

## Energietransferdiagramme als kognitive Unterstützung in der Mittelstufe

Energie ist ein für die Naturwissenschaften und insbesondere für die Physik extrem wichtiges und nützliches Konzept um Phänomene zu erklären und Vorhersagen zu treffen. Die Entdeckung des Neutrinos ist zum Beispiel auf die Anwendung des Energiekonzepts zurückzuführen. Mit einer scheinbaren Verletzung der Energieerhaltung beim Beta-Zerfall konfrontierte, postulierte Wolfgang Pauli 1930 das Neutrino als ein System, das die scheinbar fehlende Energie aufnimmt. Die Suche nach diesem Partikel war dann schließlich 1956 erfolgreich. In der Schule wird die Bedeutung der Energie u.a. dadurch wiedergespiegelt, dass Energie ein Basiskonzept in den Bildungsstandards (Bildungsstandards Physik-Mittlerer Schulabschluss, 2004) und Fachanforderungen (Fachanforderungen Naturwissenschaften, 2014) ist. Basiskonzepte dienen dazu, Schülerinnen und Schülern (SuS) verschiedene Perspektiven zu bieten um sich Phänomene zu erschließen und zu erklären (Götzmann, 2015; Bildungsstandards Physik-Mittlerer Schulabschluss, 2004). Allerdings zeigt die Forschung, dass SuS das Energiekonzept nur selten anwenden (Driver & Warrington, 1985) und es generell für die SuS ein schwieriges Konzept ist (Duit, 2014). Folglich ergibt sich die Frage, wie man SuS dabei helfen kann, das Energiekonzept erfolgreich anzuwenden. Im Folgenden zeigen wir eine Möglichkeit auf wie ein *cognitive tool* (Salomon et al., 1991) in der Form von Energietransferdiagrammen (ETD) dazu beitragen kann.

### Energietransferdiagramme

Energietransferdiagramme wurden im Rahmen der Erarbeitung eines System-Transfer-Curriculums entwickelt<sup>1</sup>. In einem solchen Curriculum lernen SuS:

- Interagierende Systeme zu bestimmen,
- die dabei in den Systemen ablaufenden beobachtbaren Prozesse zu bestimmen
- und Energietransfers zwischen interagierenden Systemen zu identifizieren.

Diese drei Schritte sind im System-Transfer-Curriculum (STC) das zentrale Schema, um mit Hilfe von Energie Phänomene zu erklären und Vorhersagen zu treffen. Dieses Schema findet sich im ETD wieder. Dies zeigt folgendes Beispiel – der Stoß einer Billiardkugel mit einer zweiten, ruhenden Billiardkugel (Abb. 1): Kugel 1 stößt mit der zuerst ruhenden Kugel 2. Kugel 1 und Kugel 2 sind die beiden interagierenden Systeme, dargestellt durch Rechtecke.

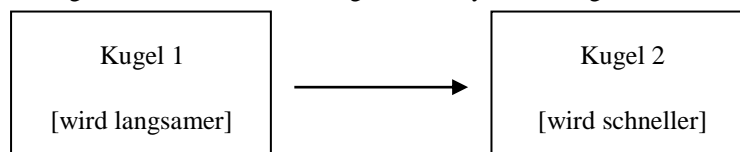


Abb. 1: ETD für zwei stoßende Billiardkugeln

Kugel 1 wird in Folge der Kollision langsamer werden, während Kugel 2 beschleunigt wird. Die in den Systemen ablaufenden beobachtbaren Prozesse sind also „langsamer werden“ für Kugel 1 und „schneller werden“ für Kugel 2, jeweils dargestellt in eckigen Klammern. Es resultiert ein Energietransfer von Kugel 1 zu Kugel 2, der durch einen Pfeil vom System Kugel 1 zum System Kugel 2 dargestellt wird. Andere häufig verwendete Repräsentationen wie z.B. Balkendiagramme, Sankeydiagramme oder auch *Energy Cubes* (Scherr et

<sup>1</sup> Die Erprobung und Implementation des Curriculums findet im Rahmen eines internationalen Kooperationsprojekts in den USA statt. Deshalb finden sich im folgenden englische Begriffe.

al., 2012) sind für ein STC nicht geeignet, da sie entweder nicht Prozessorientiert sind, die beobachtbaren Prozesse nicht darstellen, oder Energieformen darstellen.

