David Hadinek[1]
Knut Neumann[1]
Susanne Weßnigk[2]

[1]IPN Kiel
[2]Universität Hannover

Entwicklung eines integrierten Verständnisses des Energiekonzepts

Das Energiekonzept hat eine besondere Rolle in den Naturwissenschaften. Es ist sowohl zentrales Konzept in den einzelnen Disziplinen als auch verbindendes Element über die Disziplinen hinweg. Zudem besitzt das Energiekonzept eine hohe Relevanz für bedeutsame gesellschaftliche Fragestellungen – wie die verantwortungsvolle Deckung des steigenden Energiebedarfs der Menschheit. Dem gegenüber steht die Tatsache, dass das Energiekonzept ein besonders abstraktes Konzept ist. Sie bereitet den Schülerinnen und Schülern Probleme beim Verstehen und Anwenden des Konzepts. Eine wichtige Zielsetzung physikdidaktischer Bemühungen ist daher die Förderung eines umfassenden Verständnisses von Energie.

Theoretischer Hintergrund

Das Energiekonzept ermöglicht es, das Verhalten von Systemen in einfacher Form zu beschreiben und sogar vorherzusagen (Watts, 1983; Ornek, 2008). Grundlage ist ein Verständnis der zentralen Aspekte des Energiekonzepts: *Energieformen, Energieumwandlung und -übertragung, Energieentwertung* und *Energieerhaltung* (Chen et al., 2014). Die naturwissenschaftsdidaktische Forschung legt nahe, dass Schülerinnen und Schüler dieses Verständnis in der angegebene Reihenfolge entwickeln; das heißt, dass sie zuerst ein Verständnis entwickeln wie sich Energie in unterschiedlichen Formen manifestiert und zuletzt verstehen, dass trotz Wechsel dieser Formen die Energie in ihrer Gesamtheit erhalten bleibt (z.B. Liu und McKeough, 2005; Dawson-Tunik, 2006; Neumann et al., 2013). Es hat sich jedoch wiederholt gezeigt, dass Schülerinnen und Schülern die Anwendung insbesondere des Energieerhaltungsprinzips selbst am Ende der Schulzeit noch Probleme bereitet (z.B. Duit, 1981; Driver & Warrington, 1985).
Diese Befunde werfen die Frage auf, wie ein tiefergehendes Verständnis von Energie erreicht werden kann. Sollten die Aspekte nacheinander eingeführt werden oder ist die beobachtete Verständnisentwicklung gerade das Artefakt eines entsprechenden Curriculums? In diesem Fall könnte gerade die gleichzeitige Behandlung aller Aspekte die Entwicklung eines tiefergehenden Verständnisses von Energie unterstützen. Daraus lassen sich zwei grundsätzlich verschiedene Ansätze zur Vermittlung des Energiekonzepts ableiten: der konsekutive und der unitäre Ansatz.

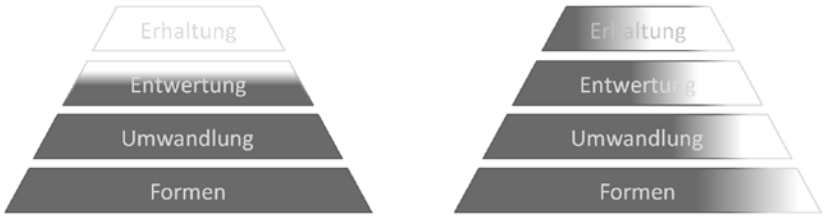

Abb. 1: Entwicklung des Verständnisses von Energie bei sequentiellem bzw. parallelem Erlernen der Energieaspekte

Der *konsekutive* Ansatz geht davon aus, dass die Reihenfolge, in der die Schülerinnen und Schüler ein Verständnis der vier Aspekte von Energie entwickeln, auch die Reihenfolge der Vermittlung bedingt. Hier wird also zunächst ein umfassendes Verständnis verschiedener Energieformen aufgebaut. Das heißt, ein Verständnis, wie sich Energie in verschiedenen

