Julia Behle[1]
Thomas Wilhelm[1]

[1]Goethe-Universität Frankfurt

Ein Instrument zur Erhebung von Schülervorstellungen über Energie

Motivation

Für die Entwicklung eines tieferen Verständnisses eines fachlichen Konzepts bei Schülerinnen und Schülern ist das Wissen über bereits vorhandene Schülervorstellungen oder Präkonzepte äußerst relevant (Schecker et al. 2018). Bei dem physikalischen Basiskonzept Energie zeigten Untersuchungen in den 1980er Jahren primäre Assoziationen mit Treibstoffen (Duit 1986), ebenso ließen sich die den Assoziationen zugrundeliegenden Rahmenkonzepte mittels Interviewstudien (Watts 1983) kategorisieren. Neuere Untersuchungen zeigen, dass sich sowohl die Assoziationen mit dem Begriff Energie als auch die darunterliegenden Rahmenkonzepte inzwischen gewandelt haben (Crossley & Starauschek 2009, Burger 2001, Behle & Wilhelm 2017). So zeigen Schülerinnen und Schüler heute beispielsweise primär Assoziationen mit elektrischem Strom und auch mit dem Themenkomplex Erneuerbare Energien. Gleichzeitig deutet eine neuere Interviewstudie (Behle & Wilhelm 2016 & 2017) darauf hin, dass es eine kontextabhängige Koexistenz mehrerer Rahmenkonzepte zur Energie bei den Schülerinnen und Schülern geben könnte. Auf Basis der vorausgehenden Interviewstudie wurde nun ein Testinstrument zur Analyse von Rahmenkonzepten zur Energie entwickelt, das alle diese Rahmenbedingungen berücksichtigt und letztlich die Frage beantworten soll, ob sich die Rahmenkonzepte der Schülerinnen und Schüler durch den Besuch einer außerschulischen Lerngelegenheit zum Thema Energie positiv beeinflussen lassen.

Verwendete Rahmenkonzepte

Rahmenkonzepte oder „Frameworks“ fassen häufig verwendete Argumentations-, Erklärungs- und Gedankenmuster von Schülerinnen und Schülern zu übergeordneten Konzepten zusammen, die durch verbindende Aspekte definiert werden. Sie bilden somit einen Ausschnitt aus der Tiefenstruktur der Schülervorstellungen ab. Die zur Entwicklung des Testinstruments verwendeten Rahmenkonzepte zur Energie entstammen grundsätzlich der Interviewstudie zu den „Energy Frameworks“ von Watts aus dem englischsprachigen Raum. Um die Übertragbarkeit auf den deutschsprachigen Raum und die Aktualität der Rahmenkonzepte zu überprüfen, wurde zunächst eine Interviewstudie durchgeführt (Behle & Wilhelm 2016 & 2017), durch die nach der deduktiven Überprüfung zwei weitere Rahmenkonzepte induktiv abgebildet werden konnten, sodass das finale Kodiermanual auf neun Kategorien zu den Rahmenkonzepten erweitert werden musste. Folgende Rahmenkonzepte finden daher in der Studie Verwendung:

- Anthropozentrische Energie (Lebensenergie, menschenzentriert, gefühlsorientiert)
- Gelagerte Energie (Energieformen, in Energieträgern vorhanden, verbrauchbar)
- Funktionale Energie (von Menschen für Menschen gemacht, künstlich erschaffen)
- Produzierte Energie (Nebenprodukt, zusätzliche Emission)
- Energie als Zutat (Inerter, latenter Inhaltsstoff, nur durch Vorgänge herauslösbar)
- Energie als Aktivität (Aktivität = Energie, nur in der Bewegung vorhanden)
- Energie als Katalysator (*neu*; Energie als trägerloser Antrieb für Vorgänge)
- Transferierte Energie (Fluss zwischen Systemen, verschiedene Formen, Umwandlung)
- Partiell transferierte Energie (*neu*; Energieformen, Umwandlung, kein stringenter Fluss)

