

Energieerhaltung in der Sekundarstufe 1

Das Energiekonzept ist besonders wichtig für ein tiefergehendes Verständnis der Naturwissenschaften. Energieerhaltung wird in vielen Forschungsbeiträgen als schwieriges Teilkonzept beschrieben (Nordine, 2016). Es wurde ein neues Unterrichtskonzept für die Sek 1 – aufbauend auf Vorarbeiten von Martin Bader (2001) – entwickelt, welches die Energieerhaltung in den Vordergrund stellt. Um die Wirksamkeit des neuen Curriculums empirisch zu überprüfen, wird mit einem Mixed-Methods-Ansatz in einem Vergleichsstudiendesign gearbeitet. Die Lernerfolge der Schülerinnen und Schüler wurden im Prae- und Posttest-Design untersucht. Die Antworten der offenen Fragen wurden analysiert und kategorisiert. Die so erhaltenen Kategorien zeigen die häufigsten Schwierigkeiten mit dem Energiekonzept.

Theoretischer Hintergrund

Schülerinnen und Schüler haben immer wieder ein Problem mit dem Verständnis von Energie, besonders mit dem Teilaspekt der Energieerhaltung (vgl. Chen, 2014). Sie verbinden mit dem Begriff der Energie etwas Materielles, zum Beispiel Öl, Benzin und Kohle (Duit, 1986) oder wie in der Replikationsstudie von Crossley et al. (2009) gezeigt, kommt es zu einer Identifizierung mit Strom. Das Verständnis von Energie wird zudem erschwert, da sich der Alltagsbegriff „Energie“ nicht unwesentlich vom physikalischen Begriff „Energie“ unterscheidet. So verwundert es nicht, wenn Schülerinnen und Schüler in ihren Erklärungen lieber auf alltägliche Begriffe wie „der Schwung“ oder die Steilheit der Bahn etc. zurückgreifen, als den Begriff der Energie oder Energieerhaltung zu verwenden (Nordine, 2016). Des Weiteren fällt es den Schülerinnen und Schülern, wie auch Studierenden sehr schwer Systeme zu identifizieren, bzw. zu erkennen, dass eine Energieanalyse immer vom gewählten System abhängt. Viele Studierende egal welchen Alters sind ebenso der Meinung, dass der Energieerhaltungssatz immer anzuwenden sei und dieser immer – unabhängig vom gewählten System gilt. Diese Situation lässt sich auch bei Studierenden beobachten (Lindsey, 2012).

Duit formuliert in seiner Habilitationsschrift „Der Energiebegriff im Physikunterricht“ (1986) fünf grundlegende Aspekte des Energiebegriffs – Konzeptualisierung des Energiebegriffs, Energietransport, Energieumwandlung, Energieerhaltung und Energieentwertung. In vielen Unterrichtsvorschlägen wird zuerst auf Energieformen eingegangen, danach Energieumwandlungen, Energieentwertung und zum Schluss erst Energieerhaltung thematisiert (Papadouris et al., 2010 oder Nordine et al., 2010). Dieser Ansatz scheint durch die großangelegte Studie von Knut Neumann et al. (2012) belegt zu werden. Dazu wurden ca. 1900 Schülerinnen und Schüler der 6., 8. und 10. Jahrgangsstufe in Nordrhein-Westfalen befragt. Es wurde ein Multiple-Choice-Test, das sogenannte ECA – Energy-Concept-Assessment, mit insgesamt 102 Fragen entwickelt. Das Ergebnis der Studie zeigte, dass es gerade den jüngeren Lernenden leichter fiel, Aufgaben zu Energieformen und -arten zu beantworten. Nur wenige Schülerinnen und Schüler der 10. Jahrgangsstufe konnten Fragen zur Energieerhaltung richtig beantworten. Martin Bader (2001) verfolgte einen gänzlich anderen Ansatz. Er stellte die Energieerhaltung an den Beginn seines Unterrichtskonzeptes und konnte damit sehr gute Erfolge bei der Austerung in der 9. Jahrgangsstufe erzielen.

Unterrichtskonzept

Die Grundidee des Unterrichtskonzeptes ist es, dass gleich zu Beginn die Energieerhaltung eingeführt wird und diese in den unterschiedlichsten Unterrichtsstunden immer wieder aufgegriffen und in unterschiedlichen Kontexten angewendet wird. Insgesamt umfasst das Konzept

zwischen 10 bis 12 UEs. Am Beginn des Unterrichtskonzepts wird die Energieerhaltung anhand eines eigens dafür ausgearbeiteten Rollenspiels mit Legosteinen – angelehnt an die Lectures von Richard Feynman – eingeführt. Ebenso wird im Zuge dieses Spiel der Begriff des Systems veranschaulicht und verständlich dargelegt. Im Anschluss daran sollen mögliche Energieformen erarbeitet werden und Energieumwandlungsketten eingeführt werden. Die darauffolgenden Unterrichtseinheiten werden für Experimente zu potentieller und kinetischer Energie genützt. Im Anschluss daran wird die Energieumwandlung anhand des Pendels nochmals detailliert besprochen. Den Abschluss des Unterrichtskonzept bildet die Energieentwertung.

