

# Holistische Energiebildung zur Förderung von *energy literacy* – Eine Literaturstudie zu theoretisch-konzeptuellen, empirischen sowie unterrichtspraktischen Ansätzen

Holistic Energy Education to Promote Energy Literacy—A Literature Review on Theoretical-Conceptual, Empirical, and Practical Teaching Approaches

Educación energética holística para promover la alfabetización energética: una revisión sistemática de los enfoques educativos teórico-conceptuales, empíricos y prácticos

Carla Hermanussen  , Nicole Raschke, Lisa Wey

**Zusammenfassung** Gegenwärtig fehlt in der deutschsprachigen Geographiedidaktik ein systematischer Zugang zu internationalen, interdisziplinären Diskursen zu Energiebildung. Im Beitrag wird auf Grundlage einer umfassenden Literaturstudie der aktuelle Forschungsstand zum Themenfeld der Energiebildung zur Förderung von *energy literacy* vorgestellt. Dabei wird einerseits der Bereich der theoretisch-konzeptionellen Diskussionen zu Ansätzen der Energiebildung in verschiedenen Facetten fokussiert und andererseits werden zentrale Ergebnisse empirischer, praxisorientierter Studien vorgestellt. Der vorliegende Beitrag will so eine erste vertiefte Auseinandersetzung mit Energiebildung bieten, konzeptuelle Grundlagen schärfen und die Vorstellung einer holistischen Energiebildung etablieren. Auf dieser Grundlage soll das breite Themenfeld für eine geographiedidaktische Perspektive im deutschsprachigen Raum anschlussfähig gemacht werden.

**Schlüsselwörter** Energiebildung, erneuerbare Energien, *energy literacy*, Bildung für nachhaltige Entwicklung

**Abstract** German-language geography didactics lacks systematic access to international, interdisciplinary discourses on energy education. In this article, the current state of research on energy education to promote energy literacy is presented, based on a comprehensive literature study. The focus is on theoretical-conceptual discussions, exploring different approaches to energy education, and summarizing key findings from empirical, practice-oriented studies. The aim is to offer an in-depth examination of energy education, refine its conceptual foundations, and establish the idea of holistic energy education. This serves to make the broad subject area compatible with a geography education perspective in the German-speaking world.

**Keywords** energy education, renewable energies, energy literacy, education for sustainable development

**Resumen** En la actualidad existe una falta de acceso sistemático a discursos internacionales e interdisciplinarios sobre la educación energética en la didáctica de la geografía en lengua alemana. Basándose en un amplio estudio bibliográfico, este artículo presenta el estado actual de la investigación en el campo de la educación energética para promover la alfabetización energética. Por un lado, se centra en las discusiones teórico-conceptuales sobre los enfoques de la educación energética en diversas facetas y, por otro, presenta resultados centrales de estudios empíricos orientados a la práctica. El objetivo de este artículo es proporcionar un examen inicial y en profundidad de la educación energética, precisar los fundamentos conceptuales y establecer la idea de una educación energética holística. Sobre esta base, se pretende hacer accesible el amplio campo temático para una perspectiva didáctica geográfica en los países de habla alemana.

**Palabras clave** educación energética, fuentes de energía renovables, alfabetización energética, educación para el desarrollo sostenible

## 1. Einleitung und theoretische Grundlagen

In einer Zeit des Klimawandels, der Globalisierung und zunehmender Konflikte um Ressourcen wird die Auseinandersetzung mit der weltweiten Energieversorgung zunehmend dringender, denn Energie und ihre Nutzung gelten als Rückgrat jeder Gesellschaft (ROTHFUSS & BOAMAH, 2021, S. 75). Dabei scheint Energie einerseits die Grundlage für Entwicklungsbestrebungen zu sein und ist andererseits das „Zwillingsgespenst“ des Klimawandels und der Ölkriege (JUSTO, 2009, S. 533). Vor dem Hintergrund der Klimakrise wird die Notwendigkeit eines Wandels weg von fossilen Brennstoffen, die einen der Haupttreiber für den anthropogenen Treibhauseffekt darstellen, deutlich (IPCC, 2018, S. 56). Im Kontext von Energie geht es deshalb immer auch um alternative Energiesysteme, die das Potential haben, Probleme wie z.B. Smog, Atemwegserkrankungen, sauren Regen, Zerstörung von Landschaften durch Tagebau, Ölverschmutzungen, Zwangsumsiedlungen oder ungleichen Zugang zu Energiedienstleistungen zu verringern. Dieser Übergang von einer nicht nachhaltigen Nutzung fossiler Energieträger hin zu einer nachhaltigen Energieversorgung mittels erneuerbarer Energien wird als Energiewende bezeichnet (GLADWIN & ELLIS, 2023, S. 1516). Dabei stehen Fragen nach der Speicherung, Übertragung und der Vernetzung von Energie(-Trägern) (KÜHNE & WEBER, 2018, S. 7) sowie die ebenfalls auftretenden Dilemmata und vielfältigen Nutzungskonflikte rund um regenerative Energiesysteme im Raum (JUSTO, 2009, S. 533).

Die Frage der Thematisierung von Energiethemen in Bildungskontexten ist deshalb herausfordernd, da einerseits in Bezug auf die Energieproduktion die Sichtbarkeit extraktivistischer Technologien (z. B. Braunkohletagebau, Windkraftanlagen etc.) für lokale Bevölkerungen einen Grund für aktiven Widerstand darstellt und andererseits auf der Konsumentinnen- und Konsumentenseite Energie in Verbrauchssituationen im Alltag weitgehend unsichtbar ist (VAN DER HORST ET AL., 2015, S. 67). In diesem Spannungsfeld können interdisziplinäre Energiethemen in ihrer Komplexität z.B. unter technischen, kulturellen, künstlerischen, sozialen, wirtschaftlichen, politischen, ökologischen oder geographischen Gesichtspunkten betrachtet werden (GLADWIN & ELLIS, 2023, S. 1516). Ebenso berührt, verbindet und integriert die Energiethematik als gesellschaftliches Schlüsselproblem verschiedene Maßstabsebenen. So ist Energie einerseits ganz unmittelbar mit dem lokalen Alltag der Menschen verknüpft und entfaltet andererseits eine Re-

levanz auf globaler Ebene, etwa als ein Auslöser kriegerischer Auseinandersetzungen.

Diese Vielschichtigkeit der avisierten Fragen und thematischen Ausrichtungen von Energiebildung zeigt große Überschneidungen zur Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE), z. B. im Bereich komplexer Frage- bzw. Problemstellungen zu sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Perspektiven auf (raumbezogene) Nutzungskonflikte. Ein zentrales Ziel von BNE ist es, die Menschen zu befähigen, sich der Auswirkungen ihres eigenen Handelns (und des Handelns anderer) bewusst zu werden und diese zu reflektieren (SCHRÜFER & BRENDEL, 2018, S. 13). Insbesondere eine als BNE 2 bezeichnete Ausrichtung von BNE wird als individueller, offener Lernprozess verstanden, in welchem die Lernerinnen und Lerner, basierend auf individuell vorhandenen Werten und erlernten Verhaltensweisen, zu einer kritischen Auseinandersetzung mit Komplexität, Unsicherheiten und Widersprüchen befähigt werden sollen (RIECKMANN, 2016, S. 91; VARE & SCOTT, 2007, S. 194). BNE adressiert eine globale, intra- und intergenerationale Gerechtigkeit und wird als Grundlage für fundierte Entscheidungen und mündiges Verhalten verstanden, was in Fragen der Energiebildung ebenfalls von zentraler Bedeutung ist.

Die Thematik der Energiewende sowie die Energiebildung stehen auch in engem Zusammenhang mit einer geographischen Bildung, die durch ihren integrativen Charakter in der Verknüpfung von Natur- und Gesellschaftswissenschaften sowie durch ihre Bezugswissenschaften aus dem Bereich der Mensch-Umwelt-Forschung als inter- bzw. transdisziplinär charakterisiert werden kann. Eine geographiedidaktische Perspektive integriert bzw. fokussiert im Sinne der Basiskonzepte u. a. Maßstabsfragen sowie Fragen nach zeitlichen Prozessen und räumlichen Strukturen, die für Energiethemen in Bildungskontexten zentral sind. Insofern überrascht es, dass das Thema der Energiebildung zwar vereinzelt in deutschen Geographielehrplänen auftaucht, etwa im Zusammenhang mit Stadtökologie oder in der Auseinandersetzung mit Rohstoffen und Ressourcen, jedoch in der deutschsprachigen geographiedidaktischen Auseinandersetzung noch nicht systematisch betrachtet und bearbeitet wird. Auch mit Blick auf die internationalen Diskurse wird deutlich, dass im Unterschied zur Klimawandelbildung die Energiebildung weit- aus weniger intensiv diskutiert und beforscht wird (JORGENSEN ET AL., 2019, S. 163).

## 2. Zielstellung und methodische Herangehensweise

Der vorliegende Beitrag will eine vertiefende Auseinandersetzung mit Energiebildung bieten und konzeptuelle Grundlagen schärfen. Ziel ist es, einen inhaltlichen Überblick unter Berücksichtigung ausgewählter Schwerpunkte des international und interdisziplinär geprägten Diskurses zu Energiebildung und *energy literacy* zu geben, um diese für den deutschsprachigen geographiedidaktischen Kontext anwendbar zu machen. In der vorliegenden Publikation werden deshalb folgende Fragestellungen untersucht: Wie wird eine nachhaltigkeitsorientierte Energiebildung unter besonderer Berücksichtigung von *energy literacy* verstanden? Welche Gelingensbedingungen und zielführenden methodischen Zugänge können identifiziert werden? Was sind die Forschungsschwerpunkte in diesem Kontext und welche Relevanz hat Energiebildung für die geographiedidaktische Forschung?

Ziel des Beitrages ist es, einen Überblick über die gegenwärtige Forschungslandschaft zu Energiebildung und *energy literacy* zu erhalten und dies für geographiedidaktische Überlegungen fruchtbar zu machen. Grundlage des Beitrages ist eine deskriptive Literaturrecherche in Anlehnung an FINK (2020). Diese basiert auf einem standardisierten Verfahren, das systematisch, explizit, umfassend und reproduzierbar ist (FINK, 2020, S. 36). Im Unterschied zu Metaanalysen werden keine statistischen, sondern interpretative Verfahren angewendet, um Ergebnisse verschiedener Studien zu-

sammenzutragen. Für die Recherche wurde zunächst die umfassende, multidisziplinäre, internationale Datenbank Scopus (wir danken der SLUB Dresden für den Zugang zur Datenbank) verwendet. Ergänzend wurden die pädagogischen Datenbanken ERIC und Fachportal Pädagogik einbezogen. Um einen möglichst umfassenden und gleichzeitig fokussierten Literaturüberblick zu ermöglichen, wurden basierend auf FINKs (2020, S. 4) Phasierung des Prozesses nach der Formulierung der Forschungsfrage sowie der Auswahl der Literaturdatenbank und weiterer Quellen verschiedene Suchbegriffe für die Auswahl der Literatur zugrunde gelegt. Im vorliegenden Review wurden folgende Suchbegriffe in Titeln festgelegt: *energy education or energy literacy*.

