

Daniel Gysin<sup>1</sup>  
 Dorothee Brovelli<sup>1</sup>  
 Markus Rehm<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pädagogische Hochschule Luzern  
<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Heidelberg

## Kontextmerkmale und Wissens Elemente beim Transfer in der Physik

### Ausgangslage

Der Transfer von im Physikunterricht erlernten Wissen auf eine neue Situation kann Lernenden schwerfallen und findet, nach klassischer Definition des Transferbegriffs, deshalb nur selten statt (Barnett & Ceci, 2002). In der Literatur werden diverse Faktoren beschrieben, die einen (Lern-)Transfer begünstigen oder hindern können (u.a. Schmid, 2006). Seltener wird hingegen der eigentliche Prozess beim Transferieren von physikalischen Konzepten untersucht. Die hier vorgestellte Studie soll einen Beitrag in diese Richtung leisten, indem ein Framework zur Beschreibung und Analyse des Transferprozesses beim Anwenden des physikalischen Energiekonzepts mithilfe von qualitativen Daten aus „Think Aloud“-Interviews entwickelt wird.

### Theoretischer Hintergrund

Die Konstrukte *Transfer* oder *Lerntransfer* sind in der Literatur in einer Vielzahl von theoretischen Ansätzen beschrieben (Haskell, 2001). Transfer kann im klassischen Sinne als Anwendung von bereits erlerntem Wissen in einer neuen Situation betrachtet werden (Bransford et al., 2000). Diese Definition geht ursprünglich auf das *Identical Elements Model* zurück (Thorndike & Woodworth, 1901). Nicht selten spielt bei dieser Sichtweise die Weite des Transfers eine entscheidende Rolle. Dabei sind Kontextmerkmale der Anwendungssituation entscheidend, die einen Hinweis auf das zu verwendende Wissen geben oder selbst Teil der fachlichen Tiefenstruktur sein können. Expert\*innen in einem Fachgebiet sind in der Lage, solche Merkmale zu erfassen und einzuordnen und können deshalb ihr Wissen besser transferieren (Day & Goldstone, 2012). Der eben beschriebene Ansatz gleicht im Kern dem *Analogie-Transfer* (Gick & Holyoak, 1983), der die Erkennung von Analogien in der Tiefenstruktur der Lern- und Transfersituation hervorhebt. Die Forschung zum klassischen Transfer wird jedoch in neueren Arbeiten, unter anderem aus der Fachdidaktik der Physik, kritisiert. So plädieren beispielsweise Lobato (2012) und Royer, Mestre und Dufresne (2005) für eine modernere Sicht auf den Transferbegriff. Sie fordern, dass kognitive Prozesse der transferierenden Personen wie auch die nicht lösungsrelevanten, aber dennoch vom Individuum als bedeutsam erachteten Merkmale des Kontexts, in der Forschung stärker beachtet werden sollen. Die Autor\*innen gehen davon aus, dass in jeder Anwendungssituation das Wissen individuell und in Abhängigkeit vom jeweiligen Kontext neu konstruiert wird. Lobatos *Akteurorientierter Transfer* ist demnach auch als individuelle Konstruktion von Similarität zwischen zwei Situationen definiert (Lobato, 2003) und stellt die Akteurin oder den Akteur ins Zentrum des Forschungsinteresses. Auch DiSessa & Wagner (2005) fordern einen vertieften Blick auf die Prozesse beim Transfer und verknüpfen Erkenntnisse aus der *Conceptual Change* Forschung mit der Forderung nach einem stärker auf die transferierende Person fokussierten Transferansatz. Ihre *Coordination Class Theory* beinhaltet ein Modell, das die individuellen *Wissenselemente* („knowledge pieces“), die Merkmale des Kontexts der Transfersituation sowie den Prozess, der bei der Verknüpfung und Projektion der Wissens Elemente auf eine Kontextsituation („Alignment“) stattfindet, berücksichtigt. Eine *Coordination Class* ist ein aus verbundenen Wissens Elementen bestehendes Konzept, das je nach Anwendungssituation unterschiedlich konstruiert, sprich zusammengesetzt wird. Die Konstruktion einer *Coordination Class* ist stark vom jeweiligen Kontext abhängig. Um die relevanten von weniger relevanten Merkmalen eines Kontexts unterscheiden zu können,

