

Dennis Dietz<sup>1</sup>  
Claus Bolte<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Freie Universität Berlin

## Vernetztes Lernen – aufgezeigt am Beispiel des Energiekonzepts

### Ausgangspunkt und Theorie

Die Bedeutung vernetzten Lernens ist sowohl aus lerntheoretischer (u.a. Gagné, 1970; Ausubel, 1974) als auch aus bildungspolitischer Perspektive (u.a. KMK, 2005) hinlänglich bekannt. Obwohl das Energiekonzept das Potenzial hat, inhaltliche Domänen nicht nur innerhalb eines Unterrichtsfachs (u.a. Duit, 1986), sondern auch zwischen verschiedenen Unterrichtsfächern miteinander zu verknüpfen (Eisenkraft et al., 2014), wird angenommen, dass Schüler\*innen das Energiekonzept im herkömmlichen – fächerdifferenzierten – naturwissenschaftlichen Unterricht nur wenig vernetzt erlernen (u.a. Eisenkraft et al., 2014; Lancor, 2014). Eine mögliche Lösung für ein stärker vernetztes Erlernen des Energiekonzepts stellt aus lerntheoretischer Sicht der integrierte naturwissenschaftliche Unterricht dar (Labudde, 2014). Im Rahmen einer ersten Fallstudie konnten wir positive Effekte eines integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Doppeljahrgangsstufe 7/8 auf die vertikalen (fachimmanenten) und horizontalen (fächerübergreifenden) Vernetzungsleistungen von Schüler\*innen sowie auf die fachlich korrekte Verknüpfung von Begriffselementen des Energiekonzepts nachweisen (Dietz & Bolte, 2022a). Mit dieser zweiten Fallstudie wollen wir nun herausfinden, inwieweit sich diese Befunde bestätigen lassen, wenn ein zweiter Jahrgang nach unserem eigens entwickelten integrierten naturwissenschaftlichen Curriculum (Dietz, in Arbeit) unterrichtet wird. Dabei gehen wir der folgenden Forschungsfragestellung nach:

*Inwiefern unterscheiden sich die Vernetzungsleistungen von Schüler\*innen eines zweiten Jahrgangs, der in der Doppeljahrgangsstufe 7/8 integriert naturwissenschaftlich unterrichtet wurde, in Bezug auf die Verknüpfung begrifflicher Elemente des Energiekonzepts, von denen der beiden vorab untersuchten Jahrgangskohorten, die in der Doppeljahrgangsstufe 7/8 entweder (a) fächerdifferenzierten oder (b) integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht erhalten hatten.*

### Design und Methode

Um unsere Forschungsfrage beantworten zu können, haben wir ein Berliner Gymnasium bei der Umstellung von einem klassischen fächerdifferenzierten zu einem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht in den Jahrgangsstufen 7 und 8 wissenschaftlich begleitet (Dietz & Bolte, 2022a). Auf diese Weise war es uns möglich, den letzten Jahrgang, der in den Schuljahren 2017/18 und 2018/19 fächerdifferenziert unterrichtet wurde (Kontrollgruppe, KG), sowie die ersten beiden Jahrgänge, die in den Schuljahren 2018/19 und 2019/20 (Interventionsgruppe 1, IG-I) bzw. in den Schuljahren 2019/20 und 2020/21 (Interventionsgruppe 2, IG-II) integriert naturwissenschaftlich unterrichtet wurden, zum Energiekonzept zu befragen. Zur Untersuchung der Vernetzungsleistungen haben wir die Schüler\*innen jeder Teilstichprobe gebeten, zu Beginn der 9. Jahrgangsstufe während einer Deutschunterrichtsstunde ein Essay zum Energiekonzept zu verfassen. Um die Schüler\*innen beim Schreiben der Essays zu unterstützen, wurden ihnen 26 rahmenlehrplanrelevante und von Lehrer\*innen als besonders wichtig eingeschätzte Begriffselemente des Energiebegriffs

zur Verfügung gestellt (Dietz & Bolte, 2021; 2022a;b). Die Essays wurden mit Hilfe des von uns entwickelten MAVerBE (Modell zur Analyse der Vernetzung von Begriffselementen) analysiert (Dietz & Bolte, 2021; 2022a;b). Für den statistischen Vergleich der Mittelwerte wurden t-Test-Analysen für unabhängige Stichproben durchgeführt (Eid et al., 2011).

### Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

Zu Beginn des Schuljahres 2021/22 haben wir die Schüler\*innen der IG-II (s.o.) Essays zum Energiekonzept verfassen lassen. Bemerkenswert ist, dass im Gegensatz zu den beiden vorherigen Jahrgangskohorten der Unterricht der IG-II stark von der SARS-CoV-2-Pandemie beeinflusst wurde. Die Schüler\*innen der IG-II haben trotz der schwierigen Lernbedingungen nennenswert lange Essays zum Energiekonzept verfasst. Dabei haben sie im Mittel knapp 20 verschiedene Begriffselemente des Energiebegriffs genutzt und miteinander verknüpft (s. Tab. 1). Durchschnittlich liegen den Essays der IG-II knapp 17 Analyseeinheiten zugrunde; das sind statisch betrachtet signifikant mehr als in der KG. Die Schüler\*innen der IG-II schreiben im Vergleich zur KG signifikant längere Essays und nutzen dabei deutlich mehr unterschiedliche Begriffselemente (s. Tab. 1). Alle ermittelten Mittelwerte für die IG-II sind jedoch durchgängig signifikant kleiner als die der IG-I.

