



ORIENTIERUNGSRAHMEN GLOBALE ENTWICKLUNG

Bildung für nachhaltige Entwicklung
in der gymnasialen Oberstufe

FACHAUSGABE PHYSIK

westermann



Bundesministerium für
wirtschaftliche Zusammenarbeit
und Entwicklung

Eine Kooperation von



KULTUSMINISTER
KONFERENZ



ORIENTIERUNGSRAHMEN GLOBALE ENTWICKLUNG

Der „Orientierungsrahmen Globale Entwicklung – Bildung für nachhaltige Entwicklung in der gymnasialen Oberstufe“

Der neue Orientierungsrahmen Globale Entwicklung vereint Perspektiven aus Schule, Bildungsverwaltung, Wissenschaft und Zivilgesellschaft für die Verankerung von Bildung für nachhaltige Entwicklung im Bildungssystem. Bei der Berücksichtigung im Unterricht und in der Schule, in der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften oder für die Entwicklung von Bildungsplänen und deren Umsetzung wird die besondere Bedeutung zukunftsorientierter Bildung mit globaler Perspektive deutlich.

Der Orientierungsrahmen (OR) für die gymnasiale Oberstufe (Sek. II) wurde am 16. Oktober 2025 von der Bildungsministerkonferenz der KMK verabschiedet. Er ist eine Kooperation der Kultusministerkonferenz (KMK) und des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) und wird durchgeführt und koordiniert von Engagement Global.

Weitere Informationen und Angebote zum OR von Engagement Global

Zum Orientierungsrahmen Globale Entwicklung finden sich auf den Seiten von Engagement Global eine Vielzahl weiterer Informationen, wie

- Download der Langfassung und der Kurzfassung des neuen OR für die gymnasiale Oberstufe,
- OR-Fachausgaben für die verschiedenen abiturrelevanten Fächer,
- weitere Unterrichtsmaterialien und -beispiele für die Sekundarstufe I und II,
- Hinweise zu Fortbildungen zum OR (Sekundarstufe I und II),
- Handreichungen zu Lehr- und Lernmaterialien, Hinweise auf Konferenzen, Fachtagungen und andere Vernetzungsmöglichkeiten
- weitere Materialien zum OR für die Sekundarstufe I (von 2016).

Das Angebot von Engagement Global wird stetig erweitert.

Weitere Informationen finden Sie hier:



oder www.engagement-global.de/de/orientierungsrahmen

OR-Fachausgabe Physik

KMK/BMZ-Orientierungsrahmen Globale Entwicklung für die gymnasiale Oberstufe

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung KMK/BMZ-Orientierungsrahmen Globale Entwicklung für die gymnasiale Oberstufe

1	Einführung	3
2	Orientierung am Leitbild der nachhaltigen Entwicklung	5
3	Einführung in das Verständnis einer Bildung für nachhaltige Entwicklung	8
4	Gesellschaftliche Relevanz von BNE: Lebenswelten junger Menschen	9
5	Didaktische Ansätze und der Kompetenzansatz des Orientierungsrahmens	13
6	Rahmenbedingungen: Umsetzung von BNE in Lehrkräftebildung und Schulentwicklung	22
7	Fazit	25
8	Literatur	25

Fachkapitel Physik

1	Verankerung von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) in Physik	28
2	Kompetenzorientierung	32
3	Didaktisches Konzept	35
4	Beispielthemen	41
5	Unterrichtsbeispiel	50
6	Literatur	54

In den Texten finden sich an einzelnen Stellen Querverweise auf die Kapitel der Langfassung (z. B. Kap. X des OR), bzw. auf andere Kapitel innerhalb derselben Fachausgabe (z. B. Kap. X OR-FA). Aus Platzgründen wurde hier auf die Einfügung eines Abkürzungs-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis verzichtet. Diese finden sich in der OR-Langfassung, ebenso wie ein Autorinnen- und Autorenverzeichnis und ein Glossar.

Vorbemerkungen zu den OR-Fachausgaben

Vorbemerkungen

Die OR-Fachausgaben bestehen aus den jeweiligen fächerbezogenen Kapiteln des „Orientierungsrahmens globale Entwicklung – Bildung für nachhaltige Entwicklung in der gymnasialen Oberstufe“ (2025) und einer Kurzfassung des Orientierungsrahmens, in der die zentralen Gedanken der übergeordneten Kapitel des Orientierungsrahmens kompakt dargestellt werden.

Die 17 Fachbeiträge des neuen Orientierungsrahmens treffen Aussagen zur Verankerung von BNE im jeweiligen Fach und der jeweiligen Fächergruppe, zu Kompetenzen sowie zu didaktischen Konzepten. In Unterrichtsskizzen und ausführlicheren Unterrichtsbeispielen wird zudem jeweils exemplarisch vorgestellt, wie BNE im Unterricht praktisch integriert werden kann.

Insgesamt gibt es OR-Fachausgaben zu folgenden Fächern:

Gesellschaftliches Aufgabenfeld

- Sozialwissenschaften/Politische Bildung
- Geographie
- Wirtschaft
- Geschichte
- Religion
- Philosophie und Ethik

Sprachlich-literarisches Aufgabenfeld

- Deutsch
- Neue Sprachen
- Alte Sprachen

Künstlerisches Aufgabenfeld und Sport

- Musik und Theater
- Bildende Kunst
- Sport

Mathematisch-naturwissenschaftlich-technisches Aufgabenfeld

- Mathematik
- Biologie
- Chemie
- Physik
- Informatik

Ein Überblick zu den Unterrichtsbeispielen der verschiedenen Fächer findet sich in Tabelle 4, S. 21.

Kurzfassung

KMK/BMZ-Orientierungsrahmen Globale Entwicklung für die gymnasiale Oberstufe

Claire Grauer¹

1 Einführung

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) möchte Lernende und Lehrende zu einer vertieften Auseinandersetzung mit den aktuellen nachhaltigkeitsbezogenen Fragen, Kontroversen und Problemstellungen anregen und ihnen dadurch Handlungsoptionen eröffnen. Dem liegt die Auffassung zugrunde, dass die Herausforderungen und Krisen unserer Zeit historisch verwurzelt sowie lokal und global miteinander verwoben sind. BNE fördert Werte und Kompetenzen wie Perspektivenwechsel und Empathie, vernetztes Denken und Urteilsfähigkeit. Dadurch können Lernende Handlungsfähigkeit für eine nachhaltige Zukunftsgestaltung entwickeln und somit zu dem Ziel beitragen, ein Leben in Würde für alle Menschen heutiger und zukünftiger Generationen zu ermöglichen. BNE orientiert sich an den 17 globalen Nachhaltigkeitszielen (*Sustainable Development Goals* – SDGs), deren Unterziel 4.7 Bildung als wesentlichen Faktor zur Umsetzung der Ziele benennt. Entsprechend beinhaltet das UNESCO-Programm BNE 2030 nachhaltige Entwicklung als inhaltlichen Kernbestandteil aller Bildungsbereiche.

Eine Grundlage des Orientierungsrahmens Globale Entwicklung für die gymnasiale Oberstufe (im Folgenden OR für die gymnasiale Oberstufe) ist die Empfehlung der Kultusministerkonferenz (KMK) zur *Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule* (KMK 2024^a). Diese versteht BNE explizit als integratives, emanzipatorisches und wertebasiertes Bildungsprinzip mit hoher Anschlussfähigkeit an übergeordnete Bildungsaufgaben, wie politische Bildung und Demokratiebildung, kulturelle und interkulturelle Bildung, ökonomische Bildung und Verbraucherbildung. Dies erfordert eine didaktische Ausrichtung, die „neben kognitiven Lernprozessen auch das sozial-emotionale Lernen“ fördert, „das angesichts von Zukunftsängsten von Kindern und Jugendlichen [...] für den Aufbau positiver Selbstkonzepte“ (KMK 2024^a: 11) notwendig ist.

Der OR für die gymnasiale Oberstufe leistet einen Beitrag zur Umsetzung von BNE mit globaler Perspektive im Fachunterricht in fachübergreifenden und fächerverbindenden Bezügen in der gymnasialen Oberstufe, entsprechend den KMK-Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife und den Einheitlichen Prüfungsanforderungen für die Abiturprüfung der KMK (EPA). Mit Bezug auf Leistungsfeststellungen bis hin zum Abitur bietet er Anregungen zu einer innovativen Prüfungskultur, u. a. mit Fokus auf Autonomie und Eigenverantwortung der Lernenden. Darüber hinaus setzt er Impulse für die Schulentwicklung (*Whole School Approach* – WSA). Er baut auf den Strukturen des Orientierungsrahmens Globale Entwicklung für die Sekundarstufe I (KMK ET AL. 2016) auf und versteht sich als


¹ Unter Mitwirkung des Redaktionsteams des neuen Orientierungsrahmens Globale Entwicklung für die gymnasiale Oberstufe: Gerd Vetter, Till Winkelmann, Ralf Heinrich, Jan Hinze-Baden, Christina Berndt und Marcus Römer. Kommentiert wurde die Kurzfassung von Silke Bell, Sonja Hellig, Nicola Pape und Wiebke Schwinger.

Beitrag für schulische Bildung und Verwaltung auf allen Ebenen. Er bietet Grundlagen und Anregungen für den Kompetenzaufbau von Lehrenden und Lernenden, die sie dabei unterstützen, sich für eine lebenswerte Zukunft auf der Basis eines werteorientierten und demokratischen Grundverständnisses einzusetzen.

In dieser Kurzfassung werden die zentralen Gedanken der übergeordneten Kapitel des OR für die gymnasiale Oberstufe kompakt dargestellt (siehe Tabelle 1 für eine Übersicht zu den Kapiteln sowie ihren Autorinnen und Autoren).

| Tabelle 1: Übersicht zu den übergeordneten Kapiteln des Orientierungsrahmens Globale Entwicklung für die gymnasiale Oberstufe und ihre Autorinnen und Autoren

Kapitel	Titel der rahmenden Kapitel	Autorinnen und Autoren
1	Einführung in den Orientierungsrahmen – Konzeptionelle und theoretische Grundlagen	Prof. Dr. Annette Scheunpflug, Dr. Dorothea Taube
2	Wie kann motivierende und effektive BNE gelingen?	Dr. Antje Brock, Julius Grund, Jorrit Holst
3	Lebensweltperspektiven der Jugendlichen	Matthias Scholliers, Dr. Claire Grauer
4	Bildung für nachhaltige Entwicklung in einer digitalisierten Welt	Ralf Heinrich, Jan Hinze-Baden, Matthias Scholliers, Eike Völker, Dr. Till Winkelmann
5	Leitbilder, Kompetenzen und didaktische Konzepte	Jörg-Robert Schreiber
6	Umsetzung von BNE im Fachunterricht mit 17 fachbezogenen Beiträgen: A Gesellschaftswissenschaftliches Aufgabenfeld (Fachkapitel Sozialwissenschaften / Politische Bildung, Geographie, Wirtschaft, Religion, Philosophie / Ethik) B Sprachlich-literarisches Aufgabenfeld (Vorkapitel Sprachen, Fachkapitel Deutsch, Neue Sprachen, Alte Sprachen) C Künstlerisches Aufgabenfeld und Sport (Fachkapitel Musik und Theater, Bildende Kunst, Sport) D Mathematisch-informatisch-naturwissenschaftlich-technisches Aufgabenfeld (Fachkapitel Mathematik, Biologie, Chemie, Physik, Informatik)	Jörg-Robert Schreiber (Kap. 6.1) anschließend folgen die Beiträge von den 17 Facharbeitskreisen
7	BNE mit globaler Perspektive in der Lehrkräftebildung	Prof. Dr. Claudia Bergmüller-Hauptmann, Alexander Brämer, Jens Kühne
8	BNE als Aufgabe für die ganze Schule – der Whole School Approach	Claudia Schanz

 In dieser Kurzfassung finden Sie am Rand Querverweise zu den Kapiteln der Langfassung des Orientierungsrahmens Globale Entwicklung, jeweils markiert mit einem Buchsymbol in der zugeordneten Farbe des Kapitels in der Langfassung.

Die in Tabelle 1 genannten Beiträge des OR für die gymnasiale Oberstufe führen in das Verständnis von BNE ein und stellen Verbindungen mit Demokratie- und Wertebildung her (Kapitel 1). Sie behandeln Rahmenbedingungen, die für eine BNE von zentraler Bedeutung sind. Hierzu zählen neben einer aktivierenden, partizipativen und kollaborativen Lern- und Prüfungskultur die Emotionen (Kapitel 2) und Lebenswelten von Jugendlichen (Kapitel 3) sowie eine Kultur der Digitalität (Kapitel 4). Nachdem Kapitel 5 in das Kompetenzmodell des Orientierungsrahmens eingeführt hat, gehen die 17 fachbezogenen Beiträge in Kapitel 6 ausführlich auf die Verankerung von BNE in den jeweiligen Fächern ein und stellen fachbezogene Teilkompetenzen, Unterrichtsthemen und -beispiele vor. Schließlich werden zentrale Ansätze der Umsetzung von BNE in der Lehrkräftebildung (Kapitel 7) sowie in der Schulentwicklung (Kapitel 8) dargestellt.

Der Orientierungsrahmen wurde erstmalig als gemeinsames Projekt 2004 von der Kultusministerkonferenz (KMK) und dem Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) beschlossen. 2007 wurde der erste Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung verabschiedet. Die zweite und aktualisierte Auflage mit dem erweiterten Fokus auf die Fächer der Sekundarstufe I wurde 2016 veröffentlicht. Seiner Erweiterung auf die Sekundarstufe II in einer eigenen Ausgabe wurde in der KMK-Amtschefkonferenz 2019 zugestimmt. Diese wurde am 16.10.2025 von der 5. Bildungsministerkonferenz der KMK als „Orientierungsrahmen Globale Entwicklung – Bildung für nachhaltige Entwicklung in der gymnasialen Oberstufe“ verabschiedet.

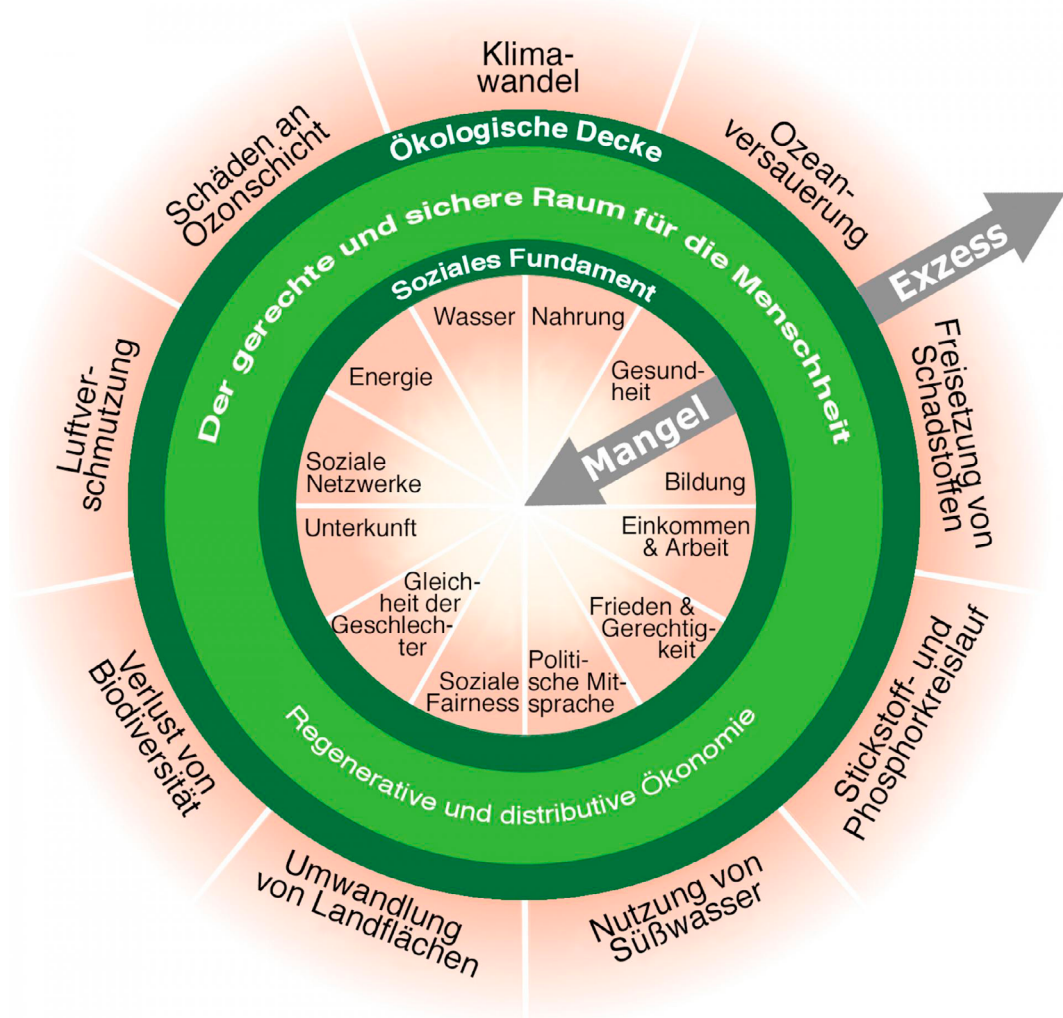
2 Orientierung am Leitbild der nachhaltigen Entwicklung

Nachhaltigkeit ist ein interdisziplinäres Wissenschaftsfeld und ein grundlegendes Prinzip von Zukunftsorientierung. Nachhaltigkeitsbezogene Fragen sind daher von Relevanz für alle Schulfächer, Fachwissenschaften und ihre Fachdidaktiken (siehe Kap. 1 des OR: *Einführung in den Orientierungsrahmen – Konzeptionelle und theoretische Grundlagen*, Annette Scheunpflug und Dorothea Taube).

Die konzeptionellen Grundlagen des Orientierungsrahmens Globale Entwicklung basieren auf dem Leitbild der nachhaltigen Entwicklung. Nachhaltige Entwicklung umfasst danach Multidimensionalität und Multiperspektivität unter maßgeblicher Berücksichtigung nicht zu überschreitender planetarer Grenzen, zentraler menschlicher Bedürfnisse und der Generationengerechtigkeit weltweit. Dies wird zum Beispiel durch das Modell der Donut-Ökonomie von Kate RAWORTH (2018) deutlich, das die Grenzen wirtschaftlichen Handelns abbildet: die planetaren Grenzen (ökologische Decke; äußere Grenze) sowie das soziale Fundament des Wohlstands (innere Grenze). Da die Überschreitung der planetaren Grenzen das gesamte Leben auf der Erde auf Dauer bedroht, ist die ökologische Dimension in diesem Modell von zentraler Bedeutung.

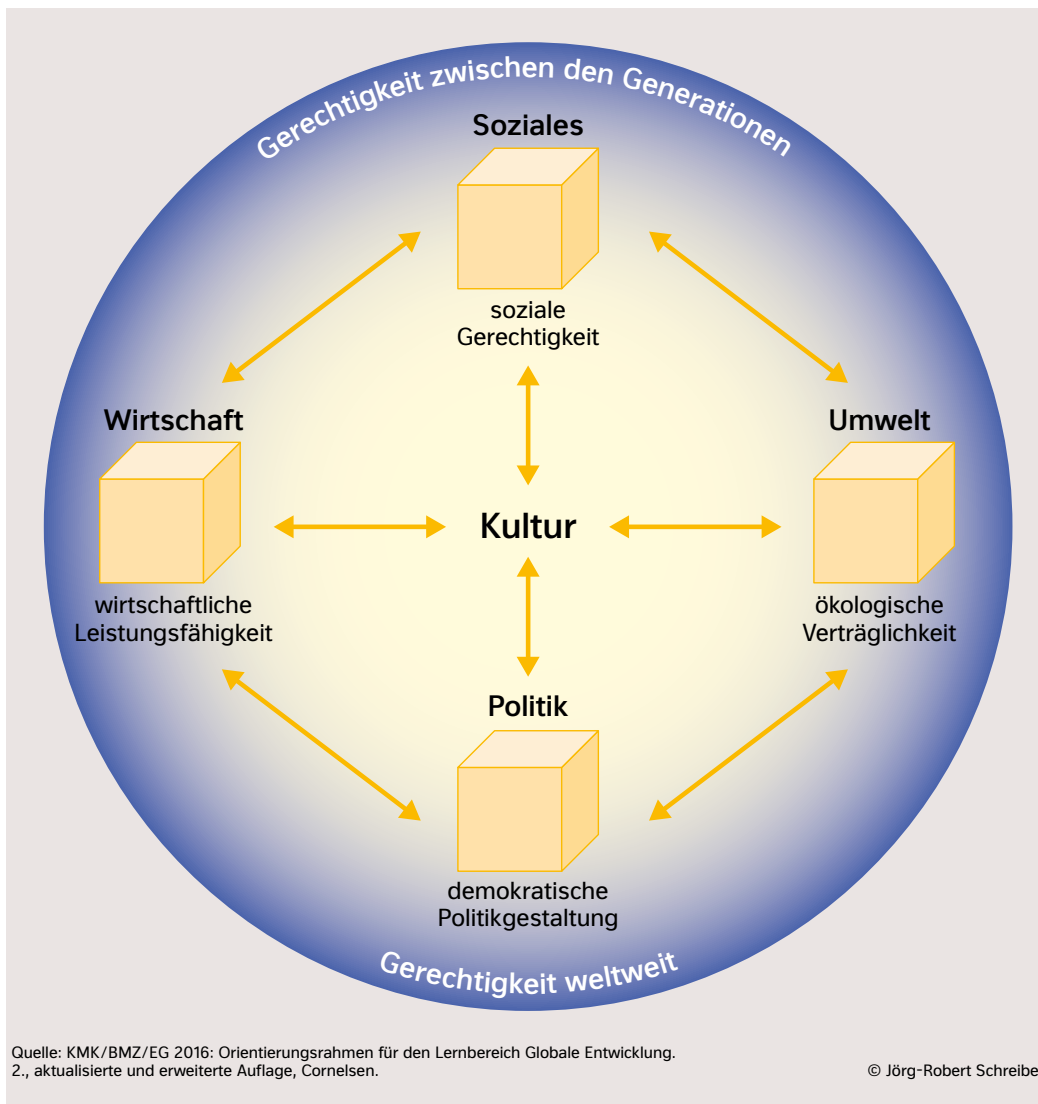
 **Kap. 1**
Langfassung
S. 24–57

| Abbildung 1: Modell der Donut-Ökonomie (RAWORTH 2018)



Das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung adressiert globale Entwicklungszusammenhänge und -dimensionen. Ihr Zusammenspiel ist komplex und von vielen verschiedenen Interessen bestimmt. Zu treffende Entscheidungen sind daher häufig durch daraus resultierende Zielkonflikte determiniert. BNE hat daher zum Ziel, das Verständnis Lernender dafür zu fördern, dass es diese Zielkonflikte gibt und nachhaltigkeitsbezogenes Handeln entsprechend bedeutet, stets bewusst zwischen bestehenden Konflikten abzuwägen, um entstehende Nachteile möglichst gering zu halten. Der Orientierungsrahmen mit seinem Kompetenzansatz der drei Schritte **Erkennen**, **Bewerten** und **Handeln** möchte Lernende entsprechend darin unterstützen, diesen Herausforderungen lösungsorientiert zu begegnen.

| Abbildung 2: Leitbild der nachhaltigen Entwicklung (SCHREIBER 2016)

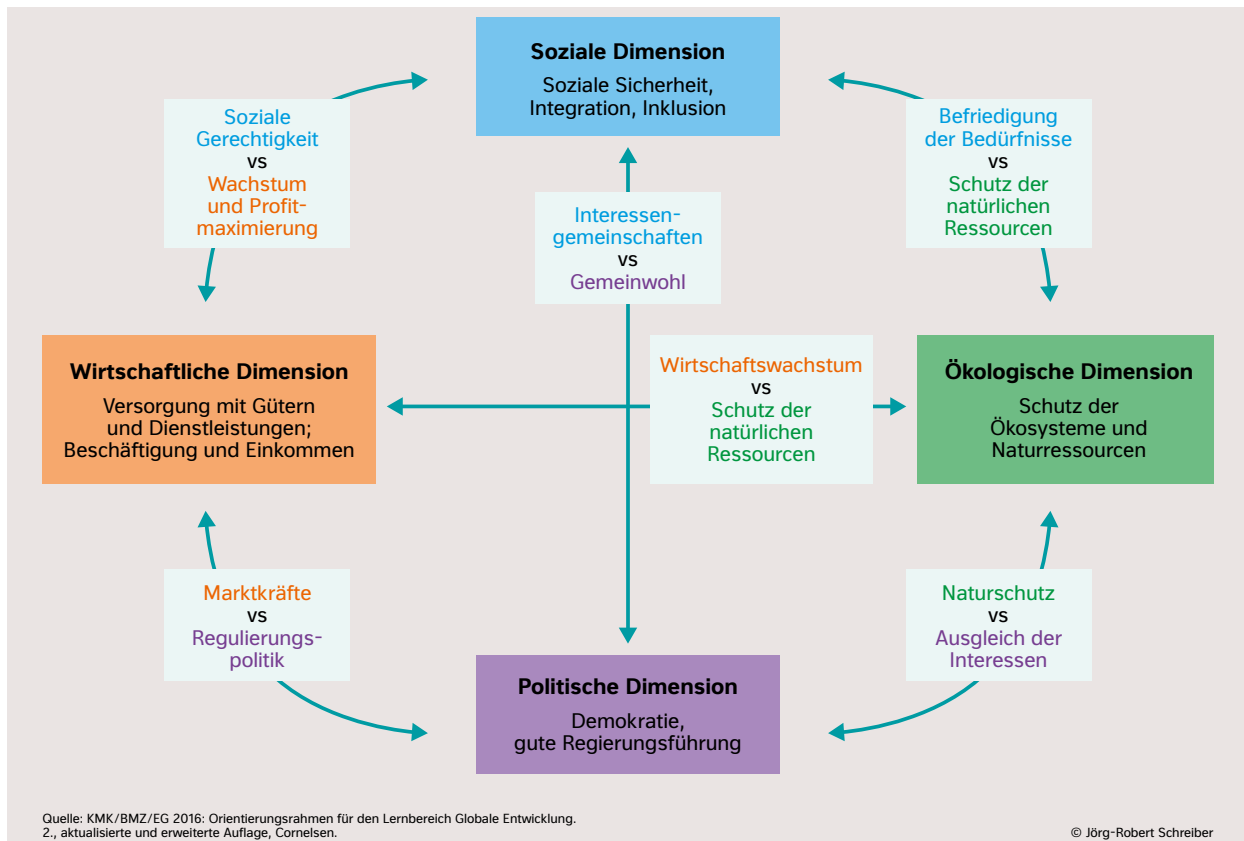


Im Nachhaltigkeitsverständnis des Orientierungsrahmens bewegen sich die jeweiligen Fragen in einem Spannungsfeld der vier Zieldimensionen

- soziale Gerechtigkeit,
- ökologische Verträglichkeit,
- demokratische Politikgestaltung,
- wirtschaftliche Leistungsfähigkeit.