braucht ein\*e Akteur\*in Strategien („readout strategies“), die ebenfalls Teil der *Coordination Class* sind (diSessa & Wagner, 2005). Löffler (2016) differenziert im Rahmen seines Kontextmodells die erwähnten Merkmale eines Aufgabenkontexts aus. Einerseits werden Oberflächen- von Tiefenstrukturmerkmalen unterschieden, wobei erstere die im Aufgabentext oder in dazugehörigen Abbildungen direkt sicht- und interpretierbaren Elemente darstellen. Die Tiefenstruktur umfasst dagegen alle fachinhaltlich relevanten Merkmale, die dem Transferproblem zugrunde liegen. Weiter lassen sich Merkmale, die Teil der Lösung sind, von Merkmalen, die für die Lösung der Aufgabe irrelevant sind, unterscheiden (Löffler, Pozas & Kauertz, 2018). Beide Arten von Merkmalen können zudem Teil eines wissenschaftlichen Modells oder gerade nicht auf dieses bezogen sein. Die hier vorgestellte Studie hat zum Ziel, Transferprozesse bei der Anwendung des Energiekonzepts zu beschreiben (vgl. oben). Deshalb soll nun zum Abschluss dieser theoretischen Betrachtung auf die Entwicklung des Energiekonzepts bei Lernenden eingegangen werden. Neben der Forschung zu typischen Präkonzepten zum Energiebegriff (vgl. u.a. Watts, 1983) beschreiben Neumann, Viering, Boone und Fischer (2013) verschiedene Entwicklungsstufen des Energiekonzepts. Letztere unterscheiden sich nicht nur inhaltlich, sondern auch in ihrer Komplexität: Die geringste Komplexität weist die Kenntnis über Energieformen und -quellen auf. Hierzu reicht fragmentiertes Wissen in Form von einzelnen Wissens-elementen (Neumann et al., 2013). Einfache respektive komplexere Verknüpfungen von Wissens-elementen setzen die nächsten Stufen des Energiekonzepts voraus: Das Verständnis der Energieumwandlung und -übertragung wie auch der Energiedegradation (Dissipation) verlangt die Verbindung von einzelnen Wissens-elementen zu Zusammenhängen. Am komplexesten ist die Energieerhaltung anzusehen, da hier verflochtene, schwieriger zu verstehende Verbindungen zwischen Wissens-elementen ein ganzes Konzept abbilden.

### **Fragestellung und Ziele der Studie**

Aus den oben dargestellten theoretischen Überlegungen zur Transfertheorie und der Entwicklung des Energiekonzepts ergibt sich folgende Fragestellung: *Welche Strategien und welche Vorgehensweisen werden von Lernenden während einer Transfersituation in der Physik (im Themenbereich Energie) angewandt und wie ist dieser Transferprozess strukturiert?* Angelehnt an diese Fragestellung soll ein Framework entwickelt werden, mit dem der Prozess beim Transfer in der Physik strukturiert und beschrieben werden kann.

### **Methode**

Um kognitive Prozesse von Proband\*innen beim Transferieren des Energiekonzepts auf einen neuen Kontext soweit möglich erfassen und beschreiben zu können, wurde eine qualitative Studie mit strukturierten „Think Aloud“-Interviews (Konrad, 2010) mit 16 Schüler\*innen der Sekundarstufe I & II und vier Studierenden einer Pädagogischen Hochschule durchgeführt. Den Ausgangspunkt für die „Think Aloud“-Interviews bildete eine Transferaufgabe mit bezüglich des Lösungswegs offen gestellten Fragen zu den oben beschriebenen Entwicklungsstufen des Energiekonzepts. Als Kontext der Aufgabe wurde ein lokal bekannter Kletter- und Seilpark gewählt. Das Aufgabensetting enthielt einen gezeichneten Übersichtsplan des Freizeitparks. Die transkribierten Interviews wurden von drei Codierer\*innen mittels einer inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) mit der Software MAXQDA ausgewertet.

### **Ergebnisse**

Für die Codierung der Interviews wurden in einem ersten Schritt der qualitativen Inhaltsanalyse drei Hauptkategorien (*Kontextmerkmale beschreiben und analysieren, Wissens-elemente nennen und vernetzen, Alignment*) deduktiv aus der Literatur zur *Coordination Class Theory* (diSessa & Wagner, 2005) bestimmt. Der zweite Schritt der

Inhaltsanalyse beinhaltet ein sich abwechselnd induktives und deduktives Vorgehen bei der Bildung von weiteren (Sub-)Kategorien. So konnte induktiv aus den Interviewdaten eine vierte Hauptkategorie zu den während des Transferprozesses genutzten metakognitiven Strategien (z.B. *Bezüge zu eigenen außerschulischen Erfahrungen herstellen*) hergeleitet werden. Die Subkategorien der drei ursprünglichen Hauptkategorien basieren auf Literatur-Quellen (vgl. oben), beispielsweise auf theoretischen Überlegungen zur Komplexität der Entwicklungsstufen des Energiekonzepts (hier betreffend Hauptkategorie *Wissenselemente nennen und vernetzen*) und wurden unter der Berücksichtigung der Interviewdaten entsprechend angepasst oder ergänzend dazu induktiv hergeleitet. Aus dem Kategoriensystem der Inhaltsanalyse wurde schließlich ein Framework zur Analyse des Transferprozesses beim Anwenden des physikalischen Energiekonzepts abgeleitet (vgl. Abb. 1).