Formen manifestiert und woran zu erkennen ist, ob mehr oder weniger Energie vorhanden ist. Danach wird die Umwandlung zwischen den behandelten Energieformen eingeführt. Erst danach folgen die Energieentwertung und Energieerhaltung (siehe Abb. 1). Der *unitäre* Ansatz folgt bei Entwicklung des Energieverständnisses einem eher ganzheitlichen Zugang. Die Idee, die diesem Ansatz zugrunde liegt, ist, dass sich das Verständnis der einzelnen Aspekte parallel entwickelt, aber der höhere Abstraktionsbedarf von Aspekten, wie dem der Energieerhaltung, zu einer verlangsamten Entwicklung führt, dem durch eine frühere Vermittlung Rechnung getragen werden muss (vgl. Solbes et.al., 2009).
Bei der Beschreibung des Verhaltens von Systemen mittels des Energiekonzepts werden verschiedene Strategien eingesetzt, die auf unterschiedlichen Modellen beruhen (vgl. dazu Sherr et al., 2012). Grundsätzlich können zwei unterschiedliche Klassen von Modellen identifiziert werden. Dies sind entweder Bilanzierungsmodelle, welche die Situation zu einzelnen Zeitpunkten beschreiben, oder Flussdiagramme, die den Energiefluss im zeitlichen Verlauf darstellen. Es wird erwartet, dass das Bilanzierungsmodell dabei einen positiven Einfluss auf das Verständnis von Energieerhaltung hat, während die Flussdiagramme positiv auf die Aspekte Energieumwandlung und Energieentwertung wirken.

Anlage der Untersuchung

Um den Effekt der Wahl des Vermittlungsansatzes bzw. der Modellierungsstrategie auf die Entwicklung des Verständnisses von Energie zu bestimmen, wurden zwei Unterrichtseinheiten entsprechend der oben beschriebenen Differenzierung parallel konstruiert – einmal *konsekutiv* und einmal *unitär*. Beide Einheiten verwenden dieselben Experimente und Beispiele, unterscheiden sich jedoch in der Anordnung entweder getrennt nach den Aspekten oder vermischt mit steigender Komplexität der Beispiele. Die Einheiten orientieren sich am Kontext *Energiewende*, der sowohl einen Lebensweltbezug herstellt, als auch vielfältige Anknüpfungspunkte der einzelnen Aspekte bietet. Zur Beschreibung der verschiedenen Umwandlungsprozesse wird jeweils eine Modellierungsstrategie – Würfelmodell und Flussdiagramm – eingesetzt. Es ergibt sich ein 2x2-Design, welches auch die Untersuchung von Interaktionseffekten zwischen Vermittlungsansatz und Modellierungsstrategie ermöglicht. Für einen Prä-Post-Vergleich werden das Energieverständnis, sowie als Kovariaten Motivation, Interesse und kognitive Fähigkeit erhoben. In einer ersten Teilstudie wurde an einer Stichprobe von N=33 der konsekutive Ansatz mit beiden Modellierungsstrategien im Vergleich eingesetzt. Die Teilnehmenden waren Schülerinnen und Schüler der sechsten bis achten Klassenstufe, die freiwillig an der Intervention in Form einer Ferienaktivität teilgenommen haben.

