrervortrag war und sie etwas miteinander gestalten konnten. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,969.

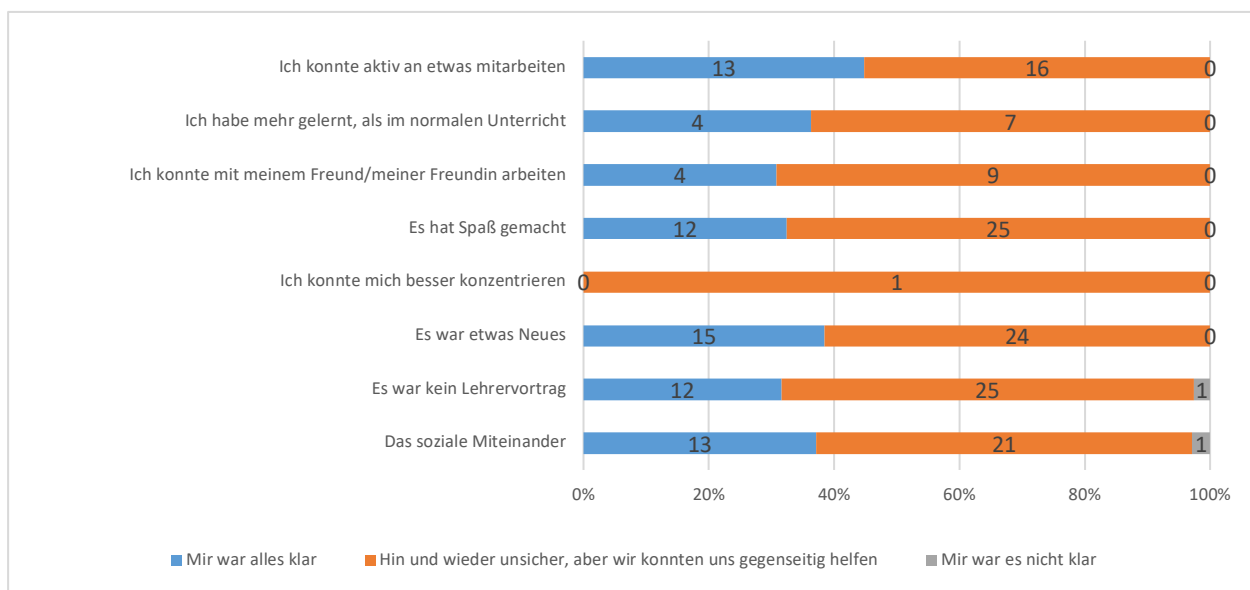


Abbildung 24: Antworten zur Tatsache, ob während der Einheit alles verständlich war und dem Aspekt, der am besten an der Methode gefallen hat

In Abbildung 25 sind Antworten der Fragen nach dem Aspekt, der am allerbesten und dem der gar nicht an der Methode gefallen hat, in Zusammenhang gebracht. Es wurde dargestellt, dass die Abneigung, vor Gruppen zu präsentieren und der chaotische Ablauf, gemeinsam mit den positiven Aspekten, etwas Neues und etwas miteinander mit Spaß zu machen, von einem Großteil der Befragten in Kombination ausgewählt wurden. Die Teilnehmer/innen, die Physik gar nicht mochten, konnten an der Methode gut bewerten, dass der Unterricht so abwechslungsreich und das aktive Arbeiten angenehm war. Lernenden, die nichts Negatives an der Methode beurteilen wollten, gefiel am allerbesten, dass das Anwenden des Energy Theater aufgrund des sozialen Miteinanders Spaß gemacht hat. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,626.

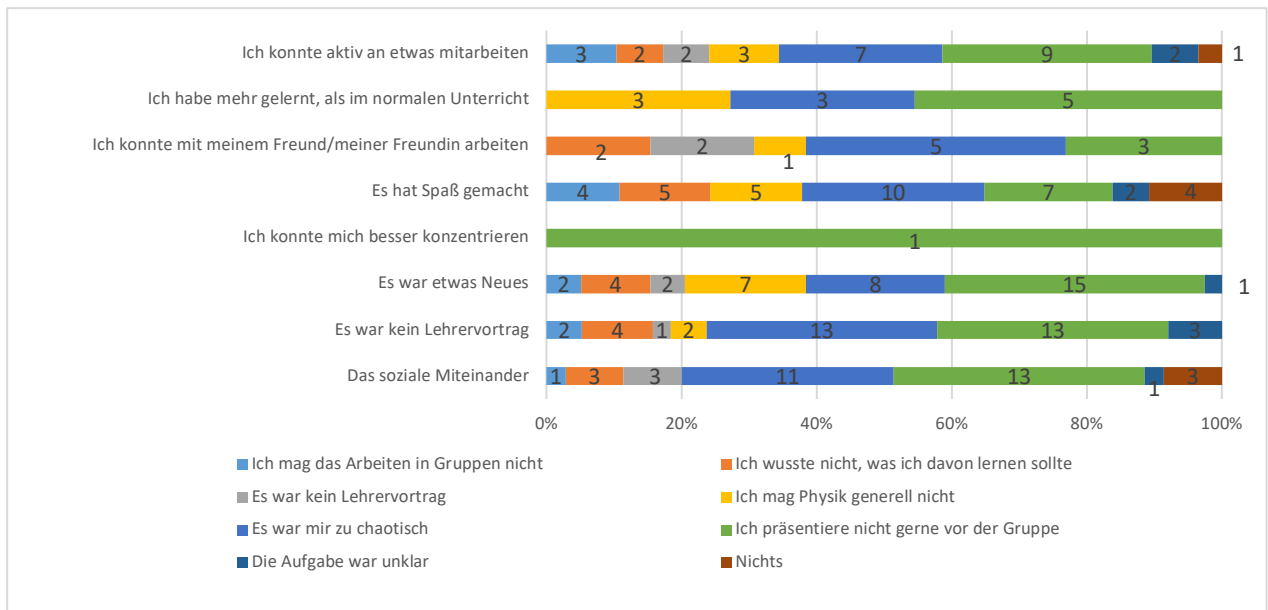


Abbildung 25: Antworten zum Aspekt, der am besten und gar nicht an der Methode gefallen hat

In Abbildung 26 sind Antworten der Fragen nach dem Geschlecht und der Begründung der Antwort bei der Frage nach dem Verbleib der Energie nach dem Zusammenstoß eines Autos mit einer Mauer in Zusammenhang gebracht. Es wurde gezeigt, dass der Großteil der Teilnehmerinnen mit der Energieumwandlung antwortete. Die männlichen Befragten hingegen stützten sich auf eben diese, wie auch den Erhaltungssatz. Falsche oder unpassende Begründungen gaben Schülerinnen wie Schüler ungefähr gleich oft. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,511.