Das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung bietet Lernenden und Lehrenden Orientierung zum Verständnis und zur Analyse von Zielkonflikten zwischen den einzelnen Dimensionen. Da sich dieses Spannungsfeld nicht auflösen lässt, unterstützt BNE Lernende dabei, solche Zielkonflikte und Dilemmata zu erkennen und abzuwägen, was dies jeweils für individuelles und gesellschaftliches Handeln im Sinn der Nachhaltigkeit bedeutet. Das Ziel besteht darin, dass sich Lernende wie Lehrende entsprechende Handlungskompetenzen erarbeiten.

| Abbildung 3: Entwicklungsdimensionen und Zielkonflikte (SCHREIBER 2016)



3 Einführung in das Verständnis einer Bildung für nachhaltige Entwicklung

Kap. 1
Langfassung
S. 24 – 57

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) ist ein Bildungsprinzip, das sich aus einer Vielzahl historischer Entwicklungslinien und Bildungsansätzen speist (siehe für weitergehende Ausführungen Kap. 1 des OR für die gymnasiale Oberstufe). Sie versteht sich als gleichermaßen relevant für alle Bildungsbereiche (von der Kita bis zur Schule und Hochschule, in der außerschulischen Bildung und somit für das lebenslange Lernen). Die Umsetzung von BNE wird durch internationale und nationale Rahmenwerke gefördert, etwa das UNESCO-Programm *ESD for 2030* (UNESCO 2021), die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie (DEUTSCHE BUNDESREGIERUNG 2025) oder die BNE-Empfehlung der Kultusministerkonferenz (KMK 2024^a).

Unter anderem in der UNESCO-Strategie „Bildung für nachhaltige Entwicklung: eine Roadmap“ (UNESCO 2021) werden fünf prioritäre Handlungsfelder konkretisiert:

1. politische Unterstützung,
2. ganzheitliche Transformation von Lern- und Lehrumgebungen (*Whole School Approach*),
3. Kompetenzentwicklung von Lehrenden,
4. Stärkung und Mobilisierung der Jugend und
5. Förderung nachhaltiger Entwicklung auf lokaler Ebene.

Dabei steht die Perspektive der Lernenden im Vordergrund:

„Für die Schule bietet Bildung für nachhaltige Entwicklung Chancen einer Neuausrichtung schulischen Lernens. Eine an BNE ausgerichtete Unterrichts- und Schulentwicklung sollte insbesondere aus dem Blickwinkel der Schülerinnen und Schüler, anhand ihrer Bedürfnisse und Interessen entwickelt werden. Damit wird zukunftsfähiges und transformatives Denken und Handeln zu einem bedeutenden Aspekt schulischer Prozesse.“ (KMK 2024^a: S. 2)

Der Orientierungsrahmen möchte in diesem Sinn zur Gestaltung einer hochwertigen Unterrichts- und Schulentwicklung beitragen. Dazu passen insbesondere Ansätze transformativer Bildung bzw. transformativen Lernens, wobei Transformation in diesem Kontext bedeutet, dass BNE zu positiven gesellschaftlichen Veränderungen hin zu stärkerer sozialer Gerechtigkeit und planetarer Nachhaltigkeit beitragen möchte (weiterführend UMWELTBUNDESAMT 2021: insbesondere 15 ff.).

Durch das Berufen auf global geteilte Werte und in Bezug auf die 17 SDGs stellt BNE einen wichtigen Beitrag zur demokratiebezogenen Bildung dar. Insbesondere die Förderung von Reflexionskompetenz und der Fähigkeit, mit Unsicherheit umzugehen, ermöglicht Lernenden, sich an gesellschaftlichen Diskursen und Entscheidungsprozessen zu beteiligen. Ebenso entwickeln Lernende dadurch ein Verständnis von Vielfalt und Komplexität als Chancen gesellschaftlicher Entwicklung. Zum besseren Verständnis, was Lernende der gymnasialen Oberstufe aktuell bewegt, bietet das folgende Kapitel Einblicke in ausgewählte aktuelle Studien zu den Lebenswelten junger Menschen.


4 Gesellschaftliche Relevanz von BNE: Lebenswelten junger Menschen

Junge Menschen erleben ihre Gegenwart und Zukunft oft als unsicher angesichts der sich schnell ändernden Rahmenbedingungen, des Klimawandels und der Vielzahl globaler Krisen (siehe weitergehend Kap. 3 des OR: *Lebenswelten der Jugendlichen*, Matthias Scholliers und Claire Grauer). Zugleich berichten viele jedoch auch, positiv auf ihre persönliche Zukunft zu blicken. Der für BNE zentrale Umgang mit Ambivalenz ist also bereits Realität der Lernenden. Im Folgenden werden einige Hauptkenntnisse aktueller Studien vorgestellt, die illustrieren, wie junge Menschen ihre gegenwärtigen Lebenswelten wahrnehmen. Daran anschließend werden Schlussfolgerungen für die Umsetzung von BNE in der gymnasialen Oberstufe gezogen.

 **Kap. 3**
Langfassung
S. 68–96

4.1 Lebensweltperspektiven der Jugendlichen

Junge Menschen wünschen sich, besser für die gegenwärtigen gesellschaftlichen Herausforderungen, deren Auswirkungen sie spüren, vorbereitet zu werden (für eine tabellarische Übersicht der im Folgenden zitierten Studien und ihrer zentralen Inhalte siehe Kap. 3.2 des OR). Von Bedeutung sind dabei vor allem drei Gesichtspunkte.

 **Kap. 3.2**
Langfassung
S. 74 f.

Zufriedenheit mit dem eigenen Leben und Vorstellungen von der Zukunft: Jugendliche erleben ihren Alltag als ambivalent. Einerseits sind die Folgen der Corona-Pandemie weiterhin präsent und in der „Trendstudie Jugend in Deutschland.

Verantwortung für die Zukunft? Ja, Aber“ (SCHNETZER ET AL. 2024) geben viele junge Menschen an, mentale Belastungen zu erleben. Laut jüngster Shell-Jugendstudie (ALBERT & QUENZEL 2024) sorgen sie sich vor Krieg in Europa, steigender Armut und Arbeitslosigkeit, vor Umweltverschmutzung und Klimawandel sowie zunehmender Feindseligkeit zwischen Menschen. Zugleich sieht eine Mehrheit die Gesellschaft in der Lage dazu, die aktuellen Herausforderungen zu bewältigen, und glaubt, dass sich ihre persönliche Zukunft positiv entfalten wird – so die Studie „Einstellungen und Sorgen der jungen Generation Deutschlands“ (LIZ MOHN CENTER 2023).

Was ihnen wichtig ist: Viele junge Menschen beschäftigen Fragen des Klimawandels und des Umweltschutzes oft verbunden mit Gefühlen von Ohnmacht, Trauer und Wut angesichts der erlebten globalen Nachhaltigkeitsprobleme, wie das „Greenpeace Nachhaltigkeitsbarometer 2021“ (KRESS 2021) feststellt. Dies wiederum nehmen laut der Studie „Zukunft? Jugend fragen! – 2021. Umwelt, Klima, Wandel – was junge Menschen erwarten und wie sie sich engagieren“ viele von ihnen zum Anlass, sich gesellschaftlich zu engagieren (BMUV & UMWELTBUNDESAMT 2021). Von Politikerinnen und Politikern erwarten sie, dass diese Entscheidungen treffen, die die Zukunftsfähigkeit der Erde und damit auch den gesellschaftlichen Zusammenhalt erhalten.

Einstellungen zur Politik: Jugendliche fühlen sich von der Politik allein gelassen und nicht ausreichend vertreten (KRESS 2021). Während Interesse und Bereitschaft, sich in politischen Parteien zu engagieren, sinken, gibt die Mehrheit junger Menschen an, an Politik interessiert zu sein und sich gesellschaftlich engagieren zu wollen. Dabei lässt sich ein Gefälle zwischen jenen aus einkommensstarken und einkommensschwachen Schichten beobachten (LIZ MOHN CENTER 2023).

4.2 Was bedeutet dies für Bildung für nachhaltige Entwicklung in der gymnasialen Oberstufe?

Die erlebten Herausforderungen zeigen einen hohen Bedarf, Bildung stärker an den Zielen der nachhaltigen Entwicklung auszurichten. Gefördert werden sollten insbesondere übergreifende Kompetenzen, die Lernende befähigen, Herausforderungen einer noch unbekannteren Zukunft zu bewältigen. Dazu gehören u. a., Kreativität, kritisches Denken, interkulturelle Kommunikation sowie eine Kultur der Digitalität (siehe auch Kap. 4 des OR). Ferner beinhaltet dies die Umsetzung selbstregulierten Lernens zur Ausbildung von Selbstwirksamkeit und die stärkere Anpassung von Bildungsprozessen an individuelle Bedürfnisse und Lerntypen.

Von Relevanz sind auch Fragen nach der beruflichen Orientierung. Viele Jugendliche empfinden bestehende diesbezügliche Angebote wie Berufspraktika, Bildungspartnerschaften und Bildungspläne als unzureichend, da ihnen häufig eine klare Vorstellung über ihren beruflichen Weg fehlt, wie es die Studie zur „Berufsorientierung Jugendlicher in Deutschland“ (SCHLEER & CALMBACH 2022) herausarbeitet. Angesichts der geschilderten Auseinandersetzung Jugendlicher mit gesellschaftlichen Themen gewinnen Fragen der nachhaltigen Entwicklung in Bezug auf die Berufswahl zunehmend an Stellenwert. BNE-bezogene Angebote in der gymnasialen Oberstufe können hier ansetzen und thematisieren, wie sich dies hinsichtlich der Ausbildungs- oder Studienwahl berücksichtigen lässt. Dies setzt ein inhaltliches Verständnis nachhaltiger Entwicklung voraus sowie das Wissen um die Bedeutung fachübergreifenden, interdisziplinären Lernens und Denkens. Hier sind insbeson-

dere die Konzepte der berufsbezogenen BNE (BBNE) anschlussfähig, da sie BNE mit berufsbezogenem Handeln verknüpfen.

4.3 Wie kann motivierende und effektive BNE gelingen?

Schule kommt die Aufgabe zu, angemessen auf die Gestaltung der Zukunft vorzubereiten. Hierzu gehört auch, „epochaltypische Schlüsselprobleme“ (KLAFFKI 1996) zu (er)kennen und ihre Lösungen mitgestalten zu können. Vor diesem Hintergrund befindet sich BNE im Zentrum schulischer Lern- und Bildungsaufgaben und es stellt sich die Frage, wie es gelingen kann, dass BNE motivierend wirkt und sich effektiv vollzieht (siehe weiterführend Kap. 2 des OR: *Wie kann motivierende und effektive BNE gelingen? Rahmenbedingungen und Wege erfolgreicher Umsetzung*, Antje Brock, Julius Grund und Jorrit Holst).

 **Kap. 2**
Langfassung
S. 58 – 67

Solch eine gelingende BNE beginnt mit dem grundlegenden Verständnis der Ziele schulischer Bildung und deren Gewichtung: Was sollte angesichts des hohen Problem- und Nachhaltigkeitsbewusstseins in der breiten Bevölkerung und bei Jugendlichen an Gewohntem und Bewährtem weitergegeben werden? Wie viel Neues gehört, angesichts der großen Transformationsherausforderungen, zu angemessener Zukunftsvorbereitung? Konkret können auf verschiedenen Ebenen die Weichen für motivierende und effektive BNE gestellt werden. Dazu zählt, dass neben Wissensvermittlung die Rolle von Emotionen zentral für BNE ist. Dies gilt nicht nur für den Kontext BNE, hier jedoch besonders, da sich Jugendliche in ihrer Lebens- und Zukunftsgestaltung häufig bereits durch Nachhaltigkeitskrisen betroffen fühlen. Hierbei empfehlen Brock, Grund und Holst, von der Lebenswelt der Lernenden auszugehen und dabei auch den emotionalen Umgang mit Nachhaltigkeitskrisen zu thematisieren. Es gilt, Austauschformate zu schaffen, Emotionswissen zu vermitteln oder Perspektivenwechsel vorzunehmen. Zudem sind kollektive Lernerfahrungen ebenso wichtige Bestandteile wie das Wissen darum, welche Handlungen, auch über den eigenen Fußabdruck hinaus, wirklich große Effekte haben.

Zu wirksamer BNE zählt zudem, über die Wissensvermittlung hinaus die gesamten Abläufe an Schulen auf ihren Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung hin zu überprüfen und daran zu orientieren (*Whole School Approach*; HOLST ET AL. 2024). Dabei ist nachhaltigkeitsorientierte Schulentwicklung geprägt von der gemeinsamen Gestaltung durch verschiedene Personengruppen – neben Lernenden und Lehrenden auch Eltern, technisches Personal, außerschulische Kooperationspartner sowie die Kommunen als Schulträger. Die Schulleitungen nehmen hier eine besonders prägende Rolle ein, indem sie Prioritäten setzen und bestimmte Werte in Schulen stärken. Verschiedenste Studien belegen, dass eine kohärente institutionelle Ausrichtung an Nachhaltigkeit nicht nur den Zielen der Vereinten Nationen und den KMK-Empfehlungen entspricht, sondern auch dem Interesse von Lernenden, Lehrenden und Schulleitungen (u. a. GRUND & BROCK 2022).

BNE gelingt zudem durch fachübergreifenden und fächerverbindenden Unterricht. Dadurch kann stärker vom Alltag von Lernenden sowie der realen Welt ausgegangen werden, um zu ergründen, wie sich Nachhaltigkeitsprobleme manifestieren und wie zu ihren Lösungen beigetragen werden kann. Dies reicht über einzelne Fachdisziplinen hinaus und somit hat fächerübergreifende, lösungsorientierte BNE das Potenzial, die Überzeugung zu stärken, selbst einen positiven Unterschied machen zu können. Zudem ist eine tiefgreifende Verankerung von BNE in den Strukturen des Bildungsbereichs, etwa in Form einer weiteren Verstetigung in Schulgesetzen,

Curricula, sowie in der Aus- und Fortbildung von Lehrenden wesentlich. Konsequenterweise würde eine Ausrichtung an BNE und den damit verbundenen Kompetenzen zu einem zentralen Bestandteil des Verständnisses hochwertiger Bildung werden. All diese Ebenen tragen zu der Erfahrung bei, dass Schule als zentraler Ort für Zukunftsvorbereitung fungiert und zur aktiven Mitgestaltung befähigt.

4.4 BNE in einer digitalisierten Welt

Digitalisierung beeinflusst Gegenwart und Zukunft der Lernenden tiefgreifend. Aktuell erleben wir diesbezüglich fundamentale gesellschaftliche und politische Umbrüche, deren Auswirkungen teilweise bereits deutlich werden, aber in ihrer Reichweite (noch) nicht absehbar sind. Sie betreffen gleichermaßen das Selbstverständnis des Menschen und unser Verständnis von Gesellschaft. BNE in einer digitalisierten Welt möchte Lernende deswegen zu einer Auseinandersetzung damit anregen, wie Digitalisierung und nachhaltige Entwicklung zusammenhängen (siehe weitergehend Kap. 4 des OR: *Bildung für nachhaltige Entwicklung in einer digitalisierten Welt*, Ralf Heinrich, Jan Hinze-Baden, Matthias Scholliers, Eike Völker, Till Winkelmann).

Kap. 4
Langfassung
S. 97 – 136

Zwar nutzen Lernende in allen Lebensbereichen digitale Medien, der Umgang damit muss aber pädagogisch eingebettet werden, da eine autonome und souveräne Routine nicht vorausgesetzt werden kann (KMK 2021: 7). Sie benötigen daher Handlungskompetenzen, mit denen sie sich an einer nachhaltigen Gestaltung einer digitalisierten Welt beteiligen und sich hinsichtlich einer globalen Kultur der Digitalität² und einer digitalen Resilienz positionieren können.

Hier sind die grundlegenden Analysen des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2019) von Bedeutung, die in ihrer Perspektive zeitlich über die Agenda 2030 hinausweisen und die Zusammenhänge zwischen Digitalisierung und nachhaltiger Entwicklung in Form von drei Dynamiken aufzeigen: Neben der zentralen Frage nach Chancen und Risiken der Digitalisierung für Nachhaltigkeit (erste Dynamik) geht es darum, den fundamentalen gesellschaftlichen Systemrisiken der digitalen Revolution begegnen zu können. Persönlichkeitsbildung, Selbstregulationskompetenzen und Mitgefühl können beim konstruktiven Umgang mit der Wucht der Veränderungen helfen (zweite Dynamik). Und schließlich hat die Digitalisierung auch Auswirkungen auf das Selbstverständnis des Menschen in seinem Verhältnis zur Mitwelt und Technik (dritte Dynamik).

Bezogen auf Bildung bedeutet dies, dass mittels digitaler Technologien z.B. der Zugang zu Bildungsangeboten verbessert und neue Möglichkeiten im Bereich der Individualisierung geschaffen werden können. So kann etwa das Verständnis Lernender für komplexe und globale Herausforderungen nachhaltiger Entwicklung wie Klimawandel oder Biodiversitätsverlust angeregt werden, indem diese Prozesse durch den Einsatz von Modellierungstools simuliert werden. Dabei sollte immer auch mitgedacht werden, dass Lernende Risiken der Digitalisierung erkennen und bewerten. Beispielsweise könnten Arbeitsstandards und der Ressourcenbedarf bei

² Diese Kultur der Digitalität – der Begriff wurde erstmals von Felix STALDER (2016) geprägt – wird hier bewusst normativ, im Sinn nachhaltiger Entwicklung definiert: Pädagogisches Ziel ist eine reflektierte, aktiv-gestalterische Haltung in analogen wie digitalen Räumen, also ein verantwortlicher, kommunikativer, ebenso kreativ-mutiger wie kollaborativer Umgang mit digitalen Medien, nicht nur in der Schule. Siehe dazu u. a. DEUTSCHER ETHIKRAT (2023: 41): „Digitalisierung ist kein Selbstzweck. Der Einsatz sollte nicht von technologischen Visionen, sondern von grundlegenden Vorstellungen von Bildung, die auch die Bildung der Persönlichkeit umfassen, geleitet sein“.

der Herstellung und dem Einsatz von IT-Hard- und Software, die Verstärkung bestehender Ungleichheiten und Machtkonzentrationen durch die Ausgrenzung ärmerer Menschen von digitaler Teilhabe oder der Ausbau der Marktmacht einzelner IT-Unternehmen thematisiert und kritisch bewertet werden.

Relevant für Lernende in diesem Kontext ist hier insbesondere auch die Fähigkeit, digitale Technologien und Tools kritisch zu reflektieren. Derzeit erleben wir etwa einen rasanten Fortschritt der KI, die von jungen Menschen offensiv genutzt wird, während bestehende Strukturen, auch im Bildungssystem, kaum Schritt halten können. Ein hilfreicher, weltweit rezipierter Ansatz dazu ist die „21st Century Education“, die 2024 auf das Themenfeld KI (künstliche Intelligenz) erweitert wurde (FADEL ET AL. 2024). Auch die „Handlungsempfehlung für die Bildungsverwaltung zum Umgang mit künstlicher Intelligenz in schulischen Bildungsprozessen“ (KMK 2024^b) nimmt Bezug auf die Zukunftskompetenzen (4 K) und betont entsprechend, dass es neben stärkerer Unterstützung der Lehrkräfte auch einer Veränderung der Prüfungskultur in dem Sinn bedürfe, dass „hilfsmittelunterstützte, längerfristig vorbereitete, kollaborative sowie dialogische [...] Leistungen [...] im Rahmen einer Präsentation erbracht werden“ (KMK 2024^b: 7).

Für das Themenfeld KI nützlich sind zudem die KI-Kompetenzrahmen für Lehrende (UNESCO 2024^b) und für Lernende (UNESCO 2024^a) der UNESCO, die beide auf der UNESCO-Empfehlung zur Ethik der KI (DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION 2023) basieren. Die Empfehlung stellt menschliche Fähigkeiten und Bedürfnisse ins Zentrum und betont, dass Menschenrechte und Grundfreiheiten während des gesamten Lebenszyklus von KI-Systemen geachtet, geschützt und gefördert werden müssen. Zugleich sollen Umwelt und Ökosysteme geschützt und gefördert werden, denn sie sind die existenzielle Voraussetzung dafür, dass die Menschheit und andere Lebewesen Nutzen aus dem KI-Fortschritt ziehen können.

Im Sinn einer hochwertigen „Bildung in der digitalen Welt“ (SDG 4; KMK 2021, 2024) können und sollten die Lernenden in diesen Diskurs einbezogen werden und ihn mitgestalten können, gerade in der Oberstufe – ebenso wie Eltern, Bildungspartnerinnen und -partner sowie alle anderen am Schulleben Beteiligten.

5 Didaktische Ansätze und der Kompetenzansatz des Orientierungsrahmens

Der didaktische Ansatz des Orientierungsrahmens beruht auf fünf Leitideen:

1. Orientierung an Leitbildern der nachhaltigen Entwicklung,
2. Analyse von Entwicklungsprozessen auf unterschiedlichen Handlungsebenen,
3. BNE-Prinzipien, Lernformate und Methoden,
4. lebensweltorientierter Umgang mit Vielfalt und Fähigkeiten zum Perspektivenwechsel,
5. Wissenschaftspropädeutik in der gymnasialen Oberstufe.

Er verfolgt damit das Kernanliegen, komplexere Verständnisse von Entwicklung zu fördern, die bestehenden Spannungen zwischen Wissen und Handeln und die oben erwähnten Zielkonflikte der verschiedenen Dimensionen nachhaltiger Entwicklung zu thematisieren. Der Orientierungsrahmen verwendet dazu ein **Kompetenzmodell im Dreischritt Erkennen – Bewerten – Handeln**. Bevor dies erläutert wird, erfolgt eine kurze Übersicht über empirische Befunde zur Didaktik der BNE.

5.1 Empirische Befunde und Didaktik einer BNE mit globaler Perspektive

■ Kap. 1.2.1
Langfassung
S. 38 f.