Erste Ergebnisse und Diskussion

Beide Gruppen zeigen einen signifikanten Zuwachs im Energieverständnis, welcher sich jedoch nicht signifikant zwischen den beiden Modellierungsstrategien unterschiedet. Beim Blick auf die Verständnisentwicklung in den einzelnen Aspekten lassen sich jedoch Hinweise auf die erwarteten Wirkmechanismen erkennen (siehe Abb. 2). Während bezüglich der Aspekte Energieformen und Energieumwandlung kein Unterschied zwischen den Gruppen zu beobachten ist, zeigt sich bei der Energieentwertung eine Tendenz ($p < 0{,}1$). Signifikant wird der Unterschied für den Aspekt Energieerhaltung. In beiden Fällen zeigt sich dieser Trend zugunsten der Flussdiagramme. Jedenfalls bei der Energieerhaltung entspricht dies nicht den postulierten Effekten. Eine Erklärung hierfür wäre, dass die Flussdiagramme entsprechend der Annahmen das Verständnis von Energieentwertung gefördert haben. Unter Voraussetzung einer hierarchischen Entwicklung wirkt sich diese Förderung auch auf den nächsten Aspekt, die Energieerhaltung, aus. Um diese Theorie weiter untersuchen zu können sind insbesondere die Interaktionseffekte zwischen Vermittlungsansatz und Modellierungsstrategie von Interesse. Mit der geplanten

Vergrößerung der Stichprobe und Erweiterung auf den unitären Vermittlungsansatz werden diesbezüglich genauere Erkenntnisse erwartet. Ziel ist dann eine Ausschärfung der bisherigen Erkenntnisse zur Entwicklung des Verständnisses des Energiekonzepts und damit die Identifizierung von Unterrichtsmerkmalen, welche die Entwicklung des Energieverständnisses fördern.

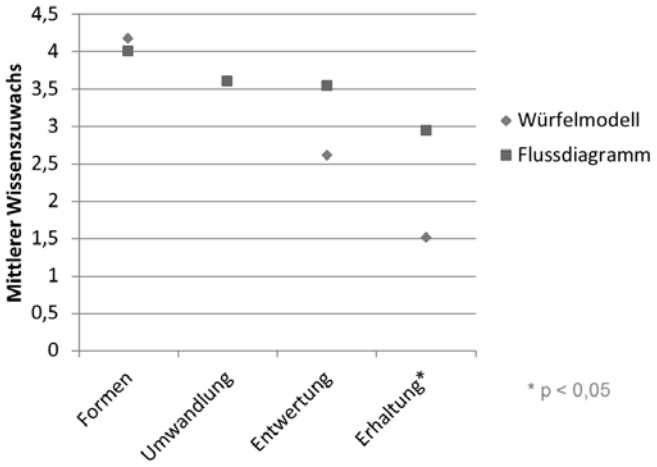

Abb. 2: Beobachteter Verständniszuwachs der einzelnen Aspekte im Vergleich zwischen zwei Modellierungsstrategien

Literatur

Chen, R.F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J.C., Scheff, A. (2014). Teaching and Learning of Energy in K-12 Education, *Springer*

Dawson-Tunik, T. L. (2006). Stage-like patterns in the development of conceptions of energy. *Applications of Rasch measurement in science education*, 111-136.

Driver, R., & Warrington, L. (1985). Students' Use of the Principle of Energy Conservation in Problem Situations. *Physics Education*, *20*(4), 171-76.

Duit, R. (1981). Understanding Energy as a Conserved Quantity--Remarks on the Article by RU Sexl. *European Journal of Science Education*, *3*(3), 291-301.

Liu, X., & McKeough, A. (2005). Developmental growth in students' concept of energy: Analysis of selected items from the TIMSS database. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(5), 493-517.

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.

Ornek, F. (2008). Models in Science Education: Applications of Models in Learning and Teaching Science. *International Journal of Environmental and Science Education*, *3*(2), 35-45.

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.

Scherr, R. E., Close, H. G., Close, E. W., & Vokos, S. (2012). Representing energy. II. Energy tracking representations. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, *8*(2), 020115.

Solbes, J., Guisasola, J., & Tarín, F. (2009). Teaching energy conservation as a unifying principle in physics. *Journal of Science Education and Technology*, *18*(3), 265-274.

Swackhamer, G. (2005). Cognitive resources for understanding energy.

Watts, D. M. (1983). Some alternative views of energy. *Physics education*, *18*(5), 213-217.