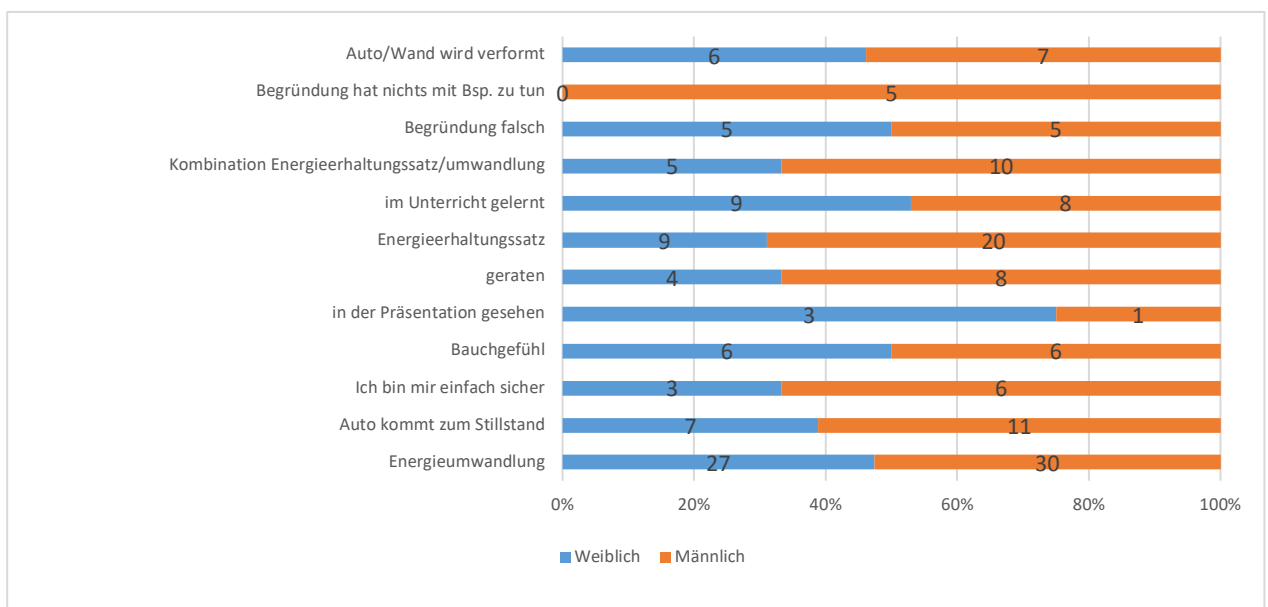


Abbildung 26: Antworten zum Geschlecht und der Begründung der Antwort der Frage nach dem Verbleib der Energie nach einem Zusammenstoß zwischen einem Auto und einer Mauer

In Abbildung 27 sind Antworten der Fragen nach dem Geschlecht und der Definition der Energie in Zusammenhang gebracht. Deutlich zu sehen war, dass die Hälfte der Teilnehmer einer Fehlvorstellung unterlag, jedoch nur ein Drittel der Teilnehmerinnen. Prozentual gesehen, konnten mehr Schülerinnen die richtige Definition nennen. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,801.

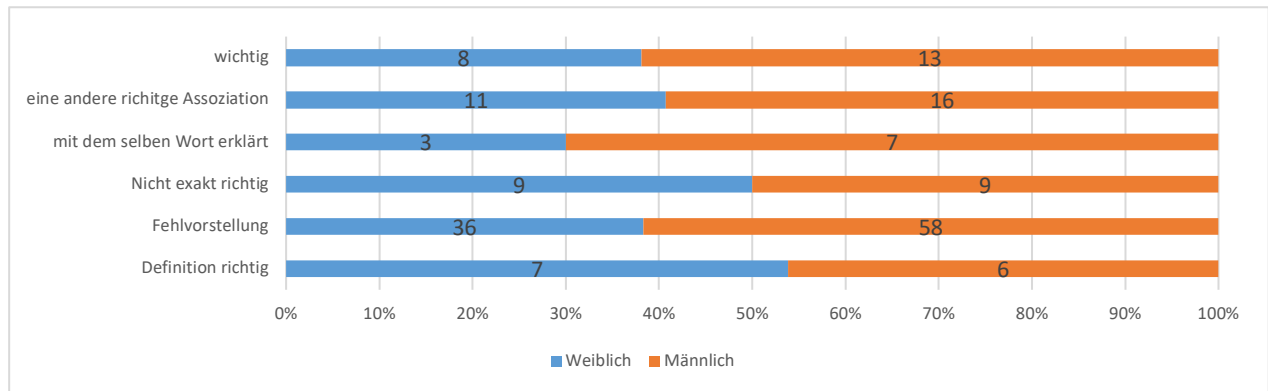


Abbildung 27: Antworten zum Geschlecht und der Definition der Energie

In Abbildung 28 sind Antworten der Fragen nach dem Geschlecht und der Definition der Energieformen in Zusammenhang gebracht. Wie bei der Frage nach der Definition der Energie war zu erkennen, dass die Teilnehmerinnen eher richtige Antworten gaben als die männlichen Befragten. Allerdings schrieben verhältnismäßig mehr Schülerinnen eine Fehlvorstellung auf als Schüler. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,825.

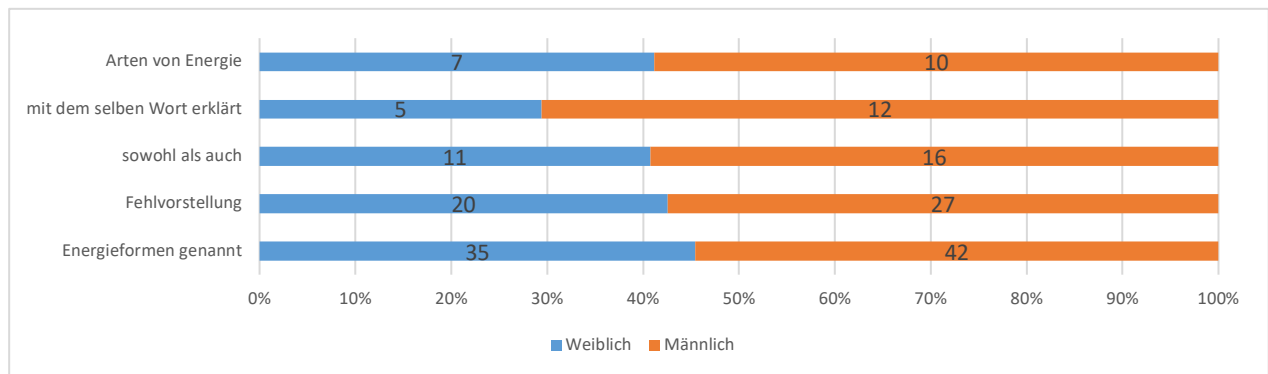


Abbildung 28: Antworten zum Geschlecht und der Definition der Energieformen

In Abbildung 29 sind Antworten der Fragen nach dem Interesse an Physik und der Begründung der Antwort zu der Frage, welche Aspekte während der Präsentation beobachtet werden konnten, in Zusammenhang gebracht. Es wurde sichtbar, dass die physikalisch interessierten Teilnehmer/innen eher antworteten, ihre Begründung auf im Unterricht gelernte Konzepte zu stützen. Mittelmäßig und gar nicht interessierte Befragte kreuzten allerdings noch häufiger an, dass sie die Aspekte in der Präsentation beobachten konnten. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,666.