Die Treffer wurden in einer Datenbank erfasst und anschließend die nachfolgend erläuterten Ein- und Ausschlusskriterien angewendet (vgl. Fig. 1). Die Auswahl der berücksichtigten Literatur wurde auf den Zeitraum von 2008 bis 2023 begrenzt. Zum einen sollen möglichst aktuelle Studien und Untersuchungen einbezogen werden. Zum anderen erzielte 2008 der Europäische Rat eine Einigung über die Fassung des europäischen Klima- und Energiepakets, aus dem die EU-Richtlinie für erneuerbare Energien – ein wesentlicher Meilenstein der Energiewende – hervorging (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2008). Es wurden sowohl Artikel und Buchkapitel zu praktischen bzw. empirischen Stu-

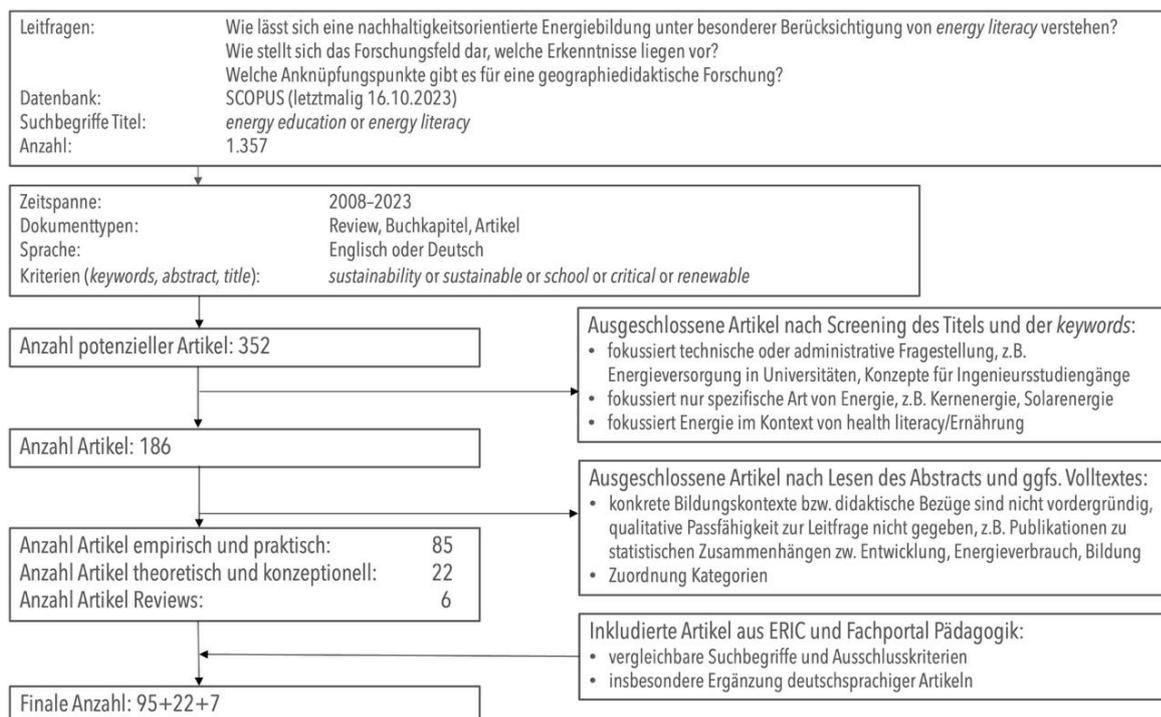


Fig. 1. Phasen des Screeningprozesses (Quelle: Autorinnen)

dien zu Energiebildung und *energy literacy* sowie theoretisch-konzeptionelle Auseinandersetzungen mit Energiebildung als auch Reviews zum Thema berücksichtigt. Dabei wurde auch die Herkunft der Beiträge erfasst. Das Schema in Fig. 1 verdeutlicht die Phasen im Reviewprozess.

Die sich anschließende Herangehensweise an die Texte diente der Überprüfung der Brauchbarkeit der Publikationen im Hinblick auf die untersuchungsleitenden Fragestellungen, um so einen fokussierten Erkenntnisgewinn zu generieren. Die Schrittfolge bestand aus der Betrachtung der Schlagworte und der Lektüre des Abstracts, einer Kategorisierung der Studien nach Art, Untersuchungsrahmen sowie didaktischem Ansatz und einer sich anschließenden vertieften Lektüre ausgewählter Beiträge sowie einem thematischen Clustering. Mit Einsetzen einer vor allem aus der *grounded theory* bekannten theoretischen bzw. inhaltlichen Sättigung, dem Punkt in der Forschung, in der keine neuen, sondern lediglich wiederholende Ergebnisse generiert werden (STRÜBING, 2021, S. 32), wurde die Recherche beendet. An der Stelle soll auf das kürzlich publizierte Literaturreview von SANTILLÁN und CEDANO (2023) verwiesen werden, welches erst im Reviewprozess der vorliegenden Studie erschienen ist und daher keinen dezidierten Eingang in die vorliegende Auswertung gefunden hat. Nach einer ersten Sichtung weisen beide Untersuchungen im Hinblick auf den Reviewprozess, die Datengrundlage und die Schwerpunktzsetzung deutliche Unterschiede auf und können somit in Ergänzung zueinander gelesen werden.

Um die angesprochene Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit des Literaturreviews validieren zu können, wurden die beschriebenen Schritte von allen drei Autorinnen unabhängig

voneinander durchgeführt. Dennoch sind wir uns bewusst, dass ein Literaturreview, welches auf interpretativen und nicht auf statistischen Verfahren beruht, immer auch subjektiven Einflüssen unterliegt. Dies ist vor allem bei der Entscheidung nach der Brauchbarkeit der Texte für die Beantwortung der untersuchungsleitenden Forschungsfragen, der Auswahl der als relevant erachteten Inhalte beim thematischen Clustering sowie beim Feststellen einer inhaltlichen Sättigung möglich. Es ist uns ein Anliegen, diese Subjektivität nicht als Schwäche, sondern vielmehr als Stärke des Forschungsprozesses zu verstehen. Weiterhin sind wir uns bewusst, dass bereits die Wahl der Ein- und Ausschlusskriterien eine bewusste Entscheidung und damit individuelle Setzung ist. Die Transparenz des Prozesses stellt daher ein wichtiges Gütekriterium unserer Arbeit dar. Das Ziel des Reviews ist, möglichst vielfältige Perspektiven einzubeziehen und einen durchaus pointierten Überblick über die Forschungslandschaft zu Energiebildung zu bieten. Insofern ist es möglich, dass von Einzelnen vertretene Sichtweisen oder ausgewählte Erkenntnisse unbeachtet geblieben sind. Das Literaturreview bietet damit zwar keinen allumfassenden, jedoch einen für den gewählten Zeitraum breiten und dennoch gezielten Überblick.

Die allgemeinen Ergebnisse des Literaturreviews werden im Folgenden zusammenfassend vorgestellt. Neben einer begrifflichen Schärfung zu Energiebildung, *energy literacy* und *critical energy literacy* gehen wir in diesem Beitrag auf die Bedeutung von Energiebildung ein und betrachten ausgewählte empirische Studien. Abschließend diskutieren wir Herausforderungen und Chancen von Energiebildung und erörtern die geographiedidaktische Relevanz.

### 3. Ergebnisse des Literaturreviews im Überblick

Insgesamt ergibt sich aus dargestelltem Vorgehen und unter Berücksichtigung der beschriebenen Kriterien ein als sinnvoll erachteter Pool aus 124 wissenschaftlichen Publikationen. Diese lassen sich grundsätzlich in drei Kategorien einteilen. 95 Publikationen thematisieren empirische Studien, 22 Publikationen setzen sich theoretisch bzw. konzeptionell mit Energiebildung und *energy literacy* auseinander. Sieben Beiträge lassen sich der Kategorie Review zuordnen. Insgesamt ist seit 2008 eine zunehmende Anzahl von Publikationen auszumachen: Während 2008-2010 nur sieben Publikationen erschienen sind, welche zu den Kategorien unserer Abfrage passen, waren es im Zeitraum 2011-2015 28 Publikationen, 2016-2020 41 und 2021-2023

sogar bereits 48 Veröffentlichungen. Dies interpretieren wir als Aufwärtstrend im Sinne eines zunehmenden Interesses an der Thematik Energiebildung.

Inhaltlich lassen sich die gesichteten Beiträge unterschiedlicher thematischer Ausrichtung (theoretisch/konzeptionell, empirisch/praktisch) wie folgt zusammenfassen: Die theoretischen bzw. konzeptionellen Beiträge begründen die Bedeutung von Energiebildung für die Gesellschaft (MISHRA, 2018), zeigen den multidisziplinären Charakter von Energiebildung auf (DEMIRBAS, 2009, 2011; MIDDLETON, 2018), entwickeln einen Orientierungsrahmen für Energiebildung, der insbesondere Verantwortung für nachhaltige Entwicklung und Fragen des Lebensstils thematisiert (CHEN ET

AL., 2013; KARETSOS ET AL., 2011), und entwerfen neue theoretische Ansätze für eine kritische Energiebildung (LOWAN-TRUDEAU, 2017). Ebenso diskutieren sie energieökologische Überlegungen, die über eine rein kognitiv-orientierte Energiekompetenz hinausgehen (müssen) (ADAMS ET AL., 2022; MIDDLETON, 2018) und z.B. in der Umsetzung von Energiebildung kollektives Handeln, soziotechnische Innovationen sowie Multi-Akteurs-Netzwerke in Energiewendeprozessen berücksichtigen (JORGENSEN ET AL., 2019). Es existieren zudem Beiträge zu informeller Energiebildung (CHEN ET AL., 2012) sowie zu *Gamification* (CRAVINHO ET AL., 2023) in diesem Kontext. Weiterhin setzen sich Publikationen mit den Dimensionen von *energy literacy* auseinander (GLADWIN & ELLIS, 2023), entwickeln Kompetenzmodelle (KARETSOS & HARALAMBOPOULOS, 2011), setzen sich mit Aspekten der universitären Ausbildung in Energiekontexten auseinander (JENNINGS, 2009; PERKINS ET AL., 2014; SKOWRONEK ET AL., 2022), analysieren die Rolle von Hochschulen und Universitäten im Kontext der Energiewende (KAPLAN, 2023), oder diskutieren Bedarfe, Herausforderungen und Chancen von Energiebildung (MISHRA, 2018).

Der Großteil der im vorliegenden Review ermittelten Beiträge basiert auf empirischen Untersuchungen. In Bezug auf die Art der Untersuchung lassen sich in dieser Kategorie zwei Gruppen von Beiträgen unterscheiden. Während empirische Erhebungen im Sinne von Ist-Analysen zu *energy literacy* bestimmte Bevölkerungsgruppen und deren Fähigkeiten in den Blick nehmen, untersuchen empirische Erhebungen im Sinne von Interventionsstudien oder quasi-experimentellen Untersuchungen im Prä-Post-Design die Wirksamkeit von innovativen Formaten, curricularen Interventionen oder politischen Projekten.

Die in das Review eingeflossenen empirischen Beiträge lassen sich hinsichtlich der regionalen Verortung, des Untersuchungsrahmens (schulisch, universitär, außerschulisch/gesellschaftlich) sowie des didaktischen Ansatzes (ohne, projektbasiertes Lernen/problemorientiertes Lernen, andere) clustern. Hinsichtlich der Regionalität zeigt sich eine Dominanz von Studien aus Angloamerika ( $n=17$ ; u.a. DEWATERS & POWERS, 2011; GILL & LANG, 2018), Europa ( $n=29$ ; u.a. COTTON ET AL., 2015; TOLI & KALLERY, 2021) und Asien ( $n=35$ ; u.a. AKITSU ET AL., 2017; AKITSU & ISHIHARA, 2019; CHEN ET AL., 2015; HİÇDE, 2022; LEE ET AL., 2015), während Studien aus Lateinamerika ( $n=2$ ; u.a. CASTAÑEDA-GARZA & VALERIO-UREÑA, 2022) und Afrika ( $n=3$ ; u.a. APPIAH ET AL., 2023) deutlich geringer vertreten sind.

