

Vorstellungen von Schüler_innen und Wissenschaftler_innen zu erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energien

Die Energiewende als Kontext für den Biologieunterricht

Sybille Hüfner¹, Kai Niebert² & Simone Abels¹

sybille.huefner@leuphana.de – kai.niebert@uzh.ch – simone.abels@leuphana.de

¹Didaktik der Naturwissenschaften, Leuphana Universität Lüneburg
Scharnhorststraße 1, 21335 Lüneburg

–
²Didaktik der Naturwissenschaften und der Nachhaltigkeit, Universität Zürich
Kantonsschulstraße 3, 8001 Zürich

Zusammenfassung

Die Energiewende ist eine zentrale Strategie zur Eindämmung der von den Menschen verursachten Klimakrise. In unserem Projekt werden entlang des Modells der didaktischen Rekonstruktion Vorstellungen zur Energiewende erhoben und Lernhindernisse und Lernchancen identifiziert. In dieser Teilstudie stellen wir die Ergebnisse der Analyse und Gegenüberstellung von Vorstellungen von Achtklässler_innen und Wissenschaftler_innen zur Umstellung auf erneuerbare Energien vor. Hierzu wurden 27 Schüler_innen in leitfadengestützten, problemzentrierten Interviews befragt und zur Analyse der Vorstellungen der Wissenschaftler_innen Ausschnitte aus zwei wissenschaftlichen Gutachten ausgewertet. Unsere Ergebnisse zeigen, dass sich die Vorstellungen der Schüler_innen bezüglich erneuerbarer und nicht-erneuerbarer Energien in fünf Kategorien bewegen. Diese Kategorien lassen sich teilweise auch in den wissenschaftlichen Texten in unterschiedlichen Ausprägungen finden. Durch die Kontrastierung ergeben sich Ansatzpunkte, die sich für einen Biologieunterricht nutzen lassen, der zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung im Sinne einer aktiven Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung führen soll.

Abstract

The energy transition is a core strategy to contain the human-induced climate crisis. Using the model of educational reconstruction we gather conceptions of energy transition and identify chances and obstacles for learning. In this part of the study we present results

of the analysis and comparison of 8th-grade-students' and scientists' conceptions concerning the transition to renewable energies. For this we conducted guideline-based, problem-focused interviews with 27 students and analysed sections of two scientific reports to collect the scientists' conceptions. First results show, that the students' conceptions are organized in five categories. These categories can partially also be found in the scientists' conceptions. Contrasting the categories leads to possible approaches for biology lessons to foster scientific literacy in terms of an active participation in societal communication and opinion making.

1 Einleitung

Biologieunterricht hat die Aufgabe im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung die Schüler_innen zur aktiven Teilhabe an der Gesellschaft zu befähigen (KMK 2004). Eine der großen gesellschaftlichen Herausforderungen und Debatten unserer Zeit ist der Umgang mit der von den Menschen verursachten Klimakrise. Dies zeigen unter anderem die internationalen Verpflichtungen, die Deutschland beim Klimavertrag in Paris (VEREINTE NATIONEN 2015) oder den globalen Nachhaltigkeitszielen in New York eingegangen ist. Um an dieser Debatte teilhaben zu können und Maßnahmen zum Umgang mit den Folgen und zur Eindämmung der Klimaerwärmung verstehen, diskutieren und bewerten zu können, ist auch ein Verstehen der zugrundeliegenden naturwissenschaftlichen Aspekte notwendig. Auch wenn Wissen nicht automatisch zu Handlungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung führt, ist die kognitive Komponente hierbei sehr wichtig, da ein mangelndes Verständnis auch zu fachlich unangemessenen Handlungsentscheidungen führen kann (COTTON, MILLER, WINTER, BAILEY & STERLING, 2015).

Im Zentrum der Debatte um die Eindämmung der Klimakrise stehen dabei Maßnahmen zur Reduzierung der Kohlenstoffdioxidemissionen. Diese sind untrennbar mit einer Transformation des Energiesektors verbunden, da der größte Teil des Kohlenstoffdioxidausstoßes durch die Nutzung fossiler Brennstoffe verursacht wird (WBGU, 2003, 2011). Die Transformation des Energiesektors beinhaltet in Deutschland eine Umstellung von fossilen und nuklearen Energieträgern auf erneuerbare Energieträger.

Dem Unterrichtsfach Biologie kommt im Kontext der Energiewende eine wichtige Bedeutung in Bezug auf das globale Systemverständnis von Stoffkreisläufen und Energieflüssen zu. Das Verständnis des biologischen Basiskonzeptes „System“ (vgl. KMK, 2004) ist zentral, um die Wechselwirkungen zwischen fossilen Brennstoffen und Kohlenstoffdioxidemissionen zu verstehen.