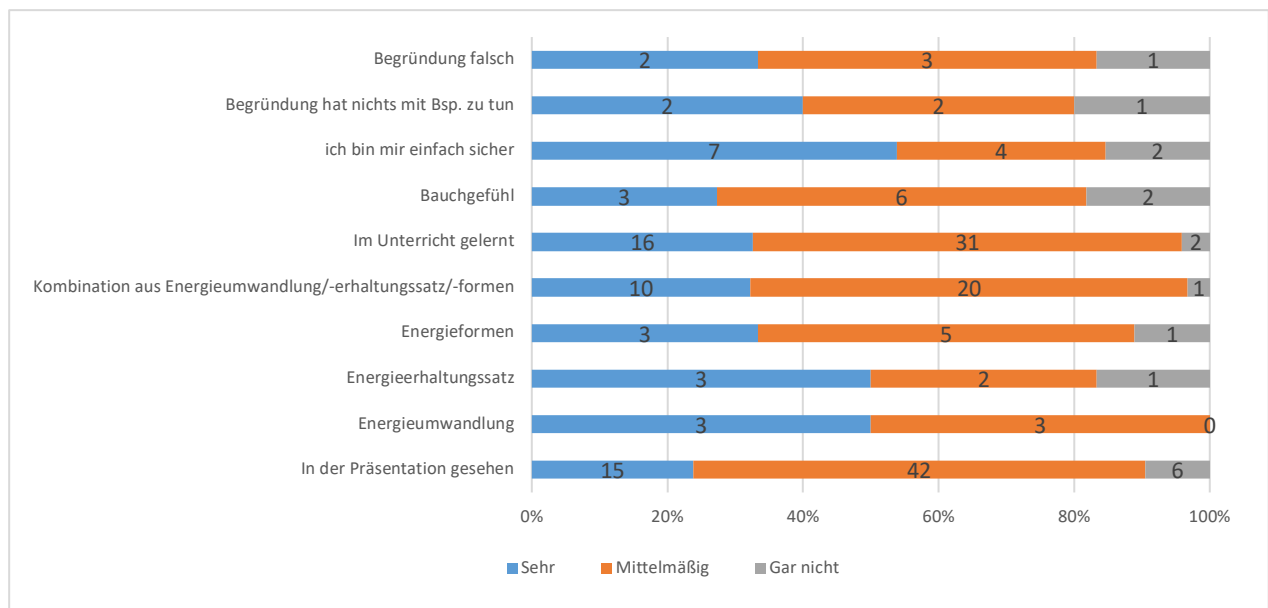


Abbildung 29: Antworten zum Interesse an Physik und der Begründung der Antwort der Frage, welche Aspekte während der Präsentation beobachtet werden konnten

In Abbildung 30 sind Antworten der Fragen, ob die Methode Spaß gemacht hat und der Definition der Energieumwandlung in der Vorerhebung in Zusammenhang gebracht. Es wurde abgebildet, dass der Großteil der Befragten, die keine richtige Antwort in der Vorerhebung geben konnten, angab, dass die Methode Spaß gemacht hat. 67 Personen, die den Begriff der Energieumwandlung korrekt definieren konnten, bewerteten den Spaßfaktor positiv. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,907.

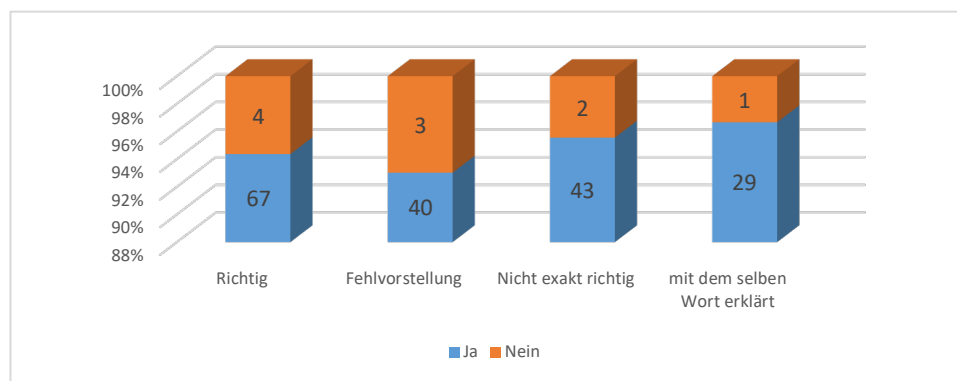


Abbildung 30: Antworten zum Spaßfaktor und der Definition der Energieumwandlung

In Abbildung 31 sind Antworten der Fragen nach dem Energieträger der Reibungsenergie nach der Bremsung eines Autos und der Definition der Energie in der Vorerhebung in Zusammenhang gebracht. Es wurde gezeigt, dass der Großteil der Schüler/innen, die in der Vorerhebung einer Fehlvorstellung unterlagen, bei der Frage 7 die richtige Antwort wählten. Die meisten der Befragten, die in der Vorerhebung richtige Antworten gaben, haben sich ebenfalls korrekt für Reifen und Straße als Energieträger entschieden. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab für diese Kreuztabelle einen Wert von 0,873.

Bei allen Antworten der Fragen 5 bis 7 und den Fragen der Vorerhebungen waren die gleichen Schlüsse zu ziehen, weswegen auf diese Darstellung stellvertretend verwiesen wird.

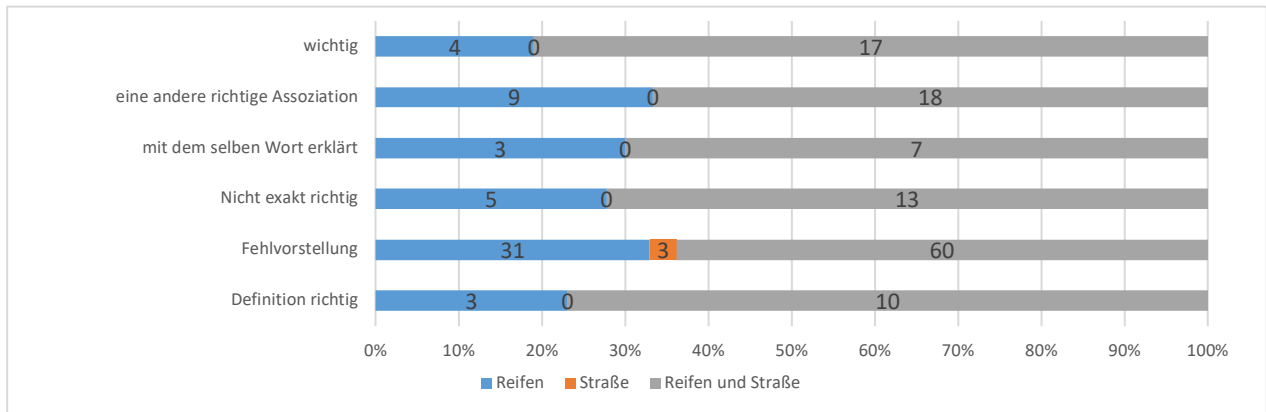


Abbildung 31: Antworten zum Energieträger der Reibungsenergie nach der Bremsung eines Autos und der Definition der Energie

5.3.4 Wie wird die Methode eingeschätzt?

Lehrpersonen

Nach den jeweiligen Einheiten war die Möglichkeit gegeben, die Kolleg/innen um ihr Feedback zu der Unterrichtsmethode zu bitten. Dabei wurde vor allem angemerkt, dass die Methode an sich noch unbekannt war, allerdings sehr positiv bewertet wurde. Die neue Kontextualisierung des Energiekonzepts und die Möglichkeit, für die Schüler/innen durch eine spielerische, aktive Umsetzung zu lernen, wurde dabei als Hauptargument genannt, diese Methode einmal selbst in einer Stunde einzusetzen. Wie angenommen, wurde der größere Zeitaufwand, bis die Methode einmal für alle Lernenden ausreichend erklärt und die Präsentation selbst durchgeführt wurde, kritisch betrachtet. Auch die Tatsache, dass nicht jede Klassengemeinschaft für eine dramaturgische Vorführung geeignet wäre, wurde als mögliches Hindernis beurteilt. Trotz der eventuellen Schwierigkeiten, fiel das Fazit aller Kolleg/innen positiv gegenüber der Methode aus und führte zu dem Wunsch, sie selbst im Unterricht auszuprobieren.