Im Korpus der empirischen Studien gibt es Publikationen, die sich der Entwicklung eines Instrumentes zur Messung von *energy literacy* widmen (DAS & RICHMAN, 2022) bzw. die Messung von *en-*

*ergy literacy* in den Bereichen Wahrnehmung, Einstellung und Verhalten, z. B. im Zusammenhang mit Nachhaltigkeitsrankings von Hochschulen (COTTON ET AL., 2015), oder die Ermittlung von Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern (DEWATERS ET AL., 2013; JOHNSON & ČINČERA, 2019; NTONA ET AL., 2015) fokussieren. Ebenso zählen der Vergleich zwischen Männern und Frauen (MARTINS ET AL., 2020) sowie regionale bzw. nationale Betrachtungen zu den Studien, z. B. Untersuchungen zu Polen (OCETKIEWICZ ET AL., 2017), Uttar Pradesh (PRADANA ET AL., 2019), China (SUN ET AL., 2023), Nigeria (WOJUOLA & ALANT, 2019), Indien (MISHRA, 2018), Pakistan (MIRZA ET AL., 2012) und Lettland (PIPERE ET AL., 2010). Die Studien belegen, dass *energy literacy* sehr unterschiedlich ausgeprägt ist, und kommen zu der Schlussfolgerung, dass am jeweiligen Studienort noch (deutliches) Verbesserungspotenzial besteht (z.B. CHEN ET AL., 2015; LEE ET AL., 2022). Es gibt zudem Untersuchungen zur Qualität von Lehrmaterialien wie Schulbüchern oder auch OER (REVÁK ET AL., 2023; TAKEMATA ET AL., 2011).

Auf der anderen Seite gibt es empirische Studien, die Konzepte einer Energiebildung entwickeln oder innovative Formate in unterschiedlichen Lehrkontexten erproben (DIECK-ASSAD, 2014; MAURER & BOGNER, 2022), *place based education* zur Anwendung bringen (HERNANDEZ ET AL., 2022), ein Toolkit entwickeln (POLIKOVSKY, 2018) oder forschungsorientiertes Lernen (WANG & WANG, 2023), spielerisches Lernen (WANG ET AL., 2012) oder Schulprojekte (FRIMAN ET AL., 2022) sowie internationale Fallstudien (GLADWIN ET AL., 2022) ins Zentrum stellen.

Bei der Betrachtung der Untersuchungsart der empirischen Studien ist in dem hier untersuchten Korpus insgesamt ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den eher als Interventionsstudien zu klassifizierenden Papern und jenen, die allgemeinere Zusammenhänge, z. B. zu Kompetenzbereichen von *energy literacy*, herausarbeiten, festzustellen.

Fig. 2 gibt einen Überblick über die quantitative Verteilung der Studien im Hinblick auf ausgewählte Kategorien.

Hinsichtlich des Untersuchungsrahmens lässt sich eine Dreiteilung in außerschulisch/gesellschaftlich, schulisch und universitär konstatieren. Die Mehrheit der untersuchten Studien, mehr als 50%, haben einen schulischen Fokus (u.a. AKITSU & ISHIHARA, 2019; BODZIN ET AL., 2013; BUCHANAN ET AL., 2016; CHIEN ET AL., 2021; KARPUDEWAN ET AL., 2016; NTONA ET AL., 2015; TOLI & KALLERY, 2021). Dabei ist festzuhalten, dass die Studien nicht explizit im Kontext des Geographieunterrichts stattfinden, sondern häufig in fächerverbindende, naturwissenschaftliche Kontexte bzw. technikorientierte Studiengänge eingebettet waren.

| Region                  | Anzahl | Studienart (Fokus)       |           | Untersuchungsrahmen                 |           |             | Didaktischer Ansatz |                                      |        |
|-------------------------|--------|--------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|-------------|---------------------|--------------------------------------|--------|
|                         |        | allgemeine Zusammenhänge | praktisch | außerschulisch/<br>gesellschaftlich | schulisch | universitär | ohne                | projektbasiert/<br>problemorientiert | andere |
| Angloamerika            | 17     | 6                        | 11        | 4                                   | 11        | 2           | 7                   | 2                                    | 8      |
| Lateinamerika           | 2      | 2                        | 0         | 0                                   | 1         | 1           | 2                   | 0                                    | 0      |
| Europa                  | 29     | 16                       | 13        | 3                                   | 14        | 12          | 16                  | 3                                    | 10     |
| Afrika                  | 3      | 2                        | 1         | 3                                   | 0         | 0           | 2                   | 1                                    | 0      |
| Asien                   | 35     | 19                       | 16        | 8                                   | 21        | 6           | 20                  | 4                                    | 11     |
| Australien und Ozeanien | 3      | 2                        | 1         | 0                                   | 2         | 1           | 2                   | 1                                    | 0      |
| Weltweit/<br>unbestimmt | 5      | 2                        | 3         | 1                                   | 2         | 2           | 1                   | 0                                    | 4      |

Fig. 2. Quantitative Verteilung der Studien (Quelle: Autorinnen)

## 4. Diskussion ausgewählter Ergebnisse

Dieses Kapitel diskutiert verschiedene Ansätze zu *energy literacy* und erläutert darauf aufbauend die Bedeutung eines holistischen Zugangs zu Energiebildung. Schließlich werden auf Grundlage der einbezogenen Studien Einflussfaktoren auf *energy literacy* dargestellt. Das Kapitel mündet in einer Diskussion bestehender didaktischer Ansätze und plädiert für die geographiedidaktische Relevanz.

### 4.1 Ansätze der *energy literacy*

Die Konzepte der Energiebildung und Ansätze der (*critical*) *energy literacy* sind vielfältig, auf internationaler Ebene gibt es kein einheitliches Begriffs- oder Konzeptverständnis. Insbesondere in den vergangenen zehn Jahren wandelte sich das Verständnis von einer stärker naturwissenschaftlich-technisch und auf Fachwissen ausgerichteten Perspektive (MARTINS ET AL., 2020, S. 455) zu einem breiteren Verständnis von Energiebildung, etwa bei DEWATERS und POWERS (2013). Demnach erschöpft sich Energiebildung nicht allein in der Vermittlung von Wissen über Energie, Energiewende oder deren Notwendigkeit, sondern ist eng verbunden mit einer Sensibilisierung für Einflüsse von Energieproduktion auf die Umwelt, der Verwendung von Energie im Alltag sowie einem energiesparenden Verhalten (MARTINS ET AL., 2020, S. 455).

Damit einhergehend muss Wissen über Energie, Energiesysteme, Infrastrukturen etc. – d. h. kognitive Fähigkeiten – durch eine Auseinandersetzung mit Werten, Einstellungen und Verhaltensweisen ergänzt werden (BAHRAMI & MOHAMMADI, 2021, S. 716; WILSON, 2022, S. 46). In der aktuellen Forschung wird also unter Energiebildung nicht nur energiebezogene (i. S. v. technischer) Wissensvermittlung verstanden. Es geht vielmehr um die Verknüpfung von inter- und transdisziplinärem Wissen, um Selbstreflexion sowie Handeln und Möglichkeiten persönlicher Anteil- und Einflussnahme (MARTINS ET AL., 2020, S. 454).

Zahlreiche empirische Studien im Bereich der Energiebildung sind an den Dimensionen Wissen (kognitiv), Einstellungen (affektiv) und Verhalten (behavioral) ausgerichtet (MARTINS ET AL., 2020, S. 455) und beurteilen auf dieser Grundlage die Ausprägung der *energy literacy* in bestimmten Bevölkerungsgruppen. Dies erfolgt z. B. in Untersuchungen zu den Einstellungen zur Energiewende (u. a. MARTINS ET AL., 2020) oder in Untersuchungen zu Wahrnehmung, Überzeugungen und Einstellungen verschiedener Menschen zu Technologien für erneuerbare Energien (WOJUOLA & ALANT, 2019). Verschiedene Sichtweisen auf Energiebildung adressieren z. B. das Verständnis von Energietechnologien und -systemen (u. a. MARTINS ET AL., 2020)

oder im Rahmen von verhaltensorientierten Ansätzen das umweltfreundliche Verhalten als Ergebnis einer *energy literacy* (u.a. DEWATERS & POWERS, 2011). Insofern kann *energy literacy* kognitive, affektive und behaviorale Aspekte beinhalten (DEWATERS & POWERS, 2013, S. 39). Auch die räumliche Dimension von *energy literacy* ist in den Studien in unterschiedlicher Art berücksichtigt. So gibt es sowohl lokale als auch globale Betrachtungsweisen (AKITSU & ISHIHARA, 2019, S. 183; DEWATERS & POWERS, 2013, S. 39).

Es lässt sich konstatieren, dass eine energiebewusste und -gebildete Person die Grundfunktionen von Energiesystemen kennt. Sie ist sich der Komplexität von Energie im Prozess der Produktion, Verteilung, Umwandlung, Speicherung und Nutzung bewusst, weiß, woher die Energieformen kommen und wie diese gewonnen und transportiert werden, und kennt sowie versteht soziale, ökonomische und ökologische Folgen bzw. Auswirkungen verschiedener Energieformen. Weiterhin ist eine energiegebildete Person in der Lage, vertrauenswürdige Informationen über Energie zu identifizieren. Sie ist sich der Rolle von Energie in einer Gesellschaft bzw. der Bedeutung individueller und struktureller Beiträge zu energiebezogenen Herausforderungen bewusst. Gleichzeitig setzt sie sich für Maßnahmen der nachhaltigen Energienutzung ein (AKITSU & ISHIHARA, 2019; DEWATERS & POWERS, 2013; GLADWIN & ELLIS, 2023).

Neben eher engeren kognitiven bzw. kompetenzorientierten Ansätzen wird *literacy* zunehmend kritischer und breiter verstanden und steht ganz allgemein für soziale Praktiken, die Menschen im alltäglichen Leben anwenden. *Literacy* ist situiert, d. h. eng verknüpft mit konkreten Situationen in einer komplexen, materiellen Welt. Insofern beinhaltet *literacy* verschiedene Formen des Lernens und Erlebens und kann als eine integrative und transformative Praxis des Lesens, Verstehens, Re- und Dekonstruierens, Vorstellens und Herstellens betrachtet werden, die etwa im Interpretieren, Kommunizieren, Kreieren und im weitesten Sinne im „meaning-making“ zum Ausdruck kommt (GLADWIN & ELLIS, 2023, S. 1516).

