

Förderung eines integrierten Energieverständnisses in der Mittelstufe

Dem Energiekonzept wird bei der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung eine zentrale Rolle zugeschrieben. Es ist Basiskonzept in Biologie, Chemie und Physik und somit nicht nur ein strukturierendes Element für das Lernen innerhalb der Fächer, sondern auch für fächerübergreifendes Lernen. Zudem ist ein Verständnis des Energiekonzepts wichtig für das Verständnis aktueller gesellschaftlicher Diskurse z. B. zur Energiewende. Entsprechend ist die Frage, wie sich das Verständnis von Energie entwickelt und wie es zu fördern ist, eine wichtige Frage der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung.

Theoretischer Hintergrund

In der Naturwissenschaftsdidaktik besteht Konsens darüber, dass ein angemessenes Verständnis des Energiekonzepts das Verständnis mehrerer zentraler Aspekte des Energiekonzepts, darunter insbesondere die Erhaltung von Energie, umfasst (für einen Überblick siehe Chen et.al., 2014). Dabei hat sich wiederholt gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler Verständnis dieser Aspekte in der folgenden Reihenfolge entwickeln: *Energieformen*, *Energieumwandlung*, *Energieentwertung* und *Energieerhaltung* (z. B. Liu & McKeough, 2005; Dawson-Tunik, 2006; Neumann et.al., 2013). Allerdings wurde auch beobachtet, dass viele Schülerinnen und Schüler ein Verständnis insbesondere der Energieerhaltung nicht erreichen (Duit, 1981; Driver & Warrington, 1985; Neumann et.al., 2013). Offensichtlich sind bestehende Ansätze also nicht erfolgreich bei der Vermittlung eines angemessenen Verständnisses von Energie. Dabei sind zwei grundsätzlich verschiedene Vermittlungsansätze denkbar (vgl. Besson & De Ambrosis, 2013), die zu der beschriebenen Verständniseentwicklung führen können: Der konsekutive und der unitäre Ansatz.

Der *konsekutive* Ansatz geht davon aus, dass die Aspekte disjunkte Stufen in der Verständniseentwicklung darstellen (z. B. Dawson-Tunik, 2006). Demnach müsste zunächst ein Verständnis auf einer Stufe – etwa ein ausreichendes Verständnis von Energieformen – vermittelt werden, bevor ein Verständnis der nächsten Stufe – die Energieumwandlung – entwickelt werden kann (vgl. Liu & McKeough, 2005). Ein Vermittlungsansatz, der unter dieser Annahme den Stoff optimal vermitteln würde, müsste die verschiedenen Aspekte also konsekutiv einführen. Dem gegenüber steht die Möglichkeit, dass manche Aspekte – z. B. die Energieerhaltung – einfach schwieriger zu verstehen sind und deshalb einer intensiveren Förderung bedürfen. Unter dieser Annahme sollten bei der Vermittlung bereits frühzeitig alle Aspekte thematisiert werden und schwierigere Aspekte besonders thematisiert werden, um zum Ende der Schulzeit ein Verständnis aller Aspekte zu erreichen. Dies würde durch eine *unitäre* Vermittlung der Aspekte erreicht werden (z. B. Solbes et.al., 2009; Swackhamer, 2005). Abb. 1 zeigt die angenommene Entwicklung des Verständnisses bei unterschiedlicher Beschulung, die zu gleichen Entwicklungsverläufen führt, aber auf unterschiedlichen Annahmen darüber beruht, wie Schülerinnen und Schüler ein Verständnis von Energie entwickeln. Offen ist dabei, welcher Vermittlungsansatz zu einem angemesseneren Verständnis von Energie führt.

Zudem ist zu berücksichtigen, dass sich abhängig vom jeweiligen Ansatz unterschiedliche Strategien zur Modellierung von natürlichen und technischen Phänomenen anbieten (vgl. Scherr et.al, 2012). So wäre es für den konsekutiven Ansatz, in dem, ausgehend von einer intensiven Behandlung verschiedener Energieformen, die Energieumwandlung im

Vordergrund steht, sinnvoll, mit einer Modellierungsstrategie zu arbeiten, bei der der Fokus auf der Repräsentation dieser Energieformen liegt. Hierfür werden Würfel eingesetzt, deren Seiten verschiedene Energieformen repräsentieren und die auf einer schematischen Darstellung des jeweiligen Systems zwischen den involvierten Objekten hin und her bewegt werden können. Für den unitären Ansatz, bei dem vor allem Energietransport- und -umwandlungsprozesse im jeweiligen System betrachtet werden (vgl. Swackhamer, 2005), würden sich wiederum die klassischen Energieflussdiagramme zur Modellierung anbieten (vgl. Papadouris & Constantinou, 2011). Es ist also zu erwarten, dass die Wahl einer Modellierungsstrategie mit dem gewählten Vermittlungsansatz interagiert.