Schüler/innen

Das Feedback der Schüler/innen wurde mit einer letzten optionalen Frage im Evaluierungsbogen eingeholt und war ebenfalls durchwegs positiv. Viele schätzten die Möglichkeit, selbstständig und aktiv in der Gruppe etwas zu erarbeiten und sich ausprobieren zu dürfen. Auch die Abwechslung im Unterricht und der Spaßfaktor wurden als großer Pluspunkt genannt. Schüler/innen, die generell Gruppenarbeiten nicht gerne mögen, merkten an, dass das Präsentieren vor Publikum nicht zu ihrem Wohlbefinden beitrug. Einige beurteilten auch kritisch, dass die Methode nicht zu oft, sondern wenn, zu Beginn oder Ende eines Themas, genutzt werden sollte. Einige gesammelte Auszüge der Schülerfeedbacks wurden als Vertreterstimmen ausgewählt:

„Finde, dass die Methode Sinn ergibt, aber man es nicht oft im Unterricht verwenden kann, da sie enorm viel Zeit benötigt.“ (weiblich, Vierte Klasse)

„Es war sehr lustig und verständlich. Ich denke, dass dieses „spielerische“ Lernen sehr wahrscheinlich die Lehrmethode der Zukunft sein könnte. Ich hatte viel Spaß beim Lernen!“ (männlich, vierte Klasse)

„Es war eine schöne Stunde, aber es macht weniger Spaß, wenn manche zu viel von sich selbst behaupten.“ (männlich, zweite Klasse)

„Es ist ein lustiger Unterschied zum normalen Unterricht, jedoch würde ich dies nicht jede Stunde machen wollen, da es mir zu chaotisch ist, um zu lernen. Man könnte die Methode jedoch vor einem neuen Unterrichtsthema machen, um einen lustigen Einstieg zu bekommen und um sich mit dem Thema vertraut zu machen.“ (weiblich, fünfte Klasse)

„Methode fand ich persönlich mental und körperlich belastend. Ich mag es nicht, mit vielen Menschen zu reden oder gar mit ihnen zu arbeiten.“ (männlich, fünfte Klasse)

„Es war abwechslungsreich und hat sehr viel Spaß gemacht. Ich liebe es sowieso, in Gruppen zu arbeiten, also hat das sehr gut gepasst. Man musste sich aber trotz all dem Spaß auch etwas überlegen, was das Ganze eigentlich perfekt gemacht hat.“ (weiblich, fünfte Klasse)

„Es war etwas Anderes und vielleicht könnte man sich so mehr [mit Physik] anfreunden. Es kann besser mit der Motivation sein /werden.“ (weiblich, dritte Klasse)

„Mir hat alles gefallen, am Anfang war es ein bisschen verwirrend. Die Freiheit, die wir während dem Planen hatten und das Vertrauen, dass wir es selbstständig machen durften, war toll! Noch spannender wäre das Thema für Schüler, die gerade anfangen, über Energie zu lernen. Aber obwohl wir das Thema ausführlich im Unterricht gemacht haben, war es lustig.“ (weiblich, fünfte Klasse)

Zudem war die Tatsache interessant, dass einige Schüler/innen unabhängig voneinander die Idee hatten, das „Theater der Energien“ in anderen Unterrichtsfächern anzuwenden. Dazu müsste der Ablauf der Methode gleichbleiben und der Inhalt an das jeweilige Thema angepasst werden. Die Möglichkeiten, etwa den Zellteilungsprozess im Fach Biologie, Crescendo und Decrescendo im Fach Musik oder historische Entwicklungen im Fach Geschichte dramaturgisch darzustellen, wurden als Beispiele genannt.

6. Interpretation der Ergebnisse

1. Welche Schülervorstellungen sind bei den teilnehmenden Lernenden vorhanden?

Bei den drei Fragen der Vorerhebung wurden die einzelnen Schülervorstellungen sichtbar, die vor allem den medial verstärkten Aspekt des Stroms als einzige Energieform und die Gleichsetzung der Kraft mit Energie widerspiegeln, was der bisherigen Forschung in der Literatur entsprach. Bei der Frage „Energie ist“ antworteten überwiegend die männlichen Befragten mit einer Fehlvorstellung. Da hier besonders viele aufgeschriebene Begriffe, wie technische Anwendungen oder die Äquivalenz mit mechanischer Kraft, nichts mit der tatsächlichen Definition der Energie zu tun hatten, blieb zweifelhaft, ob diese Frage vielleicht zu offen gestaltet wurde oder die verfügbare Zeit zur Beantwortung zu kurz war. Bei der Frage „Energieumwandlung ist“ machten die Teilnehmerinnen die Mehrheit bei den richtigen beziehungsweise nicht exakt richtigen Antworten aus. Bei der Frage der „Energieformen“ konnten beide Geschlechter eher Energieformen nennen als mit Fehlvorstellungen antworten. Weiter war zu erkennen, dass die Assoziationen der Schüler/innen vorrangig anthropozentrische, funktionale Energie und Energie als Aktivität zum Inhalt hatten.

2. Können Schüler/innen nach der Durchführung der Methode das Energiekonzept auf ausgewählte Beispiele anwenden?

2a) Können Schüler/innen die im Pretest eine Schülervorstellung gezeigt haben, das Energiekonzept nach der Teilnahme am Energy Theater richtig anwenden?

Der Energieverbrauch erwies sich in der Beantwortung der Fragen 5 bis 7 durchwegs als häufigste Schülervorstellung in der Befragung, was mit der gelagerten Energie nach Watts (1983) in der Literatur übereinstimmt. Festzuhalten ist, dass 63,8% der Schüler/innen, die in der Vorerhebung einer Fehlvorstellung unterlagen, später die richtige Antwort bei den Fragen 5 bis 7 geben konnten. Allein durch die quantitative Befragung dieser Arbeit lässt sich allerdings nicht ausdrücklich feststellen, ob diese Kompetenzen nur durch die Präsentationen in der Einheit erweitert wurden. Da das Element der Besprechung aus Zeitgründen äußerst kurz gehalten werden musste, sind Lerneffekte aber weitestgehend auf die Darstellungsphase zurückzuführen. Qualitative Interviews mit den Lernenden nach der Durchführung dieser Methode im weiteren Verlauf wären beispielsweise sinnvoll gewesen, um ein wirklich aussagekräftiges Ergebnis ableiten zu können.

2b) In welcher Weise gehen Schüler/innen mit den Inhalten der Methode um?

Die gesammelten Daten konnten offenlegen, welche Kompetenzen die Teilnehmer/innen bei den Fragen 5 bis 7 zeigten und deckten sowohl in der Vorerhebung als auch in den Begründungen der Antworten vorhandene Schülervorstellungen auf. Es stellte sich heraus, dass die Schüler/innen die Grundelemente der Energieumwandlung, -erhaltung und die der verschiedenen Formen sehr wohl