### Forschungsdesign

Im Rahmen einer Interviewstudie mit N=30 SuS, die allen den gleichen Unterricht bei derselben Lehrerin erfahren haben, sollte nun untersucht werden in wie weit SuS die System-Transfer Perspektive nutzen können um Phänomene zu erklären und wie ihnen das konstruieren von ETDs als *cognitive tool* dabei hilft. Dazu wurden allen SuS zwei Szenarien in Form von kurzen Videos gezeigt. In Szenario I rollt ein Golfball über Asphalt, trifft auf einen kleinen Sandhaufen und stoppt. In Szenario II wird ein Basketball fallen gelassen.

	Group	
	ETD, N=15	EXPLANATION, N=15
Prompt	How could you draw an energy transfer diagram to explain how the ... moved?	How could you use energy transfers to explain how the ... moved?

Tab. 1: Gruppen und Prompts

Jeweils nach Präsentation des Szenarios wurden die SuS aufgefordert die Bewegung des Golfballs bzw. Basketballs mit Hilfe von Energietransfers zu erklären. Die Hälfte der SuS wurde dabei explizit aufgefordert ETDs zu nutzen (Tab. 1). Zum Zeitpunkt der Interviewstudie hatten die SuS einfache Stöße zwischen festen Körpern (z.B. Billiardkugeln) bereits behandelt. In Szenario I ist allerdings der Prozess, der im System Sandhaufen abläuft, nicht sichtbar. Zur vollständigen Erklärung von Szenario I müssen die SuS also diesen Prozess vorhersagen, was sie vor eine neue Herausforderung stellt. In Szenario II gibt es für die SuS auch eine neue Herausforderung. Die SuS haben zum Zeitpunkt der Studie zwar bereits Magnetismus und magnetische Felder behandelt, Gravitation jedoch noch nicht. Auch hier müssen die SuS also einen kognitiven Transfer vornehmen und das System Gravitation vorhersagen. Die SuS wurden dazu aufgefordert die Bewegung der Objekte zu erklären, da im System-Transfer Ansatz eine Vollständige Erklärung wie o.g. beinhaltet die Systeme, die in ihnen ablaufenden Prozesse sowie die Richtung des Energietransfers zwischen den Systemen zu bestimmen. Genau diese Elemente finden sich auch in einem vollständigen ETD wieder. Dadurch sind ETD und Erklärung vergleichbar.

### Auswertung und Ergebnisse

Basierend auf Mayring (2014) wurde eine deduktive qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt und Credits vergeben um die Vollständigkeit der Erklärungen zu bewerten. Anschließend wurde eine induktive qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2014) durchgeführt um herauszufinden, wie das konstruieren der ETD wirkt. In Abb. 2 ist ein Beispiel für eine Full Credit



Interviewer: What does the arrow represent?

Student: The arrow is actually the energy transfer [...] and the boxes are the systems.

Abb. 2: Full Credit Lösung von Szenario I

Lösung einer Schülerin für Szenario I gezeigt. Die Systeme und in ihnen ablaufenden Prozesse sind korrekt identifiziert und die Richtung des Energietransfers wird korrekt dargestellt. Abb. 3 und 4 zeigen die Ergebnisse der deduktiven Analysen für Szenario I und II. Insgesamt zeigt sich, dass beide Gruppen in beiden Szenarien relativ erfolgreich sind, gerade wenn man die Komponente des kognitiven Transfers in den Szenarien bedenkt. Auffällig ist allerdings, dass die ETD Gruppe mit Ausnahme des Process: Gravity Scores immer erfolgreicher ist als die EXPL Gruppe. Als Ergebnis der induktiven Analyse konnte u.a. das The-

ma des „produktiven Nutzens“ der System-Transfer Perspektive identifiziert werden. In Szenario I zeigt sich dies darin, dass ein Viertel aller SuS über den Prozess oder das System „Gravel“ nachdenken (*Student: I don't really know what to put for the process, for the gravel, because it's not moving or anything.*) Allerdings sind hiervon 58% in der ETD Gruppe und 42% in der EXPL Gruppe. Derselbe Trend ist in Szenario II erkennbar, wo die SuS über den Prozess oder das System „Gravity“ nachdenken. (*Student: Let me think. So, this might be the ball. Interviewer: Okay. Student: I wanna say this is gravity, but it can't be 'cause it's gotta be a physical thing.*) Dort ließ sich das produktive Nutzen der System-Transfer Perspektive auch bei einem Viertel der SuS finden. Hier fällt der Gruppenunterschied allerdings extremer aus: 77% der SuS bei denen der produktive Nutzen identifiziert wurde sind in der ETD Gruppe und 23% in der EXPL Gruppe.