Es gibt einen wachsenden Forschungszweig zur Ausdifferenzierung von Nachhaltigkeitskompetenzen und zu den dazu geeigneten Lehr-Lern-Settings (siehe weiterführend Kap. 1.2.1 des OR). Als zentral gilt hier die Reflexionskompetenz als Voraussetzung für den Umgang mit Komplexität und Unsicherheit. Ebenso bedeutsam ist die kontinuierliche Erfahrung von Selbstwirksamkeit der Lernenden (siehe z. B. TAUBE 2022). Schulen kommt hier auch insofern eine wichtige Rolle zu, als junge Menschen einen Großteil ihres Alltags dort verbringen. Schule wird dadurch zum Erprobungsraum der Aneignung von Handlungswissen. Sie kann und sollte das Herstellen lebensweltlicher Bezüge zum Alltag der Lernenden leisten, da das Vermitteln von Faktenwissen allein nicht ausreicht, um Menschen zu nachhaltigkeitsorientiertem Handeln zu motivieren (BERGMÜLLER ET AL. 2019).

■ Kap. 7
Langfassung
S. 721 – 748

Neben der methodisch-didaktischen Kompetenz ist die Haltung der Lehrenden von Bedeutung. Neigen sie dazu, stark vereinfachende Perspektiven einzunehmen oder moralisierende Appelle zu nutzen und Fragen nach Komplexität und Uneindeutigkeit auszuklammern, führt dies oft zu einer vereinfachten Darstellung vermeintlich richtigen oder falschen Verhaltens im Kontext von Nachhaltigkeit. Dies wiederum erreicht viele der Lernenden nicht, da sie ihren Alltag vielfach als von Widersprüchen gekennzeichnet erleben. Als wirkungsvoll haben sich hier didaktische Ansätze gezeigt, die die Reflexionsfähigkeit Lernender fördern, indem sie den Umgang mit kontroversen Themen und Unsicherheit in den Mittelpunkt von Lehr-Lern-Settings stellen, wie z. B. Dilemmatadiskussionen (siehe die jeweiligen fachbezogenen Kapitel für weitergehende methodische Anregungen). Dies wiederum bedeutet, dass Lehrende entsprechende Fähigkeiten während ihrer Aus- und Weiterbildung erlernen müssen (siehe auch Kap. 7 des OR).

5.2 Das Kompetenzmodell des Orientierungsrahmens: Erkennen – Bewerten – Handeln

■ Kap. 5
Langfassung
S. 137 – 166

Das integrative Kompetenzmodell des OR für die gymnasiale Oberstufe ist angelehnt an die Definition der Schlüsselkompetenzen der OECD (RYCHEN & SALGANIK 2003), die bundesweit geltenden KMK-Bildungsstandards für einzelne Fächer sowie die für die Abiturprüfung verbindlichen EPA (KMK 2018, 2024^c) (weitergehend siehe dazu Kap. 5 des OR: *Leitbilder, Kompetenzen und didaktische Konzepte*, Jörg-Robert Schreiber). Damit ist das Ziel verbunden, kognitive und emotionale Fähigkeiten am Leitbild der nachhaltigen Entwicklung wertorientiert auszurichten. Der Orientierungsrahmen Globale Entwicklung basiert auf diesem Kompetenzmodell, das 2007 etabliert wurde (KMK, BMZ & ENGAGEMENT GLOBAL 2007) und seitdem erweitert und aktualisiert wird.³ Der hier verwendete Ansatz beinhaltet elf Kernkompetenzen der Bereiche **Erkennen**, **Bewerten** und **Handeln**. Er gliedert nachhaltigkeitsrelevante Themen kriteriengeleitet in 21 Bereiche, die sich den Nachhaltigkeitszielen der Agenda 2030 zuordnen lassen.

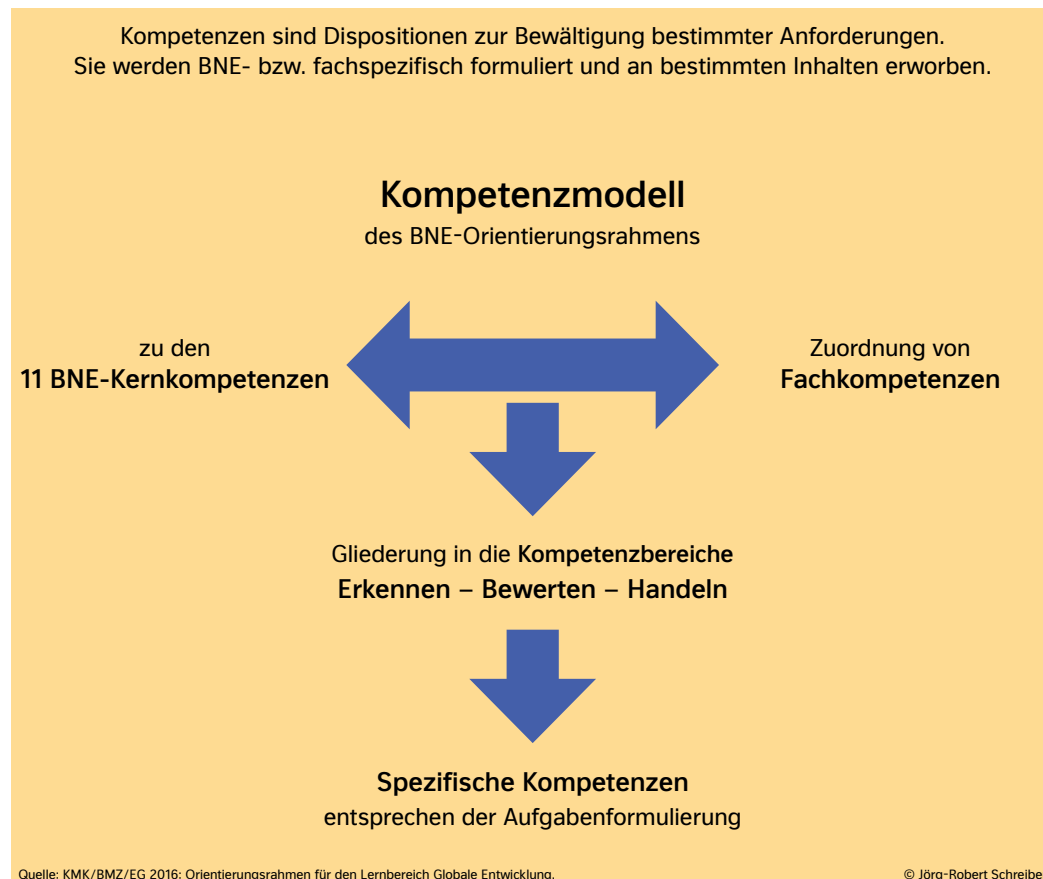
³ Das entspricht i. w. S. den Grundelementen des Konzepts der Gestaltungskompetenz (DE HAAN 2008).

5.3 Grundlagen des Kompetenzmodells: Kompetenzbereiche und Kernkompetenzen

Die elf Kernkompetenzen stellen den Ausgangspunkt für ein Kompetenzmodell dar, das durch zugeordnete Fachkompetenzen und – auf der Unterrichtsebene – durch spezifische Kompetenzen mit Bezug zu konkreten Inhalten ergänzt wird (siehe weiterführend Kap. 5.7 in dieser Kurzfassung sowie die fachbezogenen Abschnitte in Kap. 6 des OR).

Kap. 6
Langfassung
S. 167 – 720

| Abbildung 4: Das Kompetenzmodell des Orientierungsrahmens (nach SCHREIBER 2016, 2025)



Die Gliederung in die drei Kompetenzbereiche **Erkennen**, **Bewerten** und **Handeln** verdeutlicht komplementäre Elemente eines ganzheitlichen Kompetenzbegriffs. Die drei Bereiche entsprechen erwünschten Lernschritten, sollen allerdings kein konsequentes didaktisches Nacheinander in der Konzeption des Unterrichts nahelegen. Vielmehr sind sie miteinander verbunden und Lernschritte erfolgen zirkulär, indem entsprechende Kompetenzen immer weiter aus- und aufgebaut werden.

Im Kompetenzbereich **Erkennen** wird die zielgerichtete Erarbeitung von Wissen besonders hervorgehoben, da es aufgrund der exponentiellen Zunahme von Wissen in den relevanten Disziplinen immer schwieriger wird, Grundwissensbestände zu definieren und fortlaufend zu aktualisieren. Erforderliches fachübergreifendes Orientierungswissen macht sich an den vorgeschlagenen Themen von BNE fest (siehe Tabelle 8, Kap. 5 des OR). Wissenserarbeitung umfasst auch die Fähigkeit, Fakten zu prüfen und hinsichtlich ihrer Aussage zu analysieren sowie auf dieser Grundlage Wissen zu einer Vielzahl von Themen zu konstruieren und zu vernetzen.


Kap. 5
Langfassung
S. 149f.


In der unterrichtlichen Praxis sollte dies stets mit dem Erwerb digitaler Anwendungs- und Kommunikationskompetenzen verbunden werden.

Der Kompetenzbereich **Bewerten** schließt hier an, indem er Fähigkeiten wie den kritischen Einsatz von Medien und digitalen Anwendungen, z. B. KI, sowie die Kompetenz, Eignung und Wert bestimmter Informationen und ihrer Quellen zu erkennen, beinhaltet. Der Kompetenzbereich **Bewerten** bezieht sich in der BNE einerseits auf den allgemeinen und teils grundlegenden Diskurs über Entwicklungs- und Globalisierungsfragen, ist aber andererseits auch auf die Beurteilung konkreter Entwicklungsmaßnahmen ausgerichtet. In beiden Fällen ist ein Bezug auf Grund- und Völkerrechte, auf Normen, Werte, politische Vereinbarungen und Leitbilder erforderlich. Ganz grundlegend geht es im Kompetenzbereich Bewerten um kritische Reflexion sowie das Erkennen und Abwägen unterschiedlicher Werte durch Förderung der Fähigkeit Lernender zum Perspektivenwechsel. Beides ist Voraussetzung für „Solidarität und Mitverantwortung für Mensch und Umwelt“, die den Übergang zum Kompetenzbereich **Handeln** markieren.

Der Kompetenzbereich **Handeln** fördert solche Kompetenzen, die reflektiv an Werte gebunden sind. Lernende sollen die Fähigkeit erwerben, das eigene Verhalten im Kontext nachhaltiger Entwicklung kritisch zu reflektieren und schon im Lernprozess an der zukunftsfähigen Gestaltung ihrer Schule oder anderer Teilbereiche der Gesellschaft mitzuwirken. Dies beinhaltet etwa die Entwicklung von Fähigkeiten zu Konfliktlösung und Verständigung, Ambiguitätstoleranz, Kreativität und Innovationsbereitschaft sowie Fähigkeiten zur Partizipation und Mitgestaltung von Entwicklungsprozessen. Dazu gehört insbesondere auch der bewusste Umgang mit Zielkonflikten im Kontext nachhaltiger Entwicklung. Hier gibt es in vielen Fällen nicht die „richtige“ Lösung. Vielmehr müssen Entscheidungen anhand einer Abwägung von Alternativen getroffen werden.

Komplexe Situationen und ein als immer schneller empfundener gesellschaftlicher Wandel erfordern zudem, mit Ungewissheit und widersprüchlichen Ansprüchen umgehen zu können. Schulische Bildung sollte dabei nicht nur den Erwerb der Fähigkeit zu nachhaltigem Handeln fördern, sondern auch die im Kompetenzbegriff nach WEINERT (2001) enthaltenen motivationalen und volitionalen Komponenten in Gestalt von Handlungsbereitschaft berücksichtigen. Für das Handeln sind motivationale Faktoren oft entscheidender als Wissen. Diese wiederum werden durch eigenverantwortliches Lernen und Partizipation Lernender im gesamten schulischen Alltag gefördert.

 **Kap. 5.9**
Langfassung
S. 169 f.

 **Kap. 8**
Langfassung
S. 749 – 786

Die Einbindung des Kompetenzmodells in den schulischen Unterricht unterstützt die Gestaltung schulinterner Curricula in diesem Sinn (siehe weitergehend Kap. 5.9 des OR). Während die Schulen einerseits an Vorgaben durch Bildungspläne und EPA gebunden sind, verfügen sie auch über eigene Gestaltungsmöglichkeiten im Rahmen der schuleigenen Profile und Schwerpunkte. Im Kontext der BNE geschieht dies sinnvollerweise im Lauf eines Schulentwicklungsprozesses im Sinn des *Whole School Approach* (siehe auch Kap. 6.2 dieser Kurzfassung sowie Kap. 8 des OR).

| Tabelle 2: BNE-Kernkompetenzen (aus OR für die gymnasiale Oberstufe, Kap. 5.4, S. 147)

Die Lernenden können (anhand von Beispielen)⁴ ...	
ERKENNEN	1. Informationsbeschaffung und -verarbeitung ... hilfreiche Informationen zu Fragen der Globalisierung und Entwicklung ⁵ beschaffen und themenbezogen verarbeiten.
	2. Erkennen von Vielfalt ... die soziokulturelle und natürliche Vielfalt erkennen.
	3. Analyse des globalen Wandels ... Globalisierungs- und Entwicklungsprozesse mithilfe des Leitbilds der nachhaltigen Entwicklung analysieren.
	4. Unterscheidung von Handlungsebenen ... Handlungsebenen vom Individuum bis zur Weltebene in ihrer jeweiligen Funktion für Entwicklungsprozesse erkennen und darstellen.
BEWERTEN	5. Perspektivenwechsel und Empathie ... sich unterschiedliche Werteorientierungen in ihrer Bedeutung für Verhaltensweisen und Entscheidungen bewusst machen und reflektieren.
	6. Kritische Reflexion und Stellungnahme ... auf der Grundlage kritischer Reflexion zu Globalisierungs- und Entwicklungsfragen Stellung beziehen und sich dabei an der internationalen Konsensbildung, am Leitbild nachhaltiger Entwicklung und an den Menschenrechten orientieren.
	7. Beurteilen von Entwicklungsmaßnahmen ... Ansätze zur Beurteilung von Maßnahmen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung (bei uns und in anderen Teilen der Welt) unter Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen und Rahmenbedingungen erarbeiten und zu eigenständigen Bewertungen kommen.
HANDELN	8. Solidarität und Mitverantwortung ... Bereiche persönlicher Mitverantwortung für Mensch und Umwelt erkennen und als Herausforderung annehmen.
	9. Verständigung und Konfliktlösung ... zur Überwindung soziokultureller und interessenbestimmter Barrieren in Kommunikation und durch Zusammenarbeit zu Konfliktlösungen beitragen.
	10. Handlungsfähigkeit im globalen Wandel ... die gesellschaftliche Handlungsfähigkeit im globalen Wandel vor allem im persönlichen und beruflichen Bereich durch Offenheit und Innovationsbereitschaft sowie durch eine angemessene Reduktion von Komplexität sichern und die Ungewissheit offener Situationen aushalten.
	11. Partizipation und Mitgestaltung ... und sind aufgrund ihrer mündigen Entscheidung bereit, Ziele der nachhaltigen Entwicklung im privaten, schulischen, öffentlichen und beruflichen Bereich zu verfolgen und sich an deren Umsetzung auf gesellschaftlicher und politischer Ebene zu beteiligen.

⁴ „Die Lernenden können ...“ bedeutet hier, dass sie über die jeweilige Kompetenz verfügen, aber frei darüber entscheiden, ob sie diese in einer gegebenen Situation einsetzen.

⁵ Der Begriff ‚Entwicklung‘ ist in der Übersicht der Kompetenzen weder entwicklungspolitisch konnotiert noch ein verkürztes Synonym für nachhaltige Entwicklung. Er verweist allgemein auf einen Entwicklungsprozess, der keineswegs grundsätzlich nachhaltig ist.

| Tabelle 3: BNE-Themenbereiche⁶ und ihr Bezug zu den Nachhaltigkeitszielen der Agenda 2030 (aus OR für die gymnasiale Oberstufe, Kap. 5.5, S. 148)

BNE-Themenbereiche	Vorrangig zugeordnete Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030
1 Vielfalt der Werte, Kulturen und Lebensverhältnisse: Diversität und Inklusion	Ziel 4: Hochwertige Bildung Ziel 10: Weniger Ungleichheiten
2 Globalisierung religiöser und ethischer Leitbilder	Ziel 17: Partnerschaften zur Erreichung der Ziele
3 Geschichte der Globalisierung: vom Kolonialismus zum Postkolonialismus	Ziel 10: Weniger Ungleichheiten Ziel 17: Partnerschaften zur Erreichung der Ziele
4 Waren aus aller Welt: Produktion, Lieferketten, Handel und Konsum	Ziel 2: Kein Hunger Ziel 12: Nachhaltiger Konsum und nachhaltige Produktion
5 Landwirtschaft und Ernährung	Ziel 2: Kein Hunger Ziel 12: Nachhaltiger Konsum und nachhaltige Produktion
6 Gesundheit, Krankheit, Pandemien und One Health	Ziel 3: Gesundheit und Wohlergehen Ziel 6: Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen
7 Bildung und Wissenschaft	Ziel 4: Hochwertige Bildung
8 Globalisierte Freizeit, Umwelt und Tourismus	Ziel 12: Nachhaltiger Konsum und nachhaltige Produktion Ziel 14: Leben unter Wasser Ziel 15: Leben an Land
9 Schutz und Nutzung natürlicher Ressourcen: Böden, Wasser und Weltmeere	Ziel 6: Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen Ziel 14: Leben unter Wasser Ziel 15: Leben an Land
10 Chancen und Gefahren technologischen Fortschritts, von Energiegewinnung, KI und Digitalisierung	Ziel 7: Bezahlbare und saubere Energie Ziel 9: Industrie, Innovation und Infrastruktur
11 Klimawandel, Verschmutzung und Biodiversitätsverlust	Ziel 13: Maßnahmen zum Klimaschutz

⁶ Die Bildung von Themenbereichen entspricht dem Kontextverfahren politischer Diskussionen und weist Parallelen zu den 17 Nachhaltigkeitszielen der Agenda 2030 der Vereinten Nationen auf. Um die weitgespannte inhaltliche Zielsetzung der Agenda 2030 für die eigene Themenfindung zu nutzen, empfiehlt es sich, auch die zahlreichen Unterziele der Agenda 2030 zu Hilfe zu nehmen.

BNE-Themenbereiche	Vorrangig zugeordnete Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030
12 Mobilität, Stadtentwicklung und Verkehr	Ziel 11: Nachhaltige Städte und Gemeinden
13 Globalisierung von Wirtschaft und Arbeit	Ziel 1: Keine Armut Ziel 8: Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum
14 Demografische und soziale Strukturen und Entwicklungen	Ziel 5: Geschlechtergleichheit Ziel 10: Weniger Ungleichheiten
15 Armut und soziale Sicherheit	Ziel 1: Keine Armut
16 Frieden und Konflikt	Ziel 16: Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen
17 Migration und Integration	Ziel 10: Weniger Ungleichheiten Ziel 16: Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen
18 Politik, Demokratie und Menschenrechte	Ziel 4: Hochwertige Bildung Ziel 5: Geschlechtergleichheit Ziel 17: Partnerschaften zur Erreichung der Ziele
19 Entwicklungszusammenarbeit und ihre Institutionen	Ziel 17: Partnerschaften zur Erreichung der Ziele
20 Global Governance – Weltordnungspolitik	Ziel 17: Partnerschaften zur Erreichung der Ziele
21 Kommunikation im globalen Kontext	Ziel 9: Industrie, Innovation und Infrastruktur Ziel 17: Partnerschaften zur Erreichung der Ziele
* Die Nummerierung der Themenbereiche dient lediglich der Orientierung und sagt nichts aus über ihre jeweilige Bedeutung. Mit ihrer neutralen Formulierung wurde bewusst auf eine Problematisierung oder auf gezielte Umsetzungsimpulse im Sinn der BNE verzichtet.	

5.4 Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung im Fachunterricht

Eine Ausrichtung von Bildung auf Kompetenzen hat Folgen für die didaktische Gestaltung von Lernprozessen im Unterricht (weitergehend siehe fachbezogene Abschnitte ab Kap. 6.2 des OR). Neuere Kompetenzmodelle sind i. d. R. mit dem Ziel verknüpft, Lernende dabei zu unterstützen, variable Lebenssituationen selbstorganisiert zu bewältigen. Für Lernarrangements einer BNE gelten diese Merkmale selbstbestimmten Lernens und handlungsorientierten Unterrichts als grundlegende Lernkonzepte. Methodisch zielt handlungsorientiertes Lernen auf selbstständige Wissensentwicklung sowie Problemlösungs- und Gestaltungsfähigkeit ab. Dies bedarf Lernsettings, die selbstgesteuertes, eigenständiges und kooperatives Arbeiten fördern, ebenso wie forschendes Lernen mit lösungsorientiertem Handeln. Zu diesem Zweck werden außerschulische Lernorte und Kooperationspartner einbezogen und die Lehrenden begreifen sich vermehrt in der Rolle als Lernbegleitung statt als rein Wissensvermittelnde. Wissenschaftspropädeutische Ansätze der Ober-

 **Kap. 6.2**
Langfassung
S. 173f.

Kap. 5.6
Langfassung
S. 153 f.

stufe versuchen zudem, vermehrt interdisziplinäres Verständnis zu wecken, indem Wissensbestände unterschiedlicher Disziplinen und Perspektiven einbezogen werden (siehe für eine Übersicht didaktischer Konzepte der BNE in der Oberstufe Kap. 5.6 des OR sowie die fachbezogenen Abschnitte in Kap. 6).

Kap. 6
Langfassung
S. 167 – 720

Gleichzeitig können auch die fachspezifischen Kompetenzen mittels eines BNE-basierten Unterrichts gefördert werden. Dies gelingt etwa durch das Aufgreifen exemplarischer Fragestellungen, die sich sowohl inhaltlich als auch didaktisch an den fachspezifischen Kompetenzanforderungen der Oberstufe orientieren. Die 17 fachbezogenen Kapitel des OR für die gymnasiale Oberstufe bieten dazu neben einer Einführung zum Bezug des jeweiligen Fachs zu BNE methodisch-didaktische Überlegungen, Anregungen für Prüfungsformate, Themenvorschläge sowie ausgearbeitete Unterrichtsvorschläge.

Ergänzend zu den in Tabelle 2 genannten Themenbereichen enthält jeder der Fachbeiträge kurze Unterrichtsskizzen und ausführliche Unterrichtsbeispiele (zu Letzteren siehe Tabelle 3) zu ausgewählten fachspezifischen Themen, die exemplarisch darstellen, wie Oberstufenunterricht im Sinn einer BNE gemeinsam gestaltet werden kann.

Ein besonderes Merkmal von BNE-Kompetenzen und -Inhalten ist zumeist, dass sie sich nicht ausschließlich fachsystematisch erschließen bzw. erarbeiten lassen. Sie greifen Wechselwirkungen auf und beleuchten Phänomene aus fachübergreifender, interdisziplinärer Perspektive mit dem Ziel, die Komplexität globaler Prozesse erfahrbar zu machen. Die Bedeutung des projektorientierten Lernens wird in diesem Zusammenhang immer wieder hervorgehoben, da es in besonderem Maß Kommunikation in heterogenen Gruppen sowie Eigen- und Mitverantwortung in unterschiedlichen Situationen über einen längeren zusammenhängenden Zeitraum ermöglicht.