aus der Präsentation und ihren Planungen zur Darstellung erkennen konnten, diese aber laut eigenen Angaben auch teilweise im normalen Unterricht gelernt hatten. Diese beiden Aspekte führen zu dem Ergebnis, dass sie die Methodeninhalte nicht nur auswendig gelernt wiedergaben, sondern auch auf eine neue Situation bei den Fragen 5 bis 7 anwenden konnten. Weiter wurde sichtbar, dass der Großteil der Befragten, der meinte, einen Energieverbrauch beobachtet zu haben, angab, dieses Konzept im Unterricht kennengelernt zu haben. Interessant war, dass die Option des Energieflusses über die Grenzen eines Systems kaum gewählt wurde, was daran liegen könnte, dass diese Antwortmöglichkeit im Gegensatz zu den anderen zu kompliziert formuliert war. Der Aspekt der Energiespeicherung wurde ebenfalls von sehr wenigen Teilnehmer/innen gewählt, was darauf schließen lassen könnte, dass dieser im Gegensatz zu den Konzepten der Umwandlung und Erhaltung von Energie weit weniger im Unterricht besprochen und von den Lernenden erkannt wurde. Es wurde deutlich, dass die Umwandlung als grundlegendes Konzept der Energie von den meisten Befragten verstanden wurde. Der Energieerhaltungssatz belegte hier den zweiten Platz und wurde ebenfalls von vielen Teilnehmer/innen zur Beantwortung der Frage und Begründung herangezogen. Beachtenswert war hier, dass Lernende, die den Energieverbrauch wählten, diesen klassisch mit dem Stillstand des Autos nach dem Zusammenstoß in Verbindung brachten, was wieder der schon bekannten Schülervorstellung entsprach. Anders als erwartet und im Gegensatz zu Frage 5, wurde bei Frage 6 sehr selten in den Antworten auf die Beobachtungen während der Präsentation verwiesen, sondern eher mit Wissen aus dem Unterricht geantwortet. Außerdem erkannte der Großteil der Befragten, dass sowohl Straße als auch die Reifen Energieträger der Reibungsenergie waren und gab vorrangig an, dass die Reifen die Straße reiben, wodurch ein Zusammenhang bestehen musste. Schüler/innen, die nur einen Teil als Energieträger erfassten, wählten hier vorrangig die Reifen, was darauf schließen lassen könnte, dass hier die anthropozentrische oder funktionale Energievorstellung eine Rolle spielte. Die zweitgrößte Gruppe der Teilnehmer/innen konnte bei dieser Frage allerdings keine Begründung angeben, die mit dem Beispiel tatsächlich zu tun hatte, was nahelegt, dass hier eventuell trotz der Angabe der Sicherheit, mehr Bauchgefühl oder Auswendiglernen dahintersteckte, als tatsächliches Wissen und Verständnis der Situation.

2c) Bestimmen soziale Faktoren das Antwortverhalten bei den Fragen 5 bis 7?

Hervorzuheben ist die Tatsache, dass physikinteressierte Teilnehmer/innen ihre Antworten eher damit begründeten, die Aspekte im Unterricht gelernt zu haben; mittelmäßig oder gar nicht am Fach interessierte Schüler/innen ihre Auswahl aber auf die Beobachtungen während der Präsentation stützten. Das spricht dafür, dass diese Gruppe an Lernenden sich eher auf den Wissenserwerb direkt bei der Methode eingelassen haben könnte.

Interessant war das Faktum, dass die Teilnehmerinnen ihre Antwort deutlich häufiger mit der Energieumwandlung und die Teilnehmer mit dem Energieerhaltungssatz begründeten, was eventuell auf eine geschlechterspezifische Auffassung beim Lernen hinweist. Nicht klar erkennbar war allerdings die Tatsache, dass Schüler/innen die Energie hier nicht als produzierte oder transferierte Energie ansahen.

3. Welche sozialen Faktoren spielen eine Rolle bei der Akzeptanz des Energy Theater von Lernenden und wie wird die Methode von Befragten bewertet?

3a) Welche Individuellen Faktoren bestimmen, wie die Methode von den Lernenden bewertet wird?

Die Auswertung ergab, dass allein der Spaßfaktor eine signifikante Rolle bei der positiven Bewertung des Energy Theater spielte. Im Gegensatz zu den anderen Aspekten stellte er einen statistischen Ausreißer dar. Die restlichen erhobenen Gesichtspunkte wurden im gleichbleibenden Verhältnis gewählt und schienen keine charakteristische Auswirkung auf die Evaluierung der Schüler/innen gehabt zu haben.

3b) Beeinflusst das Wohlbefinden während der Einheit, unabhängig vom Alter der Teilnehmer/innen, den Wunsch, die Methode öfter im Unterricht anzuwenden und die Tatsache, dass Schüler/innen währenddessen etwas Neues zum Thema Energie lernen?

Ein großer Pluspunkt für das Verwenden der Methode im Unterricht ist, dass mehr als die Hälfte aller Befragten, die sich während der Einheit sehr wohl fühlte, angab, etwas Neues über das Energiekonzept gelernt zu haben. Durch die Auswertung ist erkennbar, dass das Unwohlsein während der Anwendung der Methode allerdings proportional zur Schulstufe leicht ansteigt. Das zeigt sich auch mit dem schwächer werdenden Wunsch, die Methode öfters im Unterricht zu verwenden.

3c) Welche Aspekte der Methode werden positiv oder negativ bewertet und gibt es diesbezüglich Unterschiede im Antwortverhalten bei Mädchen und Burschen?

Ein deutlich positiver Aspekt die Methode im Unterricht einzusetzen, ist, dass sie sowohl Schülerinnen und Schülern gefallen hat, unabhängig vom Interesse am Fach Physik. Uninteressierte gaben in der Befragung sogar teilweise an, mehr gelernt zu haben als in den normalen Unterrichtsstunden. Sogar die Teilnehmer/innen, denen der Ablauf der Methode nicht klar war, beziehungsweise die Physik generell nicht mögen, bewerteten positiv, dass es ein soziales Arbeiten ohne Lehrervortrag war. Während der Methode fühlten sich vorrangig die Mädchen wohler, was allerdings keinen Einfluss darauf hat, welche Geschlechtergruppe diese Methode öfters im Unterricht verwenden wollen würde. Den männlichen Teilnehmern hat hauptsächlich der Spaßfaktor, die Abwechslung und das soziale Miteinander gefallen, während die weiblichen Befragten zusätzlich das aktive Mitarbeiten schätzten.

3d) *Gibt es Unterschiede in der Bewertung der Methode von Lernenden, die den naturwissenschaftlichen Schulzweig gewählt haben und an Physik interessiert sind und Befragten des Medien-Schulzweiges mit keiner Begeisterung für das Fach?*

Es ließ sich bei den Befragten, denen die Methode gut gefallen hat, erkennen, dass es keinen Einfluss darauf hatte, ob der naturwissenschaftliche Zweig der Schule gewählt wurde oder nicht. Allerdings gaben weniger Naturwissenschaftler als Nicht-Naturwissenschaftler an, Spaß gehabt zu haben. Schüler/innen aus beiden Zweigen beanstandeten hauptsächlich an der Methode, dass sie ungern vor Gruppen präsentieren, beziehungsweise sie die Lernumgebung als zu chaotisch empfunden haben. Außerdem kritisierten Teilnehmer/innen des naturwissenschaftlichen Zweiges eher, dass die Aufgabe und das Lernziel unklar waren und sie nicht immer wussten, was zu tun war. Wohingegen Befragte des anderen Zweiges ihr Unwohlsein vorrangig damit begründeten, Physik und Gruppenarbeiten generell nicht zu mögen. Personen, die ankreuzten, gar nicht an Physik interessiert zu sein, bewerteten die Methode allerdings vorrangig als sehr gut.

