

Simon Hermanns¹
Kai Bliesmer¹
Michael Komorek¹

¹Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Dilemmata rund um Windkraftanlagen als Kontext für BNE im Lernlabor

Im Beitrag wird ein Bildungsangebot für ein Lehr-Lern-Labor vorgestellt, das die Einrichtung eines Energie- und Klimabildungszentrums an der Universität Oldenburg flankiert. Im Zentrum wird Nachhaltigkeitsbildung konkret an den Themen Energie und Klima betrieben, wobei sich verschiedenste Fächer sich mit ihren Perspektiven einbringen, sodass Interdisziplinarität realisiert wird. In diesem Sinne handelt es sich beim präsentierten Bildungsangebot um einen Beitrag des Fachs Physik zum Zentrum: Folglich wird angezielt, physikalische Bildung und Nachhaltigkeitsbildung miteinander zu verknüpfen. Im Fokus steht eine nachhaltigkeitsbezogene Frage- bzw. Problemstellung, die ein Dilemma repräsentiert, und mit aufzubauendem physikalischem Wissen ausgeschärft wird, wodurch Potenziale und Grenzen einer physikalischen Perspektive auf Energie und Klima ausgeleuchtet werden. Konkret geht es im Angebot um den Kontext ‚Infraschall von Windkraftanlagen‘. Im Beitrag wird dargestellt, wie das Angebot auf Grundlage eines kontextstrukturierten Vorgehens nach Nawrath (2010) und entlang der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012) entwickelt und untersucht wurde.

Kontextstrukturierung als Ansatz für Nachhaltigkeitsbildung

Die geschickte Auswahl eines sinnstiftenden Kontexts ermöglicht es, Nachhaltigkeitsbildung mit physikalischer Bildung zu verknüpfen. Um Kontexte mit diesbezüglichem Potenzial zu identifizieren, sind die von den Vereinten Nationen (2015) formulierten Sustainable Development Goals (SDGs) als Inspirationsquelle geeignet. Sie garantieren einen direkten Nachhaltigkeitsbezug und müssen dann unter physikalischer Brille betrachtet werden; wobei überlegt wird, welche Kontexte innerhalb der SDGs sich für die sinnstiftende Vermittlung von physikalischen Konzepten eignen – ein kreativer Prozess! Ferner ist es für die hier zugrundeliegende Lesart einer BNE, die auf dem Donut-Modell (Raworth, 2012) fußt, nötig, Dilemmata der nachhaltigen Entwicklung (Henkel, Mader & Siebenhühner, 2023) in den Blick zu nehmen. Gewählt wurde der Kontext *Infraschallemissionen von Windkraftanlagen*, der durch die SDGs #7 (Bezahlbare und saubere Energie) und #3 (Gesundheit und Wohlergehen) inspiriert wurde. Der Kontext besitzt einen Nachhaltigkeitsbezug, der von Spannungsfeldern/Dilemmata durchdrungen ist: Einerseits stellen Windparks eine klimafreundliche Energiequelle dar, andererseits fühlen sich Anwohner:innen von den Anlagen oft auch belästigt, wobei ästhetische, aber auch gesundheitliche Bedenken durch Infraschall angeführt werden. Letzteres bietet wiederum einen Anlass, den Kontext auch unter einer physikalischen Perspektive zu betrachten.

Angebotsentwicklung mittels Didaktischer Rekonstruktion

Die Entwicklung des Angebots erfolgt entlang einer Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al. 2012). Dies impliziert fachliche Klärungen und die Erfassung von Lernendenperspektiven in Bezug sowohl auf den Kontext als auch die eingebetteten physikalischen Konzepte. Auf Basis beiderlei wird sodann eine didaktische Kontextstrukturierung erarbeitet.

Fachliche Klärung

Gemäß (Eichler, 2014) ist Infraschall eine sich räumlich ausbreitende Druckwelle im Frequenzbereich bis 16 Hz und kann im Normalfall nicht vom Menschen gehört werden. Erst bei sehr hohen Schalldrücken, können die Druckschwankungen wahrgenommen werden – bspw. das Wummern im Auto bei geöffnetem Fenster und voller Fahrt. Mediziner (Vahl et al., 2022) konstatieren jedoch, dass auch bei niedrigeren Schalldrücken nicht auszuschließen sei, dass die Töne vom Menschen unterbewusst wahrgenommen werden. Entscheidend für die Gefahr sei jedoch die Lautstärke, also der Schalldruck(-pegel). Infraschall entsteht in vielen alltäglichen Situationen, in denen Luft in Bewegung gesetzt wird. Dies betrifft auch Windräder. Durch die immensen Flügel werden große Mengen Luft zwischen Flügel und Turm kurzzeitig komprimiert. Daraus resultiert eine Druckwelle, die sich in alle Richtungen ausbreitet und auch den Boden in Schwingung versetzt (vgl. LfU, 2022, S. 3). Untersuchungen der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg zeigen jedoch, dass die von Windrädern ausgehende Infraschallbelastung schon nach wenigen hundert Metern von Hintergrundgeräuschen überdeckt wird (LUBW, 2020). Das uns im Alltag begegnende Hintergrundrauschen wird dabei hauptsächlich durch Wind oder Bewegungen im Straßenverkehr verursacht.