Forschungsdesign

Das entwickelte Unterrichtskonzept wird im Anfangsunterricht (6. oder 7. Jgst.) unterrichtet. In einer Baseline-Testung wurden ca. 300 Teilnehmende nach dem Energieunterricht mittels MC-Fragen von Neumann et al. und selbsterstellten offenen Fragen befragt. In einer Vorstudie in den Schuljahren 15/16 bzw. 16/17 wurden ca. 160 Kinder nach dem entwickelten Unterrichtskonzept unterrichtet. Im Zuge dieser Vorstudie wurde das Konzept wie auch die Fragebögen immer wieder überarbeitet. Die Hauptstudie erfolgte in den Schuljahren 17/18 bzw. 18/19. Hier nahmen insgesamt ca. 480 Lernende der 6. bzw. 7. Jahrgangsstufe teil, knapp 260 Schülerinnen und Schüler wurden nach dem Unterrichtskonzept unterrichtet.

Der Fragebogen wurde in einem mixed-methods-Ansatz erstellt. In der Hauptstudie beinhaltete er 11 MC-Fragen nach Neumann et al. (2012) und 3 offene Fragen. Diese wurden im prä-post-Format eingesetzt. Stets wurde aber darauf geachtet, dass zuerst die offenen Fragen bearbeitet waren, bevor mit der Bearbeitung der MC-Fragen begonnen wurde. Diese Vorgangsweise wurde von der Vorstudie abgeleitet, da die Schülerinnen und Schüler sonst versuchten, Antworten aus den gestellten MC-Fragen zu konstruieren. Zusätzlich wurde im prä-Test auch noch eine Subskala (Faltetest) des KFT verwendet, und ein Motivationsbogen ebenfalls im prä-post-Format hinzugefügt.

Ergebnisse und Diskussion

Die hier vorgestellten Ergebnisse beziehen sich nur auf die Hauptstudie aus den Jahren 17/18 bzw. 18/19. Es werden hier ausschließlich die Ergebnisse der offenen Frage vorgestellt. An der Hauptstudie haben insgesamt 479 Personen teilgenommen. 106 der 222 Teilnehmenden der Kontrollgruppe waren weiblich, in der Treatmentgruppe waren es 111 von 257 Personen. Die Struktur der offenen Fragen wurde in der Einstiegsfrage (a) mit dem Abfragen von Energieumwandlungen bewusst einfach gewählt. Im Anschluss daran wurden Fragen zum Energiekonzept gestellt. Beispielsweise die Position der höchsten Geschwindigkeit, oder eine Erhaltungs- bzw. Entwertungsaufgabe.

Die offenen Fragen wurden anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring mit einem zusammenfassend induktiven Zugangs ausgewertet. Die Schülerantworten wurden in einem induktiven Ansatz nach bekannten Schülervorstellungen kategorisiert. Im Anschluss daran wurden weitere Kategorien aus den Schülervorstellungen deduktiv ergänzt.

In der Abbildung 1 ist die Originalfrage („Mädchen auf der Schaukel“) zu sehen. Für die Antwort a wurden die Kategorien aus Tabelle 1 gebildet. Die Kontroll- und die Treatmentgruppe zeigt in ihrem Antwortverhalten im Prä-Test keine Auffälligkeiten. Die erwartete Antwort „potentielle Energie wird in kinetische Energie und wiederum in potentielle Energie umgewandelt“ bzw. „kinetische Energie wird in potentielle Energie und dann wieder in kinetische Energie umgewandelt“ konnte von ca. 25% der Treatmentgruppe vollständig richtig beantwortet werden.

In der Kontrollgruppe gelang dies ca. 16% der Schülerinnen und Schüler. Ein wesentlicher Unterschied in der Beantwortung zeigt sich in den Kategorien „Alltagserfahrung ‚Schwung‘

Kategorie	KPR (%)	TPR (%)	KPO (%)	TPO (%)
SuS hat eine Energieform erwähnt.	5,41	9,34	9,46	5,88
SuS hat beide Energieformen erwähnt.	4,5	2,34	29,28	38,43
SuS hat eine Umwandlung zwischen den genannten Energieformen erwähnt.	3,15	2,33	16,66	10,82
SuS hat eine vollständige Umwandlungskette erwähnt.	0	2,33	0,89	24,71
SuS haben keine Antwort gegeben.	48,55	48,64	17,12	6,27
SuS haben ausgedachte Energieformen erwähnt.	14,41	17,05	8,36	7,85
SuS haben mittels der Alltagserfahrung „Schwung“ die Aufgabe beantwortet.	10,81	4	6,76	0,39
SuS haben mittels der Alltagserfahrung „Bewegung“ die Aufgabe beantwortet.	13,17	14,4	12,16	6,27