Insgesamt lässt sich zusammenfassen, dass die Mehrheit aller Befragten den Spaßfaktor, die Abwechslung zum normalen Unterrichtsalltag und das soziale aktive Arbeiten miteinander an der Methode wertschätzten. Unabhängig vom erhöhten Zeitaufwand stimmten die Lehrerkolleginnen und -kollegen dem zu und wollen auch ihren eigenen Unterricht mithilfe des Energy Theater vielfältiger gestalten. Allerdings gaben sie zu bedenken, dass das Energiekonzept von dem Lehrenden selbst ausreichend verstanden sein muss, um die Wirkungsfähigkeit der Unterrichtsmethode nutzen und Missverständnissen sofort entgegen wirken zu können, was mit den Erkenntnissen in der Literatur von J.W. Warren (1983) übereinstimmt.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Nach der Auswertung der Fragebögen und dem Feedback von Kolleg/innen und Schüler/innen lässt sich sagen, dass das Energy Theater eine Unterrichtsmethode ist, die Abwechslung und Freude am Lernen ins Klassenzimmer bringt. Die meisten der Befragten fühlten sich während der Einheit wohl und bewerteten die Methode diesbezüglich als „sehr gut“. Der Großteil der Teilnehmer/innen gab an, mehr von der Stunde gelernt zu haben, als sonst im normalen Physikunterricht. Sie würden sich wünschen, das „Theater der Energien“ öfters in den Lernprozess einzubauen. Dabei sticht vor allem heraus, dass die Schüler/innen diesen neuen Ansatz dem bekannten Lehrervortrag vorziehen würden. Auch das soziale Arbeiten miteinander spielte für die meisten eine entscheidende Rolle bei der positiven Bewertung. Das Unwohlsein einiger Befragten wurde hauptsächlich dadurch ausgelöst, dass viele ungern vor Gruppen präsentieren oder eher eine geordnete Lernumgebung bevorzugen, die während dem Energy Theater möglicherweise zu aufregend und chaotisch gestaltet war. Dieses Befinden stieg mit dem Alter der Teilnehmer/innen.

Vor allem bei Befragten, die durch die Zweigwahl oder durch geringeres Interesse an Physik weniger mit dem Fach zu tun hatten, scheint die Methode sowohl einen leichten Wissenszuwachs wie auch eine gesteigerte Freude, sich auf diese Weise mit physikalischen Themen auseinanderzusetzen, mitgebracht zu haben. Allerdings lässt sich keine konkrete Aussage dazu machen. Hierzu müssten nach der Durchführung der Einheit zusätzlich qualitative Interviews mit den Befragten geführt werden, um festzustellen, ob die Lernenden die Kompetenzen tatsächlich übertragen und in einem neuen Kontext anwenden können oder nicht.

Außerdem konnte sich die Befragung nicht auf alle fünf Hauptaspekte des Energiekonzeptes konzentrieren, sondern behandelte hauptsächlich Energieumwandlung und -erhaltung. Weiter musste aufgrund der zeitlichen Einschränkung durch die Genehmigung des Landesschulrates der Ablauf so gestrafft werden, dass lediglich Auszüge der Methode ausprobiert werden konnten. Damit wurde der Fokus auf die Durchführung selbst mit den verteilten Rollen sowie eine ebenfalls gekürzte Abschlussdiskussion in den Klassenverbänden gelegt und auf tiefergehende Elemente, wie zum Beispiel die Energy Tracking Diagrams, verzichtet. Diese ausgelassenen Komponenten wie auch eine ausführliche, zusammenführende Besprechung der Ergebnisse mit allen Lernenden könnten allerdings weitere wesentliche und qualitative Daten zur Beurteilung des Potentials der Methode bringen. Somit kann diese Forschung nur Thesen aufstellen und Vorreiter für eine weiterführende Evaluierung sein, die sich mit allen Aspekten und Konzepten befassen kann, wozu mehrere verschiedene Kontexte und mehr Zeit erforderlich sein werden. Weiter müsste noch untersucht werden, wie und ob sprachliche Kenntnisse das Verständnis beeinflussen, sowohl beim

Energielernen als auch Lesen des Fragebogens. Zudem könnte ein Zusammenhang zu unterschiedlichen Lerntypen hergestellt werden, der in dieser Arbeit nicht behandelt wurde.

Es bleibt zu sagen, dass das Energy Theater eine Unterrichtsmethode ist, die vom Großteil der Teilnehmer/innen als sehr positiv bewertet wurde. Sie zeigt durchaus Potential, das Lernen der Energiequadrige, sowie die Motivation, sich damit zu beschäftigen, für manche Schülergruppen zu vereinfachen. Sie ist mit Maß und Ziel anzuwenden, um eine ausgewogene Lernumgebung für alle Lerntypen zu schaffen, wobei immer darauf geachtet werden sollte, dass der Lehrer-Schüler-Kontakt ständig erhalten bleibt, um von etwaigen Schülervorstellungen gleich wegzuleiten. Der Ablauf des Theaters der Energien kann außerdem durch mehrere Inhalte und Ideen erweitert werden und so auch Gebrauch in anderen Schulfächern finden. Es fügt sich daher in den Methodenkoffer einer Lehrkraft ein und ermöglicht mit neuen Blickwinkeln und Lernzielen eine abwechslungsreiche und erweiterte Unterrichtsplanung.

Das Energy Theater ist daher vielseitig einsetzbar, um den Lernalltag bunter zu gestalten.

Literaturverzeichnis

1. Tamer G. *Amin*, Fredrik *Jeppsson*, Jesper *Haglund*. Conceptual metaphor and embodied cognition in science learning. (2018)
2. Julia *Behle*, Thomas Wilhelm. Schülervorstellungen zur Energie im Wandel der Zeit. Online unter: http://www.thomas-wilhelm.net/veroeffentlichung/SV_Energie.pdf (Letzter Zugriff 16.3.2019)
3. Antony *Crossley*, Niklas *Hirn*, Erich *Staraschek*. Schülervorstellungen zur Energie- Eine Replikationsstudie. In: Didaktik der Physik, Frühjahrstagung (2009)
4. Abigail R. *Daane*, Ben van *Dusen*. Energy Theater. Online unter: https://murdocktrust.org/wp-content/uploads/2016/07/Energy-Theater-Workshop_San-Diego.PinSci.pdf (Letzter Zugriff: 23.4.2019)
5. Abigail R. *Daane*, Lindsay *Wells*, Rachel E. *Scherr*. Energy Theater. In: The Physics Teacher 52(2014)
6. Reinders *Duit*. Energie. Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. NiU Physik 101 (2007)
7. Reinders *Duit*. Learning the energy concept in school- empirical results from The Philippines and West Germany In: Physics Education Vol. **19** (1984)
8. Reinders *Duit*. Piko Briefe- Der Fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst. (2010) Online unter <https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf> (Letzter Zugriff: 16.3.2019)
9. Reinders *Duit*. Piko Briefe - Der Fachdidaktische Forschungsstand kurzgefasst. (2004) Online unter http://www.brgkepler.at/~rath/pl_an/aktuell/piko_brief_2.pdf (Letzter Zugriff: 5.5.2019)
10. Peter P. *Eckstein*. Angewandte Statistik mit SPSS Praktische Einführung für Wirtschaftswissenschaftler. E-book (2016)
11. Richard *Feynman*. The Feynman Lectures on Physics. Book 1(1963)
12. Ernst Kircher, Raimund Girwidz, Peter Häußler (Hrsg.). Physikdidaktik. Theorie und Praxis (2015)
13. Chinapat *Mongkholsiriwattana*. Designing a test to measure misconception about energy conservation. Online unter: https://indico.cern.ch/event/478090/contributions/2138067/attachments/1286839/1914570/Designing_a_test_to_measure_misconception_about_energy_conservation_Present_version_3.pdf (Letzter Zugriff 16.3.2019)
14. Hans Joachim *Schlichting*, Udo *Backhaus*. Energie als grundlegendes Konzept. In: Physik und Didaktik 7/2 (1979). E-Version
15. J.W. *Warren*. Energy and its carriers: a critical analysis. In: Phys Educ., Vol. 18 (1983)
16. Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL). Fachdidaktisches Konzept zu „Energie effizient nutzen“. Online unter: https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bnt/gym/bp2016/fb2/4_energie/0_ueber/02_konzept/4002_fachdidaktisches_konzept.pdf (Letzter Zugriff: 5.5.2019)

