

Julian Alexander Fischer<sup>1</sup>  
 Tatjana Steinmann<sup>2</sup>  
 Peter Pfänder<sup>3</sup>  
 Daniel Laumann<sup>4</sup>  
 Susanne Weßnigk<sup>2</sup>  
 Michael Kerres<sup>3</sup>  
 Knut Neumann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IPN Kiel  
<sup>2</sup>Leibniz Universität Hannover  
<sup>3</sup>Universität Duisburg Essen  
<sup>4</sup>Universität Münster

## **energie.TRANSFER – Identifikation vernetzungsfördernder Unterrichtselemente**

### **Hintergrund und Zielsetzung**

Naturwissenschaftlicher Unterricht soll Schülerinnen und Schüler dazu befähigen, naturwissenschaftliche Phänomene zu erklären und Probleme zu lösen (KMK, 2005; NRC, 2012). Häufig können Schülerinnen und Schüler jedoch nur auswendig gelerntes, isoliertes Faktenwissen wiedergeben (Baumert, Bos, & Watermann, 1998). Nach Bransford, Brown, und Cocking (2000) braucht es aber insbesondere für die Erklärung von Phänomenen und die Lösung von Problemen eine vernetzte Wissensbasis, in der Ideen miteinander verknüpft statt isoliert sind. Zentrale Ideen verknüpfen verschiedene Teilbereiche und unterstützen daher den Aufbau einer vernetzten Wissensbasis (Anderson & Schunn, 2000; diSessa, 2013). Die Betonung von zentralen Ideen für den Aufbau einer vernetzten Wissensbasis findet sich auch in den KMK-Bildungsstandards (2005) durch die Einführung von Basiskonzepten wieder. Mithilfe der Basiskonzepte sollen Sachgebiete der Physik stärker miteinander verbunden werden, um kumulatives Lernen zu erleichtern (KMK, 2005). Eines der Basiskonzepte und zudem eine der zentralen Ideen in Physik ist das Energiekonzept (Driver & Warrington, 1985; KMK, 2005). Es lassen sich insbesondere durch die vielfältigen Manifestationen von Energie, den Energieformen, und deren Umwandlungen ineinander, unterschiedliche Sachgebiete der Physik miteinander verknüpfen (Neumann, 2017). Beispielsweise können in einem elektrischen Stromkreis die Stromstärke und die Temperatur eines stromdurchflossenen Leiters über die Umwandlung von elektrischer in thermische Energie verknüpft werden.

Eine Vernetzung unterschiedlicher Sachgebiete durch das Energiekonzept setzt jedoch „Erkenntnisse darüber voraus, wie sich das Verständnis des Energiekonzepts entwickelt.“ (Neumann, 2017). In verschiedenen Studien zur Entwicklung des Energieverständnisses wurde bestätigt, dass Schülerinnen und Schüler ausgehend von einigen wenigen Energieformen durch die sukzessive Integration weiterer Energieformen ein Verständnis von Energie über die Aspekte Energieumwandlung und -transfer, Energieentwertung und Energieerhaltung hinweg entwickeln (Herrmann-Abell & DeBoer, 2018; Lee & Liu, 2010; Neumann, Viering, Boone, & Fischer, 2013).

Die landesspezifischen Lehrpläne in Physik orientieren sich jedoch nicht an dieser Verständnisentwicklung von Energie und machen keine einheitlichen Vorgaben, wie ein basiskonzeptorientierter Unterricht gestaltet werden kann (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008; Niedersächsisches Kultusministerium, 2015).

Ziel des DFG-Projekts energie.TRANSFER ist daher die Entwicklung und Erprobung kurzer digitaler Unterrichtseinheiten im Umfang von 2-4 Schulstunden (*Curriculum Replacement Unit*, nf. CRU) zur Verknüpfung von Sachgebieten mit Hilfe des Basiskonzepts Energie. Im Rahmen des Projekts soll zunächst erarbeitet werden, wie ein basiskonzeptorientierter Unterricht gestaltet werden muss, um die Verknüpfung von Sachgebieten bestmöglich zu

unterstützen, um anschließend zu prüfen, ob ein basiskonzeptorientierter Unterricht zum Aufbau einer vernetzteren Wissensbasis und damit einer optimierten Kompetenzentwicklung beiträgt. Es wird daher auf folgende Forschungsfragen fokussiert:

- Wie müssen Unterrichtseinheiten gestaltet werden, die die Verknüpfung von Sachgebieten mittels Basiskonzepten unterstützen?
- Inwiefern fördern basiskonzeptorientierte Unterrichtseinheiten den Aufbau einer vernetzten Wissensbasis und damit physikalischer Kompetenz?

### Methoden

Die Entwicklung und sukzessive Optimierung der CRUs erfolgt im Rahmen eines Design-Based Research Paradigmas (McKenney & Reeves, 2018) in drei Zyklen (Abbildung 1).

