Daniel Gysin[1]
Markus Rehm[2]
Dorothee Brovelli[1]

[1]Pädagogische Hochschule Luzern
[2]Pädagogische Hochschule Heidelberg

(Non-)Normative Ideen zum Energiekonzept in Schüler*innen-Antworten

Im Rahmen der vorgestellten Studie wurde ein Framework zur Kategorisierung und Analyse von Schüler*innen-Antworten zu einer Physikaufgabe aus dem Themenbereich Energie entwickelt. Die theoretische Grundlage für das Framework bildet die *Learning Progression* zur Energie (vgl. Neumann et al., 2013), ein Ansatz zur Beschreibung der Konzeptentwicklung innerhalb eines Themenbereichs, der zunehmend anspruchsvollere, abgestufte Argumentationsweisen, bestehend aus normativen und non-normativen Ideen, beinhaltet.

Theoretischer Hintergrund und Forschungsfrage

Ein ausgeprägtes Energiekonzept ist nach Neumann et al. (2013) zentral für ein profundes Verständnis der Naturwissenschaften. In der fachdidaktischen Forschung setzten sich in den letzten Jahren verschiedene Autor*innen mit der Entwicklung von Konzepten dieser Art auseinander und begründeten den Begriff der *Learning Progression* (u.a. Duschl et al., 2007; Duncan & Hmelo-Silver, 2009; Neumann et al., 2013; Kubsch, 2024) als Rahmung für die inhaltliche Beschreibung eines Themengebiets, für die Möglichkeiten bei der Instruktion und für die Messung eines Konzepts mit Assessments (vgl. u.a. das *Energy Concept Assessment* (ECA) nach Neumann et al., 2013). Duschl et al. (2007) beschreiben vier Merkmale einer Learning Progression: (1) Sie orientiert sich inhaltlich am aktuellen Forschungsstand, (2) sie umfasst Fähigkeiten zur Lösung realer Probleme, (3) sie ist durch einen unteren Anker (Anfangsverständnis der Lernenden) und einen oberen Anker (Zielverständnis) begrenzt und (4) sie enthält mehrere Zwischenstufen mit zunehmender Komplexität der normativen Ideen.

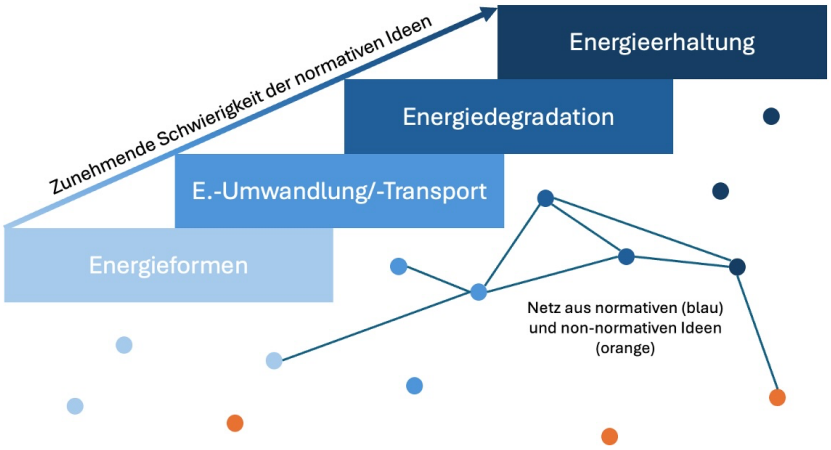

Abb. 1: Learning Progression mit vier Kernideen zur Energie (Abbildung angelehnt an Kubsch, 2024 und Neumann et al., 2013)