Diese didaktische Herangehensweise macht Um- bzw. Neudenken der Feedbackkultur und der Leistungsbewertung notwendig, denn selbstbestimmtes Lernen beinhaltet, dass Lernende die Verantwortung dafür einnehmen, ihre Lernfortschritte selbst einzuschätzen. Wechselnde Lernarrangements und Arbeitsformen (z. B. Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit, Plenumsdiskussionen) und eine klare Produktorientierung (z. B. Recherchedokumentationen, Interviews, Portfolios, Vorträge, Rollenspiele, mediale Produkte) bieten den Lehrenden vielfältige Beobachtungsmöglichkeiten sowie Anlässe und Informationen für Lernentwicklungsgespräche und Bewertungen. Wird der Selbsteinschätzung der Lernenden und dem Gespräch darüber sowie den individuellen Lernvereinbarungen hinreichend Raum gegeben, können die jungen Menschen lernen, ihre Leistungen hinsichtlich der angestrebten Ziele realistisch einzuschätzen. Ebenso erwerben sie die Fähigkeit, eigene Lernbedarfe zu erkennen und dadurch den eigenen Lernprozess in die Hand zu nehmen. Das erfordert Zeit und häufig eine Neujustierung der Lernziele und didaktischen Konzepte.

| Tabelle 4: Übersicht der Unterrichtsbeispiele (aus OR für die gymnasiale Oberstufe, Zusammenfassung der Kapitel, Seite 19)

Fachkapitel	Unterrichtsbeispiele
A Gesellschaftswissenschaftliches Aufgabenfeld	
6.2 Sozialwissenschaften und Politische Bildung	Möglichkeiten und Grenzen transnationaler Gerechtigkeit im Spannungsverhältnis mit nationalen Institutionen
6.3 Geographie	Städte im 21. Jahrhundert
6.4 Wirtschaft	Wie kann eine zukunftsorientierte Transformation der Ökonomie zu mehr Nachhaltigkeit gelingen?
6.5 Geschichte	Die Epoche des Ost-West-Konflikts im Blick der globalen Umweltgeschichte: Die „Große Beschleunigung“ und das Anthropozän
6.6 Religion	„Future is now/Recht auf Zukunft“ oder: Welche Zukunft erwarten wir? Welche Zukunft wollen wir? Wie können wir Zukunft gestalten?
6.7 Philosophie und Ethik	Was schulden wir zukünftigen Generationen?
B Sprachlich-literarisches Aufgabenfeld	
6.9 Deutsch	Die Macht der Worte! Welchen Anteil an den Gräueltaten dieser Welt hat Propaganda? Mit welchen Mitteln lässt sich Propaganda enttarnen und vielleicht sogar auch verhindern?
6.10 Neue Sprachen	Nachhaltigkeit auf Rädern? Der Foodtruck der Zukunft: Ideenentwicklung für ein Start-up-Unternehmen im Zielsprachenland
6.11 Alte Sprachen	Diversität und Zugehörigkeit
C Künstlerisches Aufgabenfeld und Sport	
6.12 Musik und Theater	Künstlerische Interventionen im öffentlichen Raum
6.13 Bildende Kunst	Weltbilder. Wege ins globale Sehen
6.14 Sport	Meine Stadt – mein Bewegungsraum
D Mathematisch-informatisch-naturwissenschaftlich-technisches Aufgabenfeld	
6.15 Mathematik	CO ₂ -Budget
6.16 Biologie	One Health – Gesundheit ganzheitlich für Menschen, Tiere und Ökosysteme betrachten
6.17 Chemie	Gutes Plastik – schlechtes Plastik
6.18 Physik	Der Klimawandel durch die Brille der Physik
6.19 Informatik	Algenfarm – eine Greenfoot-Simulation im Sinn der BNE

Kap. 5.5
Langfassung
S. 148 f.

Solche Konzepte beinhalten etwa partizipative und kooperative Lernformen sowie methodische Ansätze, die systemisches und interdisziplinäres Denken und Handeln fördern. Dazu gehören z. B. analytische Methoden wie Concept Maps, Mysteries, computergestützte Modellierungen oder visionsorientierte Methoden wie Planspiele oder Szenario-Technik (für weiterführende Anregungen zur Konstruktion von Aufgaben sowie zur didaktisch-methodischen Gestaltung von Lernsituationen siehe Kap. 5.5. des OR sowie die jeweiligen Fachkapitel für fachbezogene sowie fachübergreifende und fächerverbindende Themen- und Unterrichtsvorschläge)⁷

6 Rahmenbedingungen: Umsetzung von BNE in Lehrkräftebildung und Schulentwicklung

Neben der Prüfungskultur gibt es zwei weitere entscheidende Stellschrauben, um BNE dauerhaft strukturell in der Schule und auf anderen Ebenen des Bildungssystems zu etablieren: die curriculare Verankerung in allen drei Phasen der Lehrkräftebildung sowie die ganzheitliche Schulentwicklung im Sinn eines Whole School Approach (WSA).

6.1 Verankerung von BNE in der Lehrkräftebildung

Lehrkräfte gelten als Schlüsselpersonen für die Umsetzung von BNE. Doch obwohl politische und curriculare Rahmenbedingungen in den letzten Jahren gestärkt wurden, fühlen sich gleichzeitig viele auf diese Aufgabe noch unzureichend vorbereitet (BROCK & HOLST 2022). Im Kontext der wissenschaftlichen Aus- und Weiterbildung von Lehrenden sind mittlerweile eine Reihe von Kompetenzmodellen entstanden, die die Notwendigkeit eines entsprechenden Fachwissens zu globalen Prozessen, Reflexionsfähigkeit, Empathie, didaktischer Gestaltungskompetenz sowie die Fähigkeit zur Mitwirkung an schulischen Entwicklungsprozessen betonen. In diesen Modellen wird die Qualifikation von Lehrkräften im Kontext der BNE zudem als ganzheitlicher Prozess verstanden, der sowohl die personbezogenen, individuellen Nachhaltigkeitskompetenzen der Lehrkräfte als auch ihre funktionsbezogenen, didaktischen Kompetenzen in den Blick nimmt (siehe auch BERGMÜLLER & QUIRING 2019).

Ein Blick in die aktuelle Lehrkräftebildung zu BNE zeigt allerdings bereits interessante Entwicklungen, aber auch noch deutliche Herausforderungen in der Umsetzung dieses Anspruchs (siehe dazu Kap. 7 des OR: *BNE mit globaler Perspektive in der Lehrkräftebildung*, Claudia Bergmüller-Hauptmann, Alexander Brämer, Jens Kühne): In der ersten Phase der Lehrkräftebildung (Studium) eröffnen hochschulpolitische Initiativen, Zertifikate und Professuren neue Ansätze, doch BNE bleibt im Curriculum noch meist randständig. Der Vorbereitungsdienst (Phase 2) bietet erfolgreiche Projekte, ist jedoch durch fachspezifische Prüfungslogik, fehlende Zuständigkeiten und geringe BNE-Expertise der Auszubildenden eingeschränkt. In der

Kap. 7
Langfassung
S. 721 – 748

⁷ Die 17 Fachbeiträge des OR für die gymnasiale Oberstufe befassen sich mit der Verankerung von BNE mit globaler Perspektive im jeweiligen Fach und in der jeweiligen Fächergruppe, mit Kompetenzorientierung, Inhalten sowie didaktischen Konzepten. In Unterrichtsskizzen und ausführlicheren Unterrichtsbeispielen wird zudem jeweils exemplarisch vorgestellt, wie BNE im Oberstufenunterricht gemeinsam gestaltet werden kann. Sie sind gruppiert nach Fächergruppen: Gesellschaftswissenschaftliches Aufgabenfeld, Sprachlich-literarisches Aufgabenfeld, Künstlerisches Aufgabenfeld und Sport, Mathematisch-informatisch-naturwissenschaftlich-technisches Aufgabenfeld.

Fort- und Weiterbildung (Phase 3) existiert ein breites, aber oft punktuelles Angebot; nachhaltige Wirkung entfalten allerdings insbesondere langfristige, kooperative Lernformate. Für eine wirksame Integration von BNE in die schulische Praxis ist daher ein kumulativer Lernprozess über alle drei Phasen der Lehrkräftebildung hinweg notwendig, unterstützt durch die Qualifizierung der Ausbildenden und Kooperation mit externen Partnern. So kann BNE als fächerübergreifende Schulentwicklungsaufgabe verankert werden, etwa im Rahmen des WSA.

6.2 Bildung für nachhaltige Entwicklung als Aufgabe für die ganze Schule – der Whole School Approach

Schulen fungieren als Mikrokosmen für nachhaltige Werte und demokratische Prinzipien und die Schulentwicklung gehört zum Alltag von Schulleitungen und ihren Schulgemeinschaften. Der Whole School Approach (WSA) mit Bezug zu BNE⁸ stellt den zentralen Ansatz für die Gestaltung einer ganzheitlichen Schulentwicklung dar, bei der Lerninhalte, Schulkultur, Schulmanagement und physische Umgebung gleichermaßen an den Prinzipien nachhaltiger und demokratischer Entwicklung ausgerichtet sind (siehe dazu Kap. 8 des OR: *BNE als Aufgabe für die ganze Schule – der Whole School Approach*, Claudia Schanz).

Entsprechend empfiehlt auch die KMK (2024^a) die Umsetzung des WSA als Mittel, um die gesamte Institution Schule nachhaltiger zu gestalten. Aus Erhebungen ist bekannt, dass Lernende und Lehrkräfte, in deren Institutionen der WSA bereits umgesetzt wird, ihr Handeln stärker an den Prinzipien der Nachhaltigkeit orientieren (HOLST ET AL. 2024).

Die Umsetzung des WSA kann an alle bereits laufenden Prozesse der Schulentwicklung anknüpfen und ist daher keinesfalls als zusätzliches „Extra“ zu verstehen. Vielmehr liegt in der Umsetzung das Potenzial, alle Bereiche des Schullebens in den Blick zu nehmen und miteinander in Beziehung zu setzen:

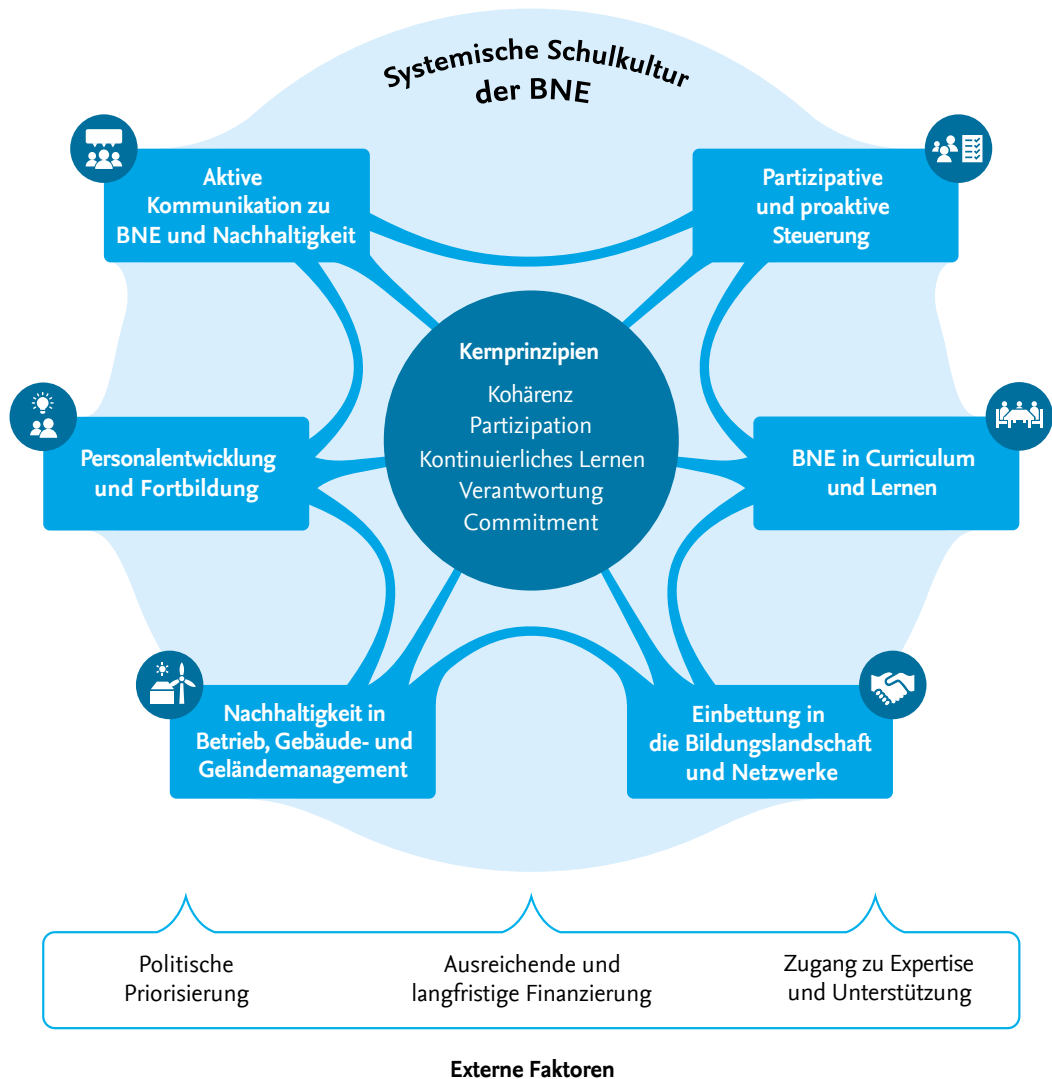
- das Schulmanagement sowie die proaktive und demokratische Steuerung und Qualitätsentwicklung als kontinuierlicher Verbesserungsprozess im Rahmen einer nachhaltigen Schulentwicklung,
- das Lernen und Lehren innerhalb und außerhalb des Unterrichts im gemeinsamen Lebensraum Schule,
- die aktive Einbettung der Schule in lokale und globale Netzwerke, regionale Bildungslandschaften und weitere Kooperationen,
- die erlebbare und mitgestaltbare Nachhaltigkeit im Betrieb, in der Bewirtschaftung sowie in der Gestaltung der Schulgebäude und des Schulgeländes,
- die Einbindung, Fortbildung und Unterstützung aller Mitarbeitenden zur Realisierung eines WSA,
- die schulische Kommunikation zu Nachhaltigkeit nach innen und außen sowie
- die Etablierung von Nachhaltigkeit als Teil der Schulkultur.

Kap. 8
Langfassung
S. 749–786

⁸ Die Art und Weise, wie die Einrichtungen organisiert und ausgestaltet sind sowie Entscheidungen getroffen werden, muss mit den Lerninhalten und den pädagogischen Methoden übereinstimmen. Dieser über die verschiedenen Bildungsbereiche hinweg als Whole Institution Approach (WIA) bezeichnete Ansatz beschreibt einen Prozess, bei dem Bildungseinrichtungen selbst zu Lern-, Experimentier- und Erfahrungsräumen für die Gestaltung nachhaltiger Zukunft werden. Bezogen auf die einzelne Schule wird hier der Begriff des Whole School Approach (WSA) verwendet.

| Abbildung 5: Übersicht des Whole School Approaches (auf Basis von HOLST (2023), übersetzt und leicht adaptiert nach HOLST ET AL. 2024)

Whole School Approach BNE in der gesamten Schule verankern



Zunehmend begünstigen die bildungspolitischen Rahmenbedingungen die Umsetzung des WSA. Diese breiter werdende institutionelle Basis wird außerdem durch ein wachsendes Angebot an Unterstützungsmechanismen gefördert. Dazu gehören z. B. der Aufbau von Koordinierungsstellen, Fachberatungssystemen, Unterstützungsagenturen, wie z. B. die Landeskoordinationsstellen und das Fachpromotorinnenprogramm von Engagement Global⁹. Ferner umfasst dies eine Reihe BNE-bezogener Schullabels sowie Programme für Vorreiterschulen, die ihre Schulentwicklung an den Nachhaltigkeitszielen orientieren, außerschulische Bildungsakteurinnen und -akteure einbeziehen sowie in Netzwerken miteinander kooperieren.

⁹ Die Landeskoordinationsstellen BNE in Ministerien und Landesinstituten vieler Bundesländer sind vom BMZ geförderte und Engagement Global umgesetzte Einrichtungen zur Unterstützung der strukturellen Implementierung von BNE. Das Fachpromotorinnenprogramm für Globales Lernen ist ebenfalls bei Engagement Global angesiedelt, in den meisten Bundesländern aktiv und zuständig für die Unterstützung der schulischen Bildungsarbeit auf Ebene der Zivilgesellschaft.

7 Fazit

Die Weiterentwicklung einer zukunftsfähigen, an Nachhaltigkeit und Demokratieförderung orientierten schulischen Bildung hat die Umsetzung der 17 Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen zum Ziel und trägt zu einer hochwertigen Bildung für alle bei, wie sie in SDG 4.7 (Agenda 2030 der Vereinten Nationen) und im Programm BNE 2030 der UNESCO gefordert wird. In der Ausrichtung auf zukunftsrelevante Kompetenzen, wie z. B. problemlösungsorientiertes und systemisch vernetztes Denken, Solidarität und Empathie, unterstützt der *„Orientierungsrahmen Globale Entwicklung – Bildung für nachhaltige Entwicklung in der gymnasialen Oberstufe“* alle an schulischer Bildung beteiligten Akteurinnen und Akteure dabei, die Verankerung von BNE als ein grundlegendes und integratives Bildungsprinzip fachbezogen und überfachlich voranzubringen. Es geht dabei insbesondere um die Erfahrung von Selbstwirksamkeit und Handlungsfähigkeit der Lernenden in entsprechend partizipativ angelegten Lehr-Lern-Settings und auch um Kompetenzen für Lehrende.

Der Orientierungsrahmen für die gymnasiale Oberstufe bietet dazu acht konzeptionelle Beiträge sowie 17 fachbezogene Kapitel mit zahlreichen methodisch-didaktischen Anregungen und konkreten Praxisbeispielen zur Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung in Schulentwicklung und Unterricht. Er richtet sich somit an Seminar-, Fach- und Schulleitungen sowie Lehrkräfte, Bildungsverwaltung, Schulbuchverlage und außerschulische Stakeholderinnen und Stakeholder – mithin an alle, die an der Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung mitwirken können.

8 Literatur

- ALBERT, M. & QUENZEL, G. (Hrsg.) (2024): Jugend 2024: Pragmatisch zwischen Verdrossenheit und gelebter Vielfalt. Shell Deutschland GmbH. Beltz. <https://www.shell.de/ueber-uns/initiativen/shell-jugendstudie-2024.html>.
- BERGMÜLLER, C., CAUSEMANN, B., HÖCK, S., KRIER, J.-M. & QUIRING, E. (2019): Wirkungsorientierung in der entwicklungspolitischen Inlandsarbeit. Waxmann.
- BERGMÜLLER, C. & QUIRING, E. (2019): Wirkungszusammenhänge bei Multiplikator/inn/en-Schulungen in der entwicklungspolitischen Bildungs- und Informationsarbeit. In: BERGMÜLLER, C., CAUSEMANN, B., HÖCK, S., KRIER, J.-M. & QUIRING, E. (Hrsg.), Wirkungsorientierung in der entwicklungspolitischen Inlandsarbeit (S. 161 – 186). Waxmann.
- BMUV & UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (2021): Zukunft? Jugend fragen! – 2021. Umwelt, Klima, Wandel – was junge Menschen erwarten und wie sie sich engagieren. BMUV. https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/zukunft_jugend_fragen_2021_bf.pdf.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG & ENGAGEMENT GLOBAL (Hrsg.) (2007): Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung.
- BROCK, A. & HOLST, J. (2022): Schlüssel zu Nachhaltigkeit und BNE in der Schule: Ausbildung von Lehrenden, Verankerung in der Breite des Fächerkanons und jenseits der Vorworte. Kurzbericht des Nationalen Monitorings zu Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Freie Universität Berlin.

- DE HAAN, G. (2008): Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: BORMANN, I. & DE HAAN, G. (Hrsg.), Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde (S. 23 – 43). VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-90832-8>.
- DEUTSCHE BUNDESREGIERUNG (Hrsg.) (2025). Transformation gemeinsam gerecht gestalten. Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie Weiterentwicklung 2025.
- DEUTSCHE UNESCO-KOMMISSION (2023): Empfehlung zur Ethik der Künstlichen Intelligenz. UNESCO. https://www.unesco.de/assets/dokumente/Deutsche_UNESCO-Kommission/02_Publikationen/Publikation_UNESCO-Empfehlung_zur_Ethik_der_K%C3%BCnstlichen_Intelligenz.pdf.
- DEUTSCHER ETHIKRAT (2023): Mensch und Maschine – Herausforderungen durch Künstliche Intelligenz. <https://www.ethikrat.org/fileadmin/Publikationen/Stellungnahmen/deutsch/stellungnahme-mensch-und-maschine.pdf>.
- FADEL, C., BLACK, A., TAYLOR, R., SLESINSKI, J. & DUNN, K. (2024): Bildung für das Zeitalter von KI. ZLL21 e.V. – Zentralstelle für Lehren und Lernen im 21. Jahrhundert.
- GRUND, J. & BROCK, A. (2022): Formale Bildung in Zeiten von Krisen – die Rolle von Nachhaltigkeit in Schule, Ausbildung und Hochschule. Kurzbericht des Nationalen Monitorings zu Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) auf Basis einer Befragung von > 3.000 jungen Menschen und Lehrkräften.
- HOLST, J., GRUND, J. & BROCK, A. (2024): Whole Institution Approach: Measurable and highly effective in empowering learners and educators for sustainability. Sustainability Science, 19, 1359 – 1376. <https://doi.org/10.1007/s11625-024-01506-5>.
- HOLST, J. (2023^b): Towards Coherence on Sustainability in Education: A Systematic Review of Whole Institution Approaches. In: Sustainability Science, 18 (2), 1015 – 1030. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01226-8>.
- KLAFKI, W. (1996): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Beltz Verlagsgruppe. <https://content-select.com/de/portal/media/view/519cc17f-bc44-4907-8439-253d5dbbeaba>.
- KMK – KULTUSMINISTERKONFERENZ (2018): Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung – EPA. <https://www.kmk.org/dokumentation-statistik/beschluesse-und-veroeffentlichungen/bildung-schule/allgemeine-bildung.html#%c1284>.
- KMK – KULTUSMINISTERKONFERENZ (2021): Lehren und Lernen in der digitalen Welt. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf.
- KMK – KULTUSMINISTERKONFERENZ (2024^a): Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.06.2024). https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_06_13-BNE-Empfehlung.pdf.
- KMK – KULTUSMINISTERKONFERENZ (2024^b): Handlungsempfehlung für die Bildungsverwaltung zum Umgang mit Künstlicher Intelligenz in schulischen Bildungsprozessen (Beschluss der Bildungsministerkonferenz vom 10.10.2024). https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_10_10-Handlungsempfehlung-KI.pdf.
- KMK – KULTUSMINISTERKONFERENZ (2024^c): Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und Abiturprüfung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972 i. d. F. vom 06.06.2024). https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1972/1972_07_07-VB-gymnasiale-Oberstufe-Abiturpruefung.pdf.
- KMK – KULTUSMINISTERKONFERENZ, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG & ENGAGEMENT GLOBAL (Hrsg.) (2016): Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. 2. Auflage, Cornelsen. https://www.globaleslernen.de/sites/default/files/files/link-elements/orientierungsrahmen_fuer_den_lernbereich_globale_entwicklung_barrierefrei.pdf.

- KRESS, D. (2021): Greenpeace Nachhaltigkeitsbarometer 2021 – Wir sind bereit und wollen endlich eine nachhaltige Zukunft! Greenpeace. https://www.greenpeace.de/publikationen/20220513_GP_Nachhaltigkeitsbarometer_0.pdf.
- Liz Mohn Center (2023): Einstellungen und Sorgen der jungen Generation Deutschlands. <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/einstellungen-und-sorgen-der-jungen-generation-deutschlands-2023>.
- RAWORTH, K. (2018): Donut-Ökonomie. Hanser.
- RYCHEN, D.S. & SALGANIK, L.H. (Hrsg.) (2003): Key competencies for a successful life and a well-functioning society. Hogrefe & Huber.
- SCHLEER, C. & CALMBACH, M. (2022): Berufsorientierung Jugendlicher in Deutschland: Erwartungen, Sorgen und Bedarfe. Springer Fachmedien.
- SCHNETZER, S., HAMPEL, K. & HURRELMANN, K. (2024): Trendstudie Jugend in Deutschland. Verantwortung für die Zukunft? Ja Aber. Datajockey Verlag.
- SCHREIBER, J.-R. (2016): Kompetenzen, Themen, Anforderungen, Unterrichtsgestaltung und Curricula. In: KULTUSMINISTERKONFERENZ, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG & ENGAGEMENT GLOBAL (Hrsg.), Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (S. 84 – 110). 2. Auflage, Cornelsen. https://www.globaleslernen.de/sites/default/files/files/link-elements/orientierungsrahmen_fuer_den_lernbereich_globale_entwicklung_barrierefrei.pdf.
- SCHREIBER, J.-R. (2025): Leitbilder, Kompetenzen und didaktische Konzepte. Cornelsen.
- STALDER, F. (2016): Kultur der Digitalität. Suhrkamp.
- TAUBE, D. (2022): Globalität lehren. Eine empirische Studie zu den handlungsleitenden Orientierungen von Lehrkräften im Umgang mit der sozialen Komplexität Weltgesellschaftlicher Themen. Waxmann.
- UMWELTBUNDESAMT (2021): Transformatives Lernen durch Engagement. Ein Handbuch für Kooperationsprojekte zwischen Schulen und außerschulischen Akteur*innen im Kontext von Bildung für nachhaltige Entwicklung. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/final_hauptdok_uba_handbuch_transformatives_lernen_bfrei.pdf.
- UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (2021): Bildung für nachhaltige Entwicklung: Eine Roadmap. Deutsche UNESCO Kommission. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379488>.
- UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (2024^a): AI competency framework for students. UNESCO. <https://www.unesco.org/en/articles/ai-competency-framework-students>.
- UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (2024^b): AI competency framework for teachers. UNESCO. <https://www.unesco.org/en/articles/ai-competency-framework-teachers>.
- WEINERT, F.E. (2001): Concept of competence: A conceptual clarification. In: RYCHEN, D.S. & SALGANIK, L.H. (Hrsg.), Defining and selecting key competencies (S. 45 – 65). Hogrefe & Huber.