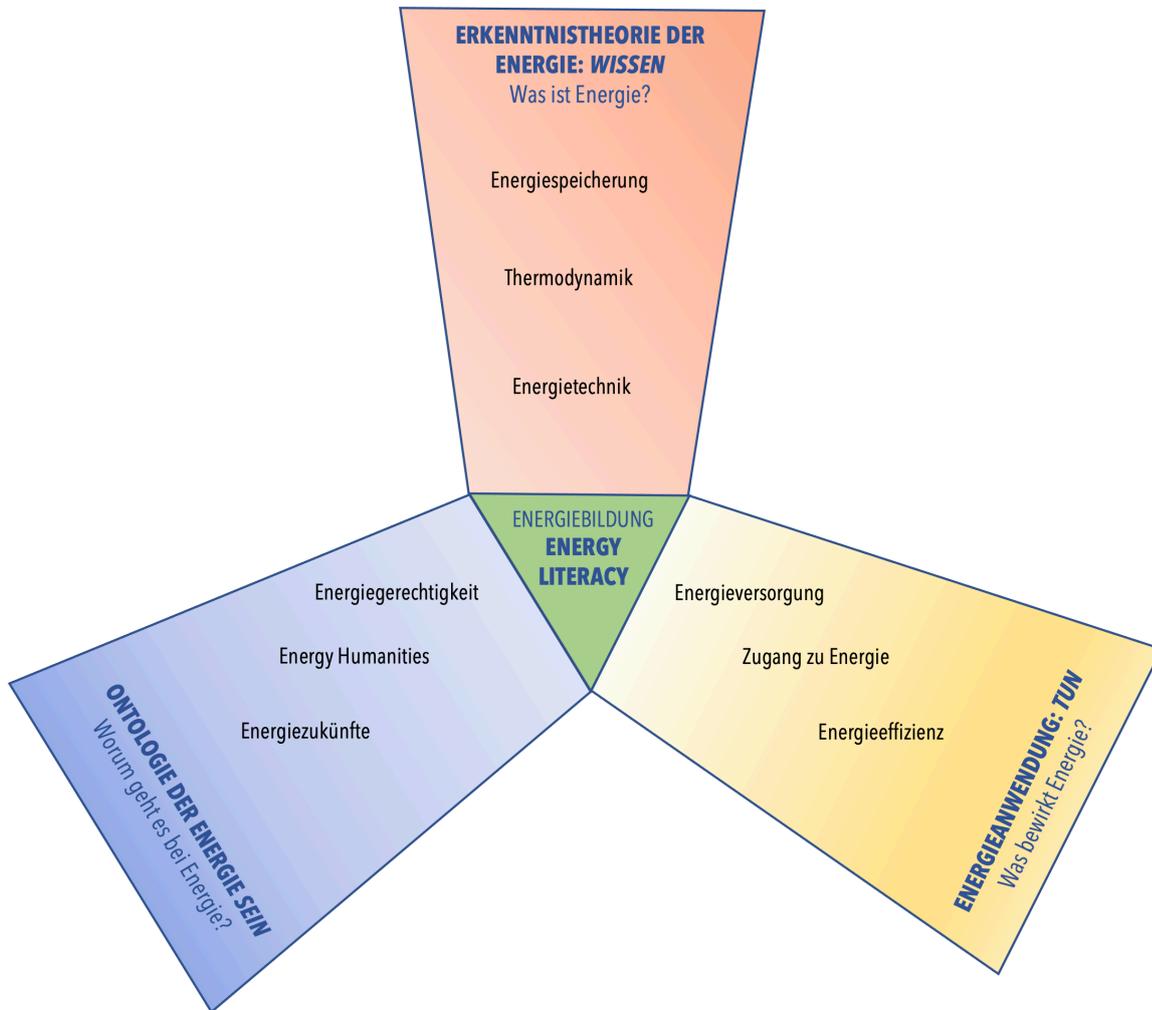
Die Bandbreite an Verständnissen von *energy literacy* zeigt, dass dies ein noch weites, zukünftig möglicherweise immer wichtiger werdendes Forschungsfeld darstellt. In jüngster Zeit finden sich zunehmend kritische Perspektiven zu Energiebildung, die ausdrücklich die miteinander in Beziehung stehenden gesellschaftlichen Ungleichheiten thematisieren (DELGADO, 2016; GLADWIN ET AL., 2022; JORGENSON ET AL., 2019; LOWAN-TRUDEAU & FOWLER, 2022) und eine gerechte Transformation (*just transition*) im Kontext der Energiewende anstreben (DROUBI ET AL., 2023). Eine kritische Ener-

giebildung soll über das umweltfreundliche Verhalten hinausdenken und Lernerinnen und Lerner zu politischem Engagement für eine gerechte, energiebewusste Gesellschaft anregen. Lernerinnen und Lerner sollten sich nicht nur auf der Ebene der Einzelpersonen reflektieren, sondern sich auch im Zusammenhang mit der strukturellen bzw. gesellschaftlichen Ebene sehen und dies kritisch hinterfragen (DROUBI ET AL., 2023, S. 16). Ein solches Verständnis deckt sich mit dem Konzept von *critical energy literacy* als „understanding of the social, environmental, political and economic challenges, benefits and impacts of various energy sources, developments and technologies“ (LOWAN-TRUDEAU & FOWLER, 2022, S. 59). Gleichzeitig ist aus empirischen Studien, die Effekte von Handlungsempfehlungen auf Handlungsbereitschaft untersuchen, bekannt, dass die Fokussierung auf Individuen, z. B. durch konkrete Handlungsaufforderungen oder Handlungsempfehlungen, wenig erfolgversprechend oder sogar kontraproduktiv sein kann (PALM ET AL., 2020). Insofern braucht es eine Sensibilität für an- oder auffordernde Ansätze, die z. B. zu energiesparendem Verhalten aufrufen, und eine kritische Perspektive auf eigene Grenzen der Energiebildung, die auf individuelle Lernprozesse ausgerichtet ist.

Im Sinne einer Systematisierung schlagen GLADWIN und ELLIS (2023) auf Grundlage einer Analyse verschiedener Ansätze zu Energiebildung einen konzeptionellen Rahmen für *energy literacy* vor (vgl. Fig. 3), welcher drei inhaltliche Dimensionen miteinander verbindet: (1) Epistemologien der Energie, also erkenntnistheoretische Zugänge, die danach fragen, *was* Energie ist, (2) Ontologien der Energie, die danach fragen, *wie* Energie ist, und (3) Anwendungen der Energie, die danach fragen, *was* Energie macht. In diesem integrativen Rahmen lassen sich verschiedene Energiethemen einordnen und Perspektiven bzw. Fragestellungen im Sinne eines holistischen Verständnisses von Energiebildung schärfen. Der Rahmen zeigt damit auch Wege auf, verschiedene Elemente des Energiesystems zusammenzuführen und macht in seiner Komplexität eine hohe gesellschaftliche Bedeutung schulischer und außerschulischer Energiebildung deutlich.

#### 4.2 Bedeutung einer holistischen Energiebildung

Das übergreifend relevante und *energy literacy* fördernde Konzept ist die Energiebildung. Eine auf *energy literacy* ausgerichtete holistische Energiebildung sensibilisiert Menschen für nachhaltiges Verhalten im Kontext des Energieverbrauchs. Sie schließt affektive und behaviorale Charakteristiken



**Fig. 3.** Konzeptueller Rahmen einer umfassenden *energy literacy* (Quelle: eigene Darstellung nach GLADWIN & ELLIS, 2023, S. 1520)

ein, weil es im Kern um eine mündige Entscheidungsfähigkeit (*citizenship*) geht.

Auch das kann als Begründung für einen interdisziplinären, holistischen Ansatz der Energiebildung im Anschluss an *critical energy literacy* (vgl. Kap. 4.1) angeführt werden, müssen gesellschaftliche Zusammenhänge und soziale Aspekte innerhalb der Energiethemen und im Hinblick auf eine Anpassung an neue Energieformen doch berücksichtigt werden. Der Anspruch der Interdisziplinarität scheint mit Blick auf die hier zugrunde liegenden Studien konsensual zu sein (z.B. ROTHFUSS & BOAMAH, 2021, S. 75).

Andererseits konzentriert sich ein Großteil der Studien und Projekte im Bereich Energiebildung primär auf die individuelle Ebene und untersucht oder fördert dabei *energy agency* oder das Verhalten von Einzelpersonen (APPIAH ET AL., 2023, S. 73; GILL & LANG, 2018, S. 88), sodass die öffentliche Diskussion und damit auch Ansätze von Bildung als *privatisiert* und individualisiert bezeichnet werden können (JORGENSEN ET AL., 2019, S. 164). Die ausschließliche Betrachtung der individuellen Ebene ist jedoch unzureichend. Eine mehrper-

spektivische Auseinandersetzung ist durch die immer komplexer werdende Welt notwendig (PERKINS ET AL., 2014, S. 355). Bislang ist nur ein begrenzter Bezug zu komplexeren Maßstabsebenen oder systemischen Makroebenen in Bezug auf Energiesysteme festzustellen, wodurch der Anspruch der Thematisierung einer kollektiven, gesamtgesellschaftlichen Transformation oft unerfüllt bleibt. Letztendlich werden öffentliche Räume in ihrer Bedeutung für Fragen einer gerechten Energiewende (*just transition*) (DROUBI ET AL., 2023) in diesem Zusammenhang meist ausgeblendet (JORGENSEN ET AL., 2019, S. 164).

Im Rahmen einer holistischen Energiebildung geht es nicht allein um technisches Wissen zu Energiesystemen und um damit verbundene individuelle Maßnahmen zum Energiesparen, sondern auch und vor allem um soziale Aspekte der Energiewende wie den Einfluss von Nachbarschaften, Regionen und politischen Institutionen (JORGENSEN ET AL., 2019, S. 166) sowie um kritische Perspektiven auf Infrastrukturen und Energiesysteme und damit verbundene intersektionale Ungleichheiten in der Gesellschaft (LOWAN-TRUDEAU & FOWLER, 2022, S. 60).

WILSON (2022) führt in ihren Überlegungen zu *deep energy literacy* aus, dass ein Verständnis der Energiewende nicht allein einer technologischen Perspektive bedarf, sondern dass es Energiewende als gesellschaftliches und vor allem komplexes Problem betrachten muss und damit multiple Ansätze zu Intersektionalität, Dekolonialisierung, indigenen Theorien und Praktiken, Ökofeminismus u. a. integrieren muss. Ebenso gilt es, immanente Widersprüche zu erkennen und mit Dilemmata oder Antinomien umgehen zu können. Dabei erfordert z. B. der stetig steigende Energieverbrauch von Einzelpersonen und Haushalten eine Reorientierung: Statt technische Innovationen als alleinige Lösung zu betrachten, ist im Sinne einer kritischen BNE eine Bewusstseinsveränderung der Menschen im Hinblick auf den Energieverbrauch notwendig. Angesichts der Dringlichkeit und Komplexität der multiplen gesellschaftlichen Herausforderungen – auf lokaler wie globaler Ebene – scheint eine linear einfache Narration individuellen Handelns als Beitrag einer nachhaltigen Entwicklung oder als Ursache positiver Effekte auf die Abwendung des Klimawandels nicht angemessen (JORGENSEN ET AL., 2019, S. 166). Vielmehr muss das kollektive Denken und Handeln gestärkt werden, wobei vor allem die Relevanz eines Gemeinschaftsdenkens in Bezug auf die Umsetzung von Maßnahmen zum Klimaschutz und damit einhergehend zum Ausbau erneuerbarer Energien betont wird (APPIAH ET AL., 2023, S. 79; BUCHANAN ET AL., 2016, S. 155). Besonders dem unmittelbaren Umfeld wie der Familie oder Nachbarschaft wird dabei eine besondere Rolle zugeschrieben, indem die dortige Auseinandersetzung das Zugehörigkeitsgefühl zur Gruppe der Handlungsfähigen und damit die eigene Wirksamkeitswahrnehmung stärken kann (ALGHAMDI & EL-HASSAN, 2019, S. 529). Ein praktisches Beispiel für die Relevanz des Gemeinschaftsdenkens und -handelns bietet die Untersuchung von GILL und LANG (2018), die zeigt, dass Kinder und Jugendliche, selbst wenn sie kaum direkten Einfluss auf Haushaltsentscheidungen haben, intergenerationales Umdenken erreichen können (S. 88).

