

Energieerhaltung in der Sek. 1 Entwicklung eines Unterrichtskonzepts

Energieerhaltung wird in vielen Forschungsbeiträgen als das schwierigste Teilkonzept beschrieben. Daher werden in den meisten Unterrichtsvorschlägen zuerst Formen von Energie eingeführt, bevor als Abschluss der Energieerhaltungssatz unterrichtet wird. Alternativ dazu wurde aufbauend auf Vorarbeiten von Martin Bader (2001) ein neues Unterrichtskonzept für die Sek. 1 erstellt, bei welchem die Energieerhaltung im Vordergrund steht. Aktuell wird untersucht, ob eine frühere Einführung des Energieerhaltungssatzes zu einer besseren Wahrnehmung und Verständnis dessen beiträgt. Erste Erprobungen zeigten vielversprechende Ergebnisse bei Lehrkräften und SchülerInnen. Die Wirksamkeit des neuen Curriculums wird mit einem mixed-methods-Ansatz in einem Vergleichsstudiendesign empirisch überprüft.

Theoretischer Hintergrund

Das Energiekonzept ist besonders wichtig für ein tiefgehendes Verständnis der Naturwissenschaften (Nordine, 2010). In der fachdidaktischen Literatur gibt es viele Ergebnisse zu diesem Thema. Zum Beispiel hat Duit gezeigt, dass der Energiebegriff durch fünf grundlegende Aspekte – Konzeptualisierung von Energie, Energietransport, Energieumwandlung, Energieerhaltung, Energieentwertung – gekennzeichnet werden kann (1986). Die meisten Konzepte gehen davon aus, dass zuerst Formen von Energie eingeführt werden (Papadouris, 2010), bevor als Abschluss der Energieerhaltungssatz unterrichtet werden kann.

Dies wurde durch Ergebnisse zur Learning Progression (Neumann et. al., 2012) belegt. Es konnte gezeigt werden, dass in der 6. Jahrgangsstufe vor allem das Verständnis von Energieformen und Energiequellen vorliegt, in der 8. Jahrgangsstufe das Verständnis um Energieübertragung, -transport und Energieumwandlung erweitert wird und erst in der 10. Jahrgangsstufe sich bei wenigen Schülerinnen und Schüler ein tieferes Verständnis von Energieerhaltung nachweisen lässt.

All diese Forschungen zeigen, dass SchülerInnen ein Problem mit dem Verständnis von Energie haben. Der im Alltag verwendete Begriff „Energie“ unterscheidet sich vom Begriff der „Energie“ in der Physik. Schülerinnen und Schüler verwenden eher sehr selten den Begriff Energie, um Sachverhalten zu erläutern; noch weniger verwenden sie den Begriff Energieerhaltung, um Begründungen zu geben. Viele Schülerinnen und Schüler verwenden alltägliche Begriffe wie Schwung, oder sie greifen auf Alltagsvorstellungen – Steilheit der Bahn, Länge des Weges, ... - zurück. Häufig wird auch der Begriff der Energie und Kraft als gleichbedeutend verwendet, wobei Kraft vorwiegend mit körperlichen Tätigkeiten zu tun hat, während Energie sich auf ein viel allgemeineres Spektrum von Vorgängen bezieht. Des Weiteren wird der Begriff Energie mit einer Art universellem Treibstoff verbunden, welcher aus bestimmte Quellen – Öl, Benzin oder Kohle (Duit, 1986) – gewonnen werden kann.

Es gibt aber gegenteilige Konzepte (besonders Bader, 2001), welche mit dem Energieerhaltungssatz beginnen und dann erst zu den Arten und Formen von Energie kommen. Der Lernerfolg der Versuchsgruppe in der Studie von Bader war rund zweimal so hoch wie der der Kontrollgruppe.

Unterrichtskonzept

Das Thema Energie ist auch in der Sekundarstufe 1 sehr zentral. Die Grundidee des entwickelten Unterrichtskonzepts ist es, dass so früh wie möglich mit der Energieerhaltung begonnen wird und diese anschließend in den unterschiedlichsten Unterrichtsstunden immer wieder aufgegriffen und bearbeitet wird. Insgesamt wurde das Konzept für 10 bis 12 Stunden à 50 Minuten entwickelt.

