

Der Energie-Feld-Ansatz

Entwicklung eines Unterrichtskonzeptes

Das Thema Energie ist ein zentraler Bestandteil des Schulunterrichts beider Sekundarstufen und spielt als fächerübergreifendes Konzept eine wesentliche Rolle für das Erlangen eines profunden physikalischen Verständnisses unserer Welt. Dennoch zeigen zahlreiche Studien, dass viele Schüler*innen Probleme beim Lernen über Energie haben (s. z. B. Neumann et al., 2013; Nordine et al., 2019). Um ein profunderes Verständnis des Energiekonzeptes zu ermöglichen, entwickelt der Energie-Feld-Ansatz (EFA) ein Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe II, welches das Thema Energie didaktisch rekonstruiert. Dabei werden die traditionellen Energieformen retrospektiv auf Feldenergie und Bewegungsenergie zurückgeführt. Die Realisierbarkeit des EFA wird mittels einer Interviewstudie qualitativ evaluiert und das Konzept weiterentwickelt. Bisherige Ergebnisse sind vielversprechend und zeigen die Attraktivität des Ansatzes aus der Lernendenperspektive.

Problematik und Lösungsansätze

Nach dem traditionellen (d. h. Formen-basierten) Physikunterricht fehlt einigen Schüler*innen ein profundes Verständnis von Energie und Energieerhaltung (Erhaltung einzelner Formen, Verbrauchsvorstellung, Vermeidung von Energie bei Beschreibungen, etc.; s. Driver et al., 1985; Neumann et al., 2013; Nordine et al., 2011). Ausgehend von den Problemen existieren verschiedene Vorschläge, die Energieformen auf die Energie in Feldern und Bewegungen bzw. Systemen zurückzuführen (Nordine et al., 2019; Quinn, 2014; Rückl, 1991; Swackhamer, 2005). Bislang gibt es aber noch kein einheitliches Konzept, das auch den Anforderungen der Sekundarstufe II gerecht wird.

Der Energie-Feld-Ansatz

Der EFA greift die Vorteile existierender Vorschläge auf und führt die traditionellen Energieformen auf Bewegungsenergie und Feldenergie zurück. Energie ist dann entweder in einem Feld oder in einer Bewegung „gespeichert“. Jedes Feld hat dabei eine Quelle (Ladungen, Magnete, Massen oder Quarks). Treten zwei Quellen über ihre jeweiligen Felder in Wechselwirkung miteinander, so bildet sich ein s. g. *Gesamtfeld*. Erst mit der Wechselwirkung zweier Quellen bzw. Felder kann der gesamten Konstellation und damit dem Gesamtfeld eine bestimmte Energie zugeschrieben werden, welche dann bei der Interaktion mit anderen Feldern oder Bewegungen übertragen werden kann. Betrachtet man folglich ein Phänomen aus der Perspektive des EFA, so genügt es, nach den involvierten Feldern und Bewegungen zu „suchen“. Identifiziert man die involvierten Bewegungen und Felder sowie deren Veränderung über die Änderung von Tempo bzw. Abstand der Quellen, so kann man auf die Richtung der Energieübertragung schließen.

Ein Vorteil des EFA ist, dass sich die Formulierungen zur Beschreibung von Phänomenen interdisziplinär und ebenenübergreifend (makroskopisch, mikroskopisch, atomar und nuklear) tragfähig sind. Um den Rückgriff auf das Energiekonzept bei der Beschreibung und

Analyse von Phänomenen attraktiver zu gestalten, fasst der EFA das Feld nicht nur als physikalische Entität auf, sondern schreibt diesem in Prozessen eine aktive Rolle zu. Indem beispielsweise bei attraktiven Feldern (z. B. zwei sich anziehende Magnete) über die *Tendenz* des Feldes gesprochen wird, wird das Feld selbst zum dynamischen Akteur, ohne aber dabei zu anthropomorph zu wirken. Folglich besitzt jedes Gesamtfeld entsprechend seiner Wechselwirkung eine bestimmte Tendenz, sich in eine entsprechende Richtung zu verändern. Verändert sich ein Feld dementsprechend, so gibt es Energie ab. Daraus ergibt sich die allgemeine Tendenz eines Feldes zur *Energieminimierung*, woraus sich Erklärungsmöglichkeiten für atomare und nukleare Bindungszustände herleiten.