Mit einer so verstandenen holistischen Energiebildung geht der Anspruch einher, ein Verständnis von Schule zu etablieren, welches diese nicht nur als Ort der Wissens- oder Kompetenzentwicklung auf individueller Ebene versteht, sondern als Ort des Zusammenkommens und Lernens und darauf aufbauend als Ort der Gemeinschaft, an dem gesellschaftlich relevante Ziele verfolgt und umgesetzt werden können. Damit Bildungsorte effektiv gemeinsames Lernen ermöglichen können, müssen Bildungspolitiken auf verschiedenen Ebenen Bedingungen schaffen, die es den Lernerinnen und Lernern erleichtern, mit der begrenzten unmit-

telbaren Wirkung ihres individuellen Handelns umzugehen (BUCHANAN ET AL., 2016, S. 155) und das Verständnis für die größere Wirkung ihres Handelns als Teil einer Gesellschaft zu entwickeln (JORGENSEN ET AL., 2019, S. 166).

Schulunterricht kann durch die Verknüpfungen von Einstellungen, Wissen und Handlungsoptionen der Schülerinnen und Schüler umweltbewusstes und speziell energiebewusstes Handeln provozieren (ALGHAMDI & EL-HASSAN, 2019, S. 522). Schulen gehen dieser Verantwortung bereits nach, was etwa die Untersuchungen von WOJUOLA und ALANT (2019, S. 1373) und BAHRAMI und MOHAMMADI (2021, S. 712) zeigen, in denen die Schule als zweitwichtigste Informationsquelle nach Fernsehen für Schülerinnen und Schüler in Bezug auf Energiewissen herausgestellt wurde. Diese Überlegungen gehen einher mit dem transformativen Ansatz des *Whole School Approach*, welcher für eine erfolgreiche Umsetzung von BNE sinnvoll, wenn nicht sogar notwendig ist (KU ET AL., 2012, S. 166). Dieser fordert u. a. dazu auf, ökologische Themen wie die Energiewende nicht nur in Form von Wissen, sondern auch mit den dahinterstehenden Prinzipien ganzheitlich zu vermitteln (BOSEVSKA & KRIEWALDT, 2020, S. 56), sowie die zuvor angesprochene geteilte Verantwortung zum Angehen der Energiewende zu verdeutlichen (BOSEVSKA & KRIEWALDT, 2020, S. 68). Dabei ist das Ziel, nicht nur die Schülerinnen und Schüler, sondern alle Beteiligten hinsichtlich *energy literacy* zu bilden (KU ET AL., 2012, S. 169). Insofern ist die Schule als Institution angehalten, neben dem Unterrichten und Lernen im engeren Sinne auch in den Bereichen Steuerung, Partnerschaften/Beziehungen und Schulbetrieb eine nachhaltige Entwicklung als Beitrag einer gerechten Energiewende umzusetzen (RIECKMANN, 2018, S. 46), sowie die geteilte Verantwortung zum Angehen dieser zu verdeutlichen (BOSEVSKA & KRIEWALDT, 2020, S. 68).

### 4.3 Rahmenbedingungen für Energiebildung und Einflussfaktoren auf *energy literacy*

Daran anschließend werden im Folgenden Rahmenbedingungen für Energiebildung sowie verschiedene Einflussfaktoren auf die *energy literacy* von Lernerinnen und Lernern zusammengefasst. Schulen können, wie zuvor verdeutlicht, im Rahmen formaler Bildung als zentrale Institutionen für Energiebildung verstanden werden, da diese nicht nur dem Wissenserwerb und der Kompetenzentwicklung dienen, sondern auch die Motivation von Lernerinnen und Lernern, sich mit (gesellschaftlichen) Problemen auseinanderzusetzen, steigern (KANDPAL & BROMAN, 2014, S. 302). Insofern ist die Gestaltung von qualitativ hochwertigen Bildungsprogrammen als politische Rahmung schulischer

Aktivitäten essenziell für eine erfolgreiche Energiebildung (HIGDE, 2022, S. 383), denn: „[...] the role of a renewable energy education programme should be educative, informative, investigative and imaginative“ (KANDPAL & BROMAN, 2014, S. 302). Zudem ist die steigende Relevanz der Vermittlung von Energiebildung nicht nur auf formaler Ebene in Schulen und Bildungsinstitutionen, sondern auch auf informeller Ebene in Massen- und Kommunikationsmedien zu erkennen (KANDPAL & BROMAN, 2014, S. 302–303). Um unter den genannten Aspekten von Energiebildung langfristig und nachhaltig eine Verbesserung zu erzielen, ist eine übergreifende Einführung von Energiebildung auf allen Bildungsebenen notwendig, sodass Bildungsprogramme aufeinander aufbauen können (KANDPAL & BROMAN, 2014, S. 307).

Ein besonderer Anspruch einer holistischen Energiebildung liegt in der Verknüpfung von thematisch breiten Ansätzen, die z.B. auf möglichst alle Energiequellen mit regionalen Spezifika sowie regenerativen Energietechnologien eingehen, ohne dabei eine Überforderung der Lernerinnen und Lerner zu erzeugen. Eine konkrete Situierung im regionalen Umfeld der Lernerinnen und Lerner erzeugt zugleich eine Alltagsrelevanz, die als lernförderlich betrachtet werden kann (KANDPAL & BROMAN, 2014, S. 305). Eine holistische Energiebildung erfordert eine entsprechende curriculare Berücksichtigung, die mit entsprechenden Rahmenbedingungen und Möglichkeiten im Bereich der Lehrkräftebildung einhergehen muss (JENNINGS, 2009, S. 437). Gleichzeitig bedarf es einer Flexibilität von Bildungsprogrammen, die einerseits unterschiedlichen Dynamiken und Voraussetzungen in Schulen gerecht werden muss und andererseits weltweite Entwicklungen berücksichtigt (KANDPAL & BROMAN, 2014, S. 302).

Eine erfolgreiche Implementierung in formale und informelle Bildung ist auch abhängig von qualitativ hochwertigen Lehr-Lernmaterialien (KANDPAL & BROMAN, 2014, S. 307), die häufig noch fehlen (YEH ET AL., 2017, S. 22). Dabei sollten energiebezogene Themen zunehmend nicht nur explizit behandelt, sondern auch indirekt im Kontext anderer Themen angesprochen werden, um tatsächlich ein Bewusstsein entwickeln zu können (CASTAÑEDA-GARZA & VALERIO-UREÑA, 2022, S. 416). Diese Materialien können dann als Brücke zwischen der Vermittlung von theoretischen Inhalten und praktischen Erfahrungen dienen, wenn sie Inhalte in adäquater Komplexität vermitteln, Lernerinnen und Lernern Handlungsmöglichkeiten aufzeigen und Möglichkeiten für selbstwirksamkeitsfördernde Erfahrungen und deren Reflexion im Hinblick auf das Erleben und Wahrnehmen eigener Handlungsmacht (*agency*) bieten (JORGENSEN ET AL., 2019, S. 165).

Gegenwärtig sind junge Menschen diejenigen, die von den Folgen der Klimakrise am stärksten betroffen sind und dadurch gezwungen sein werden, mit diesen umzugehen. Auch wenn sich eine holistische Energiebildung nicht allein auf junge Menschen bezieht, so zeigen die Studien, dass diese als Zielgruppe für Energiebildungsprojekte besonders im Fokus stehen.

Interessant sind darüber hinaus Einflussfaktoren auf die Ausprägung von *energy literacy*. Wenn Curricula energierelevante Inhalte abbilden, diese zudem mehrperspektivisch (ALGHAMDI & EL-HASSAN, 2019, S. 525), visionär, antizipatorisch und zukunftsorientiert sind (JONANE & SALITIS, 2009, S. 73) und sich dadurch häufige Lerngelegenheiten im Themenfeld Energiebildung ergeben, kann ein positiver Effekt im Hinblick auf *energy literacy* bei Schülerinnen und Schülern nachgewiesen werden. Interessanterweise kommt einer geographischen Bildung auch hier eine besondere Bedeutung zu, wie BODZIN ET AL. (2013) anhand einer quantitativen Studie mit etwa 1.000 Schülerinnen und Schülern (13–15 Jahre) aus den USA zeigen: „(that) energy literacy can be promoted with a geospatial curriculum approach in urban middle-level education“ (S. 1582). Diese Erkenntnis erweiternd, stellten CASTAÑEDA-GARZA und VALERIO-UREÑA (2022) erst kürzlich heraus, dass schon eine möglichst frühzeitige Auseinandersetzung mit Energiethemen, also bereits in der Grundschule, sinnvoll sei, um *energy literacy* zu entwickeln (S. 418). Eine geschlechterspezifische Betrachtung zeigt dabei vielfältige Ergebnisse (MARTINS ET AL., 2020, S. 457). Während z.B. in Nigeria männliche Probanden mehr energiebezogenes Wissen zu haben scheinen (WOJUOLA & ALANT, 2019, S. 1371), sind es laut APPLEBAUM ET AL. (2021) vor allem Frauen, die gewillt sind, Energie zu sparen (S. 120). Weiterhin wird dem Bildungsstand der Eltern sowie dem sozioökonomischen Status ein hoher Einfluss auf *energy literacy* zugeschrieben (BAHRAMI & MOHAMMADI, 2021, S. 723). Auch positive umweltbezogene Einstellungen scheinen einen hohen Einfluss auf *energy literacy* sowie energierelevante Verhaltensweisen zu haben (APPIAH ET AL., 2023, S. 73; MARTINS ET AL., 2020, S. 457), was mit den Ergebnissen der Studie von OJALA (2012) zur konstruktiven Hoffnung und deren Relevanz für umweltbezogene Einstellungen übereinstimmt. Das Vertrauen in eigene Fähigkeiten, das Vertrauen in Fähigkeiten anderer Agierender sowie eine Vermittlung optimistischer, vertrauenerweckender und gleichzeitig realistischer Geschichten, die kritisches Denken ergänzen, beeinflussen das Engagement junger Menschen signifikant (OJALA, 2012, S. 635). Abschließend prägen nicht nur soziale Faktoren, sondern auch umweltbedingte Einflüsse wie klimatische Bedingungen und die geographische

Lage die *energy literacy* (LIN & LU, 2018, S. 867). Befindet sich die Schule z. B. in einer Region mit eher geringer Nutzung erneuerbarer Energiequellen, scheint die *energy literacy* der Schülerinnen und Schüler niedriger zu sein (NTONA ET AL., 2015, S. 13).

#### 4.4 Ausgewählte didaktisch-konzeptionelle Überlegungen zu Energiebildung

Mit Blick auf die hier zugrunde liegende Literatur, insbesondere auf die konzeptuellen Vorschläge für die Implementierung von Energiebildung in Schulen und Hochschulen, zeigt sich kein einheitliches Bild didaktischer Ansätze. Dennoch kristallisieren sich Gemeinsamkeiten in der Herangehensweise und damit Prinzipien pädagogischen Handelns für eine holistische Energiebildung heraus, welche in weiten Teilen die Grundlage der vorgestellten und erprobten Kontexte in den hier untersuchten Studien darstellen. Insgesamt dominiert ein konstruktivistisches, handlungsorientiertes Lernverständnis, welches die Aktivität der Lernerinnen und Lerner sowie deren Verantwortung für den Lernprozess in den Vordergrund stellt (z. B. CHIEN ET AL., 2021; TOLI & KALLERY, 2021; TSAPARLIS ET AL., 2020; VAN DER HORST ET AL., 2015). Insofern werden pädagogische Ansätze der Projektorientierung, Problemorientierung und des forschenden Lernens (*fieldwork teaching, inquiry-based learning, experiential learning*) in den Studien besonders häufig vorgeschlagen.