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

Anlage der Untersuchung

Im Rahmen eines 2x2-Designs soll der Wirksamkeit der beiden im vorhergehenden Abschnitt postulierten Vermittlungsansätze nachgegangen werden (vgl. Abbildung 2). Beide Ansätze werden jeweils unter Berücksichtigung beider Modellierungsstrategien (Würfelmodell bzw. Flussdiagramme) implementiert. Die Evaluation erfolgt in zwei Schritten: Zunächst wird die Lernwirksamkeit der Modellierungsstrategien im Kontext des konsekutiven Vermittlungsansatzes in einer experimentellen Laborstudie mit insgesamt $N = 40$ Schülerinnen und Schülern getestet. In einer zweiten Untersuchung soll dann der konsekutive mit dem unitären Vermittlungsansatz bezüglich der Lernwirksamkeit verglichen werden, wobei auch hier die Interaktion mit der Modellierungsstrategie berücksichtigt wird. Zentrales Element der Untersuchung ist je eine Unterrichtseinheit zum Energiekonzept. Diese ist in den Kontext *Energiewende* eingebettet. Der Lebensweltbezug wird durch die Verwendung eines einfachen Windkraftanlagenmodells hergestellt, welches sich als roter Faden durch die Einheit zieht. Daran angelehnt wird explorativ eine Auswahl an Energieformen und deren Abhängigkeiten halbquantitativ behandelt. Diese werden anschließend kleinschrittig in Umwandlungsprozesse überführt und mithilfe der jeweiligen Modellierungsstrategie veranschaulicht. Dann findet ein Übergang zu Beispielen aus der Energiewirtschaft statt. Abgeschlossen wird die Einheit durch eine Betrachtung der jeweiligen Systeme unter Berücksichtigung von Energieentwertung und Energieerhaltung. Das Prinzip der Energieerhaltung wird dann in verschiedenen Versuchen, wie z. B. einem magnetisch angetriebenen Pendel, zunächst in Frage gestellt. Dann wird aufgezeigt, wie es bei entsprechender Wahl des Systems auch weiterhin Gültigkeit besitzt. Die Einheit wurde im Herbst 2014 pilotiert und wird aktuell überarbeitet. Zur Erfassung des Energieverständnisses wird ein Test auf Grundlage des bereits von Neumann et.al. (2013) verwendeten Kompetenzentwicklungstests eingesetzt. Dabei wird das Verständnis in den einzelnen Aspekten erhoben. Zusätzlich zu dem Fachwissenstest werden Intelligenz, Motivation und Interesse als Kontrollvariablen miterhoben.

Erwartete Ergebnisse

Der erste Teil der Untersuchung mit der entsprechend optimierten Einheit soll im Frühjahr 2015 als Laborexperiment durchgeführt werden. Im Sommer soll dann der Vergleich mit

einer entsprechenden unitären Unterrichtseinheit stattfinden. Bezüglich der Frage, inwieweit die Verständnisentwicklung von Energie durch die Variation von Vermittlungsansatz und Modellierungsstrategie abhängt, werden Effekte der beiden Dimensionen und deren Interaktion auf die Entwicklung des Verständnisses der Aspekte erwartet. Durch die frühe Einführung der Aspekte Energieentwertung und Energieerhaltung im unitären Ansatz wird ein größerer Lernfortschritt im Vergleich zum konsekutiven Ansatz erwartet. Dies könnte sich negativ insbesondere auf den Aspekt Energieformen auswirken, da diese im Vergleich zur konsekutiven Einheit erst später eingeführt werden. Im Hinblick auf den Einfluss der Modellierungsstrategie auf das Lernen über Energie wird erwartet, dass das Würfelmodell durch seine stoffliche Veranschaulichung ein intuitiveres Verständnis von Energieerhaltung fördert. Die komplexeren Zusammenhänge bei der frühen Betrachtung von Energieumwandlungen unter Berücksichtigung von Energieentwertung lassen erwarten, dass hier die Flussdiagramme das System nachvollziehbarer darstellen, sodass in dieser Interaktion mit einem höheren Effekt auf die Entwicklung des Energieverständnisses insgesamt gerechnet wird.

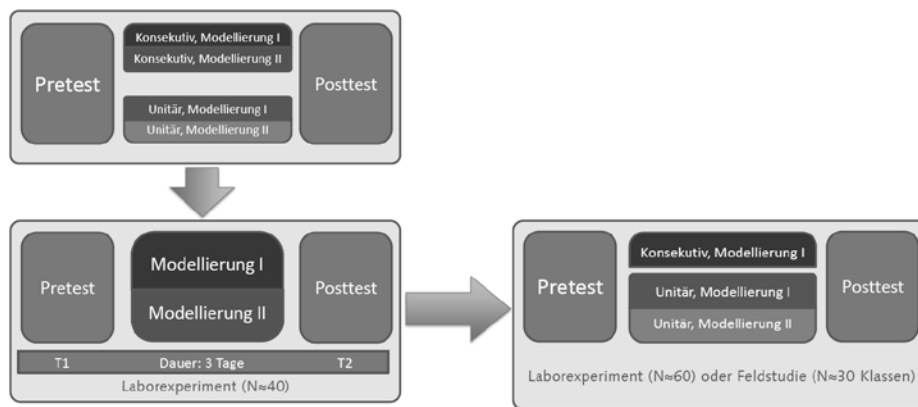


Abb. 2: Untersuchungsdesign

Literatur

- Besson, U., & De Ambrosis, A. (2013). Teaching Energy Concepts by Working on Themes of Cultural and Environmental Value. *Science & Education*, 1-30.
- 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.
- 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.