Fachkapitel Physik

Rita Wodzinski, Frederik Bub, Rainer Wackermann, Dieter Schmidt¹

1 Verankerung von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) in Physik

Die Naturwissenschaften prägen unsere moderne Gesellschaft auf vielfältige Weise. Sie liefern einerseits den theoretischen Hintergrund, um Phänomene und Prozesse im Bereich von Natur und Technik zu beschreiben und zu verstehen, und stellen andererseits theoretische Ansätze für die Entwicklung von Technologien bereit, die die Welt bis heute entscheidend verändert haben und auch zukünftig verändern werden. Die Modelle und Theorien der Physik wie auch die spezifische Denk- und Arbeitsweise der Naturwissenschaften, bei der das Experimentieren eine zentrale Rolle einnimmt, sind dabei Ausdruck einer besonderen Sicht auf die Welt, die es erlaubt, Prozesse zu verstehen, zu kalkulieren und Abläufe vorherzusagen.

Um die globalen Herausforderungen wie Klimawandel, Energieversorgung oder Digitalisierung in ihrer Komplexität zu verstehen und Entscheidungen im Umgang mit den Herausforderungen zu treffen oder bewerten zu können, ist physikalische Kompetenz unverzichtbar. Physikalisches Verständnis beeinflusst gesamtgesellschaftliche Entscheidungen (z. B. bei der Festlegung von Klimazielen oder bei Fragen der Nutzung bestimmter Technologien). Aber auch bei Entscheidungen jedes Einzelnen (z. B. im Kontext von Kaufentscheidungen oder bei der Wahl bestimmter Verkehrsmittel) kann ein physikalisches Verständnis Orientierung geben, wenn z. B. der Energiebedarf bei der Herstellung und Nutzung von Geräten abgeschätzt oder die Strahlenbelastung durch elektronische Geräte betrachtet wird. So leistet der Physikunterricht auch einen Beitrag zur Verbraucherinnen- und Verbraucherbildung.

Die genannten Beispiele verdeutlichen die enge Verknüpfung physikalischer (und technologischer) Aspekte mit ökologischen, ökonomischen, politischen, sozialen und ethischen Gesichtspunkten. Auf diese Weise ist die Bedeutung des Physikunterrichts für Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) unverkennbar.

Die Naturwissenschaften zeichnen sich in besonderem Maß durch die Suche nach verlässlichen Vorhersagen und die mathematische Berechenbarkeit von Zusammenhängen aus. Die Verlässlichkeit von Vorhersagen erwächst einerseits aus der Stabilität des Theoriegebäudes der Physik und andererseits aus der kritischen Reflexion der Erkenntnisgrenzen, die Teil des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses ist. Die Stabilität des Theoriegebäudes wiederum ist Folge der Reduzierung der komplexen Welt auf physikalisch messbare und mathematisch beschreibbare Ereignisse und Prozesse. Auf diese Weise werden quantifizierbare Aussagen und Vorhersagen möglich. So sagte bereits 1896 der schwedische Physiker Svante Arrhenius den Anstieg der globalen Temperatur durch Emission von Kohlenstoffdioxid vorher. Etwa 40 Jahre später wurde dieser Effekt erstmals durch Beobachtungen gestützt (HEYMANN 2021, S. 22 – 27). Im Jahr 2021 schließlich wurden die Wissenschaftler Klaus Hasselmann und Syokuro Manabe für ihre Arbeit zum Klimawandel mit dem Physik-Nobelpreis ausgezeichnet. Mit der Entwicklung von Klimamodellen haben sie einen entscheidenden Grundstein unseres heutigen Wissens zum Klimawandel gelegt. Dass Wissenschaftler des Ölkonzerns Exxon bereits in den 1970er-Jahren sehr präzise

¹ Zur Erarbeitung des Kapitels haben Michael Sach (Fachleiter am Studienseminar für Gymnasien in Bad Vilbel) und Lutz Schäfer (Fachleiter am Studienseminar für Gymnasien in Gießen) wesentlich beigetragen.

Vorhersagen zur globalen Erwärmung und deren Folgen besaßen (SUPRAN ET AL. 2023), verweist nicht nur auf die enge Verflechtung von Wissenschaft, Ökonomie, Sozialem und Politik, sondern auch auf das im BNE-Kontext bedeutsame Thema der Verantwortung von Wissenschaft.

Mit dem Konzept der Scientific Literacy, das die naturwissenschaftliche Bildung seit 20 Jahren prägt, wird hervorgehoben, dass naturwissenschaftliche Bildung einen unverzichtbaren Baustein darstellt, damit mündige Bürgerinnen und Bürger an gesellschaftlichen Prozessen teilhaben können und sowohl individuell als auch gesellschaftlich handlungsfähig werden (VALLADARES 2021). Dieser Gedanke wird auch in den KMK-Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife betont (KMK 2020, S. 12). Dabei wird der Beitrag des Physikunterrichts zur politischen Bildung explizit erwähnt: Im Physikunterricht sollen Lernende dazu angeregt werden,

„sich rational reflektiert eine eigene Meinung zu bilden und sowohl in ihrem unmittelbaren Umfeld als auch in der Gesellschaft Verantwortung zu übernehmen. [...] In diesem Sinne leistet auch der Physikunterricht einen wichtigen Beitrag zur Persönlichkeitsentwicklung und zur politischen Bildung von Jugendlichen“ (KMK 2020, S. 12).

Die Bedeutung des Fachs Physik im Kontext einer BNE wird in den Bildungsstandards besonders hervorgehoben. Insgesamt überschneiden sich die Ziele des Physikunterrichts mit den Zielen von BNE beträchtlich, sodass BNE als Leitlinie des Physikunterrichts gelten kann, wie es in den Bildungsplänen einiger Bundesländer (KMK 2020, S. 11) bereits umgesetzt ist.

Physik und Wissenschaftsorientierung

Aufbauend auf den Physikunterricht der Sekundarstufe I soll Physikunterricht der Sekundarstufe II einen vertiefenden Zugang zur Wissenschaft Physik ermöglichen und zum Wissenschaftsverständnis beitragen. Die Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife heben in diesem Zusammenhang die folgenden Merkmale der Physik als Fachwissenschaft hervor:

- Physik als theoriegeleitete Erfahrungswissenschaft,
- Physik als Denkweise und Weltansicht,
- der Aspektcharakter der physikalischen Perspektive und
- das Wechselspiel von Physik mit Technik und Gesellschaft.

Insbesondere den letzten beiden Merkmalen kann Physikunterricht unter der Leitperspektive BNE in besonderer Weise gerecht werden. Mit dem Aspektcharakter der Physik ist der oben bereits angedeutete Wesenszug gemeint, dass die physikalische Perspektive immer nur bestimmte Aspekte eines Phänomens in den Blick nimmt. Daraus gewinnt sie ihre Stärke, denn nur so ist die Prägnanz naturwissenschaftlicher Aussagen möglich, aber zugleich wird darin auch ihre Begrenztheit offenbar (WAGENSCHHEIN 1995). Dieses Verständnis wird unterstützt, wenn die physikalische Perspektive als eine neben anderen (z.B. einer ästhetischen oder ökonomischen) Betrachtungsweisen deutlich wird. Die Multiperspektivität oder die Betrachtung komplexer Phänomene aus verschiedenen Perspektiven ist wiederum ein zentrales Element im Konzept von BNE.

BNE baut darauf auf, die Zielkonflikte zwischen den vier Nachhaltigkeitsdimensionen (ökologisch, wirtschaftlich, sozial und politisch) in den Blick zu nehmen.² Die Nachhaltigkeitsdimensionen sind mit unterschiedlichen wissenschaftlichen Zugängen verknüpft, wobei die Physik als Wissenschaft stärker mit der ökologischen (Klima, Technik) und wirtschaftlichen Dimension (Energie, Technik) verbunden ist. Der Einfluss von Entwicklungen in der Physik auf Entwicklungen in Technik und Gesellschaft und umgekehrt stellt einen weiteren besonderen Wesenszug der Physik dar, der im BNE-Kontext gut herausgearbeitet werden kann. BNE bietet somit die Chance, die Begrenztheit der jeweiligen Fachperspektive, aber auch deren Wechselwirkungen zu erfahren und damit die Notwendigkeit der Berücksichtigung anderer (Fach-)Perspektiven zu erkennen, wenn komplexe gesellschaftliche Herausforderungen zu verstehen und Handlungsperspektiven zu generieren sind. Die Umsetzung in fächerübergreifendem Unterricht bietet sich dafür an.

Ergänzend dazu wird in aktuellen physikdidaktischen Diskussionen neben dem Wissenschaftsverständnis (Nature of Science) auch ein Verständnis der Wissenschaftskommunikation (im Sinn einer Science Media Literacy) als wesentlicher Beitrag zur Allgemeinbildung verstanden (HÖTTECKE & ALLCHIN 2020). Dies beinhaltet die kritische Reflexion der Darstellung von Wissenschaft in den Medien wie auch den Umgang mit Fake News. Das Einbeziehen von Medienbeiträgen zu aktuellen Themen in den Unterricht kann eine erhöhte Sensibilität für unzulässige Vereinfachungen und Motivation für die vertiefte fachliche Auseinandersetzung erzeugen.

Um Physik als historisch-dynamischen Prozess zu begreifen, können die Wechselwirkungen zwischen physikalischen Erkenntnissen und technischen Entwicklungen in den Blick genommen werden. So ermöglichten Erkenntnisse in der Supraleitung erst die Entwicklung extrem starker Magnetfelder, die in medizinischen Anwendungen der Magnetresonanztomografie genutzt werden. Am Beispiel der Klimaforschung kann deutlich werden, wie Digitalisierung und Computerentwicklungen die Modellbildungen und damit die grundlegenden Arbeitsweisen beeinflusst haben (HEYMANN 2021). Das Beispiel kann zudem veranschaulichen, wie neue Wissenschaftszweige aus den traditionellen Wissenschaften heraus entstehen (hier im Zusammenspiel von Physik, Meteorologie, Geografie und Informatik). Damit werden nicht zuletzt auch die Perspektiven für eine berufliche Orientierung (z. B. Studienwahlentscheidungen) erweitert.

Die Ziele des Physikunterrichts und die Verknüpfung mit BNE

Für alle drei naturwissenschaftlichen Fächer haben sich zur Beschreibung der Ziele folgende vier Kompetenzbereiche etabliert:

- Sachkompetenz,
- Erkenntnisgewinnungskompetenz,
- Kommunikationskompetenz,
- Bewertungskompetenz.

Diese Kompetenzbereiche lassen sich mit den Kompetenzen einer BNE verknüpfen.

² BNE orientiert sich im OR für die gymnasiale Oberstufe grundlegend an dem Konzept der starken Nachhaltigkeit (siehe Kap. 1.1 des OR). Hierbei bezieht sich der neue OR auf unterschiedliche Modelle und Leitbilder aus Nachhaltigkeitsdiskursen. Zu diesen Ansätzen zählen das vierdimensionale Leitbild der nachhaltigen Entwicklung (siehe Kap. 5.2 des OR), das Wedding-Cake-Modell und das Modell der Donut-Ökonomie (siehe Kap. 1.4.2 des OR). Ersteres schließt auch die Bedeutung demokratischer Politikgestaltung (Good Governance) für die Erreichung von Nachhaltigkeitszielen ein. Die grafischen Darstellungen der Modelle heben unterschiedliche Aspekte und Prozesse nachhaltiger Entwicklung hervor. Sie werden in ihrer Aussagekraft und didaktischen Bedeutung für BNE in den verschiedenen Kapiteln des OR für die gymnasiale Oberstufe als Orientierungshilfe beschrieben und eingesetzt.

Bezüge lassen sich zwischen der Sachkompetenz und der Erkenntnisgewinnungskompetenz zum BNE-Kompetenzbereich **Erkennen** herstellen. Die Bewertungskompetenz überschneidet sich deutlich mit dem BNE-Kompetenzbereich **Bewerten**. Bezüge lassen sich außerdem zwischen der Kommunikationskompetenz und dem BNE-Kompetenzbereich **Handeln** herstellen. Gleichwohl ist die Zuordnung einzelner Kompetenzen innerhalb der Kompetenzbereiche durchaus komplexer.³

Zu den fachbezogenen Kompetenzbereichen und deren Verknüpfung mit BNE im Detail:

Sachkompetenz

Sachkompetenz ist die Basis für die Analyse von Situationen, Entwicklungen und Handlungsmöglichkeiten. Die inhaltliche Auseinandersetzung im Physikunterricht soll gemäß den Bildungsstandards zur Weiterentwicklung der vier Basiskonzepte (1) Erhaltung und Gleichgewicht, (2) Superposition und Komponenten, (3) Mathematisieren und Vorhersagen sowie (4) Zufall und Determiniertheit beitragen. Sie charakterisieren den spezifischen Zugang der Physik zur Beschreibung von Phänomenen und Prozessen. Alle vier Basiskonzepte spielen z. B. beim Treibhauseffekt eine wesentliche Rolle (siehe Kap. 5 OR-FA).

Erkenntnisgewinnungskompetenz

Im Bereich der Erkenntnisgewinnungskompetenz geht es um die Ausschärfung und Reflexion naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen, die insbesondere das Wechselspiel von Theorie und Experiment und den Umgang mit Modellen betreffen. Die KMK-Bildungsstandards nennen folgende Aspekte:

- Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden.
- Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen.
- Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren.
- Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren.

Wissenschaftsorientierung in der gymnasialen Oberstufe schließt zusätzlich auch eine aktive Teilhabe an wissenschaftlichen und öffentlichen Diskussionen ein. Projekte zur Energietechnik, zum Klimaschutz oder zum Energiesparen z. B. im Rahmen von Schulwettbewerben⁴ oder die forschungsorientierte Bearbeitung von BNE-Themen z. B. im Rahmen eines Seminarfachs können hier Möglichkeiten bieten, anspruchsvolles wissenschaftliches und experimentelles Vorgehen mit gesellschaftlich relevanten Fragestellungen aus dem Kontext nachhaltiger Entwicklung zu verknüpfen. Der Bereich der Klimaforschung bietet zudem gute Reflexionsanlässe für das Modellieren (HEINICKE & WACKERMANN 2021).

Kommunikationskompetenz

Bei der fachbezogenen Kommunikationskompetenz stehen das Erschließen und Aufbereiten von Informationen sowie das Austauschen und Diskutieren physikbezogener Sachverhalte im Mittelpunkt. Im Austausch mit wissenschaftlichen Expertinnen und Experten sowie außerschulischen Partnerinnen und Partnern bieten sich gute Gelegenheiten, fachspezifische Kommunikation zu reflektieren und adressatengerechtes Kommunizieren zu üben. Denkbare außerschulische Partnerinnen bzw.

³ In Kapitel 2 sind Zuordnungen zu den fachbezogenen Kompetenzen explizit kenntlich gemacht.

⁴ Beispiele unter <https://www.bildungserver.de/wettbewerbe.html>.

Partner sind Personen aus dem Netzwerk von Scientists4future, Akteurinnen bzw. Akteure globalen Lernens oder des kommunalen Klimaschutzes. Auch im Zusammenhang mit Klimawandelleugnerinnen und -leugnern bieten sich vielfältige Möglichkeiten der Analyse von Kommunikationsmustern und der Förderung von Kommunikationskompetenz (BUB & RABE 2021; HÖTTECKE 2021; SCHUBATZKY & WACKERMANN 2021).

Bewertungskompetenz

Insbesondere in diesem Kompetenzbereich werden breite Überlappungen mit den Konzepten von BNE deutlich:

„Um selbstbestimmt an gesellschaftlichen Meinungsbildungsprozessen teilhaben zu können, beziehen Lernende im Kompetenzbereich Bewerten bei gesellschaftlich relevanten Fragestellungen mit fachlichem Bezug kriteriengeleitet einen eigenen Standpunkt und treffen sachgerechte Entscheidungen. Dazu tragen sie relevante physikalische, aber auch nicht physikalische (z. B. ökonomische, ökologische, soziale, politische oder ethische) Kriterien zusammen, sammeln geeignete Belege und wägen sie unter Berücksichtigung von Normen, Werten und Interessen gegeneinander ab. Physikalisch kompetent bewerten heißt also, über die rein sachliche Beurteilung von physikalischen Aussagen hinauszugehen, weshalb rein innerfachliche Bewertungen z. B. der Anwendbarkeit eines Modells, der Güte von Experimentierergebnissen oder der Korrektheit fachwissenschaftlicher Argumentationen den anderen drei Kompetenzbereichen zugeordnet sind“ (KMK 2020, S. 18).

Die von der KMK gesteckten Ziele für den Physikunterricht in der Oberstufe sind demzufolge mit einem an BNE orientierten Unterricht gut vereinbar.

2 Kompetenzorientierung

Die KMK-Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife (KMK 2020) weisen weitgehende Überschneidungen mit dem Kompetenzmodell des Orientierungsrahmens Globale Entwicklung auf. Um die Passung von BNE zu den Vorgaben der Bildungsstandards zu unterstreichen, sind in der nachfolgenden Übersicht der BNE-spezifischen Kompetenzen im Fach Physik die Bezüge zu den KMK-Bildungsstandards jeweils in Klammern notiert. Mit * bzw. ** sind Bezüge zu den KMK-Empfehlungen „Lehren und Lernen in der digitalen Welt“ (KMK 2021) bzw. zum KMK-Papier „Menschenrechtsbildung in der Schule“ (KMK 2018) markiert.

| **Table 5:** Fachbezogene Teilkompetenzen

Kernkompetenzen	Fachbezogene Teilkompetenzen (Die Lernenden können ...)
Erkennen – Die Lernenden können ...	
1. Informationsbeschaffung und -verarbeitung ... hilfreiche Informationen zu Fragen der Globalisierung und Entwicklung beschaffen und themenbezogen verarbeiten.	1.1 ... zielgerichtet in analogen und digitalen Medien physikalische Sachverhalte zu Themen der Globalisierung und Entwicklung (z. B. zu Mobilfunk, Energietechnik, Klimaanpassung, E-Mobilität) recherchieren. (K1, *) 1.2 ... geeignete Experimente zur Untersuchung einer (umwelt-) physikalischen Fragestellung planen, durchführen und auswerten. (E5)

	1.3 ... Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien (z. B. zum Treibhauseffekt und zum Klimawandel) erläutern, deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten beschreiben sowie ihre Bedeutung für die Erkenntnisgewinnung verstehen. (S2)
2. Erkennen von Vielfalt ... die soziokulturelle und natürliche Vielfalt erkennen.	2.1 ... an Beispielen die Abhängigkeit des Einsatzes von Technologien (z. B. Photovoltaik, Mobilfunk) von natürlichen und soziokulturellen Bedingungen benennen (z. B. Bedeutung von Photovoltaik für die Energieversorgung im globalen Süden im Vergleich zu Deutschland). 2.2 ... Beispiele des Umgangs mit Umweltveränderungen (z. B. Klimakrise) und deren soziokulturellen Folgen vor dem Hintergrund unterschiedlicher natürlicher und soziokultureller Bedingungen analysieren. 2.3 ... Ungleichheit im Hinblick auf Verursachung und Betroffenheit von globalen Umweltkrisen erkennen. (**)
3. Analyse des globalen Wandels ... Globalisierungs- und Entwicklungsprozesse mithilfe des Leitbilds der nachhaltigen Entwicklung analysieren.	3.1 ... technologische Prozesse und Technologien (z. B. Digitalisierung, Geoengineering; UMWELTBUNDESAMT 2011) hinsichtlich ihrer Potenziale und Risiken für nachhaltige Entwicklung untersuchen und einschätzen. (B6, *) 3.2 ... aktuelle gesellschaftliche Entscheidungen mit physikalischen Bezügen im Hinblick auf mögliche (kurz- und längerfristig) Konsequenzen lokal und global reflektieren (z. B. Nutzung von Kernenergie oder E-Mobilität, Energiewende etc.). (B7)
4. Unterscheidung von Handlungsebenen ... Handlungsebenen vom Individuum bis zur Weltebene in ihrer jeweiligen Funktion für Entwicklungsprozesse erkennen und darstellen.	4.1 ... in Entscheidungssituationen mit physikalischem oder technologischem Bezug (z. B. im Kontext Klimakrise, Mobilität, Digitalisierung) individuelle und gesellschaftliche Handlungsoptionen benennen und vergleichen. (*, **) 4.2 ... in Entscheidungssituationen mit physikalischem oder technologischem Bezug (s. o.) wechselseitige Bezüge lokalen und globalen Handelns (z. B. Abbau von Lithium und E-Mobilität) aufzeigen. (*) 4.3 ... Wechselwirkungen zwischen technologischer Entwicklung und physikalischer Forschung reflektieren und die Rolle physikalischer Forschung in einer nachhaltigen Entwicklung skizzieren (insbesondere Aufgabe und Verantwortung von Wissenschaft). (B8)
Bewerten – Die Lernenden können ...	
5. Perspektivenwechsel und Empathie ... sich unterschiedliche Werteorientierungen in ihrer Bedeutung für Verhaltensweisen und Entscheidungen bewusst machen und reflektieren.	5.1 ... verschiedene mögliche Perspektiven, Zielkonflikte und Synergien in einer Entscheidungssituation (z. B. im Kontext von Energiespar- oder Klimaschutzmaßnahmen) darstellen und mit Bezug zu zugrunde liegenden Werten analysieren und reflektieren. (B1, B3, **) 5.2 ... zwischen Werturteilen und fachlichen Argumentationen unterscheiden. (B3, B4)

<p>6. Kritische Reflexion und Stellungnahme</p> <p>... auf der Grundlage kritischer Reflexion zu Globalisierungs- und Entwicklungsfragen Stellung beziehen und sich dabei an der internationalen Konsensbildung, am Leitbild nachhaltiger Entwicklung und an den Menschenrechten orientieren.</p>	<p>6.1 ... Möglichkeiten und Grenzen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit) reflektieren. (E3, E11, *)</p> <p>6.2 ... Stellungnahmen im Kontext physikalischer oder technologischer Themen kritisch reflektieren (z. B. Kernfusion, Magnetschwebebahn, Carbon Capture and Storage, autonomes Fahren). (*)</p> <p>6.3 ... zu Umwelt- und Entwicklungsfragen mit physikalischem oder technologischem Bezug (s. o.) begründet Stellung beziehen. (**)</p>
<p>7. Beurteilen von Entwicklungsmaßnahmen</p> <p>... Ansätze zur Beurteilung von Maßnahmen zur Förderung nachhaltiger Entwicklung (bei uns und in anderen Teilen der Welt) unter Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen und Rahmenbedingungen erarbeiten und zu eigenständigen Bewertungen kommen.</p>	<p>7.1 ... Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen und Rahmenbedingungen reflektieren und eigene Bewertungen vornehmen. (B5)</p> <p>7.2 ... sich reflektiert und rational zu Entwicklungsmaßnahmen mit physikalischem Bezug (z. B. im Kontext von Maßnahmen zur Klimaanpassung) ein eigenes Urteil bilden. (B7)</p>
<p>Handeln – Die Lernenden können ...</p>	
<p>8. Solidarität und Mitverantwortung</p> <p>... Bereiche persönlicher Mitverantwortung für Mensch und Umwelt erkennen und als Herausforderung annehmen.</p>	<p>8.1 ... die Folgen eigenen Handelns (z. B. bei der Nutzung technischer Geräte oder Technologien) erkennen sowie alternative Handlungsoptionen entwickeln und erproben. (*)</p> <p>8.2 ... Verantwortung für das eigene Handeln im lokalen (unmittelbares Lebensumfeld) und globalen Kontext erkennen und übernehmen.</p>
<p>9. Verständigung und Konfliktlösung</p> <p>... zur Überwindung soziokultureller und interessenbestimmter Barrieren in Kommunikation und durch Zusammenarbeit zu Konfliktlösungen beitragen.</p>	<p>9.1 ... Interessenkonflikte in gesellschaftlichen Entscheidungen mit physikalischem oder technologischem Bezug erkennen und Lösungen entwickeln (z. B. steigender Energiebedarf bei wachsender digitaler Technologie). (*)</p> <p>9.2 ... sich in globalen Kontexten (z. B. in internationalen Schulpartnerschaften) über physikalische/technologische Sachverhalte austauschen, den eigenen Standpunkt vertreten, reflektieren und ggf. korrigieren. (K9)</p>

<p>10. Handlungsfähigkeit im globalen Wandel</p> <p>... die gesellschaftliche Handlungsfähigkeit im globalen Wandel vor allem im persönlichen und beruflichen Bereich durch Offenheit und Innovationsbereitschaft sowie durch eine angemessene Reduktion von Komplexität sichern und die Ungewissheit offener Situationen aushalten.</p>	<p>10.1 ... Verschiedene Handlungsoptionen in gesellschaftlich relevanten oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit physikalischem Bezug (z. B. zur E-Mobilität, Energienutzung oder Klimaanpassung) gegeneinander abwägen. (B3)</p>
<p>11. Partizipation und Mitgestaltung</p> <p>... und sind aufgrund ihrer mündigen Entscheidungsbereitschaft, Ziele der nachhaltigen Entwicklung im privaten, schulischen, öffentlichen und beruflichen Bereich zu verfolgen und sich an deren Umsetzung auf gesellschaftlicher und politischer Ebene zu beteiligen.</p>	<p>11.1 ... Möglichkeiten der Mitwirkung an Projekten mit physikalischem Hintergrund und mit Bezug zur nachhaltigen Entwicklung im privaten und schulischen Bereich (z. B. Citizen-Science-Projekte) erkunden und sich produktiv an diesen Projekten beteiligen. (**)</p> <p>11.2 ... in Bezug auf physikalische oder technologische Entwicklungsprozesse eigene Möglichkeiten der Einflussnahme auf politische Entscheidungen auf verschiedenen Handlungsebenen erkunden und nutzen. (*, **)</p> <p>11.3 ... Berufsfelder mit physikalischem und technischem Bezug und deren potenziellen Beitrag zur globalen Entwicklung einschätzen.</p>

3 Didaktisches Konzept

Wie können Lernangebote gestaltet werden, um den Physik-Fachunterricht der gymnasialen Oberstufe (auch im Fächerverbund mit anderen Fächern) am Leitbild BNE auszurichten und die Erarbeitung der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen fachbezogenen Teilkompetenzen zu fördern? Im Folgenden werden zentrale didaktische Orientierungen eines Physikunterrichts unter der Leitlinie von BNE dargestellt.