Der EFA benennt verschiedene Felder, abhängig von ihren Quellen. So besitzt ein Magnet ein Magnetfeld, eine Ladung ein elektrisches Feld, eine Masse ein Gravitationsfeld und ein Quark ein Quarkfeld¹ (das hier auch für die Masse der Nukleonen sorgt). Elektromagnetischer Strahlung wird dabei Feldenergie des elektromagnetischen Feldes zugeschrieben, thermische Energie entspricht mikroskopischer Bewegungsenergie von Atomen bzw. Molekülen. Die Masse von Elementarteilchen wird durch die Wechselwirkung mit dem omnipräsenten Higgs-Feld beschrieben. Diese didaktischen Rekonstruktionen führen die traditionellen Energieformen auf die entsprechenden Quellen und ihre Felder zurück.

Eine detailliertere Beschreibung der Merkmale und Konzeptideen ist in Becker & Hopf (2021) zu finden. Im Folgenden werden die wesentlichen Aspekte zu Studiendesign und bisherigen Ergebnissen skizziert.

Evaluation: Studiendesign und Methode

Da es sich bei der Studie um ein Designprojekt handelt, ist die Entwicklung (Design und Re-Design nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann et al. (1997)) von einem formativen Evaluationsprozess begleitet. Dazu dient eine Interviewstudie, entsprechend der Methode der Akzeptanzbefragung nach Jung (1992). Für jede Konzeptversion wird eine Interviewrunde (Einzelinterviews) mit sechs bis acht Schüler*innen der Sekundarstufe II (10. bis 12. Jgst.) durchgeführt. Jedes Interview dauert zwischen zwei und zweieinhalb Stunden und vermittelt die wesentlichen Konzeptideen des EFA. Jedes Interview gliedert sich in eine Phase der Erklärung, Bewertung, Paraphrase und Transfer (siehe Abb. 1), wobei diese Abfolge für jede der insgesamt acht Erklärungen wiederholt wird. Auf diese Weise erhält man Erkenntnisse darüber, wie die Konzeptideen und Kontexte von Schüler*innen angenommen und angewendet werden.

Die Interviews werden nach Kuckartz (2014) qualitativ inhaltsanalytisch ausgewertet und mittels Kategorienbildung etwaige (Lern-) Schwierigkeiten sowie Benefits für jede Konzeptversion ermittelt. Diese Erkenntnisse dienen dann als Basis für die Weiterentwicklung in einem neuen Design- und Evaluationszyklus. Im Anschluss an die Evaluation durch Interviews ist eine Untersuchung im Klassensetting geplant, die hier nicht weiter beschrieben wird.

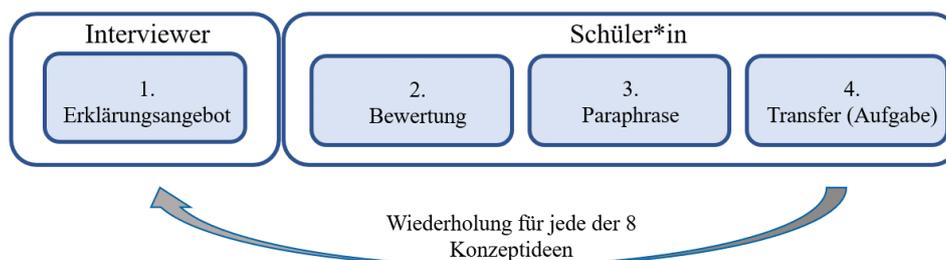


Abb. 1: Schema für die Phasen eines Interviews (Akzeptanzbefragung)

Bisherige Ergebnisse

Anhand von Aussagen der Schüler*innen und der Analyse der Interviews erweist sich das Konzept insgesamt als verständlich und nützlich für die Beschreibung von Phänomenen aus der Energieperspektive.

Dennoch traten über den Verlauf von drei aufeinander aufbauenden Versionen des Konzeptes teilweise Schwierigkeiten auf, wie beispielsweise bei der „Suche nach Feldern“. Wie bereits angedeutet, bietet der EFA den Vorteil, dass bei der Betrachtung von Prozessen aus energetischer Sicht „nur“ nach Feldern und Bewegungen „gesucht“ werden muss. Auch wenn dieses Prinzip generell angenommen und angewendet wird, so haben einige Schüler*innen dennoch Schwierigkeiten dabei, die involvierten Felder und deren Quellen zu identifizieren, wenn es sich um weniger offensichtliche Konstellationen wie z. B. Erde und Ball handelt (die Erde wird nicht immer sofort als zweite Quelle erkannt). Treten derartige Unsicherheiten auf, greifen einige Schüler*innen anstelle der Energie auf das Kraftkonzept zurück. Gibt man ihnen allerdings genug Hinweise oder eine Hilfestellung bei der Suche (z. B. „Denke daran, dass es bei einem Feld mit Energie immer zwei Quellen gibt.“), so wird fast ausschließlich auf die vorgestellten Konzeptideen des EFA zurückgegriffen. Ein anderes Problem, das vereinzelt auftritt und mit angemessenen Hinweisen abgedämpft werden kann, ist die Verwechslung von Bewegungs- und Feldenergie bei thermischer und Strahlungsenergie. So wird stellenweise die thermische Energie der Feldenergie der Luft bzw. ihrer Atome anstatt derer Bewegung zugeschrieben und die elektromagnetische Strahlung wird teils fälschlicherweise mit Bewegungsenergie („da sie sich von Ort zu Ort ausbreitet“) statt der Energie des elektromagnetischen Feldes verknüpft.

