

Studienkonzeption zu Zielkonflikten bei Windenergieanlagen in der BNE

Die Nutzung von Windenergie gilt als essenziell für eine nachhaltige Entwicklung. Allerdings belasten Windenergieanlagen die Umwelt auch, da der Bedarf an Rohstoffen hoch und deren Gewinnung und Aufbereitung umweltschädlich und energieintensiv ist. Dies führt zu einem Zielkonflikt und erfordert daher eine differenzierte Abwägung. Für die Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) ergibt sich daraus die Notwendigkeit, neben der Vermittlung von Fachwissen zu Rohstoffen, die Bewertungskompetenz von Schüler*innen zu fördern. Unsere Forschung zielt darauf ab, BNE-Diskurse zu Windenergieanlagen um Perspektiven auf Rohstoffe sowie darauf bezogene Bewertungsprozesse zu erweitern. Die Interdependenz von Kognitionen und Emotionen ist dabei von besonderer Relevanz. Im Rahmen von zwei Interventionsstudien werden Emotionen, Einstellungen, Entscheidungen und Bewertungen in Bezug auf den Zielkonflikt erfasst.

Zielkonflikte bei Windenergieanlagen

Im SDG 7.2 wird der Ausbau erneuerbarer Energieanlagen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen gefordert. Dies konstituiert einen Konflikt mit Nachhaltigkeitsbestrebungen, die im SDG 15 zusammengefasst wurden, da Ökobilanzen belegen, dass Windenergieanlagen durch ihren Rohstoffbedarf und den damit verbundenen Aufbereitungsprozessen die Umwelt auch belasten (Xu et al., 2018). Folglich erfordert dieser Zielkonflikt eine Abwägung. Diese Abwägung kann zu Handlungsvariationen auf drei Ebenen führen: dem Endprodukt der Energieanlage (Atilgan & Azapagic, 2016), den Rohstoffen der Energieanlage (Schreiber et al., 2019) und den Aufbereitungsprozessen der Rohstoffe (Li et al., 2019). Sie gehen jeweils mit unterschiedlichen Umweltbelastungen einher.

Didaktische Implikationen in Bezug auf BNE-Zielkonflikte

Zielkonflikte mit Bezug zu Rohstoffen werden in den Medien zunehmend transparent gemacht, u.a. wiederholt anhand der Seltenerdelemente für erneuerbare Energieanlagen (vgl. Weidmann, 2024). BNE hat den Anspruch, Schüler*innen dabei zu begleiten, Kompetenzen zu entwickeln, um trotz Zielkonflikten eine nachhaltige Entwicklung mitgestalten zu können (KMK, 2024).

Die Befragung von Hübner (2020) hat gezeigt, dass Schüler*innen zu einer undifferenzierten Unterscheidung von erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieanlagen als *sauber* und *dreckig* neigen. Ziel einer Auseinandersetzung mit dem Zielkonflikt innerhalb der BNE ist eine differenziertere Bewertung. Das WAAGE^R-Modell fokussiert hinsichtlich der Förderung der Bewertungskompetenz eine prozessorientierte Perspektive und unterteilt das Bewerten in die Schritte Wahrnehmen, Analysieren, Argumentieren, Gewichten, Entscheiden und Reflektieren (Langlet et al., 2022). Die reflektierte Wahrnehmung, welche die Basis für einen differenzierten Bewertungsprozess bildet, ist dabei höchst bedeutungsvoll. Denn im Kontext des Klimawandels kann das Wahrnehmen mit Emotionen wie Hoffnungslosigkeit und Hilflosigkeit verbunden sein (Hickman et al., 2021). Diese Emotionen können den Lernerfolg

hemmen (Pekrun, 2007). Zudem stünde dies konträr zu den zuvor angeführten BNE-Zielen wie der Partizipation Jugendlicher an gesellschaftlichen Entscheidungen. Deshalb wird empfohlen, neben kognitiven auch emotionale Aspekte zu berücksichtigen. Einen Zugang bietet das Konzept der konstruktiven Hoffnung im Rahmen der emotionssensiblen BNE (Grund & Brock, 2019). Dieses wird u.a. in lösungsorientierten Unterrichtsansätzen entlang der Nachhaltigkeitsstrategien Suffizienz, Effizienz und Konsistenz umgesetzt (Applis et al., 2022).

Forschungsfragen

Unter Berücksichtigung der dargelegten Prämissen ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:

Wie nehmen Schüler*innen inhaltliche Variationen der Zielkonfliktdarstellung bei Windenergieanlagen wahr?

- Welche Darstellungen möchten sie vertiefen?
- Welche Emotionen treten bei der Konfrontation auf?
- Welche daraus resultierenden methodischen Schlussfolgerungen unterstützen die Optimierung von BNE-Lernprozessen?