3.1 Grundlegende didaktische Orientierungen

Subjektorientierung: Heterogenitätssensible Unterrichtsgestaltung

Im Sinn einer nachhaltigen Entwicklung und insbesondere im Sinne des SDG 4 „Inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten lebenslangen Lernens für alle fördern“ sollten BNE-Lernumgebungen an den heterogenen Ausgangslagen der Lernenden ausgerichtet sein. Lebensrealitäten (sozioökonomischer Status, sexuelle Identitäten, Behinderungen) sowie Interesse, Motivation, Vorwissen und Fähigkeiten können bei der Planung von BNE berücksichtigt werden, um ein möglichst inklusives Lernen für alle zu ermöglichen. Fachspezifisch für die Physik sind neben dem Science Capital der Lernenden, womit naturwissenschaftsbezogene (Bildungs-) Ressourcen durch das Elternhaus bezeichnet werden, insbesondere Unterschiede in den Lernvoraussetzungen zu beachten, die zum Gendergap hinsichtlich naturwissenschaftlicher Bildungswegs- und Berufsentscheidun-

gen führen (ARCHER ET AL. 2015). Dem Gendergap kann u. a. durch eine gendersensible Unterrichtsgestaltung begegnet werden, welche die diversen Interessen von Lernenden durch didaktische Entscheidungen z.B. hinsichtlich der Kontexte oder Methoden berücksichtigt. So können z.B. technische Kontexte durch biologische oder medizin-physikalische ersetzt werden. Die Interessantheit der Unterrichtsthemen und -methoden beeinflusst aber auch die grundsätzliche Bereitschaft, sich mit physikalischen Themen detaillierter auseinanderzusetzen (HEINICKE 2019; WODZINSKI 2010). Neben den unterrichtsmethodischen Zugängen können auch die fachlichen Zugänge zu den Lerninhalten durch ausdrückliche Entscheidungen (z.B. quantitativ oder qualitativ, technisch-praktisch oder theoretisch-modellhaft, wissenschafts- oder gesellschaftsorientiert) an die Lerngruppe angepasst werden. Studien zeigen, dass die gesellschaftliche Relevanz ein wichtiges Kriterium für die Interessantheit eines Themas darstellt (HOFFMANN ET AL. 1998; SJØBERG & SCHREINER 2019). Die inhaltliche Verknüpfung fachphysikalischer Inhalte mit Themen der nachhaltigen Entwicklung, wie Ökologie oder globale Gerechtigkeit, kann entsprechend für heterogene Lerngruppen äußerst sinnstiftend sein. Dies gilt in besonderer Weise für Gruppen, die bisher ein geringeres Interesse am Physikunterricht aufweisen.

Lebensweltorientierung: Digitale und globalisierte Welt

Eine Orientierung an der Lebenswelt der Lernenden bedeutet, Megatrends (siehe auch Kap. 3.1 des OR) wie z. B. Konnektivität oder Globalisierung integrativ bei der Gestaltung von Lernarrangements zu berücksichtigen. Digitale Werkzeuge können die Lernarrangements methodisch und inhaltlich erweitern. So bilden digital gestützte Mysterys, (Plan-)Spiele und auch Citizen-Science-Projekte die Möglichkeit, auch komplexe Zusammenhänge erfahrbar zu machen. Im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe kann Digitalisierung nicht nur im Kontext von Unterrichtsmethoden fachspezifisch berücksichtigt werden, sondern digitale Messwerterfassungen und digitale Simulationen repräsentieren auch Werkzeuge eines spezifischen empirischen Weltzugangs der Naturwissenschaften. Der kompetente Umgang mit digitalen Daten und wissenschaftlichen Darstellungen wiederum ist Voraussetzung zur Teilhabe an einer globalen Wissenschaftsgemeinschaft. Im Sinn einer Science Media Literacy können (Falsch-) Meldungen zu aktuellen physikalischen Themen, wie z. B. Klimawandel, Elektromobilität oder nachhaltige Energieversorgung, Reflexionsanlässe zur Funktion des Wissenschaftssystems und ebenso der (sozialen) Medien darstellen (HÖTTECKE & ALLCHIN 2022). Neben der sachkundigen Rezeption ist auch die aktive Rolle der Lernenden, z. B. im Bereich der Wissenschaftskommunikation im digitalen Raum zu stärken und so Handlungskompetenz aufzubauen. Lernende können z. B. selbst Lernumgebungen mit Gamification-Elementen gestalten, Videoinhalte produzieren und verteilen oder mittels digitaler Kommunikation über Fragen der nachhaltigen Entwicklung mit Forschenden, Politikerinnen und Politikern oder auch mit anderen Lernenden in Austausch treten. Bei der gemeinsamen Betrachtung naturwissenschaftlich geprägter Themen, wie Mobilitätswende, Geschlechterrollen in der Wissenschaft und globale Ressourcen- und Energieströme, werden Kompetenzen insbesondere im Hinblick auf Kommunikationsfähigkeit in heterogenen Gruppen und Perspektivenübernahme gefördert. Angesichts der Komplexität und Vernetztheit der Lebenswelt von Lernenden sowie der sich stellenden Herausforderungen nachhaltiger Entwicklung im privaten, beruflichen und gesellschaftlich-politischen Kontext ist auch eine überfachliche Perspektive zu stärken, indem in Lernumgebungen die verschiedenen Weltzugänge der Fachdisziplinen aufgezeigt und vernetzt werden und eine Reflexion der Aspekthaftigkeit und der jeweiligen Grenzen dieser Zugänge erfolgt (Kap. 1 OR-FA). Beispielsweise kann für den

Inhalt „Anthropogener Klimawandel“ der Physikunterricht zur Erklärung der Ursachen und Folgen beitragen. Eine ethische oder politische Einordnung (auch im Rahmen des Physikunterrichts) kann insbesondere durch Rückgriff auf Kompetenzen aus anderen Fächern erfolgen. Beim Thema Mobilität können aus physikalischer Perspektive z. B. Funktionsprinzipien von Antriebstechnologien (u. a. Wechselwirkung in elektrischen und magnetischen Feldern) und Wirkungsgrade (z. B. Well-to-Wheel) betrachtet werden, während z. B. im Fach Geschichte eine historische Perspektive auf die Entwicklung von Mobilität eingenommen und im Fach Geographie die innerstädtische Flächenverteilung unterschiedlicher Mobilitätsformen humangeographisch in den Blick genommen werden kann. Durch Phasen metakognitiver Reflexion können die Grenzen zwischen naturwissenschaftlicher Evidenz einerseits und ethisch-moralischer oder auch politisch-gesellschaftlicher Konsequenz andererseits reflektiert und so eine kritische Urteilsfähigkeit gefördert werden.

Handlungsorientierung: Kompetenzorientierter Physikunterricht

Das Ziel, Lernende zum Erkennen, Bewerten und Handeln im Kontext nachhaltiger Entwicklung zu befähigen, kann durch den Einsatz von Unterrichtsmethoden, die ein aktiv gestaltendes, eigenverantwortliches (Zusammen-)Arbeiten fördern, erreicht werden. Für den an BNE ausgerichteten Physikunterricht kann dies durch eine Integration des Unterrichts in einen ganzheitlichen Ansatz zur Schulentwicklung in Richtung Nachhaltigkeit (Whole School Approach; GREENPEACE 2020; siehe Kap. 5 OR-FA) noch unterstützt werden. Beispielsweise können Lernende mithilfe der im Physikunterricht erworbenen Kompetenzen in den Bereichen Thermo- oder Elektrodynamik sowie der Halbleitertechnik Lösungen für einen nachhaltigen Betrieb der Schule erarbeiten und deren Umsetzung gemeinsam mit den relevanten Akteurinnen und Akteuren anstreben; Schulen können Klimaneutralität anvisieren, indem sie z. B. Photovoltaikanlagen betreiben; Schulgebäude können inklusiver gestaltet werden, indem Barrieren durch technische Innovationen (z. B. Induktionsschleifenanlagen für Hörgeschädigte) abgebaut werden. Durch die Integration außerschulischer Lernorte, z. B. von Forschungseinrichtungen, Lehrwerkstätten der Bildungspartnerinnen und -partner, zivilgesellschaftlichen Einrichtungen, aber auch des kommunalen Umfelds (z. B. Klimaschutzmanagement der Stadt oder Gemeinde sowie kommunale Parlamente) in den Fachunterricht werden die unterschiedlichen Handlungsebenen nachhaltiger Entwicklung verdeutlicht und das Selbstverständnis der Lernenden als politisch Agierende mit fundiertem naturwissenschaftlichen Fachwissen gestärkt. Freiräume, in denen Selbstwirksamkeitserfahrungen z. B. durch „Lernen durch Engagement“ möglich sind, können insbesondere die Handlungs- und Problemlösekompetenz von Lernenden stärken. Lernende können hier die hohe gesellschaftliche Relevanz der Fachinhalte des Physikunterrichts erfahren, z. B. im Kontext von Energiewende, Inklusion oder Kreislaufwirtschaft. Eine Reflexion der Praxiserfahrungen unterstützt die Fähigkeit der Lernenden, Wertentscheidungen verantwortungsvoll zu treffen und nach diesen zu handeln.

Wissenschaftsorientierung: Transformativ-forschender Physikunterricht

Unter der Zielstellung eines wissenschaftspropädeutischen Physikunterrichts der gymnasialen Oberstufe sollen Methoden und Funktionsweisen der Wissenschaft Physik fester Bestandteil des Unterrichts sein – und so auch Unterricht im Sinn von BNE mitstrukturieren. Die Diskussion und Bewertung z. B. von Modellen als zentralen Elementen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses können hierbei geeignete Lernanlässe bilden. Modelle bieten zahlreiche inhaltliche Anknüpfungs-

punkte an nachhaltige Entwicklung, z. B. Modelle des Treibhauseffekts, Klimamodelle sowie auch Energie- und Umweltbilanzen. Die Behandlung der Modellgrenzen und auch der Erkenntnisgrenzen der Physik insgesamt kann einen fachlich angemessenen Blick der Lernenden auf die Wissenschaft und damit auch auf die Beiträge, die (Natur-) Wissenschaft zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten kann, fördern. Rolle und die Verantwortung der Wissenschaft Physik im Kontext nachhaltiger Entwicklung ergeben sich vor allem durch den spezifischen Weltzugang, der die (natürliche) Umwelt als berechenbar darstellt, und durch die enge Verbindung der Physik mit technischen Entwicklungen, die sowohl Ursache als auch Lösung globaler Umwelt- und Verteilungskrisen sein können. Hier bieten sich Reflexionsanlässe, die auch eine Differenzierung deskriptiver und normativer Aussagen schulen. Dabei können Lernende Kompetenzen im Bereich **Bewerten** aufbauen und damit eigene sowie gesellschaftlich-politische Entscheidungen im Hinblick auf die zugrunde liegenden (häufig impliziten, unbewussten und gesellschaftlich geprägten) Werte analysieren.

Handlungskompetenzen sowie Selbstwirksamkeitserfahrungen werden durch Unterrichtsformen gefördert, die den Lernenden z. B. ein forschendes Lernen ermöglichen. Die Integration des forschenden Lernens in transformative, nachhaltigkeitsrelevante Citizen-Science-Projekte,⁵ bei denen Lernende häufig regional bis global vernetzt über digitale Plattformen selbst Wissenschaft betreiben, erweitert den Wirkungskreis der Aktivitäten der Lernenden über die Schule hinaus und erhöht die Selbstwirksamkeit. Bei Citizen-Science-Projekten untersuchen forschende Laien z. B. die Luftqualität in Städten, den Einfluss von Stadtgrün auf das Mikroklima oder auch die Potenziale von Balkonsolaranlagen, wobei physikalische Messmethoden sowie physikalische Fachinhalte erlernt werden können. Die internationale Kooperation bei Citizen-Science-Projekten kann Perspektivenwechsel und Empathiefähigkeit fördern, die globale Dimension von Wissenschaft verdeutlichen und Schlüsselkompetenzen wie die Zusammenarbeit in heterogenen Gruppen fördern. Transformativ-forschendes Lernen kann bei der Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen Lernenden ein authentisches Bild von internationaler und vielfältiger Wissenschaft bieten, wie z. B. bei der European Talent School der Fraunhofer-Gesellschaft, die Lernende an Themen wie „Ökobilanzierung“ und „Intelligente Stadt der Zukunft“ heranführt.⁶ Neben der Betonung der Rolle der Physik in gesellschaftsrelevanten Zukunftsfragen können auch über das Angebot von Identifikationsmöglichkeiten mit Forschenden, die in den Naturwissenschaften unterrepräsentierte Personengruppen repräsentieren, Bildungswegentscheidungen im naturwissenschaftlichen Bereich positiv beeinflusst werden (SHIN ET AL. 2016).

3.2 Methodische Ansätze zur Umsetzung eines an BNE orientierten Physikunterrichts

Für den Physikunterricht spielt das Experimentieren eine zentrale Rolle und hat auch im sich an BNE orientierenden Unterricht eine wichtige Funktion, um handlungsorientierte Zugänge zu ermöglichen (siehe z. B. Beispielthemen in Kap. 4 OR-FA). Exemplarisch sollen im Folgenden methodische Elemente und Ansätze vorgestellt werden, die über die traditionellen Methoden hinausgehen und die oben genannten didaktischen Orientierungen für den Physikoberstufenunterricht besonders gut adressieren.

⁵ Erklärungen und zahlreiche Beispiele für Citizen-Science-Projekte: <https://www.buergerschaffenwissen.de/>.

⁶ Siehe <https://www.fraunhofer.de/de/jobs-und-karriere/schueler/talentschools.html>.

| **Tabelle 6:** Ausgewählte methodische Elemente

Methode	Allgemeine Beschreibung und Beispiele für den Physikunterricht	Bezüge zu BNE
Mysterys	<p>Lernende lösen in Kleingruppen mysteriöse, authentische Rätsel, indem sie Inhaltsbausteine einer Geschichte in einen logischen Zusammenhang bringen, diese präsentieren, diskutieren und das Vorgehen metakognitiv reflektieren. Die Lösung eines Mysterys ist ein von den Lernenden erstelltes Wirkungsgefüge. Hierbei werden komplexe Zusammenhänge visualisiert (z. B. Rückkopplungen, Wirkungsschleifen, zeitliche und örtliche Fernwirkungen, Zusammenhänge fachlicher Grundlagen mit gesellschaftlichen Entwicklungen), weshalb sich Mysterys für Themen der nachhaltigen Entwicklung im Physikunterricht besonders gut eignen.</p> <p>Mysterys für den Physikunterricht gibt es z. B. im Bereich Energiespeicherung und Radioaktivität (SAUER 2020) sowie zum Treibhauseffekt (ZIMMERMANN ET AL. 2021). Eine Handreichung von education 21 für die Erstellung eigener Mysterys im Kontext von BNE erleichtert die Adaption der Methode auf weitere Inhalte.⁷</p>	<p>Subjektorientierung und Lebensweltorientierung: Mysterys können z. B. durch Erweiterungskarten an heterogene Lerngruppen angepasst werden. Die Grundlage eines Mysterys bilden authentische Geschichten, die an die Lebenswelt der Lernenden anknüpfen, wobei Verknüpfungen zwischen individuellen und globalen Zusammenhängen sowie zwischen fachlichen und gesellschaftlichen Aspekten thematisiert werden können.</p> <p>Handlungsorientierung: Gestärkt werden v. a. Kooperation und Kommunikation in der Gruppe sowie die Fähigkeit zur Analyse komplexer Zusammenhänge in Systemen.</p>
Planspiele	<p>In Planspielen wird die Realität modellhaft vereinfacht dargestellt. Lernende übernehmen unterschiedliche Rollen mit häufig divergierenden Interessen und verhandeln dabei Lösungen für ein gestelltes, häufig dilemmatisches Problem. Planspiele gibt es sowohl analog als auch digital (unterstützt) sowie in unterschiedlicher Dauer.</p> <p>Für den Physikunterricht geeignete Planspiele mit Bezug zu BNE existieren z. B. zum Klimawandel: World Climate, Climate Action Simulation oder Keep Cool (Übersicht z. B. bei RABE & BUB 2021). Climate Action Simulation, ein Planspiel zur Erreichung von Treibhausgasneutralität, nutzt komplexe Szenario- und Potenzialanalysen, die in reduzierter, visualisierter und interaktiver Form auch Lernenden zugänglich werden. Im Planspiel erfahren die Teilnehmenden die Potenziale und Grenzen verschiedener Energieträger, wie z. B. der Kernenergie, von Technologien zur Entfernung von Kohlenstoffdioxid (CO₂) und der Elektrifizierung verschiedener Sektoren, wie Mobilität, Gebäudeenergiebedarf etc.</p>	<p>Handlungsorientierung: Die Lernenden übernehmen spielerisch die Rolle verschiedener Akteurinnen und Akteure und lösen dabei stellvertretend Probleme nachhaltiger Entwicklung. Dabei kann die Fähigkeit zur Perspektivenübernahme gestärkt und Handlungsoptionen im privaten wie im gesellschaftlich-politischen Rahmen entwickelt und reflektiert werden.</p>

⁷ Siehe <https://education21.ch/de/leitfaden-mystery-zyklus-1>.

Methode	Allgemeine Beschreibung und Beispiele für den Physikunterricht	Bezüge zu BNE
Gamification	<p>Gamification bedeutet die Übertragung von Spielelementen (wie Spiel-Level, Belohnungsmechanismen, Quiz, interaktive Elemente) z. B. in Lernarrangements – häufig in digitaler Form. Gamification soll Motivation fördern und an die Lebenswelt der Lernenden anschließen.</p> <p>Spielerische Methoden für den Physikunterricht sind z. B. Cranky Uncle (zu Wissenschaftsleugnung), Get Bad News (zu Falschnachrichten und sozialen Medien), Climate Escape⁸ (Lernlabor zum Klimawandel) sowie die oben genannten Planspiele.</p>	<p>Lebenswelt- und Subjektorientierung: Elemente der digitalen Lebenswelt werden in die Lernsettings übertragen. Für heterogene Lerngruppen sind verschiedene mediale Zugänge möglich.</p> <p>Handlungsorientierung: Lernende können spielerische Lernumgebungen selbst gestalten und dabei Handlungskompetenzen gewinnen (z. B. mithilfe der App Actionbound geobasierte Touren zu physik- und nachhaltigkeitsbezogenen Themen erstellen, wie Energiewende vor Ort, Hitzebelastung in der Stadt, Mobilitätswende).</p>
Citizen Science	<p>Interessierte Laien tragen bei Citizen Science selbst zur Wissenschaft bei. Dabei ist der Grad der Partizipation im Forschungsprozess unterschiedlich stark ausgeprägt: vom reinen Datensammeln bis hin zur gemeinsamen Konzeption von Forschungsprojekten inklusive Forschungsfragen und Methodik durch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gemeinsam mit Laien.</p> <p>Beispiele für Citizen-Science-Projekte im Kontext Nachhaltigkeit und Physik sind luftdaten.info (Aufbau von Messtationen und Integration in eine offene Datenbank, z. B. auch OpenSenseMap), ParKli (Partizipative Klimaforschung zur Analyse der Verwundbarkeit von Regionen im Hinblick auf den Klimawandel), KlimaDaten-Schule oder auch Plastic Pirates (Analyse der Verschmutzung von Gewässern und Integration in eine offene Datenbank).</p>	<p>Lebensweltorientierung: Daten werden im eigenen Umfeld aufgenommen und mittels digitaler Plattformen in einen häufig globalen Zusammenhang gesetzt.</p> <p>Handlungsorientierung: Lernende werden selbst aktiv in der Wissenschaft und können Eigenverantwortung und Kooperation lernen. Sie können einen fundierten wissenschaftlichen Blick auf lokale und globale Umweltprobleme entwickeln und damit auch auf adäquate Lösungen hinwirken.</p> <p>Wissenschaftsorientierung: Wissenschaft wird authentisch erlebt, ihre Methoden und Grenzen werden erfahrbar. Die Rolle der Wissenschaft in gesellschaftlicher Verantwortung kann reflektiert werden.</p>

⁸ Siehe <https://www.larissa.physik.uni-mainz.de/didaktik/climate-escape/>.

Methode	Allgemeine Beschreibung und Beispiele für den Physikunterricht	Bezüge zu BNE
Szenario-Techniken (Zukunftswerkstatt)	Szenariotechniken sollen die Fähigkeit, verschiedene Zukunftsszenarien zu antizipieren oder neu zu denken, fördern, um Handlungsoptionen für positive Zukunftsentwürfe ableiten zu können. Die Methode der Zukunftswerkstatt realisiert dies in drei Phasen: Kritikphase, in der Probleme konkretisiert werden, Phantasiephase, in der alle denkbaren, auch unrealistischen Lösungen erdacht werden, und Realisierungsphase, in der aus den entwickelten Visionen konkrete und realistische Ideen für die Praxis abgeleitet werden. Vorschläge zur Realisierung der Szenariotechnik im Physikunterricht mit Bezug zu Nachhaltigkeit existieren z. B. zur Klimabilanz des Onlineshoppings (HOLLAND 2021).	Handlungsorientierung: Insbesondere Problemlösekompetenzen können gefördert werden, indem Lernende fachlich fundiert globale Probleme analysieren, konkrete Zukunftsentwürfe erarbeiten und daraus konkrete Handlungsoptionen auf individueller, gesellschaftlicher, politischer oder ökonomischer Ebene ableiten.

4 Beispielthemen

4.1 Vorbemerkungen

In den Zielformulierungen des Physikunterrichts in der Sek II ist BNE klar verankert (Kap. 1 OR-FA). Trotzdem ist die Umsetzung der Ziele mit Blick auf die vorgegebenen Themen der gymnasialen Oberstufe (elektrische und magnetische Felder, Schwingungen und Wellen, Quantenphysik und Materie) nicht trivial. Die Bildungsstandards ermöglichen aber auch, dass in Grundkursen Lehrplanalternativen umgesetzt werden und anstelle von Inhalten aus dem Bereich Quantenphysik und Materie z. B. Grundlagen der Thermodynamik bearbeitet werden, die für die Klimathematik von besonderer Bedeutung sind.