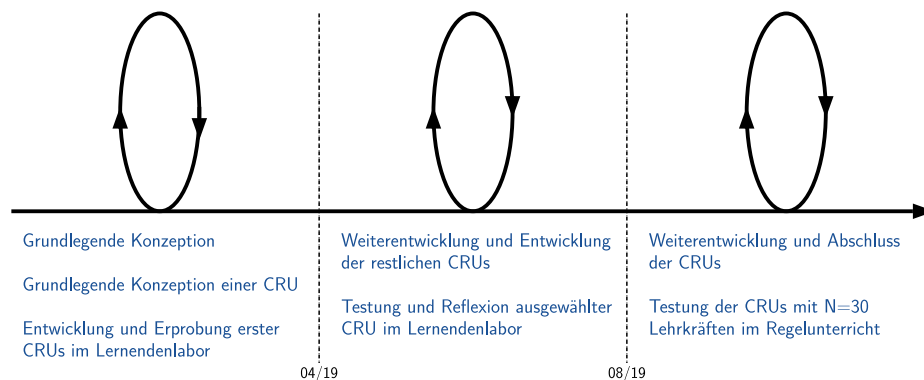


Abb. 1 Theoriegeleitete Konzipierung und iterative (Weiter-)entwicklung einer CRU zur Förderung einer vernetzten Wissensbasis in einem Design-Based Research-Ansatz

Im ersten Zyklus wurde die grundlegende Konzeption der Unterrichtseinheiten erarbeitet. Bei insgesamt zwölf Unterrichtseinheiten für die Sekundarstufe I wird je Unterrichtseinheit eine Energieform eines Sachgebiets mit einer zuvor behandelten Energieform über die Energieumwandlung vertieft (Laumann et al., 2018). Die Konzeption der CRUs folgt dem Modell des phänomenbasierten Lernens, bei dem eine übergeordnete, alltagsrelevante Fragestellung (*Driving Question*) behandelt und im Laufe einer Unterrichtseinheit anhand von Unterfragen beantwortet wird (Krajcik & Czerniak, 2014). Anhand einer Lehrplananalyse und einer Interessenumfrage unter Schülerinnen und Schülern wurden zwölf geeignete Fragestellungen für die Sekundarstufe I identifiziert (Laumann et al., 2018). Im Anschluss wurde die grundlegende Konzeption einer Unterrichtseinheit erarbeitet. Jede Unterrichtseinheit besteht aus einer Einstiegs-, einer Erarbeitungs- und einer Reflexionsphase: In der Einstiegsphase wird die übergeordnete Fragestellung in einer Problematisierungsphase hergeleitet. In der Erarbeitungsphase werden anhand von Unterfragen die relevanten Energieformen und -umwandlungen zunächst am Phänomen wiederholt, anschließend mit Bezug zu ihren Indikatoren vertieft und abschließend auf einen Aspekt des Energiekonzepts fokussiert. In der Reflexionsphase wird die Fragestellung schließlich durch die Schülerinnen und Schüler beantwortet und das Erlernte auf ein ähnliches Phänomen transferiert. Nach der theoretischen Konzipierung einer Unterrichtseinheit wurden erste Einheiten entwickelt und in einem Lernendenlabor mit Schulklassen getestet.

Im zweiten Zyklus wurden anschließend auf Grundlage der theoretischen Konzipierung und der ersten Testung die bisherigen Unterrichtseinheiten überarbeitet und weitere

Unterrichtseinheiten entwickelt. Diese wurden ebenfalls im Lernendenlabor mit Schulklassen getestet.

Im dritten Zyklus wurde schließlich die Entwicklung der zwölf Unterrichtseinheiten abgeschlossen. Diese werden ab dem Schuljahr 2019/20 mit N=30 Lehrkräften im Regelunterricht getestet und ebenfalls sukzessiv weiterentwickelt.

### Beispiel einer CRU

Um die elektrische Energie auf Grundlage der thermischen Energie im Anfangsunterricht der Sekundarstufe I zu vertiefen, wurde für eine der Unterrichtseinheiten die Fragestellung „Warum wird ein Laptop manchmal heiß?“ identifiziert. Die Erarbeitungsphase gliedert sich nach den drei Unterfragen:

- Wo wird ein Laptop heiß?
- Wann wird ein Laptop heiß?
- Wie lässt sich die Erhitzung eines Laptops verhindern?

Anhand von Experimenten im einfachen Stromkreis und der Erhitzung der stromdurchflossenen Leiter wird unter Einsatz einer Wärmebildkamera die ersten zwei Fragestellungen beantwortet. Zur Beantwortung der dritten Fragestellung werden die zuvor durchgeführten Experimente in Kombination mit einem Wärmerohr durchgeführt und auf diese Weise auf den (thermischen) Energietransport fokussiert. In der Reflexionsphase wird schließlich das Erlernte auf die Erhitzung eines Smartphones transferiert und mögliche Kühlmöglichkeiten diskutiert.