Tab. 1 Deskriptiv-statistische Ergebnisse (Vergleiche KG - IG-I bzw. KG - IG-II;

	Kontrollgruppe (KG)	Interventionsgruppe 1 (IG-I)	Interventionsgruppe 2 (IG-II)
Essays	132	141	137
Wörter pro Essay	126 ± 75	173 ± 73***	144 ± 69**
versch. Begriffselemente/Essay	15,3 ± 8,2	21,5 ± 6,3***	19,8 ± 7,3***
Analyseeinheiten/Essay	14,3 ± 7,4	19,3 ± 6,3***	16,8 ± 6,8**

\*\*\*p < 0,001, \*\*p < 0,01)

Die bereits im ersten Interventionsdurchgang nachzuweisenden positiven Effekte des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts in Bezug auf die Strukturierungsdimensionen „vertikales Vernetzungsniveau“ und „fachliche Richtigkeit“ (Dietz & Bolte, 2022a, S. 326) zeigen sich im Großen und Ganzen auch in den Ergebnissen der IG-II (ohne Abb.). Die Schüler\*innen der IG-II formulieren wie auch die Schüler\*innen der IG-I auf den ersten drei vertikalen Vernetzungsniveaus (Kategorien „wissenschaftlicher Fakt“, „Zusammenhang ohne Begründung“ und „verbundener Zusammenhang“) signifikant mehr explizit richtige Aussagen als die Schüler\*innen der KG. Wie auch die Schüler\*innen der anderen beiden Kohorten notieren die Schüler\*innen der IG-II nur äußerst selten Aussagenbündel, die dem höchsten vertikalen Vernetzungsniveau (d.h. der Kategorie „multiperspektivische Verallgemeinerung“) zuzuordnen sind. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen der IG-II und der KG auf dem höchsten vertikalen Vernetzungsniveau sind (im Gegensatz zum Vergleich von IG-I und KG im Vorjahr) nicht mehr zu beobachten (ohne Abb.).

In der Tabelle 2 sind Ergebnisse in Bezug auf die Strukturierungsdimension „horizontale Vernetzung“ für ausgewählte Kategorienkombinationen dargestellt. Die Auswahl konzentriert sich auf Kookkurrenzen, die in besonderem Maße als fächerübergreifend anzusehen sind, da die miteinander verknüpften Begriffselemente laut den Rahmenlehrplänen der Bundesländer

Berlin und Brandenburg eigentlich ausschließlich in unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Fächern zu unterrichten wären (SenBJF & MBS, 2017a-c).

Tab. 2 Mittlere Anzahl an Kookkurrenzen pro Essay für ausgewählte Kategorienkombinationen. In Klammern: Mittlere Anzahl der als fachlich explizit und implizit richtig beurteilten Kookkurrenzen pro Essay (B = Biologie, C = Chemie, P = Physik, usw. Vergleiche KG - IG-I bzw. KG - IG-II)

	Kontrollgruppe (KG)	Interventionsgruppe 1 (IG-I)	Interventionsgruppe 2 (IG-II)
B-C	0,4 (0,3)	2,0*** (1,5***)	2,1*** (1,7***)
B-P	0,3 (0,2)	0,6* (0,4)	0,6* (0,5*)
C-P	0,2 (0,1)	0,6*** (0,4)	0,4 (0,4*)
B-CP	0,5 (0,3)	1,4*** (1,1***)	1,3*** (1,0***)
C-BP	0,2 (0,1)	0,5** (0,4**)	0,4 (0,3**)
P-BC	0,0 (0,0)	0,1 (0,0)	0,0 (0,0)
Σ	1,6 (1,1)	5,2*** (3,8***)	4,9*** (3,9***)

\*\*\*p < 0,001, \*\*p < 0,01, \*p < 0,05)

Die Schüler\*innen der IG-II verknüpfen im Mittel 4,9-mal Begriffselemente in den Essays in einer besonders fächerübergreifenden Art und Weise (s. Tab. 2). Diese fächerübergreifenden begrifflichen Verknüpfungsstrukturen weisen mit knapp 80 % eine hohe fachliche Richtigkeit auf. Besonders häufig sind fächerübergreifende Vernetzungen von „biologischen“ Begriffselementen zu beobachten (s. B-C und B-CP in Tab. 2).

Bis auf eine Ausnahme sind in allen hier in Tabelle 2 aufgelisteten Kategorienkombinationen in den Essays der IG-II mehr horizontale Vernetzungen von Begriffselementen zu finden als in der KG (s. Tab. 2). Mit Blick auf die fachlich richtigen Verknüpfungen sind diese Unterschiede zwischen IG-II und KG auch statistisch signifikant. Die wenigen Kookkurrenzen pro Essay in der Kategorienkombination „P-BC“ sind damit zu erklären, dass nur sehr wenige Begriffselemente überhaupt sowohl im Biologie- als auch Chemierahmenlehrplan konkret benannt sind (SenBJF & MBS, 2017a;b). Zwischen den Ergebnissen beider IG (IG-I und IG-II) sind keine statistisch signifikanten Unterschiede zu beobachten.