Der Klimawandel⁹ und Möglichkeiten zu dessen Begegnung sind für den Physikunterricht ein besonders ertragreicher Kontext, um daran fachliche Zusammenhänge vertieft zu analysieren und angestrebte Kompetenzen zu fördern (WODZINSKI 2020). Einige naturwissenschaftliche Fachverbände haben deshalb gefordert, dem Unterricht mehr Freiräume für die Bearbeitung dieses Themas einzuräumen (HEINICKE ET AL. 2022). Mit Bezug auf den Physikunterricht in Sek I und Sek II beklagen u. a. die Autoren der „Leitlinie BNE“ für das Bundesland Nordrhein-Westfalen die begrenzten Möglichkeiten im Fach Physik: „Stärker als bislang könnten Lehrpläne für das Fach Physik eine Verknüpfung von Gegenwarts- und Zukunftsorientierung befördern und auf inhaltlicher Ebene verstärkt Themen und Fragestellungen aufgreifen, die gesellschaftlich aktuell diskutiert und in naher Zukunft realisiert werden.“ (MINISTERIUM FÜR SCHULE UND BILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN 2019, S. 34). Als Beispiele sind hier genannt:

⁹ Der Begriff ‚Klimawandel‘ wirkt angesichts der Brisanz eher verharmlosend. Alternativ ist der Begriff ‚Klimakrise‘ denkbar, der jedoch wiederum einem Alarmismus Vorschub leisten könnte. Wir empfehlen, die Begriffswahl mit den Lernenden zu reflektieren und explizit vorzunehmen.

- Energieversorgung der Zukunft, Energiespeicherung und Verteilung (beispielsweise Smart Grid),
- aktuelle und zukünftige Entwicklungen bei Informationssystemen und Digitalisierung sowie
- technische Möglichkeiten bei Entwicklungen in der Mikrosensorik und Industrie 4.0 sowie deren soziale Folgen.





Im Physikunterricht spielen seit jeher auch Einblicke in die Technik und die damit verbundenen Fortschritte, aber auch Risiken und Gefahren eine Rolle. Auch dies kann Ausgangspunkt für Unterricht unter BNE-Perspektive sein. Entscheidend im Verständnis von BNE ist, die Themen in ihrem Spannungsfeld zwischen ökonomischen, ökologischen, sozialen und politischen Dimensionen aufzubereiten und sich nicht auf rein fachliche Zusammenhänge zu beschränken.

In Bezug auf die Themenbereiche Klima und Energie (aber auch bei anderen Themen) zeigen sich häufig Widersprüche im eigenen, gesellschaftlichen oder politischen Umgang. Diese sollten im Unterricht ebenfalls in den Blick genommen und diskutiert werden.

4.2 Beispielthemen des Physikunterrichts für die Themenbereiche des Orientierungsrahmens

Für die Umsetzung der folgenden (und ähnlicher) Beispiele stehen der Lehrkraft methodisch vielfältige Möglichkeiten zur Verfügung (siehe u. a. Kapitel 3).

| **Tabelle 7:** Liste der Beispielthemen (Exemplarische Vorschläge für Beispielthemen zu den OR-Themenbereichen, die in Kap. 5.5 des OR ausführlicher beschrieben werden)

Themenbereiche	Beispielthemen
<p>1 Vielfalt der Werte, Kulturen und Lebensverhältnisse: Diversität und Inklusion</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>7 BEZAHLBARE UND SAUBERE ENERGIE</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>8 MENSCHENWÜRDIGE ARBEIT UND WIRTSCHAFTSWACHSTUM</p> </div> </div>	<p>Stromversorgung für Bangladesch. Das Projekt Grameen Shakti (WODZINSKI & DI FUCCIA 2006) (in Zusammenarbeit mit Politik/Wirtschaft und Geographie)</p>
<p>3 Geschichte der Globalisierung: vom Kolonialismus zum Postkolonialismus</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>7 BEZAHLBARE UND SAUBERE ENERGIE</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>13 MASSNAHMEN ZUM KLIMASCHUTZ</p> </div> </div>	<p>Perspektivenvielfalt auf unsere Natur: Zwischen naturwissenschaftlicher und indigener Weltsicht (RÜSCHENPÖHLER 2024)</p> <p>Kumi Naidoo „Klima-Apartheid“ – Verursacher und Leidtragende des Klimawandels auf verschiedenen Seiten (zusammen mit Politik und Geographie)</p>

Themenbereiche	Beispielthemen
<p>4 Waren aus aller Welt: Produktion, Lieferketten, Handel und Konsum</p>  	<p>Sinn oder Unsinn von Elektro-Scootern</p> <p>Graue Energie und ökologischer Fußabdruck</p>
<p>5 Landwirtschaft und Ernährung</p>  	<p>Wie sinnvoll ist Agro-Photovoltaik?</p> <p>Physikalische Innovationen für die Landwirtschaft (Plasma-Behandlung von Saatgut und Getreide, zusammen mit Biologie)</p>
<p>6 Gesundheit, Krankheit, Pandemien und One Health</p>  	<p>Strahlenbelastung durch Mobilfunkstrahlung</p> <p>Wie lassen sich Hitzebelastungen als Folge des Klimawandels abmildern? (Kühltechniken im Vergleich)</p>
<p>7 Bildung und Wissenschaft</p> 	<p>Energieversorgung der Zukunft – Planung einer Informationsveranstaltung für die Öffentlichkeit</p> <p>Exxon knew – Was wusste Exxon über die Folgen des Treibhauseffekts? Über die Verantwortung von Wissenschaft (SUPRAN ET AL. 2023)</p>
<p>8 Globalisierte Freizeit, Umwelt und Tourismus</p> 	<p>Weltraumtourismus – Sinn und Unsinn</p>
<p>9 Schutz und Nutzung natürlicher Ressourcen: Böden, Wasser und Weltmeere</p>  	<p>Wie funktioniert Wasserstofftechnologie und welche Rolle kann sie spielen?</p>

Themenbereiche	Beispielthemen
<p>10 Chancen und Gefahren technologischen Fortschritts, Energiegewinnung, KI und Digitalisierung</p>  	<p>Quantencomputer und KI: Wie digital wollen wir werden? Superkondensatoren – Energiespeicher der Zukunft?</p>
<p>11 Klimawandel, Verschmutzung und Biodiversitätsverlust</p> 	<p>Die Physik des Treibhauseffekts. Geoengineering – die Büchse der Pandora?</p>
<p>12 Mobilität, Stadtentwicklung und Verkehr</p>  	<p>Wie sinnvoll sind selbstfahrende Autos? Wirkungsgrade verschiedener Verkehrsmittel im Vergleich Krank durch den Klimawandel! – Das Stadtklima messen und beeinflussen (zusammen mit Biologie, Geographie und Politik/Wirtschaft, als Citizen-Science-Projekt)</p>
<p>13 Globalisierung von Wirtschaft und Arbeit</p>  	<p>Energiebetrachtung von Wirtschaftswegen</p>
<p>14 Demografische und soziale Strukturen und Entwicklungen</p>  	<p>Führt technologischer Fortschritt zu Strukturwandel oder zu Strukturbruch? (z. B. Kohleausstieg national, erneuerbare Energien global, zusammen mit Politik/Wirtschaft) Wird der Klimawandel in Afrika entschieden? Der Sprung in eine elektrifizierte Gesellschaft ohne fossilen Umweg</p>
<p>15 Armut und soziale Sicherheit</p>  	<p>Wie kann Technologieentwicklung im globalen Süden gefördert werden (zusammen mit Politik/Wirtschaft)?</p>

Themenbereiche	Beispielthemen
<p>16 Frieden und Konflikt</p> 	<p>Bau der Atombombe – Verantwortung der Wissenschaft</p>
<p>17 Migration und Integration</p>  	<p>Frauen in Physik und Technik, „Deutsche Physik“ in der NS-Zeit</p>
<p>18 Politik, Demokratie und Menschenrechte</p>  	<p>Wie sind wir gegen Strahlenbelastung geschützt? Politische Festlegung von Grenzwerten für Mobilfunk oder radioaktive Strahlung</p> <p>Wie kann Bürgerbeteiligung zur Festlegung physikbezogener Grenzwerte sinnvoll gestaltet werden (z.B. Lärm bei Windkraftanlagen, Strahlenbelastung bei Mobilfunk)?</p>
<p>19 Entwicklungszusammenarbeit und ihre Institutionen</p>  	<p>Warum ist das Desertec-Projekt gescheitert? (zusammen mit Politik/Wirtschaft)</p> <p>Wasserstoffprojekte im globalen Süden</p>
<p>20 Global Governance – Weltordnungspolitik</p>  	<p>Wie beeinflusst Wissenschaft die Klimapolitik? Die Bedeutung des IPCC</p>
<p>21 Kommunikation im globalen Kontext</p> 	<p>Globalisierte Wissenschaftssysteme</p> <p>Vom Morsen zum Metaverse – Innovation im Kontext Kommunikationstechniken</p>

4.3 Umsetzung ausgewählter Beispielthemen

Bei der Behandlung der vorgeschlagenen Themen stellt sich die Handlungsebene unterschiedlich dar. Die nachfolgenden Beispiele unterscheiden sich in dieser Hinsicht. Das erste Thema „Krank durch den Klimawandel“ bietet die Möglichkeit, als Schul- oder Klassengemeinschaft gesellschaftlich aktiv zu werden. Das zweite Thema „E-Scooter“ adressiert dagegen vorrangig Handlungsoptionen auf der individuell-persönlichen Ebene. Das dritte Thema „Energiespeicher der Zukunft“ liefert vorrangig Einblicke in politisch-gesellschaftliche Zusammenhänge und regt dazu an, sich mit diesen vertieft über den Unterricht hinaus auseinanderzusetzen, um aktiv an gesellschaftlichen Debatten teilzunehmen. Die Beispielthemen repräsentieren darüber hinaus unterschiedliche Fachspezifität. Das erste Beispiel lässt sich gut im Verbund mit Biologie, Geographie und Politik/Wirtschaft umsetzen, während das zweite und dritte Thema nur im Physikunterricht gut realisierbar ist.

Unterrichtsskizze 1

Titel: Krank durch den Klimawandel! – Das Stadtklima messen und beeinflussen (ggf. zusammen mit Biologie, Geographie und Politik/Wirtschaft)

Nachhaltige Entwicklungsziele (SDGs): 3, 10, 11, 13

OR-Themenbereiche: 6 Gesundheit, Krankheit, Pandemien und One Health, 11 Klimawandel, Verschmutzung und Biodiversitätsverlust, 15 Armut und soziale Sicherheit

Kompetenzen (Klammern verweisen auf die fachbezogenen Teilkompetenzen in Kap. 2 OR-FA)

Die Lernenden können ...

- das städtische Mikroklima mit geeigneten Messsystemen erfassen und vor dem Hintergrund der Klimakrise bewerten. (6.1, 6.2)
- verschiedene Anpassungsstrategien an den Klimawandel im städtischen Kontext bewerten. (6.3, 7.2)
- auf Basis selbst erstellter Analysen zum Mikroklima eine klimaangepasste Schulgestaltung erarbeiten und mit Entscheidungsverantwortlichen die Umsetzung anstoßen. (11.1, 11.2)
- erarbeitete Analysen und Lösungsstrategien politischen Entscheidungsverantwortlichen präsentieren und zur lokalen Anpassung an die Klimakrise beitragen. (11.2)

Extreme Hitze wird zunehmend zu einem Gesundheitsrisiko für die städtische Bevölkerung, insbesondere für vulnerable Gruppen. Die Lernenden verschaffen sich zunächst selbstständig über verschiedene Medien einen Überblick zu Ursachen, Ausmaß und Folgen der weltweiten Urbanisierung. Dabei wird ein Schwerpunkt auf die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels für die städtische Bevölkerung gelegt und dieser Zusammenhang mit lokalen/regionalen und globalen Beispielen belegt. Im Anschluss entwickeln die Lernenden Ansätze zur Messung des städtischen Mikroklimas, insbesondere Temperatur, aber auch Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit usw. und vollziehen die Messprinzipien nach. Dabei kann die Messtechnik gebrauchsfertig zur Verfügung gestellt oder Soft- und Hardware-Lösungen gemeinsam entwickelt werden. Die gewonnenen Daten werden fachlich im Hinblick auf Messstrategien und Unsicherheiten, aber auch auf die Entwicklungsziele 3, 10, 11 und 13 (siehe oben) bewertet. Eine Integration der Messstationen in Citizen-Science-Projekte ist möglich (z. B. opensensemap.org). Aus den durch eigene Messungen gewonnenen Daten (z. B. zu

besonders starken Wärmeineffekten in bestimmten städtischen Bereichen) leiten die Lernenden Lösungsstrategien ab, z. B. arbeitsteilig zu Dach- und Fassadenbegrünung, Entsiegelung und Stadtbäumen sowie Stadtbelüftung. Die erarbeiteten Lösungsstrategien werden entweder im Sinn des Whole School Approach gemeinsam mit der Schulleitung für eine klimaangepasste Schulgestaltung umgesetzt oder bilden die Diskussionsgrundlage für einen Austausch mit der Kommunalverwaltung/-politik zu einer klimaangepassten Stadtentwicklung. Abschließend können die lokalen Gegebenheiten und Lösungsstrategien auf Beispiele aus dem globalen Süden¹⁰ übertragen werden. Das Unterrichtsbeispiel kann auch mit bereitgestellten Daten vom Wetterdienst oder mit anderen Kontexten (Lärm, Feinstaub, Lichtverschmutzung) durchgeführt werden.

Weiterführende Quellen und Literatur

- Citizen-Science-Projekte mit Anleitungen zur Konstruktion von Messstationen (Temperatur, Luftfeuchte, Lärm, Feinstaub, Lichtverschmutzung etc.) und der Möglichkeit, zu einem weltweiten Datenprojekt beizutragen: <https://opensensemap.org/>.
- Fachlicher Hintergrund zu klimagerechter Stadtentwicklung des Deutschen Wetterdiensts: https://www.dwd.de/SharedDocs/broschueren/DE/klima/urbane_raelume_nachhaltig_gestalten.pdf?__blob=publicationFile&v=5.
- Unterrichtsmaterial zur Förderung von Datenkompetenz im Erheben und Auswerten von Klimadaten: <https://klimadatenschule.de/>.

¹⁰ Siehe <https://themenspezial.eskp.de/metropolen-unter-druck/stadtklima-und-lebensqualitaet/staedte-waermer-als-ihr-umland-93764/>.

Unterrichtsskizze 2

Titel: Sinn oder Unsinn von Elektro-Scootern

Nachhaltiges Entwicklungsziel (SDG): 11

OR-Themenbereiche: 12 Mobilität, Stadtentwicklung und Verkehr, 4 Waren aus aller Welt: Produktion, Lieferketten, Handel und Konsum

Kompetenzen (Klammern verweisen auf die fachbezogenen Teilkompetenzen in Kap. 2 OR-FA)

Die Lernenden können ...

- zielgerichtet Informationen zum Thema Elektromobilität recherchieren. (1.1)
- den Einsatz von E-Scootern unter unterschiedlichen kulturellen und gesellschaftlichen Bedingungen kritisch reflektieren. (2.1, 7.2)
- aktuelle politische Entscheidungen zur E-Mobilität im Hinblick auf kurz- und langfristige Konsequenzen lokal und global reflektieren. (3.2)
- individuelle und gesellschaftliche Handlungsoptionen im Kontext der E-Mobilität benennen und vergleichen. (4.1, 4.2)

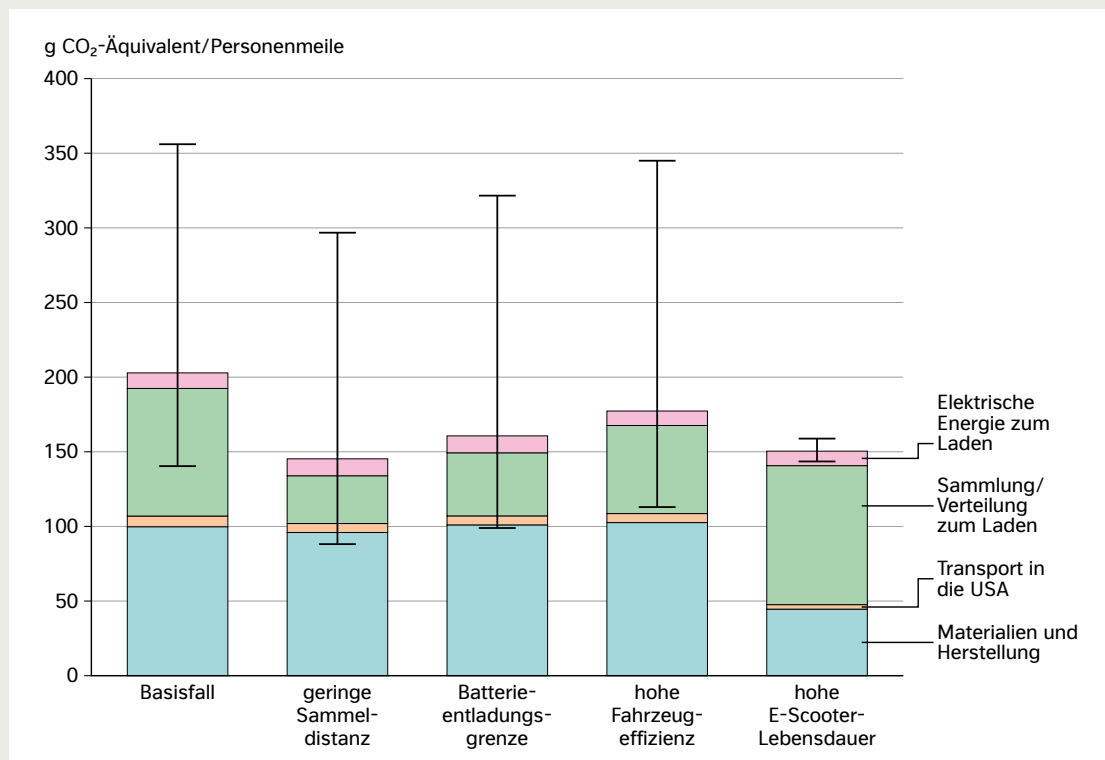
Die eigene Mobilität wird ein zunehmend bedeutendes Thema für die Lernenden der gymnasialen Oberstufe. Gleichzeitig ist Mobilität eines der zentralen Themen einer nachhaltigen Gesellschaft. Seit 2019 spielen dabei auch E-Scooter eine Rolle. Zuerst gepriesen als nachhaltiger Beitrag zur Mobilitätswende in Städten gibt es inzwischen immer deutlichere Kritik an den E-Scootern, nicht nur bezüglich des Verkehrsverhaltens der Nutzerinnen und Nutzer, sondern auch mit Blick auf technische und wirt-

schaftliche Aspekte, wie beispielsweise die Stichworte „Fun-Mobilität“ und „Öko-Bilanz“ von E-Scootern zum Ausdruck bringen. Die Unterrichtsreihe geht der Frage nach, wie sinnvoll E-Scooter mit Blick auf die Einsparung des Treibhausgases CO_2 und andere Nachhaltigkeitsthemen sind.

Als Einstieg setzen sich die Lernenden zunächst selbstständig – unterstützt durch ausgewählte Quellen (z. B. in Form eines Webquests) – mit ihren Vorstellungen eines zukünftigen, nachhaltigen Mobilitätskonzepts in einem realistischen Zukunftsszenario auseinander, speziell unter der Fragestellung, welche Rolle ein E-Scooter dabei spielen kann. Die physikalisch-technischen Aspekte des E-Scooters (Leistung und Wirkungsgrad von Elektromotoren sowie Kapazität, Reichweite und Wirkungsgrad von Akkus, ggf. auch Rekuperation beim Bremsen) erarbeiten die Lernenden arbeitsteilig in Gruppen. Die Ergebnisse werden genutzt, um die Energieumwandlungskette beim Betrieb eines E-Scooters zu präzisieren. Ergänzend dazu entwerfen sie Experimente, mit denen der Wirkungsgrad z. B. beim Aufladen eines Akkus geprüft oder die Auf- und Endladekurve eines Akkus experimentell bestimmt werden können.

Im nächsten Schritt werden Ausschnitte einer aktuellen Studie (HOLLINGSWORTH ET AL. 2019) zur Bestimmung des Energiebedarfs bzw. der CO_2 -Belastung für verschiedene Nutzungsszenarien betrachtet. Die Studie verdeutlicht, dass die Antwort auf die Frage, ob E-Scooter sinnvoll sind, von verschiedenen Bedingungen abhängt, die Energie für den Betrieb aber eine eher untergeordnete Rolle spielt. Die CO_2 -Emission im Zusammenhang mit dem Einsammeln der E-Scooter für das Laden ist deutlich relevanter. Zu einer Vertiefung des Themas kann die Frage nach den Ressourcen für die Herstellung gestellt werden (z. B. Lithiumgewinnung) und mit der Frage nach den Konsequenzen für den globalen Süden verknüpft werden.

| **Abbildung 6:** CO_2 -Emissions-Äquivalente für verschiedene Nutzungsszenarien von E-Scootern (HOLLINGWORTH ET AL. 2019)



Abschließend wird die Diskussion zur Sinnhaftigkeit von E-Scootern auf Basis der gesammelten Informationen erneut geführt und Handlungsempfehlungen für die Nutzung abgeleitet. Der tatsächliche Beitrag der E-Scooter zur Mobilitätswende wird untersucht. Dazu werden aktuelle Stellungnahmen z. B. vom Umweltbundesamt herangezogen und mit den im Unterricht erarbeiteten Ergebnissen verglichen.

Als Ausblick kann die Nutzung von E-Scootern in anderen Ländern betrachtet werden. Es können auch andere, zweirädrige Formen von Elektromobilität wie Elektro-Fahrräder (Pedelects) und Elektro-Roller (mit Sitzbank, größeren Reifen und Platz für zwei Personen) in den Blick genommen werden. Für diese Alternativen können die Verbreitung hier und anderswo, etwa in Ländern, wo bereits jetzt viel mit Fahrrädern bzw. Mopeds gefahren wird, sowie ihr jeweiliger Gebrauchswert und die Nachhaltigkeit dieser Alternativen betrachtet werden.

Weiterführende Quellen und Literatur

- Zur globalen Verbreitung von E-Rollern und Nachhaltigkeitsaspekten Studie des Fraunhofer-Instituts: <https://www.isi.fraunhofer.de/en/presse/2022/presseinfo-24-shared-micromobility-geteilte-e-scooter-bikes-emissionen-verkehr-staedte.html>.

Unterrichtsskizze 3

Titel: Superkondensatoren – Energiespeicher der Zukunft?

Nachhaltiges Entwicklungsziel (SDG): 7

OR-Themenbereich: 10 Chancen und Gefahren technologischen Fortschritts, Energiegewinnung, KI und Digitalisierung

Kompetenzen (Klammern verweisen auf die fachbezogenen Teilkompetenzen in Kap. 2 OR-FA)

Die Lernenden können ...

- zielgerichtet in analogen und digitalen Medien zu neuen Entwicklungen in der Energiespeicherung und deren gesellschaftlicher Relevanz recherchieren. (1.1)
- Experimente mit Superkondensatoren nach Anleitung durchführen und die Beobachtungen deuten. (1.2)
- die Potenziale und Risiken von Superkondensatoren für nachhaltige Energieversorgung untersuchen und einschätzen. (3.1)
- Superkondensatoren im Hinblick auf Nachhaltigkeitsaspekte bewerten (7.1)

Die Speicherung elektrischer Energie gewinnt im Zuge des Klimaschutzes zunehmend an Bedeutung. Der Umgang mit Schwankungen bei der Nutzung alternativer Energiequellen, die wachsende Elektromobilität und die Zunahme mobiler Endgeräte mit eigenem Speicherbedarf haben die Forschung zu Speichermöglichkeiten für elektrische Energie weiter beschleunigt. Das Unterrichtsthema „Der Kondensator als Energiespeicher“ (Kapazität, Laden und Entladen, Dielektrikum sowie Energiespeicherung) ist in den Bildungsstandards als Inhaltsbereich für beide Anforderungsniveaus vorgesehen. Mit der Einbeziehung moderner technischer Entwicklungen bei Kondensatoren, der Einordnung von Kondensatoren als Möglichkeit zur Energiespeicherung sowie der Betrachtung der Konsequenzen der für die Herstellung von Kondensatoren notwendigen Ressourcen für den globalen Süden lässt sich der Unterricht im Sinn von BNE weiterentwickeln.