Angelehnt an den *knowledge-in-pieces*-Ansatz (diSessa, 1993) und basierend auf der Arbeit von Neumann et al. (2013) zeigt Kubsch (2024) vier Kernideen als Bestandteile der Learning Progression zur Energie (vgl. Abb. 1). Die Reihenfolge respektive die Schwierigkeit der vier Kernideen, *Energieformen*, *Energieumwandlung und -transport*, *Energiedegradation* und *Energieerhaltung*, ergibt sich aus der Schwierigkeit der Testaufgaben des *Energy Concept Assessment*. Dabei verläuft die Entwicklung des Verständnisses der Kernideen parallel bzw. überschneidend und es müssen z.B. nicht erst alle Energieformen bekannt sein, bevor die Kernidee der Energieumwandlung verstanden werden kann. Weiter definieren Neumann et al. (2013) vier Komplexitätslevel in der Argumentation mit Kernideen: über *Fakten* (in Form von nicht vernetzten, fragmentierten Wissenselementen (*knowledge in pieces*)), mit *Zuordnungen* (in Form von einfachen Verbindungen von Wissenselementen), mit *Relationen* (in Form von ausgereiften Verbindungen mehrerer Wissenselemente) und schließlich mit *Konzepten* (in Form von komplexen und ineinander verflochtenen Wissenselementen). Nach Kubsch (2024) spielen nicht nur normative Ideen in Form von vernetzten Wissenselementen für die Learning Progression eine Rolle, sondern auch non-normative Ideen (vgl. orange Punkte in Abb. 1), vergleichbar mit Präkonzepten oder Alltagsvorstellungen. Typische non-normative Ideen zum Energiekonzept sind z. B, dass Energie nur in bewegten Objekten vorhanden ist (Aktivitätsvorstellung), eine Art Treibstoff oder Nahrungszutat darstellt oder mit anderen Konzepten vermischt wird (z.B. mit Strom) (Watts, 1983; Harrer et al., 2013). Aus diesen theoretischen Grundlagen leitet sich folgende Fragestellung ab: Mit welchen Netzen aus (non-)normativen Ideen (Wissenselementen) argumentieren Schüler*innen der Sekundarstufe beim Lösen einer Physikaufgabe zum Thema Energie mit offenem Antwortformat? In Assessment-Tests zur Energie werden i.d.R. geschlossene oder halb-offene Aufgabenformate eingesetzt, um die Ausprägung des Energiekonzepts zu messen. In der hier beschriebenen Studie soll nun basierend auf der Learning Progression zur Energie ein Framework entwickelt werden, das die Kategorisierung und Analyse von offenen Antworten zu Physikaufgaben zulässt.

Stichprobe und Methode

Für die Studie wurde der Datensatz von Gysin (2024) verwendet. 456 Schüler*innen der Sekundarstufe I und II lösten im Rahmen der Befragung eine physikalische Transferaufgabe zum Thema Energie, die Fragen zu den vier Kernideen der Learning Progression im Kontext eines Kletterparks enthielten (für die konkrete Aufgabenstellung mit einer gezeichneten Abbildung des Kletterparks siehe Gysin et al., 2024). In einem mehrschrittigen, induktiven und deduktiven Verfahren wurden auf Basis der Learning Progression nach Neumann et al. (2013) und mit rund 5% der schriftlichen Antworten aus der Studie von Gysin et al. (2024) Kategorien mit der Methode der inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) abgeleitet. Das mit diesen Kategorien erstellte Framework (vgl. unten) wurde nach einer ersten Überarbeitung mit einem Codiermanual inklusive Ankerbeispielen versehen, um später den gesamten Datensatz codieren zu können.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 2 zeigt das Framework zur Analyse von Schüler*innen-Antworten aus Physikaufgaben zur Energie, das aus den theoretischen Ansätzen und den Daten aus Gysin (2024) abgeleitet wurde. Es besteht aus einer Matrix aus den vier Kernideen zur Energie und den vier Komplexitätsleveln. Die Kategorienbeschreibungen basieren auf konkreten Antworten aus den empirischen Daten. Das Framework enthält vier zusätzliche Kategorien

für non-normative Ideen, die sich an den Vorstellungen nach Watts (1983) und Harrer et al. (2013) sowie den Kategorien zu non-normativen Ideen von Kubsch (2024) orientieren.

	Komplexitätslevel 1: **Fakten**	Komplexitätslevel 2: **Zuordnungen**	Komplexitätslevel 3: **Relationen**	Komplexitätslevel 4: **Konzepte**
	Die/der Lernende...			
A: Energieformen	...nennt eine oder mehrere Energieformen in einer Aufzählung.	...nennt eine oder mehrere Energieformen und erklärt, wo bzw. bei welchem Objekt diese vorkommen.	...nennt eine oder mehrere Energieformen und erklärt, warum diese einem Objekt zugeordnet werden können.	...nennt mehrere Energieformen und erklärt, welche Energieformen wo vorkommen und warum dem so ist.
B: Energietransport und Energieumwandlung	...nennt den Begriff Energietransport und/oder den Begriff Energieumwandung.	... nennt mindestens zwei Energieformen und erklärt, dass eine Umwandlung stattfindet und/oder nennt eine Energieform und erklärt, dass Energie transportiert wird.	...nennt mindestens zwei Energieformen und erklärt, warum oder wo eine Umwandlung stattfindet und/oder nennt eine Energieform und erklärt, warum oder wohin Energie transportiert wird.	...nennt mehrere Energieformen und erklärt, warum bzw. wie Energieumwandlungsketten stattfinden und/oder nennt mehrere Energieformen und erklärt, warum oder wohin Energie in mehreren Schritten transportiert wird.
C: Energiedegradation	...nennt den Begriff der Energiedegradation bzw. Energieentwertung.	...erklärt, dass bei jeder Umwandlung oder bei jedem Transport ein Teil der Energie in thermische Energie umgewandelt wird.	...erklärt anhand eines konkreten Beispiels mit Energieformen, dass bei jeder Umwandlung oder bei jedem Transport ein Teil der Energie in thermische Energie umgewandelt wird.	...nennt mehrere Energieformen und erklärt dazu, warum bzw. wie bei Energieumwandlungsketten oder beim Energietransport ein Teil der Energie in thermische Energie umgewandelt wird.
D: Energieerhaltung	...nennt den Begriff der Energieerhaltung.	...erklärt, dass bei einer Energieumwandlung und/oder einem Energietransport die Gesamtenergie immer erhalten bleibt.	...erklärt anhand eines konkreten Beispiels einer Energieumwandlung oder eines Energietransports, dass die Gesamtenergie dabei erhalten bleibt.	...erklärt anhand eines konkreten Beispiels einer Energieumwandlung oder eines Energietransports, warum die Gesamtenergie erhalten bleibt und nimmt Bezug zur Energiedegradation.