Entwicklung des Testinstruments

Zur Untersuchung der Veränderung in den Rahmenkonzepten der Workshopteilnehmenden wurden aus den Aussagen der Schülerinnen und Schüler in den Interviews sowie einigen zentralen Aussagen der Rahmenkonzepte aus dem Kodiermanual ein Testinstrument entwickelt, das sich derzeit in der Auswertung der Pilotierungsphase befindet. Die Einleitung des Testhefts besteht aus 23 einzelnen, allgemeinen Aussagen (bsp. „Energie kommt **nicht** in der Natur vor, sie wird von Menschen für Menschen gemacht"), die die Teilnehmenden in einer zweistufigen Likertskala mit der Option zur Enthaltung bewerten sollen. Zusätzlich besteht ein Gesamtpool von insgesamt 19 kontextualisierten Aufgaben, aus denen zwei äquivalente Testhefte mit jeweils elf Aufgaben und der allgemeinen Einleitung entwickelt wurden. Da von heterogenen Vorerfahrungen mit dem Thema „Energie" auszugehen ist, wurden die Aufgaben an den Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler orientiert. Um der aufgrund der Ergebnisse der Interviewstudie und dem Phänomen der Fragmentierung bzw. Erklärungsvielfalt (diSessa 1988, Hartmann 2004) zu erwartenden Koexistenz verschiedener Rahmenkonzepte gerecht zu werden, bestehen die Aufgaben aus mehreren Teilfragen, so dass das Vorhandensein eines Rahmenkonzepts aus einer Kombination verschiedener Antwortmöglichkeiten hergeleitet wird. Die Aufgaben bestehen dabei aus einer kurzen Vorstellung des Kontexts (bsp. „Schwimmwettbewerb" oder „Windenergieanlage") sowie verschiedenen Aussagen zu dem Kontext, denen entweder mit „richtig" zugestimmt wird oder die mit „falsch" abgelehnt werden. Abb. 1 zeigt beispielshaft am Kontext „Autofahrt", wie zwei der sechs mit dieser Aufgabe abbildbaren Rahmenkonzepte über unterschiedliche Antwortkombinationen ermittelt werden können. Dabei ist die Möglichkeit gegeben, dass aus einer beliebigen Antwortkombination in einer Aufgabe auch mehrere Rahmenkonzepte abgeleitet werden können. Die Kombinationen werden im nächsten Schritt in dichotome Variablen kodiert, die Vorhandensein oder Abwesenheit eines bestimmten Rahmenkonzepts aufzeigen.

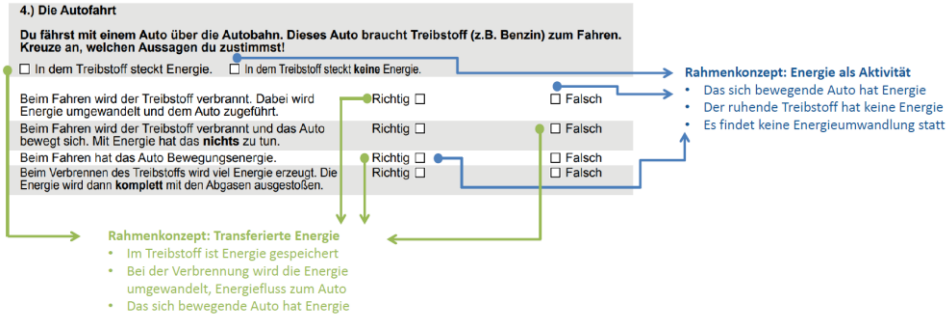

Abb. 1: Zwei mögliche Rahmenkonzepte beim Item „Autofahrt" aus Testheft „A"

Zur Inhaltsvalidierung wurden die Testhefte in einer weiteren Interviewstudie mit Hilfe der Methode des „Lauten Denkens" überprüft, wobei eine Validität angenommen wurde, wenn Aussagenkombination und Interview zum gleichen Ergebnis führten. Aufgrund von Diskrepanzen wurden schließlich die Aufgaben angepasst oder in ihrer Auftretensreihenfolge verändert, um kontextuellen Reihungseffekten entgegenzuwirken. Eine Aufgabe aus Testheft „B" wurde dabei komplett ersetzt, da die kontextuelle Äquivalenz nicht gewährleistet war.

Pilotierung des Testinstruments

Zur Pilotierung wurden die beiden Testhefte jeweils losgelöst von der Durchführung des Workshops mit Schülerinnen und Schülern überprüft, dabei sollte die Stichprobe möglichst der zu erwartenden Zielgruppe äquivalent sein. Die Stichprobe bestand daher bei dem bisher ausgewerteten Testheft „A" aus 89 hessischen Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 8 bis 10 (M = 8,4; SD = 0,5), wovon wiederum 41 weiblich und 44 männlich waren. Davon

besuchten 47 ein Gymnasium, 29 eine Realschule, 11 eine Gesamtschule und je eine Person eine Haupt- und eine Förderschule. 64 der Teilnehmenden gaben an, das Thema „Energie“ bereits im Unterricht behandelt zu haben. Wie bereits aus der Interviewstudie zu erwarten war, zeigte sich bei den Teilnehmenden oftmals eine Koexistenz verschiedener Rahmenkonzepte, sowohl innerhalb einer Aufgabe, als auch zwischen verschiedenen Aufgaben. Dabei schwankten die Anzahl der pro Aufgabe aufgetretenen Rahmenkonzepte zwischen 0 und 4, wobei pro Aufgabe maximal zwischen 3 und 7 verschiedene Rahmenkonzepte abbildbar sind. Es zeigte sich auch, dass die Schülerinnen und Schüler in der Mehrzahl zwar genau ein Rahmenkonzept pro Aufgabe zeigten, dies jedoch nicht für eine einzelne Person stringent war, so dass dieselbe Testperson über alle Aufgaben hinweg immer unterschiedlich viele Konzepte aufwies (siehe Tab. 1).

