

Schülervorstellungen zur Energie – Entwicklung eines Testinstruments

Motivation

Schülervorstellungen oder Präkonzepte sind äußerst relevant für die Entwicklung eines tieferen, fundierten Verständnisses eines fachlichen Konzepts. Dies gilt auch für das für den gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht zentrale Basiskonzept „Energie“. Im Zuge der Schülervorstellungsforschung der 1980er wurden damals sowohl die Sichtstruktur, die Assoziationen (Duit 1986), als auch die Tiefenstruktur, die Rahmenkonzepte (z.B. Watts 1983, Solomon 1983, Trumper 1993) analysiert. Dabei zeigte sich sowohl die bekannte „Treibstoffvorstellung“ von Energie als einer Art verbrauchbarem Antriebsstoff als auch eine häufig erwähnte anthropozentrische Sichtweise auf Energie im vorunterrichtlichen Rahmen. Neuere Untersuchungen von Assoziationen zur Energie (Crossley 2009, Burger 2001) haben gezeigt, dass sich bei den Assoziationen von Schülerinnen und Schülern im Laufe der letzten 30 Jahren ein Wandel von Treibstoffen als Primärassoziation hin zum elektrischen Strom vollzogen hat, was im Lichte der starken medialen Verwendung des Begriffs nicht allzu verwunderlich scheint. Ebenso deuten Untersuchungen zur Kompartimentalisierung von Wissen (Mandl et al. 1993) bzw. zur Erklärungsvielfalt (Hartmann 2004) an, dass Rahmenkonzepte, anders als zuvor angenommen, nicht exklusiv sein müssen. Eine neuere qualitative Untersuchung mit Schülerinterviews (Behle & Wilhelm 2016 & 2017) konnte sowohl eine entsprechende Veränderung in der Tiefenstruktur der Schülervorstellungen, den Rahmenkonzepten, als auch eine Koexistenz verschiedener Rahmenkonzepte nebeneinander feststellen. Es erscheint daher sinnvoll, die sich qualitativ andeutende Veränderung der Rahmenkonzepte quantitativ zu analysieren. Zu diesem Zweck wird ein Testinstrument entwickelt und validiert. Im Rahmen des Projekts „MINT – die Stars von Morgen“ zur außerschulischen Berufsorientierung im Workshop „Neue Technologien“ soll unter anderem ein physikalisch anschlussfähiges Energiekonzept angeregt werden, so dass sich hier ein geeigneter Untersuchungsrahmen anbietet. Somit soll letztlich auch die Fragestellung geklärt werden, ob sich Schülervorstellungen durch eine außerschulische Lerngelegenheit positiv beeinflussen lassen.



Abb. 1: Verlauf der Studie

Assoziationen

Die Analyse der Sichtstruktur, spontan geäußerter Assoziationen, liefert der Schülervorstellungsforschung einen guten Einblick in die Kontexte, die mit einem physikalischen Konzept, in diesem Fall der Energie, verbunden werden. Dies lässt auch erste Rückschlüsse auf die Natur der Vorstellungen zu diesem Konzept zu. Vergleicht man die Entwicklung der Assoziationen von 1985 zu 2008, so lässt sich hier ein Wegfall der früheren Assoziation mit chemischen Treibstoffen sowie eine häufigere Nennung des elektrischen Stroms feststellen (Crossley 2009). Ein in einer Voruntersuchung (Behle & Wilhelm 2017) durchgeführter eigener Assoziationstest mit Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 8 und 9 in den Jahren 2015/16 (n = 82) ergab ebenfalls einen Wegfall der Treibstoffassoziation (eine Nennung), zusätzlich jedoch auch häufige Nennungen der Begriffe „Sonnenenergie /Solarener-

gie“ (10%), „erneuerbare Energie“ (9%) und „Akku/Batterie“ (7%), sowie eine signifikant häufigere Nennung von „elektrischem Strom“ (71%) im Vergleich zu Duit.

Rahmenkonzepte

Die Analyse der Tiefenstruktur der Schülervorstellungen fußt in erster Linie auf qualitativen Interviewstudien, die im Ergebnis unterschiedliche Rahmenkonzepte zur Energie („Energy Frameworks“) vorstellten. Diese „Frameworks“ fassen häufig verwendete Argumentations-, Erklärungs- und Gedankenmuster von Schülerinnen und Schülern zu übergeordneten Rahmenkonzepten zusammen, die durch verbindende Aspekte definiert werden. Je nach Alter und Untersuchungsrahmen können die Definitionen der Frameworks sehr alltagsnah oder auch stärker curricular orientiert ausfallen (Liu & McKeogh 2005). Da der Untersuchungsrahmen der Studie ein außerschulischer, informeller Lernort mit vielen Novizen ist, wurden als Basis für die Studie die Energy Frameworks von Watts (1983) herangezogen.