	Idee i	**Idee ii**	**Idee iii**	**Idee iv**
N: Non-normative Ideen (Präkonzepte)	Energie als Aktivität	Energie als Treibstoff oder Zutat (Nahrung)	Energie mit anderen naturwissenschaftlichen Konzepten verwechselt	Andere non-normative Ideen

*Abb. 2: Framework zur Analyse von Schüler*innen-Antworten zum Energiekonzept*

Es seien hier zwei Beispiele von Aufgabenstellung mit den Codierungen dazu genannt:

- *Aufgabenstellung*: „Wird in dieser [auf der Abbildung des Kletterparks gezeigten] Situation Energie umgewandelt? Wenn ja, wie genau?" *Antwort der Probandin (12 Jahre alt)*: „Ja, wird es. Am Anfang ist es Lageenergie, weil er [abgebildeter Kletterer] oben steht. Dann springt er runter und es wird zur Bewegungsenergie. Wenn die Seile aneinander reiben, entsteht thermische Energie." (Codierung: B3 (Energieumwandlung, Relationen))
- *Aufgabenstellung*: „Beschreibe die Energieerhaltung in der Situation, die du ausgewählt hast." *Antwort der Probandin (13 Jahre alt)*: „ […] In dieser Zeit, wo er kletterte, verbrannte er Kalorien. Das ist dann chemische Energie." (Codierung: non-normative Idee ii (Energie als Treibstoff))

Es zeigte sich bei der Erstellung des Frameworks und der Codierung der ersten 5% der Antworten, dass sich die Kategorien den Antworten der Schüler*innen bzw. den Codiereinheiten zuordnen lassen. Beim zweiten der aufgeführten Beispiele handelt es sich um die non-normative Idee, dass Energie etwas Stoffliches darstellt, das verbrannt werden kann.

Limitationen und Ausblick

Auf Grundlage der bisher analysierten Schüler*innen-Antworten lassen sich derzeit noch keine Aussagen zur Häufigkeit der Kategorien treffen. Es ist vorgesehen, alle Daten durch mehrere Codierer*innen zu codieren, um anschließend das Framework weiterzuentwickeln und quantitative Fragestellungen dazu beantworten zu können. Weiter beschränkt sich die Gültigkeit des Frameworks auf Physikaufgaben zum Thema Energie. In zukünftigen Studien könnte eine Adaption des Frameworks auf weitere Themen- und Fachbereiche erfolgen.

Literatur

Case, R. (1977). Implications of developmental psychology for the design of effective instruction. In I.J.W. Pellegrino, E.S.D. Fokkema & R. Glaser (Eds.), Cognitive psychology and instruction. New York: Plenum, 441 - 465

Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag

Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. Journal of Research in Science Teaching, 39 (6), 497-521

diSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. Cognition and Instruction, 10(2–3), 105–225.

Duncan, R. G., & Hmelo-Silver, C. E. (2009). Learning progressions: Aligning curriculum, instruction, and assessment. Journal of Research in Science Teaching, 46(6), 606–609.

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. Washington, DC: National Academies Press.

Gysin, D. (2024). Transfer in der Physik – Die Nutzung von Strategien beim Transfer von physikalischen Konzepten in Zusammenhang mit kontextorientiertem Unterricht. Dissertation. Pädagogische Hochschule Heidelberg.

Gysin, D.; Bollmann, S.; Brovelli, D. (2024). Die Nutzung von Transferstrategien beim Transfer von physikalischen Konzepten zum Thema Energie in Zusammenhang mit kontextorientiertem Unterricht und situationalem Interesse. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 30*(1), 1–27.

Harrer, B. W., Flood, V. J., & Wittmann, M. C. (2013). Productive resources in students' ideas about energy: An alternative analysis of Watts' original interview transcripts. Physical Review Special Topics-Physics Education Research, 9(2), 023101-1–023101-5.

Kubsch, M. (2024). What affects the continued learning about energy? Evidence from a 4-year longitudinal study. Journal of Research in Science Teaching, 1-23.

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Grundlagentexte Methoden. Beltz Juventa.

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.

Watts, D. M. (1983). Some alternative views of energy. Physics Education, 18(5), 213–217.