Erfassung von Lernendenperspektiven

Literaturanalysen zu möglichen Lernendenvorstellungen vom Kontext zeichnen ein uneinheitliches Bild: Zunächst ist eine allgemein positive Grundeinstellung zu Windenergieanlagen zu erwarten, da diese auf den ersten Blick im Einklang mit dem steigenden Umweltbewusstsein von Jugendlichen stehen (BMU, 2018). Da Götte und Ludwig (2019) zeigen, dass Laien oftmals Begriffe Röntgenstrahlung, UV-Strahlung und Ultraschall der gleichen Kategorie ‚Strahlung‘ zuordnen, die überdies negativ konnotiert ist, wäre es möglich, dass Lernende Infraschall auch als (negative konnotierte) Strahlung interpretieren. Dies bietet, die Möglichkeit daran im Labor anzuknüpfen und diese Einordnung kritisch zu hinterfragen. Gleichsam ist zu berücksichtigen, dass im Zuge der Auseinandersetzung mit Infraschall auch die bei Schecker et al. (2018) aufgeführten Vorstellungen zum Schall bei Lernenden aktiviert werden und zu berücksichtigen sind.

Didaktische Kontextstrukturierung

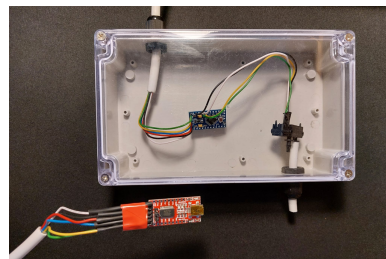
Aufgrund des fachlichen Anspruchs wurde als Zielgruppe für das Angebot die Jahrgangsstufe zehn bzw. elf festgelegt. Da das Angebot als Kleinprojekt (Frey, 2012) umgesetzt wird, wurde die Zahl der Teilnehmenden auf sechs beschränkt; die Dauer beträgt drei Stunden.

Zur Einführung in den Kontext wurde der Anchored-Instruction-Ansatz (The Cognition And Technology Group at Vanderbilt, 1990) gewählt, um den Stellenwert des Kontexts als strukturierendes Element des Angebots, und nicht nur als Aufhänger, zu unterstreichen. Dabei werden die Teilnehmenden direkt zu Beginn mit dem Spannungsfeld/Dilemma konfrontiert, indem ihnen ein Video der ZDF-Mediathek (Titel: Infraschall – Unerhörter Lärm) präsentiert wird, das die Ängste von Anwohner:innen vor Infraschall thematisiert und fragwürdige Messungen zeigt. Es bietet zudem Anlass, sich physikalisch mit Infraschall auseinanderzusetzen und eigene Untersuchungen anzustellen.

Im Sinne des Projektgedankens nach Frey (2012) wird eine genaue Zielvereinbarung mit den Jugendlichen getroffen, was sie, angeregt durch das Video, erfahren/untersuchen möchten. Die anschließende Instruktionsphase soll erreichen, dass alle Teilnehmende ein grundlegendes

Schallverständnis aufbauen und die Begriffe Amplitude und Frequenz fest definiert sind. Im Kleinprojekt wechseln sich Arbeits- und Reflexionsphasen ab. Demnach werden in Kleingruppen zuerst physikalische Inhalte durch Experimente und Recherchen erarbeitet und anschließend in den gemeinsamen Reflexionsphasen miteinander vernetzt und auf das Spannungsfeld des Kontexts angewendet. Abgeschlossen wird das Projekt mit der Erreichung der zu Beginn beschlossenen Zielvereinbarung.

Um selbst Messungen durchführen zu können, musste die Hürde überwunden werden, dass Infraschall nicht mit handelsüblichen Mikrofonen gemessen werden kann. Also wurde ein auf einem Arduino Microcontroller und einem Differenzdrucksensor basierender Infraschallsensor selbst gebaut. Er ist in der Lage Druckschwankungen ab 0,03 Pascal aufzunehmen und in einer Live-Messung grafisch darzustellen. Der Sensor hat eine Abtastfrequenz von 50 Hz, sodass Infraschallsignale von bis zu 16 Hz eindeutig aufgezeichnet werden können, ohne dass diese durch Aliasing-Effekte verfälscht werden. Mit dem Gerät können die Teilnehmenden Infraschallquellen identifizieren, hinsichtlich der Amplituden und Frequenzen vergleichen und eigene Gefahreinschätzung abgeben. Aber auch weitere aktuelle Forschungsergebnisse, die während Instruktionsphasen präsentiert werden, unterstützen die Teilnehmenden, eigene fundierte und differenzierte Bewertungen zum Spannungsfeld zu formulieren.