	kein Rahmen-konzept	**1 Rahmen-konzept**	**2 Rahmen-konzepte**	**> 3 Rahmen-konzepte**
M	13,7	42,2	24,8	5,5
SD	11,5	14,7	18,5	6,3

Tab. 1: Wie viele Personen haben durchschnittlich pro Aufgabe wie viele Rahmenkonzepte gezeigt?

Die durchschnittlich am häufigsten auftretenden Rahmenkonzepte sind dabei Transferierte Energie (M = 39,5) sowie Anthropozentrische Energie (M = 29,0) und Partiell Transferierte Energie (M = 22,6). Im Mittel zeigten die Schülerinnen und Schüler M = 1,4 (SD = 0,5) Rahmenkonzepte pro Aufgabe. Dabei scheint eine vorangegangene Behandlung des Themas „Energie“ im Unterricht kaum einen signifikanten Einfluss auf die Ausprägung des „physikalisch korrektesten“ Rahmenkonzepts zu haben, lediglich bei der Aufgabe „Fahrraddynamo“ zeigt sich eine statistisch signifikante Korrelation. Aufgrund der Annahme der kontextabhängigen (In-)Stabilität von Rahmenkonzepten (Chu & Treagust 2014) und der daher zu erwartenden statistischen Unabhängigkeit war zudem die Frage zu klären, inwiefern sich die verschiedenen dichotomen Variablen der Rahmenkonzepte zu einer gemeinsamen Skala zusammenfassen lassen. Wie zu erwarten war, scheinen hierbei die meisten Variablen nicht zu einer Skala zusammenfassbar zu sein und dementsprechend kontextabhängig zu sein. Die Variablen des Rahmenkonzepts Funktionale Energie lassen sich jedoch in drei Aufgaben (Wind, Erdbeben, Pflanze) zu einer schwach konsistenten Skala (Cronbach’s α: .510) zusammenfassen. Besser skalieren lassen sich die Variablen der Konzepte Anthropozentrische Energie (Cronbach’s α: .647) in vier Aufgaben (Wettrennen, Mittelalter, Erdbeben, Fahrraddynamo) sowie Transferierte Energie (Cronbach’s α: .686) in neun von insgesamt elf Aufgaben.

Fazit

Das Testheft scheint geeignet zu sein, die Rahmenkonzepte der Teilnehmenden zu erfassen. Wie auch in der Interviewstudie scheint bei vielen Schülerinnen und Schülern ein physikalisch anschlussfähiges Rahmenkonzept vorhanden zu sein. Dabei ist jedoch zu beachten, dass neben diesen für den Unterricht durchaus wertvollen Konzepten in denselben Aufgaben sehr häufig weitere Rahmenkonzepte, darunter oftmals auch eine anthropozentrische Vorstellung, vorhanden sind. Erfreulich ist dabei, dass das physikalisch anschlussfähigste Rahmenkonzept gleichzeitig das über alle Aufgaben stabilste zu sein scheint.

Ausblick

Aufgrund einiger systematisch aufgetretener Missing Values wird das Testinstrument vor Start der Hauptstudie noch einmal in minimalen Details überarbeitet. Ebenso findet aktuell die vollständige Auswertung der Pilotierung von Testheft „B“ statt. Das Testinstrument soll dann in einer Studie zur Untersuchung der Wirkung eines außerschulischen Workshops zum Thema Energie im Prä-Post-Design eingesetzt werden.

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.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis, Jahrestagung der GDCP 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.

Burger, J. (2001). Schülervorstellungen zu „Energie im biologischen Kontext" – Ermittlungen, Analysen und Schlussfolgerungen. Dissertation Universität Bielefeld.

Chu, H.-E., & Treagust, D. (2014). Secondary Students' Stable and Unstable Optics Conceptions Using Contextualized Questions. Journal of Science Education and Technology.

Crossley, A., Hirn, N., & Starauschek, 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.

Mandl, H; Gruber, H., & Renkl, A (1993). Lernen im Physikunterricht. Brückenschlag zwischen wissenschaftlicher Theorie und menschlichen Erfahrungen? (LMU Forschungsbericht Nr. 19).

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (Hrsg.) (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht, Springer-Spektrum.

Watts, D. (1983). A study of alternative frameworks in school science. Dissertation, University of Surrey.