Die Energieerhaltung wird mittels eines Rollenspiels erarbeitet. Die Idee dazu stammt aus den Vorlesungen von Feynman (2015). Im Anschluss daran werden Energieumwandlungen und mögliche Energieformen erarbeitet. Es folgt ein experimenteller Zugang zu potentieller und kinetischer Energie. Den Abschluss des Unterrichtskonzepts bildet ein genauer Blick auf die Energieumwandlungen beim Pendel wie auch auf die Energieentwertung im Allgemeinen.

Das erwähnte Rollenspiel wird im Unterrichtskonzept als „Familienspiel Legosteine“ bezeichnet. Das Ziel dieses Spiels ist es, dass der Energieerhaltungssatz spielerisch erarbeitet wird: Dabei wird in unterschiedlichen Situationen bewusst gemacht, dass immer ein System definiert werden muss. Insgesamt sind zehn Runden zu spielen. Die Schülerinnen und Schüler werden dazu in 4er-Gruppen eingeteilt und bekommen je eine Rolle (Vater, Mutter, erstes Kind, zweites Kind) zugewiesen. (Ist die Gesamtzahl der SchülerInnen nicht durch 4 teilbar, so gibt es auch „Besuchskinder“). Für jede Rolle wurde eine eigene Spielanleitung erstellt. Die Schülerinnen und Schüler bekommen die Aufgabe, nicht mit anderen über ihre Rolle zu sprechen. Als Beispiel soll die Rolle der Mutter angeführt werden. Sie erhält die Aufgabe, die Steine nach jeder Runde zu zählen und wenn nötig die Legosteine auch zu suchen. Die Ergebnisse werden in eine Tabelle eingetragen. Des Weiteren soll sie bei Unregelmäßigkeiten eine Begründung angeben.

Mittels dieses Spiels können im Anschluss gemeinsam mit den Schülerinnen und Schüler folgende Punkte als Analogie erarbeitet und besprochen werden:

- Energie hat nichts mit Bauklötzen – wie Legosteinen oder ähnlichem zu tun – sondern diese dienen lediglich der Veranschaulichung.
- Die konstante Anzahl der Legosteine stellt die Energie dar. Diese numerische Größe lässt sich auch bilanzieren (Karton/Schuhschachtel).
- Es gibt eine gewisse Größe, welche sich nicht ändert. Diese Größe wird Energie genannt.
- Es ist besonders wichtig auf das System zu achten (nach den Legosteinen muss auch gesucht werden).
- Es existiert ein Faktum in der Welt, welches alle Naturphänomene beherrscht, dieses wird Energieerhaltung genannt. (Feynman, 2015)

Das Unterrichtskonzept findet sowohl bei den Schülerinnen und Schülern als auch bei den Lehrpersonen großen Anklang.

Forschungsdesign

Die Vorstudie erstreckte sich über die Schuljahre 2015/2016 bis 2016/2017. Im Schuljahr 15/16 wurde das Hauptaugenmerk auf die Entwicklung des Unterrichtskonzeptes gelegt. Dieses wurde im Anschluss mit 2 Testheften getestet. Die Testhefte beinhalteten je 10 Multiple-Choice-Fragen aus dem ECA-Test (Neumann et.al., 2012) und je eine selbst entwickelte offene Frage.

Im Schuljahr 16/17 wurde das Konzept überarbeitet und erneut getestet. Dabei wurden nur noch ein Testheft mit elf Multiple-Choice-Fragen sowie drei offenen Fragen verwendet.