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: ENERGIEQUADRIGA	7
ABBILDUNG 2: UNTERRICHTSPLANUNG ZUM ENERGIEBEGRIFF	8
ABBILDUNG 3: BEISPIELHAFTE BENENNUNG DER ENERGIEBEREICHE ZU SZENARIO I	22
ABBILDUNG 4: BEISPIELHAFTE BENENNUNG DER ENERGIEBEREICHE ZU SZENARIO II	23
ABBILDUNG 5: BEISPIELHAFTE BENENNUNG DER ENERGIEBEREICHE ZU SZENARIO III.....	23
ABBILDUNG 6:ANTWORTEN ZU DEN ASPEKTEN, DIE IN DER PRÄSENTATION BEOBACHTET WERDEN KONNTEN UND DER SICHERHEIT DER ANTWORT	40
ABBILDUNG 7:ANTWORTEN ZU DEN ASPEKTEN, DIE IN DER PRÄSENTATION BEOBACHTET WERDEN KONNTEN UND DER BEGRÜNDUNG DER ANTWORT	41
ABBILDUNG 8:ANTWORTEN ZU DEM BEISPIEL EINES GEGEN DIE MAUER FAHRENDEN AUTOS UND DER SICHERHEIT DER ANTWORT	42
ABBILDUNG 9:ANTWORTEN ZU DEM BEISPIEL EINES GEGEN DIE MAUER FAHRENDEN AUTOS UND DER BEGRÜNDUNG DER ANTWORT	42
ABBILDUNG 10:ANTWORTEN ZU DEM ENERGIETRÄGER DER REIBUNGSENERGIE NACH DER BREMSUNG EINES AUTOS UND DER SICHERHEIT DER ANTWORT.....	43
ABBILDUNG 11:ANTWORTEN ZU DEM ENERGIETRÄGER DER REIBUNGSENERGIE NACH DER BREMSUNG EINES AUTOS UND DER BEGRÜNDUNG DER ANTWORT.....	44
ABBILDUNG 12:ANTWORTEN ZU DEM GESCHLECHT UND DEM WOHLBEFINDEN WÄHREND DER EINHEIT	44
ABBILDUNG 13:ANTWORTEN ZU DEM GESCHLECHT UND DEM WUNSCH, DIE METHODE ÖFTERS IM UNTERRICHT ZU VERWENDEN	45
ABBILDUNG 14:ANTWORTEN ZUM GESCHLECHT UND DEM ASPEKT, DER AM BESTEN AN DER METHODE GEFALEN HAT.....	45
ABBILDUNG 15:ANTWORTEN ZUR SCHULSTUFE UND DEM WOHLBEFINDEN WÄHREND DER EINHEIT	46
ABBILDUNG 16:ANTWORTEN ZUR SCHULSTUFE UND DEM WUNSCH, DIE METHODE ÖFTERS IM UNTERRICHT ZU VERWENDEN	46
ABBILDUNG 17:ANTWORTEN ZUR ZWEIFWAHL UND DER TATSACHE, OB DIE METHODE GEFALEN HAT	47
ABBILDUNG 18:ANTWORTEN ZUR ZWEIFWAHL UND DER TATSACHE, OB DIE METHODE SPAß GEMACHT HAT.....	47
ABBILDUNG 19:ANTWORTEN ZUR ZWEIFWAHL UND DER TATSACHE, OB WÄHREND DER METHODE ALLES VERSTÄNDLICH GEWESEN IST ..	47
ABBILDUNG 20:ANTWORTEN ZUR ZWEIFWAHL UND DEM ASPEKT, DER GAR NICHT AN DER METHODE GEFALEN HAT	48
ABBILDUNG 21:ANTWORTEN ZUM INTERESSE AN PHYSIK UND DER TATSACHE, OB DIE METHODE GEFALEN HAT	48
ABBILDUNG 22:ANTWORTEN ZUM INTERESSE AN PHYSIK UND DEM ASPEKT, DER AM BESTEN AN DER METHODE GEFALEN HAT	49
ABBILDUNG 23:ANTWORTEN ZUM WOHLBEFINDEN UND DER TATSACHE, OB WÄHREND DER EINHEIT ETWAS NEUES GELERNT WURDE ...	49
ABBILDUNG 24:ANTWORTEN ZUR TATSACHE, OB WÄHREND DER EINHEIT ALLES VERSTÄNDLICH WAR UND DEM ASPEKT, DER AM BESTEN AN DER METHODE GEFALEN HAT	50
ABBILDUNG 25:ANTWORTEN ZUM ASPEKT, DER AM BESTEN UND GAR NICHT AN DER METHODE GEFALEN HAT	51
ABBILDUNG 26:ANTWORTEN ZUM GESCHLECHT UND DER BEGRÜNDUNG DER ANTWORT DER FRAGE NACH DEM VERBLEIB DER ENERGIE NACH EINEM ZUSAMMENSTOß ZWISCHEN EINEM AUTO UND EINER MAUER	51
ABBILDUNG 27:ANTWORTEN ZUM GESCHLECHT UND DER DEFINITION DER ENERGIE.....	52
ABBILDUNG 28:ANTWORTEN ZUM GESCHLECHT UND DER DEFINITION DER ENERGIEFORMEN	52
ABBILDUNG 29:ANTWORTEN ZUM INTERESSE AN PHYSIK UND DER BEGRÜNDUNG DER ANTWORT DER FRAGE, WELCHE ASPEKTE WÄHREND DER PRÄSENTATION BEOBACHTET WERDEN KONNTEN	53
ABBILDUNG 30:ANTWORTEN ZUM SPAßFAKTOR UND DER DEFINITION DER ENERGIEUMWANDLUNG	53
ABBILDUNG 31:ANTWORTEN ZUM ENERGIETRÄGER DER REIBUNGSENERGIE NACH DER BREMSUNG EINES AUTOS UND DER DEFINITION DER ENERGIE	54

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ENERGY THEATER REGELN	14
TABELLE 2: PHASEN DES ENERGY THEATER	15
TABELLE 3: PRODUKTIVE HILFESTELLUNGEN DER LEHRKRÄFTE IM ENERGY THEATER	17
TABELLE 4: MÖGLICHE LERNZIELEINTEILUNG DES ENERGY THEATER	17

Anhang

Fragebogen zur Vorerhebung

- 1) Energie ist _____
- 2) Energieumwandlung bedeutet _____
- 3) Energieformen sind _____

Fragebogen

Fragebogen zum „Theater der Energien“

Fülle den Fragebogen bitte **VOLLSTÄNDIG** aus und kreuze immer nur **EINE** Antwort an, sofern es nicht anders angegeben ist. Schreibe nirgendwo deinen Namen, Klasse oder andere Daten über dich auf den Fragebogen, damit die Erhebung wirklich ANONYM bleiben kann.

- 1) Geschlecht
☐ Weiblich ☐ Männlich
- 2) Schulstufe
☐ 2.Klasse ☐ 3.Klasse ☐ 4.Klasse ☐ 5.Klasse

- 3) Gehst du in den naturwissenschaftlichen Zweig deiner Schule?

- 4) Physik als Schulfach interessiert mich
☐ Ja ☐ Nein
☐ Sehr ☐ Mittelmäßig ☐ Gar nicht

- 5) Während der Präsentationen konnten wir beobachten, dass...
(Mehrere Antworten möglich!)