*Abb. 1 Selbst gebauter
Infraschallsensor*

Angebotsuntersuchung mittels begleitender Beobachtung

Da das Lehr-Lern-Angebot physikalische Lernprozesse mit nachhaltigkeitsbezogenen Lernprozessen zu verbinden versucht, sind im Vorfeld für beiderlei Ziele formuliert worden. Das Angebot wurde bei der Durchführung mit ethnografischen Untersuchungsmethoden, speziell der begleitenden Beobachtung (Breidenstein, 2012) bzgl. der Zielerreichung untersucht. Die Erprobung fand mit sechs Gymnasiast:innen der 11. Klasse an der Universität Oldenburg statt. Um vernünftig beobachten zu können, wurde der Projektleiter selbst von einer zusätzlichen Hilfskraft unterstützt. Beide hielten ihre Beobachtungen auf vorstrukturierten Notizheften fest. Folgende Fragen wurden mit Blick auf physikalische und nachhaltigkeitsbezogene Lernziele sowie deren Übergänge und Relationen beantwortet:

- F1) Welche physikalischen Lernziele wurden mit dem Lehr-Lern-Angebot erreicht?
- F2) Welche nachhaltigkeitsbezogenen Lernziele wurden mit dem Angebot erreicht?
- F3) Inwiefern korrespondieren physikalische und nachhaltigkeitsbezogene Lernziele?

Erste Ergebnisse

Während des Projektes konnten sowohl physikalische als auch nachhaltigkeitsbezogene Lernziele erreicht werden. Beispielsweise haben die Lernenden verschiedene Infraschallquellen identifiziert und deren Signale mithilfe der Amplitude und Frequenz charakterisiert. Diese Erkenntnisse halfen den Lernenden daraufhin, die Gefahren unterschiedlicher Infraschallsignale zu vergleichen und abzuschätzen. Auf dieser Grundlage argumentierten sie auch, dass die von Windrädern ausgehende Gefahr den alltäglichen Infraschall, durch z. B. Wind, in Bezug auf den Schalldruck nicht übersteigt.

Literatur

- Breidenstein, G. (2012). Ethnografisches Beobachten. In: De Boer, H. & Reh, Sabine (Hrsg.). *Beobachtung in der Schule. Beobachten lernen* (S. 27-44). Springer.
- BMU (2018). *Zukunft? Jugend fragen! – Nachhaltigkeit, Politik, Engagement – eine Studie zu Einstellungen und Alltag junger Menschen*. Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Online verfügbar unter:
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/jugendstudie_bf.pdf.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and learning Science. In: D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe* (S. 13-37). Sense Publishers.
- Eichler, J. (2014). Akustik. In J. Eichler (Hrsg.), *Physik für das Ingenieurstudium. Prägnant mit vielen Kontrollfragen und Beispielaufgaben* (S. 173–185). Springer.
- Frey, K. (2012). *Die Projektmethode: "der Weg Zum Bildenden Tun"*. Beltz Verlag.
- Götte, S. & Ludwig, Y. (2019). *Ressortforschungsberichte zum Strahlengesetz – Was denkt Deutschland über Strahlung: Umfrage 2019*. Bundesamt für Strahlungsschutz. Online verfügbar unter:
https://doris.bfs.de/jspui/bitstream/urn:nbn:de:0221-2019110720000/3/BfS_2019_3619S72204a.pdf.
- Henkel, A., Mader, D. & Siebenhühner, B. (2023). Einleitung: Dilemmata der Nachhaltigkeit. In A. Henkel, S. Berg, M. Bergmann, H. Gruber, N. C. Karafyllis, D. Mader, A-K. Müller, B. Siebenhühner, K. Speck & D.-P. Zorn (Hrsg.), *Dilemmata der Nachhaltigkeit* (S. 9-22). Nomos. Online verfügbar unter:
<https://www.nomos-elibrary.de/10.5771/9783748938507-9/einleitung-dilemmata-der-nachhaltigkeit?page=1>.
- LFU (Hrsg.) (2022). *Windenergieanlagen, Infraschall und Gesundheit*. Online verfügbar unter:
https://www.lfu.bayern.de/buerger/doc/uw_117_windkraftanlagen_infraschall_gesundheit.pdf.
- LUBW (Hrsg.) (2020). *Tieffrequente Geräusche inkl. Infraschall von Windkraftanlagen und anderen Quellen - Bericht über Ergebnisse des Messprojekts 2013-2015*. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg.
- Nawrath, D. (2010). *Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht*. DiZ-Verlag.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Springer Spektrum.
- The Cognition And Technology Group at Vanderbilt (Hrsg.) (1990). Anchored Instruction and Its Relationship to Situated Cognition. *Educational Researcher*, 19(6), 2-10.
- Vereinte Nationen (Hrsg.) (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Online verfügbar unter: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/291/89/PDF/N1529189.pdf?OpenElement>.
- Vahl, J., Keppeler, J., Krahe, D., Bahrke-Rein, K., Reiter, R., Hoffmann, T. & Goldberg-Bockhorn, E. (2022). Infraschall – humanmedizinische Implikationen. *HNO*, 70(12), 921-930.