Voruntersuchung: Interviewstudie

Aus den Grundaussagen der Frameworks von Watts wurde deduktiv im Rahmen einer im Vorfeld durchgeführten leitfadengestützten Interviewstudie (Behle & Wilhelm 2016 & 2017) ein Kodiermanual mit sieben Kategorien entwickelt. Dieses wurde dann um zwei weitere, induktiv gebildete Kategorien mit korrespondierenden Rahmenkonzepten erweitert, so dass letztlich neun Rahmenkonzepte abgebildet werden konnten:

- *Anthropozentrische Energie*: Energie ist eine Art Lebensenergie, die Lebewesen besitzen. Hierunter fällt auch das gefühlte „Energie haben“.
- *Funktionale Energie*: Energie tritt nicht auf natürlichem Weg auf, sie ist von Menschen für Menschen gemacht und für ein modernes Leben unabdingbar.
- *Produzierte Energie*: Energie ist ein Nebenprodukt von Vorgängen, sie wird zusätzlich zum eigentlichen Prozess emittiert, es kann zu einer Zusatzenergie kommen.
- *Energie als Aktivität*: Energie ist nur in Vorgängen vorhanden, diese Aktivitäten werden Energie gleichgesetzt.
- *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.
- *Gelagerte Energie*: Energie ist in Dingen vorhanden bzw. gespeichert. Sie kann in verschiedenen Formen auftreten und lässt sich verbrauchen, um etwas zu bewirken.
- *Transferierte Energie*: Energie kann unterschiedliche Erscheinungsformen haben, die jedoch gleichwertig und ineinander umwandelbar sind. Sie lässt sich von System zu System transferieren.
- *Energie als Katalysator/Antrieb (neu)*: Mit Energie lassen sich Vorgänge antreiben oder initiieren. Sie ist dabei trägerlos, kann aber eine Form besitzen (z.B. Feuer).
- *Partiell transferierte Energie (neu)*: Energie kann in verschiedenen Formen auftreten. Diese müssen nicht gleichwertig sein und lassen sich lokal ineinander umwandeln, die Umwandlungsketten können aber unterbrochen werden.

Zielsetzung

Im nächsten Schritt der Studie wird ein Testinstrument entwickelt, um die Gewichtung der vorhandenen Rahmenkonzepte quantitativ ermitteln und mögliche Veränderungen durch den Besuch einer außerschulischen Lerngelegenheit untersuchen zu können. Dabei soll explizit der Möglichkeit zur Koexistenz verschiedener Rahmenkonzepte in verschiedenen Kontexten Rechnung getragen werden.

Methodik

Die Aussagen der Schülerinnen und Schüler im Rahmen dieser Interviews sowie zentrale Aussagen der neun Rahmenkonzepte dienten als Grundlage für die Entwicklung von Items

für das Testinstrument. Die verwendeten Kontexte sind stark alltagsbezogen gewählt (z.B. „Fahrraddynamo“ oder „Wettrennen“). Da die Schülerinnen und Schüler kurz vor und nach dem Workshop befragt werden sollen, bietet es sich an, zwei äquivalente Testhefte „A“ und „B“ zu erstellen, die in beliebiger Reihenfolge verwendet werden können. Insgesamt wurden 19 zum Teil mehrstufige Items sowie eine allgemeine Einleitung zur Aufnahme eines „Energieportfolios“ entwickelt, von denen in jedem Testheft elf Items verwendet werden. Die Items bestehen aus einer Kontextbeschreibung sowie Aussagen, die per Multiple-Choice mit „richtig“ oder „falsch“ bewertet werden sollen. Dabei können Zustimmungen zu einzelnen Aussagen sowie zu Aussagenkombinationen Hinweise auf die in diesem Kontext verwendeten Rahmenkonzepte liefern.

Eine Tomatenpflanze braucht zum Wachsen unter Anderem Licht, zum Beispiel von der Sonne. Kreuze an, welche Aussagen du für richtig und welche du für falsch hältst	Richtig	Falsch
1) Die Blätter und Tomaten der Tomatenpflanze haben selbst keine Energie.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2) Das Sonnenlicht gibt der Tomatenpflanze Energie, die sie zum Wachsen benutzt.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3) Die Tomatenpflanze braucht neben dem Sonnenlicht weitere „Zutaten“, um zu wachsen, zum Beispiel auch Wasser und Luft. Mit Energie hat das aber nichts zu tun.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4) Die Tomatenpflanze wandelt die Energie des Sonnenlichts um und speichert sie in einer anderen Form, zum Beispiel in den Blättern oder Tomaten.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5) Die Tomatenpflanze nimmt die Energie der Sonne als Antrieb für ihre Tomatenproduktion.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6) Die Tomaten der Pflanze haben Energie, die wir Menschen beim Essen aufnehmen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abb. 2: Item „Tomaten“ aus Testheft „A“

So führen in dem Item in Abb. 2 zum Beispiel die Auswahl von der Kombination der Aussagen 1 und 2 sowie 5 (optional) zum Rahmenkonzept Energie als Katalysator, die Kombination 4 und 6 zu transferierter Energie. Ein zusätzliches Ankreuzen von Aussage 2 würde in letzterem Fall nichts an der Einschätzung des Rahmenkonzepts ändern.