Dabei ist das übergeordnete Ziel, die Lernerinnen und Lerner zu inspirieren und zu motivieren, sich mit Energiethemen eigenständig auseinanderzusetzen (JORGENSEN ET AL., 2019, S. 165). Ausgehend von einer Untersuchungsfrage, die ein alltagsrelevantes und vor allem authentisches Problem der Lernerinnen und Lerner widerspiegeln soll, ist Kooperation dieser untereinander sowie die Zusammenarbeit mit Fachkundigen handlungsleitend und lernförderlich (TSAPARLIS ET AL., 2020, S. 62). Durch deren Expertise können Energiethemen, die häufig in Bezug auf eine individuelle Ebene diskutiert werden (JORGENSEN ET AL., 2019), um systematische bzw. strukturelle Perspektiven erweitert werden.

Projektbasiertes oder projektorientiertes Lernen im Kontext einer Energiebildung ist zudem fächerübergreifend, interdisziplinär gestaltet und bezieht verschiedene Technologien ein (s. ebenso JENNINGS, 2009, S. 438), um möglichst viele Facetten der Energiethemen abzudecken. Auch wird Lernen durch Erfahrungen als Teil des projektorientierten Lernens als sinnvoll angesehen, da das direkte Erleben das Energiebewusstsein stärkt (BLOOM & FUENTES, 2019, S. 10; WALZ ET AL., 2022, S. 11). Darüber hinaus wird eine möglichst lange

Projektlaufzeit als förderlich angesehen, um eine intensive Auseinandersetzung zu ermöglichen. Dabei ist anzumerken, dass projektorientiertes Lernen zwar als sehr sinnvoll erachtet wird, jedoch viele Ressourcen benötigt und deshalb oft an den Rahmenbedingungen scheitert.

Weitere Prinzipien für erfolgreiche Energiebildung sind die Förderung von Partizipation und Handlungsorientierung (JORGENSEN ET AL., 2019), sodass die Lernerinnen und Lerner in und über ihre Umwelt durch eigene Erfahrungen lernen. Dadurch lässt sich das Interesse an Energiethemen steigern, das Wissen und die Einstellung zu umweltfreundlichen Energiequellen verbessern und Partizipationsmöglichkeiten in Energieprojekten eröffnen. Die Evaluation der entwickelten Konzepte erfolgt dabei i. d. R. anhand der Unterscheidung kognitiver, affektiver und behavioraler Aspekte einer *energy literacy* (APPIAH ET AL., 2023, S. 74; HIGGDE, 2022, S. 381), wobei häufig eher die affektive und kognitive Ebene fokussiert werden (LIN & LU, 2018, S. 868; TSAPARLIS ET AL., 2020, S. 54). Zudem ist eine Diskrepanz zwischen dem Wissen der Lernerinnen und Lerner und deren Handeln in Bezug auf Energie, Energiesparen und weiteren Themengebieten zu verzeichnen (NTONA ET AL., 2015, S. 12), was als *knowledge-action-gap* aus Umweltbildungs- und BNE-Diskursen bekannt ist (u. a. THØGERSEN & SCHRADER, 2012; WOJUOLA & ALANT, 2019, S. 1372). Um diese Diskrepanz zu verringern, wird eine Kombination verschiedener Lehr-Lern-Formate als sinnvoll erachtet (BLOOM & FUENTES, 2019, S. 14). Die Untersuchung von APPLEBAUM ET AL. (2021) stellt z. B. heraus, dass sowohl Zusammenarbeit in einer Gruppe als auch Wettbewerbskontexte zu einer Förderung von *energy literacy* und einer höheren Bereitschaft, Energie zu sparen, führen können. Auch eine Implementierung von Energiebildung in die Ausbildung von Lehrkräften wurde als sinnstiftend herausgestellt, um langfristig *energy literacy* bei den Schülerinnen und Schülern zu fördern (JONANE & SALITIS, 2009; YEH ET AL., 2017, S. 22).

Weiterhin wird, insbesondere in jüngeren Überlegungen zu *critical energy literacy*, in Anlehnung an pädagogische Ansätze der kritischen Bildungstheorien und des forschendes Lernen die Bedeutung der Reflexion eigener Erfahrungen als Element transformativen Lernens betont: „By reflecting on everyday experience (through a cycle of concrete experience, observation and reflection, forming abstract concepts and testing in new situations), learning actively changes the way an environment is viewed and interacted with“ (VAN DER HORST ET AL., 2015, S. 68). Schließlich braucht es explizit raumbezogene Ansätze, auch unter Einbeziehung von *geospatial technologies*, um der inhaltlichen Komplexität einer holistischen Energie-

bildung gerecht zu werden und den Fokus bestehender Studien auf individuelle Handlungsfähigkeit um strukturelle, multiskalare und multiperspektivische Dimensionen zu erweitern (BODZIN ET AL., 2013; VAN DER HORST ET AL., 2015). Um *energy literacy* zu erlangen, ist eine mehrperspektivische Betrachtung energiebezogener Problematiken notwendig, da diese nie einseitig und linear sind (PERKINS ET AL., 2014, S. 356). Hier eröffnen sich deutliche Anschlussmöglichkeiten an eine geographische Bildung, die sich durch Multiperspektivität (z. B. durch die Verknüpfung natur- und gesellschaftswissenschaftlicher Perspektiven) auszeichnet.

Ergänzend werden zunehmend Studien mit ganz unterschiedlichen lokalen Bezügen publiziert, die anhand dieser lokalen Beispiele eine globale Verknüpfung und übergreifende Auseinandersetzung ermöglichen. Unter anderem können hier die Studien von ALGHAMDI und EL-HASSAN (2019) und CHEN ET AL. (2015) genannt werden. Neben der Multiperspektivität und Maßstäblichkeit kann auch die inhaltliche und konzeptionelle Nähe zu BNE eine besondere Bedeutung geographischer Bildung im Kontext von Energiebildung verdeutlichen. Solche Beispiele sind unter anderem die Untersuchungen von WOJUOLA und ALANT (2019) mit Fokus auf Nigeria, von ALGHAMDI und EL-HASSAN (2019) mit Fokus auf Saudi-Arabien und von CASTAÑEDA-GARZA und VALERIO-UREÑA (2022) mit Fokus auf Mexiko.

Eine geographische bzw. geographiedidaktische Perspektive auf Energiebildung fokussiert inhaltlich z. B. die Thematisierung von Rohstoffgewinnung, Infrastrukturen, regionalen oder interna-

tionalen Netzwerken. Bei all diesen Aspekten hat geographische Bildung immer einen Bezug zu BNE. BNE ist sowohl für eine generelle Auseinandersetzung mit der Klimakrise als auch besonders für bestimmte Aspekte dieser, wie etwa Energiebildung, relevant. Erneuerbare Energien sowie der Umgang mit diesen ist ebenfalls ein essenzieller Bestandteil von nachhaltiger Entwicklung. Denn um diese erreichen zu können, wird eine *energy literacy* der zukünftigen Generation notwendig sein (LANE ET AL., 2014, S. 329; WOJUOLA & ALANT, 2019, S. 1366). Konkret wird ein Verständnis und Bewusstsein von Mechanismen des Energieverbrauchs und -sparens im individuellen und gesamtgesellschaftlichen Sinne erforderlich sein, um BNE erfolgreich gestalten zu können. Auch die Notwendigkeit, verschiedene Maßstabsebenen zu betrachten und Verknüpfungen zwischen diesen zu thematisieren und zu reflektieren, stellt eine Parallele zwischen geographischer Bildung und Energiebildung dar. Eine ausgeprägte *energy literacy* beinhaltet die Fähigkeit, sich komplexen Gegebenheiten problem- und lösungsorientiert zu widmen. Wurde dies im Kontext von Energieproblematiken gelernt, kann diese Fähigkeit auch in anderen Kontexten Anwendung finden, was für eine erfolgreiche BNE unabdingbar ist. Aufgrund der besonderen Beziehung zu einer BNE und der fachlichen Inhalte kann geographische Bildung einen wichtigen Beitrag zu holistischer Energiebildung leisten. Insofern bieten sich im Kontext der Energiebildung vielfältige Anknüpfungsmöglichkeiten sowohl für BNE als auch für eine geographische Bildung.

## 5. Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag verdeutlicht vor dem Hintergrund einer gerechten gesellschaftlichen Transformation im Bereich der Energiewende die Relevanz einer holistischen Energiebildung und zeigt zugleich die bislang marginale wissenschaftliche Diskussion im Bereich deutschsprachiger, insbesondere fachdidaktischer Forschung. Die betrachteten Publikationen zeigen sowohl theoretisch-konzeptionelle Überlegungen als auch praktische Interventionen zur Energiebildung in schulischen, universitären und außerschulischen Kontexten und deren Beitrag als Gelingensbedingung der Energiewende. Dabei wurden einerseits theoretische Überlegungen zu den Begriffen und damit verbundenen Konzepten der (*critical*) *energy literacy* und Energiebildung ausgeführt sowie die Relevanz bildungspolitischer Rahmenbedingungen und deren vermittlungsspezifischen Forderungen begründet.

Andererseits wurden anhand empirischer und praxisorientierter Publikationen, die z. B. als Interventionsstudien neue Ansätze der Energiebildung in pädagogischen Kontexten aufzeigen, Einflussfaktoren auf *energy literacy* sowie Merkmale von Energiebildung herausgearbeitet.

International werden lokalpolitische Rahmenbedingungen gefordert, die es neuen Projekten oder Bildungsinitiativen erleichtern, Energiebildung im Kontext einer BNE umzusetzen (FORCE & LONGE, 2022; HUANG ET AL., 2023, S. 11; JONANE & SALITIS, 2009; PERKINS ET AL., 2014, S. 358). Dabei wird zunehmend eine dezidierte Untersuchung bestimmter Einflussfaktoren für eine Auseinandersetzung mit der Energiewende als wichtig angesehen, um die Bildungsangebote an Lernerinnen und Lerner und konkrete Situationen anpassen zu können (MARTINS ET AL., 2020, S. 457). Vor allem

eine verstärkte Implementierung von praktischen (Interventions-)Studien wird als sinnvoll erachtet, da diese fast ausschließlich positive Resultate in Bezug auf *energy literacy* vermerken (z. B. CHIEN ET AL., 2021; HIĞDE, 2022; TOLI & KALLERY, 2021).

Damit einhergehend wird eine Veränderung des Verständnisses von BNE und Energiebildung im Sinne eines lebenslangen Lernens gefordert (BUCHANAN ET AL., 2016, S. 156). Neben dem Mangel an kollektiven, gesamtgesellschaftlichen und explizit geographischen Perspektiven in Bezug auf Energiebildung wird deutlich, dass besonderes Potenzial in interdisziplinären Zugängen liegt, die multiperspektivisch und unter starker Berücksichtigung einer Lebensweltorientierung eine Verknüpfung von ökologischen, politischen, sozialen und wirtschaftlichen Ebenen fokussieren (ROTHFUSS & BOAMAH, 2021, S. 75). Das schließt zudem die Betrachtung der strukturellen Ebene ein, die als Anlass des (kritischen) Infragestellens fungieren kann. Denn Energiewende findet nicht nur auf der individuellen, sondern vor allem auf einer gesamtgesellschaftlichen und damit systemisch geprägten Ebene statt (JORGENSEN ET AL., 2019, S. 164–166). Zudem braucht es kollektive, interaktive Lernformate, die die Notwendigkeit des gemeinsamen Handelns verdeutlichen (JORGENSEN ET AL., 2019, S. 166), um Lernerinnen und Lerner auf ihrem Weg zu partizipativ Agierenden der Energiewende zu unterstützen (APPIAH ET AL., 2023, S. 74; JORGENSEN ET AL., 2019, S. 166).

