

## **Der nachhaltige Wohnungsbau als BNE-Kontext im Fach Physik**

Vorgestellt wird ein Bildungsangebot für ein mobiles Lehr-Lern-Labor, das durch die Einbettung von physikalischen Inhalten in den Kontext des nachhaltigen Wohnungsbaus, samt seiner inhärenten Spannungsfelder, eine vom Fach Physik ausgehende Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) zu adressieren versucht. Demnach handelt es sich um ein kontextstrukturiertes Bildungsangebot (Nawrath, 2010), in dem angestrebt wird, dass sich physikalische Inhalte und der Kontext wechselseitig befruchten: So dient der Kontext des nachhaltigen Wohnungsbaus zunächst als sinnstiftender und motivierender Anlass, sich auch mit den eingebetteten physikalischen Inhalten auseinanderzusetzen. Im späteren Verlauf des Angebots wird das aufgebaute physikalische Wissen dann aber zusehends auf den überfachlichen Kontext des nachhaltigen Wohnungsbaus angewendet, um inhärente Spannungsfelder und Zielkonflikte auszuleuchten. Hierdurch wird gezeigt, dass die physikalische Perspektive eine objektive Orientierung bietet, die es ermöglicht, Spannungsfelder bzw. Zielkonflikte besser verstehen, also ausschärfen zu können, um jene im Anschluss besser bewerten und ggf. Vorschläge zu deren Entspannung unterbreiten zu können. Den Teilnehmenden wird dadurch verdeutlicht, dass die physikalische Fachperspektive für das Verständnis von bzw. für die Partizipation an nachhaltigkeitsbezogenen Frage- und Problemstellungen notwendig ist, sie allerdings erst in der Kombination mit weiteren Perspektiven hinreichend wird, die über eine rein physikalische Sicht hinausgehen.

### **Bezug zu einer Bildung für nachhaltige Entwicklung**

Ein Ziel des entwickelten Lehr-Lern-Angebots besteht darin zu zeigen, dass auch die physikalische Perspektive für eine BNE relevant ist. Da das Angebot somit eine BNE zu realisieren versucht, gilt es nun die hier vorherrschende Lesart einer BNE darzustellen: Sie fußt auf das Modell einer nachhaltigen Entwicklung von Serageldin und Steer (1994), das gemeinhin als Nachhaltigkeitsdreieck bekannt ist, in denen drei miteinander konkurrierende Dimensionen einer nachhaltigen Entwicklung aufgeführt sind. Genau wie dieses ältere Nachhaltigkeitsdreieck vermag auch das neuere Donut-Modell (Raworth, 2012) oder das Viabilitätsmodell (Wilhelm, Amacker & Rehm, 2018) als Grundlage für die dem Angebot zugrundeliegende Lesart einer BNE zu dienen. Denn durch ihre jeweilige Vielperspektivität regen alle Modelle an, Frage- und Problemstellungen der nachhaltigen Entwicklung als Spannungsfelder/ Dilemmata/Zielkonflikte zu begreifen, die mit Kontroversität einhergehen. Folglich wird im vorliegenden Angebot eine BNE dadurch adressiert, dass die Teilnehmenden mit entsprechenden Spannungsfeldern der nachhaltigen Entwicklung konfrontiert werden.

### **Konkretisierung an einem nachhaltigkeitsbezogenen Kontext**

Um nachhaltigkeitsbezogene Spannungsfelder identifizieren zu können, die sowohl eine BNE ermöglichen als auch den diesbezüglichen Wert einer physikalischen Perspektive illustrieren, wurde entlang der SDGs (Sustainable Development Goals) nach einem geeigneten Kontext für das Lehr-Lern-Angebot gesucht. Gewählt wurde das SDG Nr. 11 (Nachhaltige Städte und Gemeinden). Gemäß den Vereinten Nationen (vgl. 2015, S. 23) bezieht sich dieses SDG auf die Anpassung städtischer Gebiete an den Klimawandel, um Katastrophen zu vermeiden und Gesundheitsrisiken zu minimieren. Konkret wurde für den Kontext des Lehr-Lern-Angebots zum einen die Ausbildung städtischer Wärmeinseln ausgewählt, weil die zunehmende Hitzebelastung Anpassungsmaßnahmen städtischer Gebiete erfordert. Zum anderen wurde die Wärmedämmung von Gebäuden gewählt. Die Wohnsituation beeinflusst die Lebensqualität stark

und betrifft jeden Bürger, was sich in zahlreichen öffentlichen Debatten rund um das Thema Wohnen zeigt. Die Raumwärme macht mit knapp 70% den größten Anteil des Endenergieverbrauchs in privaten Haushalten in Deutschland aus (Umweltbundesamt, 2023). Da dieser Energiebedarf überwiegend mittels fossiler Energieträger gedeckt wird (Statistisches Bundesamt, 2021, S. 263), sind Maßnahmen wie die energetische Sanierung von Gebäuden für den Klimaschutz entscheidend. Beide Linien (Wärmeinseln & Wärmedämmung) des Kontexts fördern eine interdisziplinäre Sichtweise; sie zeigen so das Potenzial, aber auch die Grenzen der physikalischen Perspektive für nachhaltigkeitsbezogene Frage- und Problemstellungen.