Positiv fällt auf, dass das Konzept des Gesamtfeldes als Überlagerung und Energieträger der Konstellation von Quellen akzeptiert und in Aufgaben angewandt wird. Insbesondere wenn das Gesamtfeld (auch sprachlich) als Akteur mit bestimmter Tendenz in Prozessen aufgefasst wird, folgen die Argumentationen meist problemlos den Erwartungen. Insgesamt wird der Ansatz als „nützlich“ bzw. „hilfreich“ und als „besser verständlich“ im Vergleich zum aus der Schule bekannten Unterricht eingeschätzt. Nicht selten wird geäußert, dass man die Mechanismen nun endlich verstehe, was als Reaktion auf die positiv empfundene Auflösung der Blackboxes aufgefasst werden kann. Letztlich greifen die meisten Schüler*innen angemessen auf die Ideen des EFA zurück und können diese bei ihren Beschreibungen verwenden.

Zusammenfassung

Der Energie-Feld-Ansatz nutzt Vorteile bereits existierender Vorschläge für ein neues Unterrichtskonzept zur Energie der Sekundarstufe II und implementiert neu entwickelte Konzeptideen in Interviews (Akzeptanzbefragungen). Diese werden formativ evaluiert und das Konzept so zyklisch weiterentwickelt. Die bisherigen Erkenntnisse sind vielversprechend und lassen auf eine Realisierbarkeit des Ansatzes für den Energieunterricht schließen. Die Berücksichtigung einzelner Probleme und Vorteile des EFA führt zu einem ersten Konzept, das qualitativ in einer Studie im Klassensetting weiter evaluiert wird.

Literatur

- Becker, M., & Hopf, M. (2021). Der Energie-Feld-Ansatz: Design-Forschung zur Entwicklung und Evaluation eines Unterrichtskonzeptes für den Energieunterricht der Oberstufe. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1*.
- Nordine, J. C., Fortus, D., Krajcik, J. S., Neu-mann, K., & Lehavi, Y. (2019): Modelling en-ergy transfers between systems to support ener-gy knowledge in use. In: *Studies in Science Ed-ucation*, 54(2), S. 177–206
- Driver, R., & Warrington, L. (1985): Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. In: *Physics Education*, 20, S. 171–176.
- Jung, W. (1992): Probing acceptance, a tech-nique for investigating learning difficulties. In: *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. Kiel: IPN, S. 278-295.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., Komorek, M. (1997): Das Modell der Didakti-schen Rekonstruktion - Ein Rahmen für natur-wissenschaftsdidaktische Forschung und Ent-wicklung. In: *Zeitschrift für Didaktik der Na-turwissenschaften* 3 (3), S. 3–18
- Kuckartz, U. (2014): *Qualitative text analysis. A guide to methods, practice & using software*. Los Angeles: SAGE
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013): Towards a learning pro-gression of energy. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), S. 162–188
- Nordine, J. C., Krajcik, J. S., & Fortus, D. (2011): Transforming energy instruction in middle school to support integrated understand-ing and future learning. In: *Science Education*, 95(4), S. 670–699
- Nordine, J. C., Fortus, D., Krajcik, J. S., Neu-mann, K., & Lehavi, Y. (2019): Modelling en-ergy transfers between systems to support ener-gy knowledge in use. In: *Studies in Science Ed-ucation*, 54(2), S. 177–206
- Quinn, H. (2014). A physicist's musings on teaching about energy. In: R.F. Chen, A. Ei-senkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine, & A. Scheff (Hrsg.): *Teaching and learning of energy in K-12 education*, New York, NY: Springer, S. 15–36
- Rückl, E. (1991): *Feldenergie: ein neues didak-tisches Konzept*. BI-Wiss.-Verlag.
- Swackhamer, G. (2005): *Cognitive resources for understanding energy*. Url: <http://modeling.asu.edu/modeling/CognitiveResources-Energy.pdf>, Stand: 10/2021