Die gesellschaftliche Zukunftsaufgabe der Energiewende stellt gegenwärtige Gesellschaften vor die komplexe Frage, wie über die damit einhergehenden Themen berichtet, kommuniziert sowie gelehrt und gelernt werden soll. Insbesondere

müssen sowohl technische als auch soziokulturelle und ökologische Aspekte miteinander verknüpft werden. Es gibt daher einen Bedarf an Energiebildung und *energy literacy*, um Menschen in die Lage zu versetzen, überlegte und verantwortungsvolle, energiebezogene Entscheidungen treffen zu können (VAN DER HORST ET AL., 2015). Für eine nachhaltige Gestaltung der Weltgesellschaft braucht es demnach *energy literacy* (GLADWIN & ELLIS, 2023, S. 1516). Diese beeinflusst, was und wie wir über Energiethemata denken, und unterstützt damit auch die globale Energiewende (u.a. DROUBI ET AL., 2023; GLADWIN & ELLIS, 2023; KANDPAL & BROMAN, 2014, S. 302; VAN DER HORST ET AL., 2015). Dem ständigen Wandel von Zugänglichkeit zu Energie, energetischen Nutzungsformen und Folgen dieser Nutzung will eine integrative, holistische Energiebildung gerecht werden, die neben technischen, naturwissenschaftlichen und wirtschaftlichen auch sozial-ökologische Fragen, Gerechtigkeits- und Machtfragen sowie Zukunftsaussichten thematisiert. In Bezug auf globale Gerechtigkeit ist z. B. auffällig, dass es bislang vor allem Länder des Globalen Nordens waren, in denen Forschung zu *energy literacy* und weiteren energie- und umweltbezogenen Themen betrieben wurde (WOJUOLA & ALANT, 2019, S. 1372). Erst jüngst sind zunehmend auch Untersuchungen in Ländern des Globalen Südens wie Nigeria (FORCE & LONGE, 2022) oder Iran (BAHRAMI & MOHAMMADI, 2021) zu verzeichnen.

Der Beitrag plädiert auf Basis der Ergebnisse des Reviews für eine holistische Energiebildung, die *energy literacy* auch in ihrer gesellschaftswissenschaftlichen, politischen und kritischen Ausprägung versteht.

## Literatur

- ADAMS, J., KENNER, A., LEONE, B., ROSENTHAL, A., SARAQ, M., & BOI-DOKU, T. (2022). [What Is Energy Literacy? Responding to Vulnerability in Philadelphia's Energy Ecologies](#). *Energy Research & Social Science*, 91, Artikel 102718.
- AKITSU, Y., & ISHIHARA, K. N. (2019). [Energy Literacy Assessment: A Comparative Study of Lower Secondary School Students in Thailand and Japan](#). *International Journal of Educational Methodology*, 5(2), 183–201.
- AKITSU, Y., ISHIHARA, K. N., OKUMURA, H., & YAMASUE, E. (2017). [Investigating Energy Literacy and Its Structural Model for Lower Secondary Students in Japan](#). *International Journal of Environmental and Science Education*, 12(5), 1067–1095.
- ALGHAMDI, A. K. H., & EL-HASSAN, W. S. (2019). [Saudi Undergraduate Students' Needs of Pedagogical Education for Energy Literacy](#). *Journal of Turkish Science Education*, 16(4), 521–537.
- APPIAH, M. K., GYENING, E. K., TEYE, P. K., FRIMPONG, C., & NSOWAH, A. (2023). [The Implications of Energy Literacy on Energy Savings Behavior: A Model of Contingent Effects of Energy Value and Attitude](#). *Energy Reports*, 10, 72–85.
- APPLEBAUM, L. R., PRICE, C. A., & FOSTER, A. Y. (2021). [Collaboration and Competition in Exhibit Facilitation Around Energy Literacy](#). *Journal of Museum Education*, 46(1), 113–126.
- BAHRAMI, S., & MOHAMMADI, Y. (2021). [Assessing Energy Literacy of Iranian Ninth-Grade](#)

- [Students](#). *Journal of Turkish Science Education*, 18(4), 707-731.
- BLOOM, M., & FUENTES, S. Q. (2019). [Experiential Learning for Enhancing Environmental Literacy Regarding Energy: A Professional Development Program for Inservice Science Teachers](#). *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(6), Artikel em1699.
- BODZIN, A. M., FU, Q., PEFFER, T. E., & KULO, V. (2013). [Developing Energy Literacy in US Middle-Level Students Using the Geospatial Curriculum Approach](#). *International Journal of Science Education*, 35(9), 1561-1589.
- BOSEVSKA, J., & KRIEVALDT, J. (2020). [Fostering a Whole-School Approach to Sustainability: Learning From One School's Journey Towards Sustainable Education](#). *International Research in Geographical and Environmental Education*, 29(1), 55-73.
- BUCHANAN, J., SCHUCK, S., & AUBUSSON, P. (2016). [In-School Sustainability Action: Climate Clever Energy Savers](#). *Australian Journal of Environmental Education*, 32(2), 154-173.
- CASTAÑEDA-GARZA, G., & VALERIO-UREÑA, G. (2022). [Energy Literacy in Elementary School Textbooks in Mexico](#). *Environmental Education Research*, 29(3), 410-422.
- CHEN, K.-L., HUANG, S.-H., & LIU, S.-Y. (2013). [Devising a Framework for Energy Education in Taiwan Using the Analytic Hierarchy Process](#). *Energy Policy*, 55, 396-403.
- CHEN, S.-J., CHOU, Y.-C., YEN, H.-Y., & CHAO, Y.-L. (2015). [Investigating and Structural Modeling Energy Literacy of High School Students in Taiwan](#). *Energy Efficiency*, 8, 791-808.
- CHEN, W.-K., JUANG, Y.-R., CHANG, S.-H., & WANG, P. (2012). [Informal Education of Energy Conservation: Theory, Promotion, and Policy Implication](#). *International Journal of Technology and Human Interaction*, 8(4), 16-44.
- CHIEN, S.-I., SU, C., CHOU, C.-C., & WANG, H.-H. (2021). [Research Insights and Challenges of Secondary School Energy Education: A Dye-Sensitized Solar Cells Case Study](#). *Sustainability*, 13(19), Artikel 10581.
- COTTON, D. R. E., MILLER, W., WINTER, J., BAILEY, I., & STERLING, S. (2015). [Developing Students' Energy Literacy in Higher Education](#). *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 16(4), 456-473.
- CRAVINHO, J., LUCAS, R., BRITO, M., ALBUQUERQUE, D. P., MITHOOWANI, U., & MATEUS, N. M. (2023). [Energy Gamification: Design and Development of a User Interface Tool to Upgrade Social Experience and Energy Literacy](#). *Open Research Europe*, Artikel 2:130.
- DAS, R. R., & RICHMAN, R. (2022). [The Development and Application of a Public Energy Literacy Instrument](#). *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 22, 42-67.
- DELGADO, E. (2016). [Energy Geographies: Thinking Critically About Energy Issues in the Classroom](#). *Journal of Geography in Higher Education*, 40(1), 39-54.
- DEMIRBAS, A. (2009). Energy Concept and Energy Education. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 1(2), 85-101.
- DEMIRBAS, A. (2011). Energy Issues in Energy Education. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*, 27(2), 209-220.
- DEWATERS, J., & POWERS, S. (2011). [Energy Literacy of Secondary Students in New York State \(USA\): A Measure of Knowledge, Affect, and Behavior](#). *Energy Policy*, 39(3), 1699-1710.
- DEWATERS, J., QAQISH, B., GRAHAM, M., & POWERS, S. (2013). [Designing an Energy Literacy Questionnaire for Middle and High School Youth](#). *The Journal of Environmental Education*, 44(1), 56-78.
- DIECK-ASSAD, F. A. (2014). [Evaluation of the Case Method With an Emphasis in Energy Issues and Its Applicability for European Higher Education](#). In A. M. DIMA (Hg.), *Handbook of Research on Trends in European Higher Education Convergence* (S. 321-339). IGI Global.
- DROUBI, S., GALAMBA, A., FERNANDES, F. L., DE MENDONÇA, A. A., & HEFFRON, R. J. (2023). [Transforming Education for the Just Transition](#). *Energy Research & Social Science*, 100, Artikel 103090.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION. (2008). [Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen über den Aktionsplan für Nachhaltigkeit in Produktion und Verbrauch und für eine nachhaltige Industriepolitik](#) (KOM[2008] 397 endgültig).
- FINK, A. (2020). *Conducting Research Literature Reviews: From the Internet to Paper*. Sage.
- FORCE, T. S., & LONGE, O. M. (2022). [Impact of Energy Literacy on Energy Consumption, Expenditure and Management](#). In K. C. OKAFOR, I. E. ACHUMBA, S. A. ADESHINA, O. M. LONGE, F. NASIR, & I. I. AYOGU (Hg.), *Proceedings of the 2022 IEEE Nigeria 4th International Conference on Disruptive Technologies for Sustainable Development (NIGERCON)*, May 17-19th (S. 346-350). IEEE.

- FRIMAN, H., SITBON, Y., BANNER, I., EINAV, Y., & CIRELLA, G. T. (2022). [Sustainability and Renewable Energy Education: Children of the Next Generation](#). In B. DAHIYA (Hg.), *Advances in 21st Century Human Settlements* (S. 89-99). Springer.
- GILL, C., & LANG, C. (2018). [Learn to Conserve: The Effects of In-School Energy Education on At-Home Electricity Consumption](#). *Energy Policy*, 118, 88-96.
- GLADWIN, D., & ELLIS, N. (2023). [Energy Literacy: Towards a Conceptual Framework for Energy Transition](#). *Environmental Education Research*, 29(10), 1515-1529.
- GLADWIN, D., KARSGAARD, C., & SHULTZ, L. (2022). [Collaborative Learning on Energy Justice: International Youth Perspectives on Energy Literacy and Climate Justice](#). *The Journal of Environmental Education*, 53(5), 251-260.
- HERNANDEZ, J., SCHERR, R., GERMAN, M., & HOROWITZ, R. (2022). [Place-Based Education in High School Science: Situating Energy and Climate Change in Students' Communities](#). *Sustainability and Climate Change*, 15(1), 58-67.
- HİÇDE. (2022). An Interdisciplinary Renewable Energy Education: Investigating the Influence of STEM Activities on Perception, Attitude, and Behavior. *Journal of Science Learning*, 5(2), 373-385.
- HUANG, Z., GOU, Z., & CAI, S. (2023). [Energy Justice in Education Sector: The Impact of Student Demographics on Elementary and Secondary School Energy Consumption](#). *Heliyon*, 9(5), Artikel e16191.
- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). (2018). [Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty](#). Cambridge University Press.
- JENNINGS, P. (2009). [New Directions in Renewable Energy Education](#). *Renewable Energy*, 34(2), 435-439.
- JIUSTO, S. (2009). [Energy Transformation and Geographic Research](#). In N. Castree, D. Demeritt, D. Liverman, & B. Rhoads (Hg.), *A Companion to Environmental Geography* (S. 533-551). Wiley-Blackwell.
- JOHNSON, B., & ČINČERA, J. (2019). [Development of the Ecological Concepts of Energy Flow and Materials Cycling in Middle School Students Participating in Earth Education Programs](#). *Studies in Educational Evaluation*, 63, 94-101.
- JONANE, L., & SALITIS, A. (2009). Non-formal Energy Education in the Context of Sustainability: Perspective of Latvian Educators. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 11(1), 65-74.
- JORGENSON, S. N., STEPHENS, J. C., & WHITE, B. (2019). [Environmental Education in Transition: A Critical Review of Recent Research on Climate Change and Energy Education](#). *The Journal of Environmental Education*, 50(3), 160-171.
- KANDPAL, T. C., & BROMAN, L. (2014). [Renewable Energy Education: A Global Status Review](#). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 300-324.
- KAPLAN, M. A. (2023). [The Role of Institutions of Higher Education in Promoting the Development of Sustainable Green Energy Policies That Facilitate Climate Justice and Environmental Equality](#). In G. SART (Hg.), *Considerations on Education for Economic, Social, and Environmental Sustainability* (S. 26-47). IGI Global.
- KARETSOS, S., & HARALAMBOPOULOS, D. (2011). [Integration of Competencies in an Ontology-Based Framework Supporting Teachers to Construct Learning Designs in the Domain of Sustainable Energy Education](#). *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 13(1), 129-139.
- KARETSOS, S., HARALAMBOPOULOS, D., & KOTIS, K. (2011). [An Ontology-Based Framework for Authoring Tools in the Domain of Sustainable Energy Education](#). *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems (IJAEIS)*, 2(1), 40-62.
- KARPUDEWAN, M., PONNIAH, J., & MD. ZAIN, A. N. (2016). [Project-Based Learning: An Approach to Promote Energy Literacy Among Secondary School Students](#). *The Asia-Pacific Education Researcher*, 25, 229-237.
- KU, C.-K., CHEN, Y.-W., KAO, T.-S., & CHIEN, S.-C. (2012). [The Environmental Education Strategy of Integration of Universities, NGOs and Elementary Schools to Develop Taiwan's Energy Education Program](#). *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 167, 165-175.
- KÜHNE, O., & WEBER, F. (2018). [Bausteine der Energiewende - Einführung, Übersicht und Ausblick](#). In O. KÜHNE & F. WEBER (Hg.), *Bausteine der Energiewende* (S. 3-19). Springer.
- LANE, J. F., FLORESS, K., & RICKERT, M. (2014). [Development of School Energy Policy and Energy Education Plans: A Comparative Case Study in Three Wisconsin School Communities](#). *Energy Policy*, 65, 323-331.