### **Didaktische Rekonstruktion**

Für die Entwicklung des Lehr-Lern-Angebots fungierte das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012) als theoretische Rahmung. Hierbei besteht die Besonderheit, dass nicht nur rein fachliche Inhalt rekonstruiert werden, sondern auch der ausgewählte Kontext (Bliesmer & Komorek, im Druck).

#### *Fachliche Klärung*

Die wissenschaftlichen Aussagen, die für das Verständnis des Kontextes konstitutiv sind, wurden im Rahmen einer fachlichen Klärung herausgearbeitet (Bleichroth, 1991). Neben den rein fachwissenschaftlichen Grundideen wurden ebenfalls Merkmale des Kontextes analysiert. Gemeinsam bilden sie den fachlichen Zielbereich (vgl. Kattmann et al., 1997, S. 13). Für die physikalische Sicht auf den Kontext ist das Teilchenmodell nötig, das mit der kinetischen Wärmetheorie zu verknüpfen ist, um den Wärmeleitungsprozess und den Prozess der Abkühlung beim Verdunsten von Wasser erklären zu können. Zur Erfassung von dem Kontext innewohnenden Spannungsfeldern wurden nachhaltigkeitsbezogene Grundideen herausgearbeitet. Folgende Auflistung stellt exemplarisch einige physikbezogene (P) und nachhaltigkeitsbezogene Grundideen (N), die im Kontext verortet sind, dar:

- P1: Materie besteht aus kleinen Teilchen, permanent in Bewegung und sich anziehend.
- P2: Temperatur eines Körpers ist ein Maß für mittlere Bewegungsenergie seiner Teilchen.
- P3: Durch Stoßprozesse zwischen den Teilchen wird Energie transportiert.
- N1:  $\frac{1}{3}$  der Kohlenstoffdioxid-Emissionen wird durch den Gebäudesektor verursacht.
- N2: Die Wohnsituation hat unmittelbaren Einfluss auf die Lebensqualität der Menschen.

#### *Perspektive von Lernenden*

Die Perspektiven von Lernenden wurden sowohl literaturbasiert (Schecker et al., 2018) als auch empirisch durch leitfadengestützte Interviews (Niebert & Gropengießer, 2013) erfasst. Ziel war in obigem Sinne die Ermittlung kontextbezogener (VK) sowie physikbezogener (VP) Denk- und Erfahrungswelten. So zeigt sich beispielsweise, dass sich für Lernende die Begriffe Temperatur und Wärme vermischen: Wärme sei ein mengenartiger Stoff, den Körper mit hoher Temperatur besitzen. Im Bereich des Kontexts zeigt sich, dass der nachhaltiger Wohnungsbau häufig auf Maßnahmen zum Klima- und Naturschutz reduziert wurde. Folgende Vorstellungen wurden zusammenfassend ermittelt:

- VP1: Mit der Temperatur lässt sich die Wärme in einem Gegenstand messen.
- VP2: Wärme ist die Bewegung von Teilchen.
- VK1: Die Energieeinsparmöglichkeiten bei der Raumwärme sind begrenzt.
- VK2: Beim nachhaltigen Wohnungsbau bleiben Rohstoffe und Ressourcen erhalten.

#### *Didaktische Kontextstrukturierung*

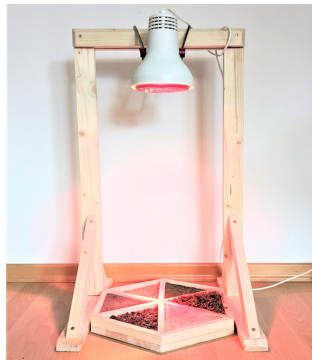
Beim letzten Schritt der Didaktischen Rekonstruktion handelt es sich um die didaktische Strukturierung, die hier – um den Stellenwert des Kontexts zu unterstreichen – als ‚didaktische Kontextstrukturierung‘ bezeichnet wird. Bei der didaktischen Strukturierung werden die

Ergebnisse der fachlichen Klärung mit den Ergebnissen der Erfassung von Lernendenperspektiven verglichen, um Beziehungen und Korrespondenzen zu identifizieren. Der Vergleich war Inspirationsquelle für die Entwicklung von drei Experimentierstationen, mittels webbasierter Anwendung aufbereitet wurden, um Inhalte in Form von Texten, Bildern, Videos und weiterführenden Links zu integrieren:

1. Hier wird das Potenzial der Wärmedämmung zur Reduktion des Endenergiebedarfs privater Haushalte eingeführt und im Spannungsfeld (Ökonomie vs. Ökologie) des nachhaltigen Wohnungsbaus situiert. Lernende untersuchen Materialien auf ihre Wärmeleitfähigkeit und auf ihre Eignung zur Wärmedämmung eines Hauses. Dann treten sie in die Rolle eines Energieberaters und untersuchen mit einer Wärmebildkamera ein Modellhaus auf Wärmebrücken. Es ist so gefertigt, dass verschiedene im Bauwesen typische Wärmebrücken gefunden werden können, sodass sie die Lernenden Maßnahmen abwägen müssen, die bei Wärmebrücken ergriffen werden können.