### Zusammenfassung und Ausblick

In unserer ersten vergleichenden Fallstudie konnten wir bereits positive Effekte des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts auf die vertikalen und horizontalen Vernetzungsleistungen der Schüler\*innen innerhalb des Energiekonzepts nachweisen (Dietz & Bolte, 2022a). Trotz der schwierigen durch die SARS-CoV-2-Pandemie verursachten Lernbedingungen für die Schüler\*innen sind die positiven Befunde aus der ersten Studie auch in einer zweiten Fallstudie nachzuweisen. In folgenden Studien sollte u.E. der Einfluss des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts auf die Vernetzungsleistungen von Schüler\*innen in Bezug auf andere Basiskonzepte, bspw. dem System-Konzept, untersucht werden, um den lerntheoretisch begründeten und hier in ersten Fallstudien rekonstruierbaren positiven Zusammenhang zwischen integriertem naturwissenschaftlichem Unterricht und vernetztem Lernen empirisch weitergehend zu prüfen. Selbstverständlich wäre es mindestens ebenso gewinnbringend, wenn die Untersuchung der Vernetzungsleistungen von

Schüler\*innen in Bezug auf das Energiekonzept nicht nur wie bisher auf einzelnen Fallstudien beruhen würde, sondern auf eine breitere empirische Basis gestellt werden könnte.

### Literatur

- Ausubel, D. P. (1974). *Psychologie des Unterrichts*. Band 1. Weinheim: Beltz.
- Dietz, D. (in Arbeit). Vernetztes Lernen im fächerdifferenzierten und integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht aufgezeigt am Basiskonzept Energie - Eine Studie zur Analyse der Wirksamkeit der Konzeption und Implementation eines schulinternen Curriculums für das Unterrichtsfach „Integrierte Naturwissenschaften 7/8“- Dissertation.
- Dietz, D. & Bolte, C. (2021). Mehrdimensionale Analyse zur Vernetzung von Begriffselementen des Basiskonzepts Energie. In: V. Nordmeier & H. Grötzebach (Hrsg.), *Phydid B: Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Digitale Frühjahrstagung 2021* (S. 233-241), Berlin: DPG.
- Dietz, D. & Bolte, C. (2022a). Vernetztes Lernen im (Integrierten) Naturwissenschaftlichen Unterricht. In: S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen* (S. 324-327). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, virtuelle Jahrestagung 2021. Universität Duisburg-Essen.
- Dietz, D. & Bolte, C. (2022b). Multidimensional Analysis of Knowledge-Linking within the Concept of Energy in Student Essays. *NorDiNa*, im Druck.
- Duit, R. (1986). *Der Energiebegriff im Physikunterricht*. Habilitationsschrift. Universität Kiel.
- Eid, M., Gollwitzer, M. & Schmitt, M. (2011). *Statistik und Forschungsmethoden*. 2. korr. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz.
- Eisenkraft A., Nordine, J., Chen, R., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K. & Scheff, A. (2014) Introduction: Why Focus on Energy Instruction? In: R. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine & A. Scheff (alle Hrsg.) *Teaching and Learning of Energy in K – 12 Education* (S. 1-11). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1_1)
- Gagné, R. M. (1970). *Die Bedingungen des menschlichen Lernens*. 2. Auflage. Hannover: Schroedel.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2005). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz. Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung*. München, Neuwied: Luchterhand. Verfügbar unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschlu-esse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Konzeption-Entwicklung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschlu-esse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Konzeption-Entwicklung.pdf)
- Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten. *ZfDN*, 20, 11-19. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0001-9>
- Lancor, R. A. (2014). Using student-generated analogies to investigate conceptions of energy: A multidisciplinary study. *International Journal of Science Education*, 36(1), 1-23. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2012.714512>
- SenBJF & MBJS: Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin & Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Brandenburg (2017a). *Rahmenlehrplan Teil C Biologie, Jahrgangsstufen 7-10*. [https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche\\_Fassung/Teil\\_C\\_Biologie\\_2015\\_11\\_10\\_WEB.pdf](https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Biologie_2015_11_10_WEB.pdf)
- SenBJF & MBJS: Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin & Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Brandenburg (2017b). *Rahmenlehrplan Teil C Chemie, Jahrgangsstufen 7-10*. [https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche\\_Fassung/Teil\\_C\\_Chemie\\_2015\\_11\\_10\\_WEB.pdf](https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Chemie_2015_11_10_WEB.pdf)
- SenBJF & MBJS: Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin & Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Brandenburg (2017c). *Rahmenlehrplan Teil C Physik, Jahrgangsstufen 7-10*. [https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche\\_Fassung/Teil\\_C\\_Physik\\_2015\\_11\\_16\\_web.pdf](https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Physik_2015_11_16_web.pdf)