1: Kontextmerkmale beschreiben und analysieren	2: Wissenselemente nennen und vernetzen	3a: Inhaltliches Alignment	3b: Metakognitives Alignment
1a: Fachinhaltsbezogene Kontextelemente beschreiben	2a: Fachinhaltsferne (naive) Wissenselemente nennen	3a1: Koordination eines oder mehrerer fif WE & fib KM	3b1: Vermutungen oder Fragen formulieren
1b: Fachinhaltsferne Kontextelemente beschreiben	2b: Fakten oder Begriffe nennen oder beschreiben	3a2: Koordination eines oder mehrerer fif WE & fif KM	3b2: Subjektperspektive einnehmen
1c: Fachinhaltsferne und -bezogene Kontextelemente	2c: Zusammenhang oder Konzept nennen oder beschreiben	3a3: Koordination von Fakten/Begriffen & fib KM	3b3: Bezüge zu eigenen Erfahrungen herstellen
<b>Legende:</b> KM: Kontextmerkmal WE: Wissenselement fib: fachinhaltsbezogen fif: fachinhaltsfern	2d: Physikalische Formel nennen oder erklären	3a4: Koordination von Fakten/Begriffen & fif KM	3b4: Schlüsse ziehen
		3a5: Koordination eines Zusammenhangs/Konzepts & fib KM	3b5: Anwendung eines p-prims oder Präkonzepts
		3a6: Koordination eines Zusammenhangs/Konzepts & fif KM	
		3a7: Koordination einer Formel & fib KM	
		3a8: Koordination einer Formel & fif KM	

Abb. 1: Framework zur Analyse des Transferprozesses beim Anwenden des Energiekonzepts

Die Analyse der Interviews mithilfe des entwickelten Frameworks zeigt, dass sich der Transferprozess je nach Proband\*in unterscheidet und bei allen analysierten Transkripten unstrukturiert abläuft. Dies ist in der größtenteils unsystematischen Abfolge wie auch in der unterschiedlichen Häufigkeit der codierten (Sub-)Kategorien ersichtlich. Nur wenige Proband\*innen beschrieben Kontextmerkmale losgelöst zu ihren Wissenselementen zum Thema Energie (Hauptkategorie 1 im Framework), hingegen wurden die mehr oder weniger verknüpften Wissenselemente zum Thema Energie von nahezu allen Schüler\*innen und Studierenden im Transferprozess auch ohne Bezug zu Kontextmerkmalen erläutert, wenn auch in unterschiedlicher Komplexität (Hauptkategorie 2). Letzteres zeigte sich beispielsweise in Ausführungen über Formeln zur Berechnung der Bewegungsenergie, ohne dass an dieser Stelle auf eine Bewegung eingegangen wurde, die in der Kontextsituation ersichtlich gewesen wäre.

### Diskussion und Ausblick

Das Framework berücksichtigt mit den vier Hauptkategorien die individuellen Unterschiede beim Transfer des physikalischen Energiekonzepts, unter anderem in Bezug auf den Umgang mit auch für die Lösung irrelevanten Kontextmerkmalen und entspricht so den Forderungen von Lobato (2012) an einen mehr auf die Akteur\*innen bezogenen Ansatz zur Beschreibung des Transfers. In einer an die hier ausgeführte Studie anknüpfende, quantitativ ausgerichteten Studie soll nun das Framework weiter erforscht und gegebenenfalls angepasst oder ergänzt werden.

**Literatur**

- Barnett, S. M. & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological bulletin*, 128 (4), 612–637.
- Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (2000). *How People Learn. Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, D. C.: National Academy Press.
- Day, S. B. & Goldstone, R. L. (2012). The Import of Knowledge Expert. Connecting Findings and Theories of Transfer of Learning. *Educational Psychologist*, 47 (3), 153–176.
- DiSessa, A. & Wagner, J. (2005). What Coordination Has to Say about Transfer. *Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective*. JP Mestre. Greenwich, CT.
- Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1–38.
- Haskell, R. E. (2001). *Transfer of Learning. Cognition, Instruction, and Reasoning*. San Diego, London: Academic Press.
- Lobato, J. (2003). How Design Experiments Can Inform a Rethinking of Transfer and Vice Versa. *Educational Researcher*, 32 (1), S. 17–20.
- Lobato, J. (2012). The Actor-Oriented Transfer Perspective and Its Contributions to Educational Research and Practice. *Educational Psychologist*, 47 (3), S. 232–247.
- Löffler, P. (2016). *Modellanwendung in Problemlöseaufgaben - wie wirkt Kontext?* Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Löffler, P., Pozas, M. & Kauertz, A. (2018). How do students coordinate context-based information and elements of their own knowledge? An analysis of students' context-based problem-solving in thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 40 (16), 1935-1956.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J. & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *J. Res. Sci. Teach.*, 50 (2), 162–188.
- Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In: Günter Mey und Katja Mruck (Eds.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. 1. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag, 476–490.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. 4. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden).
- Royer, J. M., Mestre, J. P. & Dufresne, R. J. (2005). Framing The Transfer Problem. Introduction. In: Jose P. Mestre (Eds.), *Transfer of learning. From a modern multidisciplinary perspective*. Greenwich: Information Age Publishing, vii–xxvi.
- Schmid, C. (2006). *Lernen und Transfer: Kritik der didaktischen Steuerung*. Bern: hep-Verlag.
- Thorndike, E. L. & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions: II. The estimation of magnitudes. *Psychological Review*, 8, 384–395
- Watts, M. (1983). Some Alternative Views of Energy. *Phys. Educ.*, 18, 213–217.