Im Anschluss an die klassische Bearbeitung des Kondensators (Kapazität, Auf- und Entladekurven) informieren sich die Lernenden anhand vorbereiteter Medien über moderne Einsatzfelder von Kondensatoren als Energiespeicher.¹¹ Die Besonderheit von Superkondensatoren kann auch im Experiment erkundet werden. Dazu wird ein Super- oder Goldcap-Kondensator über eine Solarzelle geladen und die Ladezeit sowohl rechnerisch als auch experimentell ermittelt. Das Entladen kann über ein Modell-Elektro-Auto erfolgen. Alternativ lassen sich auch Videos zu Experimenten mit Superkondensatoren für den Unterricht nutzen.¹² Arbeitsteilig recherchieren die Lernenden zu weiteren Fragen im Kontext der Superkondensatoren als Energiespeicher. Mögliche Themen sind: Vergleich der verfügbaren elektrischen Energiespeicher in der Energieversorgung, Energierückgewinnung und -speicherung durch Rekuperation,¹³ Wirkungsgrad und Energieverlust beim Speichern elektrischer Energie sowie abschließend eine Bewertung der Nachhaltigkeit solcher Kondensatoren (Langlebigkeit, Recyclingfähigkeit, ...) und der Folgen für den globalen Süden in Bezug auf die Beschaffung der Ressourcen für die Herstellung der Kondensatoren.

Weiterführende Quellen und Literatur

Browserbasierte Simulationsumgebung für Kondensatoren:

- <https://phet.colorado.edu/sims/cheerj/capacitor-lab/latest/capacitor-lab.html?simulation=capacitor-lab&locale=de>.

Informationen zu Ultra- und Superkondensatoren:

- <https://wikibattery.org/de/wiki/batterie/anwendung/superkondensatoren-ultrakondensatoren-pro-und-kontra-vorteile-und-nachteile/>.
- <https://www.sueddeutsche.de/wissen/elektromobilitaet-ultrakondensatoren-akkus-1.5134030>.
- <https://energyload.eu/stromspeicher/superkondensator/ultrakondensator/>.

Sammlung mit Experimenten:

- https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/physik/unterrichtsmaterialien/e_lehre_2/efeld/energiekond.htm.

Vergleich von Batterie und Superkondensatoren bei der unterbrechungsfreien Stromversorgung:

- https://www.dc-ups.de/Downloads/Broschueren/GEGENUEBERSTELLUNG_BLEIBATT-SUPERCAP.pdf.

¹¹ Siehe <https://www.mdr.de/wissen/faszination-technik/neuer-superkondensator-tu-muenchen-100.html>.

¹² Zum Beispiel aus https://www.youtube.com/watch?v=v0YAKbbr_Wc.

¹³ Zum Beispiel <https://www.capcomp.de/kondensatoren/ultracap-anwendungen/transport-verkehr.html>.

5 Unterrichtsbeispiel

Der Klimawandel durch die Brille der Physik

Das Interesse am Thema Klimawandel ist bei Jugendlichen besonders hoch. Es ist davon auszugehen, dass den Lernenden das Thema bereits in vorangegangenen Unterricht des Fachs Physik wie auch anderer Fächer begegnet ist. Die Thematisierung des Treibhauseffekts im Physikunterricht der Sek II ermöglicht eine darüber hinausgehende, vertiefte Auseinandersetzung mit den Ursachen des globalen Klimawandels aus der Perspektive der Physik. Dabei können oberstufenspezifische fachbezogene Kompetenzen mit BNE-bezogenen Kompetenzen verknüpft werden. Die

neuen Bildungsstandards für das Fach Physik für den mittleren Schulabschluss sehen das Thema Klimaphysik und insbesondere den Strahlungshaushalt der Erde inzwischen als verpflichtenden Inhalt vor. Dadurch bietet sich nach erfolgter Implementierung die Möglichkeit der Anknüpfung und Entlastung des Unterrichtsvorschlags. Aktuelle Forschung (SCHUBATZKY ET AL. 2024) deutet darauf hin, dass Abiturientinnen und Abiturienten während ihrer Schulzeit wenig systematischen Unterricht zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels erlebt haben – diese Wissenslücke kann und sollte das Fach Physik schließen. Die Betrachtung des Treibhauseffekts als Ursache des Klimawandels darf sich jedoch nicht auf eine rein fachliche Ebene beschränken. Viele Lernende beobachten die Folgen des Klimawandels und die aktuellen Maßnahmen beim Umgang mit dem Klimawandel mit Sorge. Der Unterricht muss deshalb auch aktuelle technische Lösungsstrategien zur Minderung von Treibhausgasemissionen mit ihren Chancen, Grenzen und Gefahren reflektieren und Möglichkeiten aufzeigen, selbst aktiv zu werden. Dies kann die Reflexion und Anpassung des eigenen Alltagshandelns oder die Beteiligung an Projekten auf schulischer Ebene im Rahmen des Whole School Approach oder das Engagement für Nachhaltigkeitsprojekte auf (kommunal-)politischer Ebene adressieren. Darüber hinaus kann die Erkundung physikalisch-technischer Berufe und Forschungsrichtungen, die sich mit zukunftsrelevanten Lösungen im Umgang mit dem Klimawandel beschäftigen, die eigene Berufs- und Studienwahl unterstützen. Diese Überlegungen waren bei der Konzeption der Unterrichtseinheit leitend. Die Zusammenarbeit mit anderen Fächern (insbesondere Biologie, Geographie, Politik und Wirtschaft, Ethik) z. B. in Form einer Themenwoche bietet sich an, um weitere Perspektiven auf das Thema zu ergänzen und dabei das Zusammenspiel unterschiedlicher Fachperspektiven zu reflektieren.

Ziel der Unterrichtsreihe ist im Kern, den Treibhauseffekt mit Konzepten der Oberstufenphysik zu verstehen und (technische) Lösungen im Umgang mit dem Klimawandel zu kennen und einschätzen zu können. Die Reihe ist dem SDG 13 „Maßnahmen des Klimaschutzes“ und dem Themenbereich 11 des Orientierungsrahmens „Klimawandel, Verschmutzung und Biodiversitätsverlust“ zugeordnet. Die Reihe ist in insgesamt vier Module unterteilt, die auch separat unterrichtet werden können:

- Modul 1: Was ist der Treibhauseffekt? Modelle verstehen und vergleichen,
- Modul 2: Die Physik des Treibhauseffekts,
- Modul 3: Folgen des Klimawandels,
- Modul 4: Handlungsoptionen: dem Klimawandel kompetent begegnen.

| **Tabelle 8:** Fachbezogene Kompetenzen

Modul des Unterrichtsbeispiels	Spezifische Kompetenzen Die Lernenden können ...	Fachbezogene Teilkompetenzen (Kap. 2 OR-FA)
Modul 1: „Was ist der Treibhauseffekt? – Modelle verstehen und vergleichen“	ihr Vorwissen zum Treibhauseffekt und zum Klimawandel erläutern und weitere Informationen dazu zielgerichtet recherchieren.	1.1
	die Strahlungsbilanz-Grafik des IPCC-Berichts erläutern.	1.3
	Unterschiede zwischen dem Treibhauseffekt und dem Glashauseffekt erläutern.	1.3

Modul des Unterrichtsbeispiels	Spezifische Kompetenzen Die Lernenden können ...	Fachbezogene Teilkompetenzen (Kap. 2 OR-FA)
Modul 2: „Die Physik des Treibhauseffekts“	die Temperatur auf der Erde unter der Annahme einer fehlenden Atmosphäre mithilfe des Stefan-Boltzmann-Gesetzes bestimmen.	1.3
	die Temperatur der Erde in einer Erweiterung des Modells durch eine Glasscheiben-Atmosphäre bestimmen und den Einfluss der Atmosphäre aus dem Vergleich der Modelle ableiten.	1.3
	Modellexperimente zum Treibhauseffekt durchführen, die Beobachtungen protokollieren und deuten.	1.2
	die Wärmeabsorption über Anregung der Molekülschwingungen von Treibhausgas-Molekülen modellieren.	1.3
Modul 3: „Folgen des Klimawandels“	die Zunahme von Wetterextremen und das Überschreiten von Kipppunkten als Effekte der globalen Erwärmung erläutern und bewerten.	1.3, 6.1
	anhand von IPCC-Berichten die ökonomischen, ökologischen, sozialen und gesellschaftlichen Folgen des Klimawandels beschreiben.	2.2
Modul 4: „Handlungsoption: dem Klimawandel kompetent begegnen.“	die Dringlichkeit des Klimaschutzes mithilfe des Konzepts des Treibhausgasbudgets bewerten.	2.2
	Klimaschutzoptionen benennen und diese einer Handlungsebene (individuell, politisch) zuordnen.	4.1, 4.3
	technische Klimaschutzstrategien (z. B. Geoengineering) erläutern und bewerten.	5.1, 6.2, 9.1, 10.1, 11.2

5.1 Der Unterrichtsverlauf im Überblick

Modul 1: Was ist der Treibhauseffekt? – Modelle verstehen und vergleichen

In der ersten Phase dieses Moduls tauschen sich die Lernenden über ihr bisheriges Vorwissen aus und formulieren eigene Fragen. Die Fragen werden anschließend in die Planung der Unterrichtseinheit integriert. In der zweiten Phase des Moduls steht die zentrale Grafik zur Strahlungsbilanz aus dem IPCC-Bericht im Mittelpunkt, deren Bedeutung schrittweise erarbeitet wird. Auf diese Weise wird damit die Grundidee des Strahlungsgleichgewichts angelegt. Durch einen Vergleich verschiedener Darstellungen des Treibhauseffekts werden typische Fehler vereinfachender Darstellungen herausgearbeitet.

Zeitbedarf: ca. 90 – 120 Minuten

Modul 2: Die Physik des Treibhauseffekts

Aufbauend auf der Grundvorstellung zum Strahlungsgleichgewicht wird zunächst in der gesamten Lerngruppe die Erde ohne Atmosphäre betrachtet. Mithilfe des Stefan-Boltzmann-Gesetzes wird die Temperatur von -18°C berechnet, die unter diesen Umständen im Mittel auf der Erde herrschen würde. Daran schließt sich eine arbeitsteilige Gruppenarbeit an, die als Gruppenpuzzle konzipiert ist.

Gruppe 1 erweitert das Modell der „nackten“ Erde um die einfache Glasscheiben-Atmosphäre, betrachtet und vertieft dadurch die Idee des Strahlungsgleichgewichts. Abschließend überprüft die Gruppe die Zusammenhänge in einem kurzen Modell-experiment. Gruppe 2 untersucht in einem weiteren Modellexperiment den Einfluss von CO_2 auf die Temperatur der Atmosphäre. Gruppe 3 beschäftigt sich theoretisch mit Absorption von Wärmestrahlung durch ein CO_2 -Molekül. Dabei wird das Molekül als schwingungsfähiges System analog zu einem Federschwinger betrachtet.

Zeitbedarf: ca. 240 Minuten

Modul 3: Folgen des Klimawandels

In diesem Modul befasst sich die Lerngruppe in zwei interessen geleiteten Arbeitsgruppen mit den Themen „Zunahme extremer Wetterereignisse – die Bedeutung von Zufall und Determiniertheit“ sowie „Kipp-Punkte im Klimasystem – die Bedeutung von Erhaltung und Gleichgewicht“.

In Gruppe 1 betrachten die Lernenden Extremwetterereignisse anhand von Niederschlägen und Hitze-/Dürre-Perioden. Die relativ neue Forschungsrichtung der Attributionsforschung kann die Auseinandersetzung sinnvoll ergänzen. Bei Gruppe 2 steht der Begriff des Kipp-Punkts im Mittelpunkt, der physikalisch gedeutet und auf die zentralen Kipp-Punkte des Klimasystems angewendet wird.

Zeitbedarf: ca. 90 – 120 Minuten

Modul 4: Handlungsoptionen zur Begegnung des Klimawandels

Im abschließenden Modul werden Handlungsoptionen auf unterschiedlichen Ebenen betrachtet. Das Konzept des Treibhausgasbudgets wird eingeführt, um die Dringlichkeit der Maßnahmen für das Erreichen der Klimaziele zu beschreiben. Aus der Perspektive der Physik sind hierbei insbesondere die Optimierung von Stoff- und Energieströmen sowie Maßnahmen des Geoengineerings aufschlussreich, die zunächst arbeitsteilig erarbeitet werden. Die Lernenden können lokale und regionale Klimaschutzstrategien analysieren und hierüber mit politischen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern in Austausch treten sowie im Sinne eines Whole School Approach fachliche Einschätzungen zur klimaneutralen Schulentwicklung liefern. Die globale Perspektive wird durch die Auseinandersetzung mit verschiedenen Maßnahmen des Geoengineerings gestärkt. Zu den mit Geoengineering einhergehenden ethischen und politischen Kontroversen sowie zur begrenzten Wirksamkeit und Einsatzfähigkeit der Techniken wird eine Unterhausdebatte geführt.

Zeitbedarf: ca. 90 – 120 Minuten

Weiterführende Quellen und Literatur

- RAHMSTORF, S. & SCHELLNHUBER, H.-J. (2019): Der Klimawandel. Diagnose, Prognose, Therapie. 9. Auflage, C.H. Beck.
- Das Projekt „Klimawandel verstehen und handeln“ von SCORZA ET AL. bietet eine Fülle von Informationen und didaktischen Hinweisen: <https://klimawandel-schule.de/>.

6 Literatur

Wichtige KMK-Schriften zu dem Thema

- KMK – KULTUSMINISTERKONFERENZ (2021): Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 09.12.2021). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf.
- KMK – KULTUSMINISTERKONFERENZ (2020): Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf.
- KMK – KULTUSMINISTERKONFERENZ (2018): Menschenrechtsbildung in der Schule (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 04.12.1980 i.d.F. vom 11.10.2018). https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Beschluss_Menschenrechtserziehung.pdf.

Allgemeines Literaturverzeichnis

- ARCHER, L., DAWSON, E., DEWITT, J., SEAKINS, A. & WONG, B. (2015). “Science capital”: A conceptual, methodological, and empirical argument for extending bourdieusian notions of capital beyond the arts. In: Journal of Research in Science Teaching, 52 (7), 922 – 948. <https://doi.org/10.1002/tea.21227>.
- BUB, F. & RABE, T. (2021): Klimafakten statt Klimamythen: It’s real. It’s us. It’s bad. Scheinargumente von Klimawandel- und Wissenschaftsleugnerinnen und -leugnern entkräften lernen. In: Unterricht Physik, 183/184, 56 – 59.
- GREENPEACE e. V. (2020): Whole School Approach. Ganzheitlicher Ansatz zur Schulentwicklung. https://www.greenpeace.de/publikationen/sfe_handreichung_wsa_210419.pdf.
- HEINICKE, S., HEUSLER, S., HÖTTECKE, D., RABE, T., SACH, M. & WODZINSKI, R. (2022): Klimakrise in die Curricula! In: Physik Journal, 21 (10), 3.
- HEINICKE, S. & WACKERMANN, R. (2021): Modelle des Treibhauseffekts. Kritische Betrachtung von Visualisierungen und Experimenten zum Treibhauseffekt. In: Unterricht Physik, 183/184, 28 – 32.
- HEINICKE, S. (2019): Physikunterricht aus Perspektive von Mädchen – und Jungen. In: DUCHARDT, D., BOSSMANN, A. & DENZ, C. (Hrsg.), Vielfältige Physik (S. 27 – 41). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58035-6_3.
- HEYMANN, M. (2021): Klimaforschung und -wandel. Wie Klimaforschung in Wissenschaft und Politik gelangte. In: Physik Journal, 20 (7), 20 – 27.
- HOFFMANN, L., HÄUSSLER, P. & LEHRKE, M. (1998): Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel.
- HOLLAND, D. (2021): Klimafreundlich online shoppen?! Eine Zukunftswerkstatt zu nachhaltigem Einkaufsverhalten. In: Unterricht Physik, 183/184, 64 – 67.
- HOLLINGSWORTH, J., COPELAND, B. & JOHNSON, J. (2019): Are e-scooters polluters? The environmental impacts of shared dockless electric scooters. In: Environmental Research Letters, 14 (8), 84031. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab2da8>.
- HÖTTECKE, D. (2021): Klimawandel in Medien. Drei Antworten, wie man Schülerinnen und Schüler auf Darstellungen des Klimawandels in den Medien vorbereiten kann. In: Unterricht Physik, 183/184, 50 – 55.
- HÖTTECKE, D. & ALLCHIN, D. (2020): Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. In: Science Education, 104 (4), 641 – 666. <https://doi.org/10.1002/sce.21575>.
- MINISTERIUM FÜR SCHULE UND BILDUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2019): Leitlinie Bildung für nachhaltige Entwicklung. https://www.schulministerium.nrw/sites/default/files/documents/Leitlinie_BNE.pdf.

- RABE, T. & BUB, F. (2021): Planspiele zum Klimawandel: Klimahandeln multiperspektivisch erleben und reflektieren. In: *Unterricht Physik*, 183/184, 60 – 63.
- RÜSCHENPÖHLER, L. (2024): Postkoloniale Naturwissenschaftsdidaktik: Ein Review der Literatur. In: VAN VORST, H. (Hrsg.), *Frühe naturwissenschaftliche Bildung. Tagungsband der GDCP Jahrestagung 2023*. https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/secu-repdfs/2024/06/G14_Rueschenpoehler.pdf.
- SAUER, M. (2020): *Mysterys Physikunterricht 5 – 10: schüleraktivierende Materialien zur Förderung des vernetzten Denkens und der Problemlösekompetenz*. Auer Verlag.
- SCHUBATZKY, T., WACKERMANN, R., HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, C. & WÖHLKE, C. (2024): How Well Do German A-Level Students Understand the Scientific Underpinnings of Climate Change? In: *Sustainability*, 16 (17), 7264. <https://doi.org/10.3390/su16177264>.
- SCHUBATZKY, T. & WACKERMANN, R. (2021): Die zehn häufigsten Klimamythen und wie man ihnen in der Schule begegnen kann. In: *Plus Lucis*, 3, 17 – 19.
- SHIN, J.E.L., LEVY, S. R. & LONDON, B. (2016): Effects of role model exposure on STEM and non-STEM student engagement. In: *Journal of Applied Social Psychology*, 46 (7), 410 – 427. <https://doi.org/10.1111/jasp.12371>.
- SJØBERG, S. & SCHREINER, C. (2019): The ROSE project. The Development, key findings and impacts of an international low cost comparative project (Final Report, Part 1 of 2).
- SUPRAN, G., ORESKE N. & RAHMSTORF, S. (2023): Assessing ExxonMobil's global warming projections. In: *Science*, 379, 6628. <https://doi.org/10.1126/science.abk0063>.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2011): *Geo-Engineering – wirksamer Klimaschutz oder Größenwahn?* <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4125.pdf>.
- VALLADARES, L. (2021): Scientific Literacy and Social Transformation. In: *Science & Education*, 30, 557 – 587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>.
- WODZINSKI, R. (2020): Die Klimakrise als Herausforderung für Schule und Lehrerbildung. In: SACHS, S. (Hrsg.), *Krise als Chance zur Bildungswende. In Zeiten der Klimakrise und Coronapandemie* (S. 268 – 279). utzverlag. <http://dx.doi.org/10.5771/9783831675692-268>.
- WODZINSKI, R. & DI FUCCIA, D. (2016): Grameen Shakti as a starting point for science education. In: CHRISTOFORATOU, E. (Hrsg.), *Education in a globalized world* (S. 131 – 136). Budrich. <https://doi.org/10.2307/j.ctvss3wz9.17>.
- WODZINSKI, R. (2010): Mädchen im Physikunterricht. In: KIRCHER, E., GIRWIDZ, R. & HÄUSSLER, P. (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 583 – 604). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01602-8_18.
- ZIMMERMANN, C., RABE, T. & BUB, F. (2021): „Frischhalte“-Folie für Carlo: Ein Mystery zum Treibhauseffekt. In: *Unterricht Physik*, 183/184, 37 – 41.

Bildrechteverzeichnis

- S. 6 Abbildung 1: Raworth, K. (2018): Donut-Ökonomie (Übersetzung: C. Schrader). Modell der Donut-Ökonomie. Verfügbar unter: <https://www.oekocoaching.at/oeko-blog/donut-oekonomie>, lizenziert unter CC BY SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).
- S. 7: Abbildung 2: Jörg-Robert Schreiber (2016): Leitbild der nachhaltigen Entwicklung, lizenziert von Engagement Global.
- S. 8: Abbildung 3: Engagement Global (2025): Entwicklungsdimensionen und Zielkonflikte. Grafisch überarbeitet von Jörg-Robert Schreiber.
- S. 15: Abbildung 4: Jörg-Robert Schreiber (2025): Kompetenzmodell des Orientierungsrahmen, lizenziert von Engagement Global.
- S. 24 Abbildung 5: Jorrit Holst (2025): Übersicht des Whole School Approach auf Basis von Holst (2023), übersetzt und leicht adaptiert nach Holst, Grund & Brock (2024).
- S. 42 f. SDG-Icons: United Nations: Sustainable Development Goals icons. Verfügbar unter: <https://www.un.org/sustainabledevelopment>, lizenziert unter CC BY SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).
“The content of this publication has not been approved by the United Nations and does not reflect the views of the United Nations or its officials or Member States”.
- S. 48 Abbildung 6: Hollingsworth, J., Copeland, B. & Johnson, J. (2019). Are e-scooters polluters? The environmental impacts of shared dockless electric scooters. Environ. Res. Lett. 14 084031. CO₂-Emissions-Äquivalente für verschiedene Nutzungsszenarien von E-Scootern. Verfügbar unter: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab2da8>, lizenziert unter CC BY 3.0.

Impressum

Herausgeberin

**ENGAGEMENT
GLOBAL** 

ENGAGEMENT GLOBAL gGmbH

www.engagement-global.de, E-Mail: info@engagement-global.de

Friedrich-Ebert-Allee 40, D-53113 Bonn

Tel. +49 (0) 228 20717-0

Verlagsredaktion: Natascha Wendt

Layout: Alexandra Brand

Umschlagsgestaltung: BMZ

Lektorat: Martin Zimmermann

Abbildungen auf dem Umschlag: @ United Nations: Sustainable Development Goals

Im Auftrag von



Bundesministerium für
wirtschaftliche Zusammenarbeit
und Entwicklung

**Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit
und Entwicklung**

www.bmz.de, E-Mail: poststelle@bmz.bund.de

Dienstsitz Bonn

Postfach 12 03 22, D-53045 Bonn

Tel. +49 (0) 228 99 535-0

Fax +49 (0) 228 99 535-2500

Dienstsitz Berlin

Stresemannstraße 94, D-10963 Berlin

Tel. +49 (0) 30 18 535-0

Fax +49 (0) 30 18 535-2501



**KULTUSMINISTER
KONFERENZ**

**Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder
in der Bundesrepublik Deutschland**

www.kmk.org, E-Mail: poststelle@kmk.org

Taubenstraße 10, D-10117 Berlin

Postfach 11 03 42, D-10833 Berlin

Tel. +49 (0) 30 254 18-450

Fax +49 (0) 30 254 18-450

Autorinnen und Autoren des OR-Fachkapitels Physik: Prof. Dr. Rita Wodzinski (Leitung); weitere Mitglieder: Frederik Bub, Michael Sach, Lutz Schäfer, Dieter Schmidt, Dr. Rainer Wackermann

Die jeweiligen Autorinnen und Autoren sind für den Inhalt allein verantwortlich. Die in der Publikation dargestellten Positionen geben nicht notwendigerweise den Standpunkt des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung wieder.

Die Webseiten Dritter, deren Internetadressen in diesem Werk angegeben sind, wurden vor Drucklegung sorgfältig geprüft. Der Verlag übernimmt keine Gewähr für die Aktualität und den Inhalt dieser Seiten oder solcher, die mit ihnen verlinkt sind.

Bitte zitieren Sie das Buch wie folgt:

„KMK/BMZ Orientierungsrahmen Globale Entwicklung – Bildung für nachhaltige Entwicklung in der gymnasialen Oberstufe. OR-Fachausgabe Physik, herausgegeben von Engagement Global gGmbH, Bonn 2025“

© 2025 Engagement Global gGmbH, Bonn

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Es darf mit Zustimmung der Engagement Global gGmbH, Bonn, in ein Netzwerk eingestellt und öffentlich zugänglich gemacht werden.

Druck: Westermann Druck, Zwickau

ISBN 978-3-14-130381-0