*Abb.1 Modellhaus*



*Abb.2 Untersuchung des Absorptionsvermögens*

2. In der zweiten Station geht es um städtische Wärmeinseln. Hier werden die Lernenden durch einen Beitrag der Tageschau zur Forderung nach Hitzeaktionsplänen für Städte in das Spannungsfeld einer klimabewussten Stadtplanung eingeführt. Ausgangspunkt ist zunächst die Fragestellung, wie sich Städte im Vergleich zum Umland im Sommer besonders stark aufheizen. Hierzu wird den Lernenden eine Abbildung der Erwärmung der Augsburger Innenstadt präsentiert. Über Google Maps untersuchen sie die besonders warmen Gebiete Augsburgs auf Gemeinsamkeiten bezüglich der Bebauung. Dann wird in der Experimentierstation für verschiedene Materialien das Absorptionsvermögen von Licht sowie die Entstehung eines latenten Wärmestroms beim Verdunstungsprozess thematisiert und durch Experimente erfahrbar gemacht.

3. Die Station „Stadtanpassung“ forciert die eigenständige Anwendung physikalischen Wissens im Kontext. Die Lernenden nehmen in Form eines Rollenspiels an einer Diskussion zur Anpassung an zukünftige Hitzewellen teil. In dieser Diskussionsrunde ist ihr Ziel, konstruktive Ideen vorzubringen, die den Interessen ihrer Gruppe dienen, und gleichzeitig angemessene Kompromisse mit den anderen Teilnehmern auszuhandeln. Die verschiedenen Interessensgruppen wurden so ausgewählt, dass sie mindestens die drei Dimensionen des Nachhaltigkeitsdreiecks abbilden. Zur Vorbereitung auf die Diskussionsrunde nutzen die Lernenden den bereitgestellten Maßnahmenkatalog potenzieller Anpassungsmaßnahmen an sommerliche Hitzewellen und können sich mittels Google Street View mit dem definierten Gebiet vertraut machen, um kreative klimatische Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln.

### **Erste Erprobung und Ausblick**

Eine erste Erprobung des Bildungsangebotes zeigte, dass es Lernende anregt, fundierte Haltungen im Spannungsfeld nachhaltiger Problemstellungen beim Wohnungsbau zu entwickeln und motiviert, physikalisches Wissen zu nutzen, um potenzielle Lösungen zu reflektieren. Weiterführende systematische Untersuchungen mit nachgängigen Interviews sind angebracht; ebenso eine Integration weiterer Fächer, um Multiperspektivität anzubahnen.

## Literatur

- Bleichroth, W. (1991). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. *Naturwissenschaft im Unterricht. Physik*, 39, 4-11.
- Bliesmer, K. & Komorek, M. (im Druck). Physikbezogene BNE didaktisch rekonstruiert. *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Vereinte Nationen (2015). *Sustainable development Goals*. Online verfügbar unter: [https://nachhaltigentwickeln.dgvn.de/agenda-2030/ziele-fuer-nachhaltige-entwicklung/?pk\\_campaign=cpc&pk\\_kwd=17%20sdg](https://nachhaltigentwickeln.dgvn.de/agenda-2030/ziele-fuer-nachhaltige-entwicklung/?pk_campaign=cpc&pk_kwd=17%20sdg).
- 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. Retrospective and prospective* (S. 13 - 37). Sense Publishers.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3-18.
- Nawrath, D. (2010). *Kontextorientierung. Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht*. Didaktisches Zentrum.
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2013). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121 - 132). Springer.
- Raworth, K. (2012). *A Save and Just Space for Humanity: Can we live within the doughnut?* Oxfam.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer Spektrum.
- Serageldin, I. & Steer, A. D. (Hrsg.) (1994). *Making development sustainable. From concepts to action*. World Bank Publications. Online verfügbar unter: <https://doi.org/10.1596/0-8213-3042-X>.
- Statistisches Bundesamt. (2021). *Datenreport 2021: Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland*. Online verfügbar unter: [https://www.destatis.de/DE/Service/Statistik-Campus/Datenreport/Downloads/datenreport-2021.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Service/Statistik-Campus/Datenreport/Downloads/datenreport-2021.pdf?__blob=publicationFile).
- Umweltbundesamt. (2023). *Gesundheitsrisiken durch Hitze*. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-gesundheit/gesundheitsrisiken-durch-hitze#indikatoren-der-lufttemperatur-heisse-tage-und-tropennachte>.
- Wilhelm, M., Amacker, V. & Rehm, M. (2022). Das Viabilitätsmodell: vom Konzept der «sensitiven Nachhaltigkeit» in Hinblick auf die digitale Transformation lernen. In J. Weselek, F. Kohler & A. Siegmund (Hrsg.), *Digitale Bildung für nachhaltige Entwicklung Herausforderungen und Perspektiven für die Hochschulbildung* (S. 9-21). Springer.