### Ausblick

Die im dritten Zyklus durchgeführte Testung der Unterrichtseinheiten mit Lehrkräften im Regelunterricht 2019/20 beinhaltet ebenfalls eine Weiterentwicklung und Evaluation. Diese erfolgen auf Grundlage der Artefakte der Schülerinnen und Schüler zur Überprüfung der Lehr- und Lernziele, Exit-Tickets nach Penuel, Frumin, Van Horne, und Jacobs (2018) zur Messung der durch die Schülerinnen und Schüler wahrgenommenen Kohärenz im Lernweg, sowie Interviews mit Schülerinnen und Schülern und Unterrichtsbeobachtungen. Zudem wird die Kompetenzentwicklung in einer quasi-experimentellen Studie durch jahrgangsspezifische Energiekompetenztests nach Neumann et al. (2013) und leitfadengestützten Interviews zur Erklärung von fünf Alltagsphänomenen nach Kubsch, Nordine, Neumann, Fortus, und Krajcik (2019) gemessen. Insbesondere sollen anhand der quasi-experimentellen Studie Erkenntnisse darüber gewonnen werden, inwiefern ein basiskonzeptorientierter Unterricht zu einer Kompetenzentwicklung beiträgt.

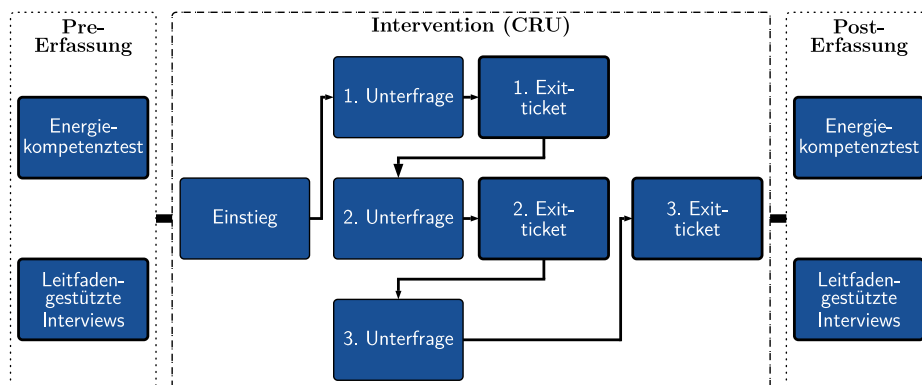


Abb. 3 Testinstrumente und Strukturierung einer Unterrichtseinheit während der Erprobung im Regelunterricht 2019/20

**Literatur**

- Anderson, J. R., & Schunn, C. D. (2000). Implications of the ACT-R learning theory: No magic bullets. *Advances in Instructional Psychology*.
- Baumert, J., Bos, W., & Watermann, R. (1998). *TIMSS/III: Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II im internationalen Vergleich: Zusammenfassung deskriptiver Ergebnisse*. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School. In *Committee on learning research and educational practice*. [https://doi.org/10.1016/0885-2014\(91\)90049-J](https://doi.org/10.1016/0885-2014(91)90049-J)
- diSessa, A. A. (2013). A bird's-eye view of the "pieces" vs. "coherence" controversy (from the "pieces" side of the fence). In *International Handbook of Research on Conceptual Change*. <https://doi.org/10.4324/9780203154472>
- Driver, R., & Warrington, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education*. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/20/4/308>
- Herrmann-Abell, C. F., & DeBoer, G. E. (2018). Investigating a learning progression for energy ideas from upper elementary through high school. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.21411>
- KMK, K. (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Bildungsabschluss. *Beschluss Vom, 16, 2004*.
- Krajcik, J. S., & Czerniak, C. M. (2014). *Teaching science in elementary and middle school: A project-based approach*. Routledge.
- Kubsch, M., Nordine, J., Neumann, K., Fortus, D., & Krajcik, J. (2019). Probing the Relation between Students' Integrated Knowledge and Knowledge-in-Use about Energy using Network Analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. <https://doi.org/10.29333/ejmste/104404>
- Laumann, D., Fischer, J., Weßnigk, S., Kerres, M., Wenderoth, D., & Neumann, K. (2018). Entwicklung basiskonzeptorientierter Unterrichtseinheiten zur Energie. *Naturwissenschaftliche Bildung Als Grundlage Für Berufliche Und Gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft Für Didaktik Der Chemie Und Physik Jahrestagung in Kiel 2018*, 815–818.
- Lee, H. S., & Liu, O. L. (2010). Assessing learning progression of energy concepts across middle school grades: The knowledge integration perspective. *Science Education*. <https://doi.org/10.1002/sce.20382>
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2018). *Conducting educational design research*. Routledge.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2008). Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Physik. Retrieved from [https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/159/gym8\\_physik.pdf](https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/159/gym8_physik.pdf)
- Neumann, K. (2017). Die Entwicklung physikalischer Kompetenz – Stand der Forschung und Desiderata. *Plus Lucis*, 2(Kompetenz Physik), 5–8.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*. <https://doi.org/10.1002/tea.21061>
- Niedersächsisches Kultusministerium. (2015). Kerncurriculum für das Gymnasium. Schuljahrgänge 5-10. Naturwissenschaften.
- NRC. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. In *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Penuel, W. R., Frumin, K., Van Horne, K., & Jacobs, J. K. (2018). A phenomenon-based assessment system for three-dimensional science standards: Why do we need it and what can it look like in practice. *Annual Meeting of the American Educational Research Association, New York, NY*.