Offene Fragen

Der Einstieg in die offene Fragen wurde bewusst eher einfach gewählt. Es soll auch der Kontrollgruppe ermöglicht werden, möglichst sicher bei der Beantwortung zu sein. Danach wird erfragt, ob die Schülerinnen und Schüler z. B. die größte Geschwindigkeit mittels des Energiekonzeptes erklären können. Zum Schluss soll auch der Energieerhaltungssatz angewendet und eine Erklärung für das Ergebnis gegeben werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die ersten Ergebnisse beziehen sich auf das Schuljahr 16/17. Es wurden 3 Versuchsklassen und eine Kontrollklasse getestet. Leider musste bei den Versuchsklassen ein großer Datenverlust aufgrund von Fehlern beim Prae- oder Post-Test oder auch von unzureichenden Angaben in Kauf genommen werden. Daher umfasst die Versuchsgruppe 51 Schülerinnen und Schüler, davon 23 Mädchen, und die Kontrollgruppe 19 Schülerinnen und 6 Schüler. Da Cronbachs-Alpha der Multiple-Choice-Fragen äußerst schlecht ist (.385 für die Versuchsgruppe, .014 für die Kontrollgruppe), wird im weiteren auf die Auswertung der offenen Fragen eingegangen.

Nach der Intervention kommt es jedenfalls zu einem Wissensanstieg. Die Versuchsgruppe konnte bei den offenen Fragen um fast 2 Punkte mehr erreichen als die Kontrollgruppe. Ein deutlicher Unterschied lässt sich auch im Antwortverhalten zeigen. So hat die Versuchsgruppe zur Erklärung häufig den Begriff Energie oder Energieerhaltung verwendet und es wurde nur sehr selten auf alltägliche Begriffe zurückgegriffen, wie folgendes Beispiel zeigt: „*Wenn sie ganz unten ist, weil sie nur Bewegungsenergie hat, ist die Geschwindigkeit des Mädchens am größten.*“ (VG8)

Zum Abschluss soll die offene Frage 12c (siehe Abbildung 1) genauer analysiert werden.

- c) In der höchsten Schaukelposition hat das Mädchen 600 J Lageenergie (potentielle Energie). Im Nullpunkt hat sie 400 J Lageenergie. Bestimme die Bewegungsenergie (kinetische Energie) des Mädchens im Nullpunkt.
Erkläre wie du zu deiner Antwort gekommen bist!

Abbildung 1 offene Frage 12c

Aus der Versuchsgruppe haben insgesamt 17% die Bewegungsenergie richtig bestimmen können. 4,2% aller Probanden haben eine passende, richtige Erklärung geben können, wie zum Beispiel „*In diesem System ist die Gesamtenergie 600J, weil im höchsten Punkt die potentielle Energie maximal ist. Die Gesamtenergie verändert sich nicht, also ist die kinetische Energie 200J.*“ (VG19) Die Probanden gaben eine hohe Sicherheit bei der Beantwortung an. 12,5% haben zumindest 200J und einen Teil der Begründung oder den Rechengang aufgeschrieben.

Betrachtet man die Kontrollgruppe, so wurde von 70% aller Schülerinnen und Schüler diese Aufgabe ausgelassen oder vermerkt, dass sie sich nicht auskennen. Niemand konnte die geforderten 200J zur Antwort geben. Die Schülerinnen und Schüler versuchten verzweifelt mit den Zahlen zu rechnen: „ $600 \cdot 400 = 24000J$ “ (KG21).

Ausblick

Da sich schon vielversprechende Ansätze bei den Schülerinnen und Schülern zeigen, soll nun in der Hauptstudie mit einer größeren Stichprobe (mind. 5 Versuchsklassen und 5 Kontrollklassen) das Konzept ausgetestet werden.

Des Weiteren werden die restlichen offenen Fragen genauer ausgewertet. Es wird eine inhaltliche Analyse vorgenommen, sowie eine Analyse der Stärken und Schwächen der Schülerinnen und Schüler. Um die schlechten Ergebnisse der Multiple-Choice-Fragen abzufangen, werden noch weitere offene Fragen erstellt werden.

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
- Duit, R., (1986). Der Energiebegriff im Physikunterricht. IPN. Kiel
- Feynman, R., Leighton R., Sands M. (2015). Feynman-Vorlesungen über Physik 1: Mechanik. 6. Auflage, new millenium-edition. De Gruyter.
- 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., 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