- ☐ ...Energie verbraucht wird
- ☐ ...Energie in mehreren Formen auftreten kann
- ☐ ...Energie nicht gespeichert werden kann
- ☐ ...Energie von einem Körper auf einen anderen übertragen werden kann
- ☐ ... die Veränderung der Energie durch Fließen über die Systemgrenzen hinein oder hinaus beschrieben werden kann.
- ☐ ...Energie umgewandelt wird
- ☐ ...Energie nur in Form von Wärme auftritt

Begründung:

Wie sicher bist du dir?

- ☐ Sicher ☐ Unsicher ☐ Ich habe geraten

-
- 6) Wenn ein fahrendes Auto gegen eine Mauer fährt und dadurch letztendlich zum Stillstand kommt, wird die Bewegungsenergie des Autos...

- ☐ ... erzeugt.
- ☐ ... in andere Energieformen umgewandelt.
- ☐ ... verbraucht.

Begründung:

Wie sicher bist du dir?

- ☐ Sicher ☐ Unsicher ☐ Ich habe geraten

-
- 7) Wenn bei einer Bremsung das Auto der Energieträger der Bewegungsenergie ist, sind/ist die/der Energieträger der Reibungsenergie...

- ☐ ... die Reifen.
- ☐ ... die Straße
- ☐ ... die Reifen und die Straße.

Begründung:

Wie sicher bist du dir?

- ☐ Sicher ☐ Unsicher ☐ Ich habe geraten

-
- 8) Wie hat dir die Methode gefallen?

- ☐ Sehr gut ☐ Mittelmäßig ☐ Nicht gut

9) Hat dir die Methode Spaß gemacht?

☐ Ja ☐ Nein

10) Wie wohl hast du dich während der Einheit gefühlt?

☐ Sehr wohl ☐ Mittelmäßig ☐ Unwohl

11) Hast du etwas physikalisch Neues über das Thema Energie erfahren?

☐ Ja ☐ Nein

12) Würdest du diese Methode gerne öfter im Unterricht verwenden?

☐ Ja ☐ Nein

13) War dir immer klar, was zu tun war, oder hätte etwas besser erklärt werden müssen?

- ☐ Mir war alles klar
- ☐ Hin und wieder war ich unsicher, aber wir konnten uns gegenseitig helfen
- ☐ Mir war es nicht klar

14) Was hat dir am allerbesten an der Methode gefallen?

(Bitte nur **EINE** Antwort ankreuzen!)

- ☐ Das soziale Miteinander
- ☐ Es war kein Lehrervortrag
- ☐ Es war etwas Neues
- ☐ Ich konnte mich besser konzentrieren
- ☐ Es hat Spaß gemacht
- ☐ Ich konnte mit meinem Freund/meiner Freundin arbeiten
- ☐ Ich habe mehr gelernt, als im normalen Unterricht
- ☐ Ich konnte aktiv an etwas mitarbeiten

15) Was hat dir gar nicht an der Methode gefallen?

(Bitte nur **EINE** Antwort ankreuzen!)

- ☐ Ich mag das Arbeiten in Gruppen nicht
- ☐ Ich wusste nicht, was ich davon lernen sollte
- ☐ Es war kein Lehrervortrag
- ☐ Ich mag Physik generell nicht
- ☐ Es war mir zu chaotisch
- ☐ Ich präsentiere nicht gerne vor der Gruppe
- ☐ Die Aufgabe war unklar

Hast du noch anderes Feedback zur Methode und/oder dem Fragebogen?

Vielen Dank für deine Teilnahme! ©

Ablaufprotokoll für die SchülerInnen

Theater der Energien

Arbeitsauftrag

- Der Erzähler soll vor der Präsentation kurz erklären, was ihr warum und wie tut. (Handzeichen, Vorgang, etc.)
- Führt euer Szenario pantomimisch (**ohne zu Sprechen**) vor der Gruppe vor.
- Jede/r soll auch individuell seinen Part erklären können. (Warum tue ich, was ich tue?)
- Gesamtdauer pro Gruppe: **max. 3 Minuten!**

➔ Wählt einen Erzähler, einen Zeitführer und einen Schriftführer!

Erzähler: Stellt Ergebnisse vor der Präsentation vor

Zeitführer: Schaut, dass die Gruppe in der Zeit bleibt

Schriftführer: Hält Ergebnisse schriftlich für die Gruppe fest, damit man später davon ablesen kann
<<Eventuell kleine Skizze/Zeichnung des Energieflusses>>

Regeln

1) Jede Person ist eine Energieeinheit im Szenario.

2) Regionen auf dem Boden entsprechen Objekten im Szenario.

3) Jede Person hat eine Form von Energie zu einer Zeit.

4) Jede Person gibt ihre Form der Energie in irgendeiner Weise an, oft mit einem Handzeichen (wie einem Buchstaben) oder einer ikonischen Bewegung (wie Fächern).

5) Menschen bewegen sich von einer Region zur anderen, wenn Energie übertragen wird, und ändern das Handzeichen, wenn sich Energie ändert.

6) Die Anzahl der Personen in einer Region oder ein Handzeichen entspricht der Energiemenge in einem Objekt bzw. einer bestimmten Form.

Zeitprotokoll für das Einstudieren

1. Überlege, welche Objekte und Bereiche am Boden du für die Darstellung brauchst. (2 Minuten)
2. Wähle ein Handzeichen für jede Energieform in deinem Szenario aus. (2 Minuten)
3. Verfolgen Sie die Energietransfers und Transformationen durch das Szenario. (7 Minuten)
4. Entscheide, welche Form von Energie jede Person darstellen wird und welchen Weg sie nimmt. (2 Minuten)
5. Spiele es mindestens einmal mit deiner Gruppe als Probe durch. (2 Minuten)

Power Point-Präsentation der Erhebungseinheit



universität
wien

Theater der Energien

Diplomarbeitsprojekt

Alexandra Sarantoulidis



universität
wien

Ablauf

- Begriffe klären
- Vorstellung des Projekts
- Gruppenfindung
- Erarbeitungsprozess
- Präsentation der Ergebnisse
- Fragebogen



universität
wien

Begriffe klären

- Vervollständige auf einen kurzen Satz.
- 3 Begriffe - Was kommt dir dazu als Erstes in den Sinn?
- 3 Minuten Zeit.



universität
wien

Vorstellung des Projekts

- Diplomarbeit
- Forschungsziel
- Theater der Energien



universität
wien

Regeln: Theater der Energien

- 1) Jede Person ist eine Energieeinheit im Szenario.
- 2) Regionen auf dem Boden entsprechen Objekten im Szenario.
- 3) Jede Person hat eine Form von Energie zu einer Zeit.
- 4) Jede Person gibt ihre Form der Energie in irgendeiner Weise an, oft mit einem Handzeichen (wie einem Buchstaben) oder einer ikonischen Bewegung (wie Fächerung).
- 5) Menschen bewegen sich von einer Region zur anderen, wenn Energie übertragen wird, und ändern das Handzeichen, wenn sich Energie ändert.
- 6) Die Anzahl der Personen in einer Region oder ein Handzeichen entspricht der Energiemenge in einem Objekt bzw. einer bestimmten Form."



universität
wien

Gruppenfindung

- 3 Farben-3 Gruppen-3Themen
- Themen:
 - Gruppe 1: Ein Schalter wird umgelegt und eine Glühbirne beginnt zu leuchten
 - Gruppe 2: Ein Auto beschleunigt und bremst
 - Gruppe 3: Ein Gummiball wird gegen eine Wand geworfen und springt zurück
- Rollen in den Gruppen: Erzähler, Zeitführer