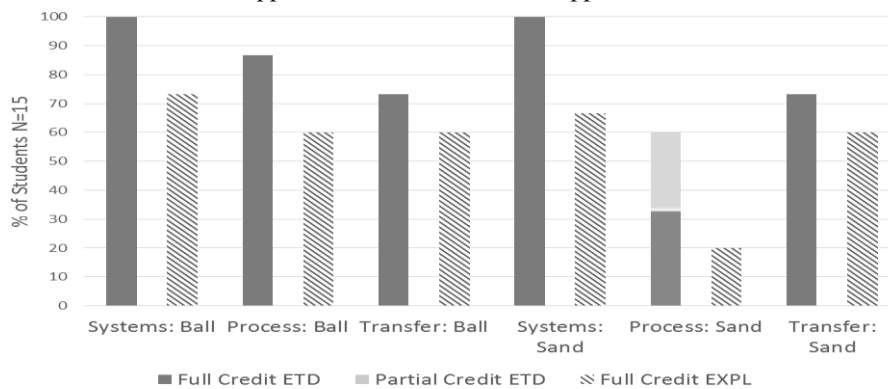


Abb. 3: Ergebnisse für Szenario I

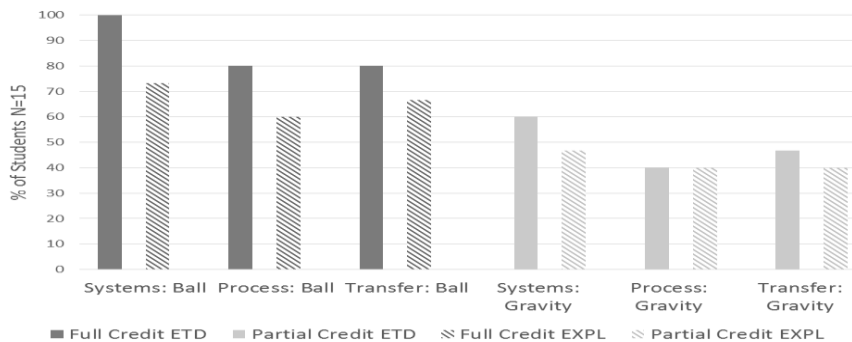


Abb. 4: Ergebnisse für Szenario II

### Zusammenfassung

Insgesamt lässt sich sagen, dass die SuS in der Lage waren die System-Transfer Perspektive erfolgreich anzuwenden, um neue Phänomene mit Hilfe von Energie zu erklären. Die SuS, die ein ETD konstruiert haben, waren erfolgreicher darin die System-Transfer Perspektive anzuwenden um Systeme, Prozesse und Energietransfers zu identifizieren und waren auch eher in der Lage die System-Transfer Perspektive produktiv einzusetzen um z.B. Prozesse vorherzusagen. Blickt man zurück auf die eingangs gestellte Frage, wie man SuS dabei unterstützen kann das Basiskonzept Energie produktiv, also zum Erklären und Vorhersagen, anzuwenden, lautet die Antwort folglich das das Verwenden eines *cognitive tool* wie z.B. dem ETD eine Möglichkeit ist.

**Literatur**

- Driver, R., & Warrington, L. (1985). Students' Use of the Principle of Energy Conservation in Problem Situations. *Physics Education*, 20(4), 171–176.
- Duit, R. (2014). *Teaching and Learning the Physics Energy Concept*: Springer International Publishing.
- Götzmann, A. (2015). Bildungsstandards und Kompetenzmodelle. In A. Götzmann (Ed.), *Entwicklung politischen Wissens in der Grundschule* (pp. 91–128). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Bildungsstandards Physik-Mittlerer Schulabschluss, KMK 2004.
- Mayring, P. (2014). *Qualitative Content Analysis: Theoretical Foundation, Basic Procedures and Software Solution*: Beltz.
- Fachanforderungen Naturwissenschaften, Ministerium für Schule und Berufsbildung des Landes Schleswig-Holstein 2014.
- Salomon, G., Perkins, D. N., & Globerson, T. (1991). Partners in Cognition: Extending Human Intelligence with Intelligent Technologies. *Educational Researcher*, 20(3), 2–9
- Scherr, R. E., Close, H. G., Close, E. W., & Vokos, S. (2012). Representing energy. II. Energy tracking representations. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, 8(2)