- LEE, L.-S., LEE, Y.-F., ALTSCHULD, J. W., & PAN, Y.-J. (2015). [Energy Literacy: Evaluating Knowledge, Affect, and Behavior of Students in Taiwan](#). *Energy Policy*, 76, 98-106.
- LEE, Y.-F., NGUYEN, H. B. N., & SUNG, H.-T. (2022). [Energy Literacy of High School Students in Vietnam and Determinants of Their Energy-Saving Behavior](#). *Environmental Education Research*, 28(6), 907-924.
- LIN, K.-Y., & LU, S.-C. (2018). [Effects of Project-Based Activities in Developing High School Students' Energy Literacy](#). *Journal of Baltic Science Education*, 17(5), 867-877.
- LOWAN-TRUDEAU, G. (2017). [Indigenous Environmental Education: The Case of Renewable Energy Projects](#). *Educational Studies*, 53(6), 601-613.
- LOWAN-TRUDEAU, G., & FOWLER, T. A. (2022). [Towards a Theory of Critical Energy Literacy: The Youth Strike for Climate, Renewable Energy and Beyond](#). *Australian Journal of Environmental Education*, 38(1), 58-68.
- MARTINS, A., MADALENO, M., & DIAS, M. F. (2020). [Energy Literacy: What Is out There to Know?](#) *Energy Reports*, 6, 454-459.
- MAURER, M., & BOGNER, F. X. (2022). [Green Awareness in Action of Saving Energy in School Life: Modeling Environmental Literacy in Theory and Practice Experience](#). In M. LACKNER, B. SAJJADI, & W.-Y. CHEN (Hg.), *Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation* (S. 3531-3556). Springer.
- MIDDLETON, P. (2018). [Sustainable Living Education: Techniques to Help Advance the Renewable Energy Transformation](#). *Solar Energy*, 174, 1016-1018.
- MIRZA, U. K., HARIJAN, K., & MAJEED, T. (2012). [Status and Need of Energy Education: The Case of Pakistan](#). In M. A. UQAILI & K. HARIJAN (Hg.), *Energy, Environment and Sustainable Development* (S. 39-47). Springer.
- MISHRA, S. (2018). [Energy Awareness and Education: Needs and Challenges of Developing Low-Carbon Societies](#). In A. SHARMA, A. SHUKLA, & L. AYE (Hg.), *Low Carbon Energy Supply: Trends, Technology, Management* (S. 431-441). Springer.
- NTONA, E., ARABATZIS, G., & KYRIAKOPOULOS, G. L. (2015). [Energy Saving: Views and Attitudes of Students in Secondary Education](#). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 46, 1-15.
- OCETKIEWICZ, I., TOMASZEWSKA, B., & MRÓZ, A. (2017). [Renewable Energy in Education for Sustainable Development. The Polish Experience](#). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 92-97.
- OJALA, M. (2012). [Hope and Climate Change: The Importance of Hope for Environmental Engagement Among Young People](#). *Environmental Education Research*, 18(5), 625-642.
- PALM, R., BOLSEN, T., & KINGSLAND, J. T. (2020). ["Don't Tell Me What to Do": Resistance to Climate Change Messages Suggesting Behavior Changes](#). *Weather, Climate, and Society*, 12(4), 827-835.
- PERKINS, J. H., MIDDLECAMP, C., BLOCKSTEIN, D., COLE, J. R., KNAPP, R. H., SAUL, K. M., & VINCENT, S. (2014). [Energy Education and the Dilemma of Mitigating Climate Change](#). *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 4, 354-359.
- PIPERE, A., GRABOVSKA, R., & JONANE, L. (2010). [Inspiring Teachers for Energy Education: An Illustrative Case Study in the Latvian Context](#). *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 12(1), 37-50.
- POLIKOVSKY, M., SHARON, A., & GOLBERG, A. (2018). [Enhancing Energy Literacy in Children Using Zn/Cu/Potato Batteries](#). *F1000Research*, 7, Artikel 24.
- PRADANA, L. N., KESMAWAN, A. P., & MAHARANI, S. (2019). Energy Literacy-Based Learning Activities on Female Students. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(8), 1711-1715.
- REVÁK, I. M., FEHÉR, V., & MÁTH, J. (2023). [Energy Awareness Education Appearing in Natural Sciences Textbooks from Grade 1 to 12](#). *Journal of Baltic Science Education*, 22(3), 470-492.
- RIECKMANN, M. (2016). Kompetenzentwicklungsprozesse in der Bildung für nachhaltige Entwicklung erfassen: Überblick über ein heterogenes Forschungsfeld. In M. BARTH & M. RIECKMANN (Hg.), [Empirische Forschung zur Bildung für nachhaltige Entwicklung – Themen, Methoden und Trends](#) (S. 89-110). Verlag Barbara Budrich.
- RIECKMANN, M. (2018). Learning to Transform the World: Key Competencies in ESD. In A. LEICHT, J. HEISS, & W. J. BYUN (Hg.), *Issues and Trends in Education for Sustainable Development* (S. 39-59). UNESCO.
- ROTHFUSS, E., & BOAMAH, F. (2021). Praxistheorie in der Energiegeographie: Reflexionen zur solaren Energiewende in Kenia. In S. BECKER, B. KLAGGE, & M. NAUMANN (Hg.), *Energiegeographie: Konzepte und Herausforderungen* (S. 73-82). UTB.

- SANTILLÁN, O. S., & CEDANO, K. G. (2023). [Energy Literacy: A Systematic Review of the Scientific Literature](#). *Energies*, 16(21), Artikel 7235.
- SCHRÜFER, G., & BRENDEL, N. (2018). Globales Lernen im digitalen Zeitalter. In N. BRENDEL, G. SCHRÜFER, & I. SCHWARZ (Hg.), *Globales Lernen im digitalen Zeitalter* (S. 9–34). Waxmann.
- SKOWRONEK, M., GILBERTI, R. M., PETRO, M., SANCOMB, C., MADDERN, S., & JANKOVIC, J. (2022). [Inclusive STEAM Education in Diverse Disciplines of Sustainable Energy and AI](#). *Energy and AI*, 7, Artikel 100124.
- STRÜBING, J. (2021). *Grounded Theory. Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung eines pragmatistischen Forschungsstils*. Springer VS.
- SUN, H., WU, S., & ZHANG, B. (2023). [Energy Literacy of Residents in Rural Communities: Comparison of Tourism and Non-Tourism Villages](#). *Energies*, 16(20), Artikel 7135.
- TAKEMATA, K., NAKAMURA, S., MINAMIDE, A., & KAWATA, Y. (2011). Energy Environmental Education That Supports Sustainable Town Development. *International Journal of Advancements in Computing Technology*, 3(3), 10–14.
- THØGERSEN, J., & SCHRADER, U. (2012). [From Knowledge to Action-New Paths Towards Sustainable Consumption](#). *Journal of Consumer Policy*, 35, 1–5.
- TOLI, G., & KALLERY, M. (2021). [Enhancing Student Interest to Promote Learning in Science: The Case of the Concept of Energy](#). *Education Sciences*, 11(5), Artikel 220.
- TSAPARLIS, G., HARTZAVALOS, S., VLACHA, V., MALAMOU, C., NEILA, I., & PANTOULA, C. (2020). [Affective and Cognitive Outcomes of Project-Based Team Work in a Model Lower Secondary School: The Case of Nuclear Energy](#). *Science Education International*, 31(1), 52–64.
- VAN DER HORST, D., HARRISON, C., STADDON, S., & WOOD, G. (2015). [Improving Energy Literacy Through Student-Led Fieldwork - At Home](#). *Journal of Geography in Higher Education*, 40(1), 67–76.
- VARE, P., & SCOTT, W. (2007). [Learning for a Change: Exploring the Relationship Between Education and Sustainable Development](#). *Journal of Education for Sustainable Development*, 1(2), 191–198.
- WALZ, K., MCMAHAN, A., TEMPLE, G., & ALFANO, K. (2022). [Results of 2021 Energy Education Stakeholder Survey Paper presented at 2022 Annual Conference & Exposition, Minneapolis, MN](#). ASEE.
- WANG, J. C., & WANG, T. H. (2023). [Learning Effectiveness of Energy Education in Junior High Schools: Implementation of Action Research and the Predict-Observe-Explain Model to STEM Course](#). *Heliyon*, 9(3), Artikel e14058.
- WANG, S.-M., KU, C.-K., & CHU, C.-Y. (2012). [Sustainable Campus Project: Potential for Energy Conservation and Carbon Reduction Education in Taiwan](#). *International Journal of Technology and Human Interaction*, 8(3), 19–30.
- WILSON, S. (2022). [Hacking the Techno-Transition: The Possibilities of Deep Energy Literacy](#). *Sociální Studia / Social Studies*, 19(1), 29–53.
- WOJUOLA, R. N., & ALANT, B. P. (2019). [Sustainable Development and Energy Education in Nigeria](#). *Renewable Energy*, 139, 1366–1374.
- YEH, S.-C., HUANG, J.-Y., & YU, H.-C. (2017). [Analysis of Energy Literacy and Misconceptions of Junior High Students in Taiwan](#). *Sustainability*, 9(3), Artikel 423.

## Autorinnen

### ✉ Carla Hermanussen

Technische Universität Dresden  
 Professur für Geographische Bildung  
 Helmholtzstraße 10  
 01069 Dresden  
 carla.hermanussen@tu-dresden.de

### Prof. Dr. Nicole Raschke

Technische Universität Dresden  
 Professur für Geographische Bildung  
 Helmholtzstraße 10  
 01069 Dresden  
 nicole.raschke@tu-dresden.de

### Lisa Wey

Technische Universität Dresden  
 Professur für Geoinformatik  
 Helmholtzstraße 10  
 01069 Dresden  
 lisa.vey@mailbox.tu-dresden.de