Die Items werden im nächsten Schritt mit Hilfe weiterer Interviews inhaltsvalidiert. Hierfür sollen die Testpersonen ein Testheft bearbeiten und währenddessen ihre Gedankenprozesse mit der Methode des „Lauten Denkens“ mitteilen. Die Transkripte dieser Interviews werden mit Hilfe des vorhandenen Kodiermanuals qualitativ inhaltsanalysiert, um die Aussagen zu den einzelnen Items wiederum Rahmenkonzepten zuweisen zu können. Ein Item ist dann inhaltsvalide, wenn Interview und Test zum selben Ergebnis kommen.

Ergebnisse und Ausblick

Die Inhaltsvalidierung wurde für Testheft „A“ mit fünf Personen zwischen 11 und 14 Jahren in Einzelinterviews durchgeführt. Dabei kam es bei sechs Items zu leichten Ungenauigkeiten, bei drei Items zu Diskrepanzen und bei zwei Items zu exakter Übereinstimmung. Als Ungenauigkeit werden dabei geäußerte Probleme beim Verstehen des Textes sowie Zuordnungen eines zusätzlichen Rahmenkonzepts verstanden, während eine Diskrepanz eine falsche Zuordnung von Rahmenkonzepten oder ein von der Testperson falsch eingeordneter Kontext bedeutet. Die Methode des „Lauten Denkens“ ermöglichte hier eine leichte Identifizierung von Ursachen für die Diskrepanzen. Diese lassen sich in erster Linie durch Überlesen, doppelte Verneinungen oder Reihungseffekte erklären. Die entsprechenden Items konnten so zielgerichtet verbessert werden. In einem nächsten Schritt soll nun Testheft „B“ analog validiert und angepasst werden, ebenso sollen die beiden Hefte untereinander auf Äquivalenz überprüft werden. Mit diesem Testinstrument soll dann letztlich in einer Prä-Post-Studie geklärt werden, ob eine außerschulische Lerngelegenheit dazu in der Lage ist, (positive) Veränderungen in den Rahmenkonzepten der Teilnehmenden auszulösen.

Literatur

- Behle, J., & Wilhelm, T. (2016). Energie für die Insel – Ein Experimentierworkshop mit „Neuen Technologien“. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/678/815>
- Behle, J., & Wilhelm, T. (2016). Schülervorstellungen im Wandel der Zeit. In: Maurer, C. (Hrsg.): *Implementations fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis, Jahrestagung der GDGP in Zürich 2016*, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 37, Universität Regensburg, S. 146-149.
- Behle, J. & Wilhelm, T. (2017). Aktuelle Schülerrahmenkonzepte zur Energie. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1990). Pupil's ideas concerning energy sources. *International Journal of Science Education* Vol.12, Iss. 5.
- Burger, J. (2001). Schülervorstellungen zu „Energie im biologischen Kontext“ – Ermittlungen, Analysen und Schlussfolgerungen. *Dissertation Universität Bielefeld*.
- Crossley, A., Hirn, N. & Staraschek, E. (2009). Schülervorstellungen zur Energie – Eine Replikationsstudie. In: Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.), *Didaktik der Physik - Bochum 2009*, Lehmanns Media – LOB.de, Berlin.
- Duit, R. (1986). *Der Energiebegriff im Physikunterricht*. Habilitationsschrift. Universität Kiel.
- Duit, R. (2007). Energie: Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 18(5), S. 4-7.
- diSessa, A. (1988). Knowledge in pieces. In: Forman, G.; Pufall, P., *Constructivism in the Computer Age*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, S. 49–70.
- Hartmann, S. (2004). Erklärungsvielfalt. In: *Studien zum Physiklernen* Bd. 37, Berlin: Logos-Verlag.
- Liu, X., McKeough, A. (2005). Developmental growth in students' concept of energy: Analysis of selected items from the TIMSS database. *J. Res. Sci. Teach.*, 42: 493–517.
- Mandl, H; Gruber, H, Renkl, A (1993). Lernen im Physikunterricht. Brückenschlag zwischen wissenschaftlicher Theorie und menschlichen Erfahrungen? (LMU Forschungsbericht Nr. 19).
- Rincke, K. (2015). (Elektrische) Energie – Unterrichten zu einem schwierigen Begriff mit großer Bedeutung. In: *Unterricht Physik* 146, Jg 26, S. 2-10.
- Solomon, J. (1983). Learning about energy: How pupils think in two domains. In: *European Journal of Science Education*, 5, S.49-59.
- Trumper, R. (1993). Children's energy concepts: a cross- age study. *International Journal of Science Education*, 15:2, S. 139-148.
- Watts, D. (1983). *A study of alternative frameworks in school science*. Dissertation, University of Surrey.