Welche Informationen sind für Schüler*innen in ihrem Bewertungsprozess der Zielkonflikte bezüglich Windenergieanlagen relevant?

- Welche Kriterien sind für sie wichtig?
- Wie verändert sich ihre Bewertung?
- Warum verändert sich ihre Bewertung (nicht)?

Methodisches Vorgehen

Die Interventionsstudien werden im Mixed-Methods-Design umgesetzt. Die erste Studie fokussiert die Forschungsfragen zur Wahrnehmung des Zielkonflikts. Die zweite Studie untersucht das Gewichten, Entscheiden und Reflektieren im Bewertungsprozess. Die Themen der Interventionen erstrecken sich in beiden Studien über die oben aufgeführten Ebenen der Energieanlagen, Rohstoffe und Aufbereitungsprozesse sowie Lösungsansätze entlang der Nachhaltigkeitsstrategien (s. Tabelle 1). Auf Ebene der Energieanlagen werden Windenergie- und Erdgasanlagen kontrastiert. In Bezug auf die Rohstoffe wird die Verwendung von Seltenerdelementen gegen höhere Anteile an Kupfer und Eisen im Generator einer Energieanlage abgewogen. Hinsichtlich der Aufbereitungsprozesse wird die pyrometallurgische Aufbereitung mit Hitze (hoher Energieaufwand) der hydrometallurgischen Aufbereitung mit Säuren (hoher Stoffaufwand) entgegengestellt.

Tabelle 1: Themen der Interventionen

Ebene	Energieanlage	Rohstoffe	Aufbereitungsprozess
Zielkonflikt	Windenergieanlage vs. Erdgasanlage	Seltenerdelemente vs. Kupfer und Eisen	mit Hitze vs. mit Säuren
+ Lösungsansatz	Suffizienz	Effizienz	Konsistenz

Studie 1

Mit einem Onlinefragebogen (Dauer: 30 min) wurde im Sommer 2025 die Wahrnehmung der Zielkonfliktthemen bei Schüler*innen der Jahrgangsstufen 10 und 11 ($N = 129$) quantitativ

erfasst. Der Onlinefragebogen erhebt im Prä-Post-Design kategoriale Emotionen basierend auf Duffy et al. (2018) und die Einstellung von Schüler*innen zu Windenergieanlagen. Zudem wird nach jeder Videointervention dimensional die emotionale Interaktion mit dem Self-Assessment Manikin nach Bradley & Lang (1994) erfasst. Im Post-Test erfolgt außerdem die Wahl eines Themenschwerpunkts zwischen den Ebenen, den die Schüler*innen verstärkt vertiefen wollen (s. Abb. 1). Dieser betrifft Zielkonflikte und Lösungsansätze.

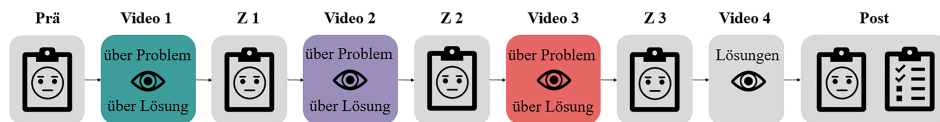


Abb. 1: Ablauf der Studie 1 mit drei Videointerventionen und fünf Messzeitpunkten
(Z: Zwischenerhebung; Emoji: Messung von Emotionen und Einstellungen; Auge: Video schauen; Liste mit Haken: Wahl des Themenschwerpunkts)

Die Videointervention erfolgt in zwei Gruppen: Während Gruppe 1 sich ausschließlich dem problemorientierten Zielkonflikt widmet, setzt sich Gruppe 2 zuvor mit einem Lösungsansatz zur Konfliktminderung auseinander. Die inhaltliche Variation der Zielkonfliktdarstellung erstreckt sich somit über verschiedene Ebenen und die Inklusion bzw. Exklusion eines Lösungsansatzes.

Studie 2

Die Durchführung der qualitativen Studie ($N=23$) erfolgt im Schuljahr 2025/2026 im Rahmen einer Unterrichtsreihe der Jahrgangsstufe 11. Der Schwerpunkt liegt auf dem Gewichten von Bewertungskriterien, Entscheiden für eine der beiden Handlungsoptionen sowie dem Reflektieren. Mit einem Onlinefragebogen (Dauer insgesamt: 75 min) wird im Prä-Post-Design die Bewertung von Windenergieanlagen bezüglich Nachhaltigkeit erfasst. Zudem werden am Ende jeder Unterrichtseinheit die Kriteriengewichtung und die Entscheidung auf jeweiliger Ebene festgehalten. Nach der Unterrichtsreihe reflektieren die Schüler*innen außerdem die Veränderung der Bewertung (s. Abb. 2).