Abbildung 1: Mädchen auf der Schaukel

Tabelle 1: Kategorien zu Frage a

bzw. „Alltagserfahrung ‚Bewegung‘“. Hier beziehen ca. ein Viertel aller Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe ihre Erfahrung beim Schaukeln in ihre Antwort mit ein. In der Treatmentgruppe sind es lediglich 7%. 17% aller Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe gab keine Antwort, in der Treatmentgruppe waren es nur 6% der Schülerinnen und Schüler. Beispielantworten belegen dieses Antwortverhalten. „*Es findet keine Energieumwandlung statt, da der Luftwiderstand vernachlässigt wird. Sie hat immer die gleiche kinetische Energie.*“ (KPO068, m) oder „*Wenn das Mädchen sich am höchsten Punkt befindet hat es die meiste potentielle Energie, wenn es dann hinunter schaukelt nimmt die kinetische Energie zu, bis es am niedrigsten Punkt ist. Beim nach oben schaukeln nimmt die potentielle Energie wieder zu.*“ (TPO134, w).

Auch bei Frage b (siehe Abbildung 1) zeigten die Schülerinnen und Schüler der Hauptstudie im prä-Test ein ähnliches Antwortverhalten. Im post-Test gaben von anfänglich ca. 50% der Kontrollgruppe immer noch ca. 41% eine falsche oder keine Position an. In der Treatmentgruppe hat sich dieser Wert halbiert. Hier konnten knapp 70% der Schülerinnen und Schüler die richtige Position nennen, und ca. 25% gaben eine richtige Begründung mit Hilfe von Energie an, wie beispielsweise „*ganz unten, weil da die potenzielle Energie am niedrigsten und die Bewegungsenergie am höchsten ist.*“ (TPO062, m).

Im Antwortverhalten des prä-Tests zu Frage c (Abbildung 1) konnten ebenso kaum Unterschiede festgestellt werden. Deutlich mehr als die Hälfte aller Befragten beider Gruppen konnte diese Frage im prä-Test nicht beantworten. Im post-Test gaben knapp 40% der Kontrollgruppe und lediglich ca. 13% der Treatmentgruppe keine Antwort. 30% der Befragten der Treatmentgruppe nannten das richtige Ergebnis und begründeten mit dem Energieerhaltungssatz ihre Antwort, „*200J kinetische Energie da in einem geschlossenen System die Energie nur umgewandelt wird und daher wurden von den Anfangs 600, 200 in kinetische E. umgewandelt und 400 bleiben gleich.*“ (TPO193, w) Lediglich ca. 17% der Kontrollgruppe konnte ebenfalls eine Begründung mit dem Energieerhaltungssatz geben, wie zum Beispiel „*600-400 = 200J. Da dort die Geschwindigkeit hochsten und Epot am wenigsten ist habe ich subtrahiert.*“ (KPO208, m).

Ausblick

Die erste Analyse zeigt, dass die Treatmentgruppe die Fragen bezüglich der Energieerhaltung besser beantwortet und vollständigere Begründungen liefert. Es bleibt aber noch die weiteren offenen Fragen zu analysieren. Ebenso werden die Multiple-Choice-Fragen nach Neumann et al., wie auch die Fragen zu Motivation und Selbstkonzept noch ausgewertet.

Literatur

- Bader, M. (2001). Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges "Einführung in die mechanische Energie und Wärmelehre". Dissertation der Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München
- Chen, R. (2014). Teaching and learning of energy in K-12 education. Springer. ISBN: 9783319050164
- Crossley, A., Hirn, N., Staraschek, E. (2009). Schülervorstellungen zur Energie – Eine Replikationsstudie. <https://www.researchgate.net/publication/264231819> (13.12.2017)
- Duit, R., (1986). Der Energiebegriff im Physikunterricht. IPN. Kiel: Univ.-Habil.
- Duit, R., (1986). Energievorstellungen. Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie 34, Heft 13, S. 7-9
- Feynman, R., Leighton R., Sands M. (2015). Feynman-Vorlesungen über Physik 1: Mechanik. 6. Auflage, new millenium-edition. De Gruyter.
- Lindsey, Beth A., Heron, Paula, Shaffer, Peter – Student understanding of energy: Difficulties related to systems (American Journal of Physics 80, 154 (2012)
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W.J., & Fischer, H.E. (2013). Towards a Learning Progression of Energy. Journal of Research in Science Teaching, 50 (2), 162-188
- Nordine, J. (2016). Teaching energy across the sciences, K-12. Arlington, Virginia: NSTApress, National Science Teachers Association. ISBN: 9781941316016
- Nordine, J., Krajcik, J., & Fortus D. (2010). Transforming Energy Instruction in Middle School to Support Integrated Understanding and Future Learning. Science & Education, 95 (4), 670 – 699
- Papadouris, N., Constantinou, C.P. (2011). A Philosophically Informed Teaching Proposal on the Topic of Energy for Students Aged 11-14. Science & Education, 20 (10), 961-979