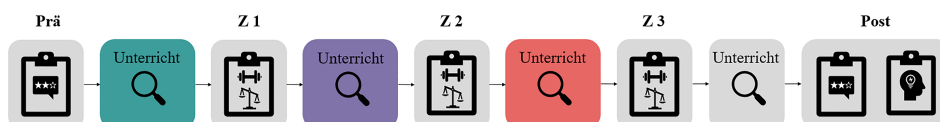


Abb. 2: Ablauf der Studie 2 mit drei Unterrichtsinterventionen und fünf Messzeitpunkten
(Z: Zwischenerhebung; Sprechblase mit Sternen: Bewertung; Lupe: Unterricht; Hantel: Gewichten; Waage: Entscheiden; Kopf: Reflexion)

Ausblick

Die Daten zur Wahrnehmung der Zielkonfliktdarstellungen aus Studie 1 werden hinsichtlich Emotionen, Einstellungen und Themenwahl quantitativ ausgewertet. Parallel dazu erfolgt die Durchführung der Unterrichtseinheit mit Studie 2. Die erhobenen Daten zum Gewichten, Entscheiden und Reflektieren werden anschließend qualitativ ausgewertet. Dies bietet einen Einblick in Bewertungsprozesse von Schüler*innen in Zielkonflikten.

Literatur

- Applis, S., Mehren, R. & Ulrich-Riedhammer, E. M. (2022). Nachhaltigkeit und Ethisches Lernen im Kontext einer lösungsorientierten Didaktik. In M. Dickel, G. Gudat & J. Laub (Hrsg.), *Sozial- und Kulturgeographie. Ethik für die Geographiedidaktik* (Bd. 58, S. 107–128). transcript Verlag. <https://doi.org/10.14361/9783839462294-006>
- Atilgan, B. & Azapagic, A. (2016). An integrated life cycle sustainability assessment of electricity generation in Turkey. *Energy Policy*, 93, 168–186. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.02.055>
- Bradley, M. M. & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1), 49–59. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9)
- Duffy, M. C., Lajoie, S. P., Pekrun, R. & Lachapelle, K. (2020). Emotions in medical education: Examining the validity of the Medical Emotion Scale (MES) across authentic medical learning environments. *Learning and Instruction*, 70, 101150. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.07.001>
- Grund, J. & Brock, A. (2019). Why we should empty pandora's box to create a sustainable future: Hope, sustainability and its implications for education. *Sustainability*, 11(3), 893. <https://doi.org/10.3390/su11030893>
- Hickman, C., Marks, E., Pihkala, P., Clayton, S., Lewandowski, R. E., Mayall, E. E., Wray, B., Mellor, C. & van Susteren, L. (2021). Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: A global survey. *The Lancet. Planetary health*, 5(12), e863–e873. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(21\)00278-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(21)00278-3)
- Hüfner, S. (2020). Was heißt hier erneuerbar? Eine didaktische Rekonstruktion der Energiewende [Dissertation]. Leuphana Universität Lüneburg, Lüneburg. https://pubdata.leuphana.de/bitstream/20.500.14123/662/1/Diss_2020_Huefner_Sybille_Was.pdf
- Kultusminister Konferenz (KMK) (2024). Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule. KMK. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_06_13-BNE-Empfehlung.pdf
- Langlet, J., Eilks, I., Gemballa, S., Heckmann, G., Kunz, A., Lübeck, M., Meisert, A., Menthe, J., Ratzeck, J., Wlotzka, P. & Wodzinski, R. (2022). Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften. Denkanstöße, Empfehlungen und Hilfen für den Unterricht und für Aufgaben. MNU. https://www.mnu.de/images/publikationen/Bewertungskompetenzen/Bildungsstandards_Bewertungskompetenz.pdf
- Li, Z., Diaz, L. A., Yang, Z., Jin, H., Lister, T. E., Vahidi, E. & Zhao, F. (2019). Comparative life cycle analysis for value recovery of precious metals and rare earth elements from electronic waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.025>
- Pekrun, R., Frenzel, A. C., Goetz, T. & Perry, R. P. (2007). The control-value theory of achievement emotions. In P. A. Schutz & R. Pekrun (Hrsg.), *Emotion in Education* (S. 13–36). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012372545-5/50003-4>
- Schreiber, A., Marx, J. & Zapp, P. (2019). Comparative life cycle assessment of electricity generation by different wind turbine types. *Journal of Cleaner Production*, 233, 561–572. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.058>
- Weidmann, K. (28. Januar 2024). Rohstoffe für die Energiewende: So abhängig ist Deutschland von China und Co. Tagesschau. <https://www.tagesschau.de/wissen/klima/rohstoffe-energiewende-100.html>
- Xu, L., Pang, M., Zhang, L., Poganietz, W.-R. & Marathe, S. D. (2018). Life cycle assessment of onshore wind power systems in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 361–368. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.014>