Langfristiges Ziel unserer Studie ist es, Lernhindernisse und Lernchancen in Bezug auf die Umstellung des Energiesektors auf erneuerbare Energieträger zu

identifizieren, um Empfehlungen für die erfolgreiche Einbindung des Themas in den Biologieunterricht ableiten zu können. Entlang der didaktischen Rekonstruktion sollen vorab Vorstellungen von Schüler_innen und Wissenschaftler_innen zur Charakterisierung von erneuerbaren bzw. nicht-erneuerbaren Energieträgern ermittelt und verglichen werden.

2 Theorie

Bei unserer Studie beziehen wir uns auf ein gemäßigt konstruktivistisches Lehr-Lernverständnis, auf dem auch der theoretische Rahmen der didaktischen Rekonstruktion basiert (RIEMEIER, 2007). Nach Auffassung des moderaten Konstruktivismus findet Lernen in einem aktiven Konstruktionsprozess durch die Lernenden statt. Dabei werden neue gedankliche Konstrukte (Vorstellungen) in bereits bestehende Denkstrukturen integriert und bauen somit auf bereits vorhandenen Vorstellungen auf. Dieser Prozess ist situationsabhängig, individuell unterschiedlich, sozial beeinflusst und wird von der jeweiligen Person selbst gesteuert (RIEMEIER, 2007). Vorstellungen über bestimmte Phänomene oder Dinge sind gedanklich konstruiert und Dritten gegenüber nur indirekt, beispielsweise über die Interpretation sprachlicher Äußerungen, zugänglich (GROPENGIEßER, 2003).

Vorstellungen von Schüler_innen werden als wichtige Lernvoraussetzungen gesehen. Diese werden in ihrem Wert für die Lernenden anerkannt, da sie aufgrund eigener Erfahrungen konstruiert wurden und sich in bestimmten Kontexten bislang als nützlich erwiesen haben. Deshalb unterbleibt im Modell der didaktischen Rekonstruktion eine Wertung der jeweiligen Vorstellungen. Die Vorstellungen der Wissenschaftler_innen sind über die Analyse von Fachtexten zugänglich, da davon ausgegangen wird, dass diese die gedanklichen Konstrukte (Vorstellungen) der entsprechenden Epistemic Community beinhalten (KATTMANN, 2007). Die Vorstellungen der Lernenden und der Wissenschaftler_innen werden einander vergleichend gegenübergestellt. Aus dem Vergleich lassen sich Lernhindernisse und Lernchancen für die didaktische Strukturierung ableiten. Es ergibt sich ein rekursiver Prozess zwischen Lernvoraussetzungen, fachlicher Klärung und der didaktischen Strukturierung (KATTMANN, 2007).

2.1 Stand der Forschung

In Bezug auf das Thema Energiewende stellen die Komplexität und die Interdependenzen mit verschiedenen Disziplinen besondere Herausforderungen an die Arbeit mit dem Modell der didaktischen Rekonstruktion. NIEBERT (2010)

zeigte mit der Anwendung des Modells in Bezug auf den Klimawandel bereits die Eignung für komplexe Themen nachhaltiger Entwicklung.

Die Energiewende beinhaltet in Deutschland eine Umstellung des Energiesektors von fossilen und nuklearen Energieträgern¹ auf erneuerbare Energieträger. Bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern wird Kohlenstoffdioxid freigesetzt und bei der Nutzung nuklearer Energieträger fallen radioaktive Abfälle an. Somit sind die Hauptgründe für die Energiewende in Deutschland aus wissenschaftlicher Sicht der Klimaschutz durch die Reduktion von Kohlenstoffdioxidemissionen und die Vermeidung von Atommüll (WBGU, 2003, 2011).

Es gibt zahlreiche naturwissenschaftliche Publikationen zur Energiewende, die den Ausdruck „erneuerbare Energie“ verwenden. Laut WATTER (2015) existiert für diese Bezeichnung keine fachlich begründete Begriffsdefinition. Einigkeit existiert lediglich in Bezug auf die Zuordnung der einzelnen Energieträger, wobei die drei Primärenergiearten Solarstrahlung², geothermische Energie und Gezeitenenergie unterschieden werden (z.B. REICH & REPPICH, 2013; WESSELAK, SCHABBACH, LINK & FISCHER, 2013). Problematisch an der Unterscheidung ist, dass auch fossile Brennstoffe, die nicht den erneuerbaren Energieträgern zugeordnet werden, auf dem Primärenergieträger Solarstrahlung beruhen, weil Erdöl, Erdgas und Kohle ursprünglich auf Biomasse zurückzuführen sind. WESSELAK et al. (2013) versuchen dies zu lösen, indem sie definieren, dass sich regenerative Energieträger „*von selbst und innerhalb menschlicher Zeitmaßstäbe erneuern*“ (WESSELAK et al., 2013: 109). Fossile Brennstoffe würden demnach nicht unter diese Definition fallen, da ihre Entstehung einem Millionen von Jahren andauernden Prozess unterliegt, wobei „menschliche Zeitmaßstäbe“ durchaus noch konkreter definiert werden müsste. Unklar bleibt auch, was der Begriff „erneuern“ z.B. in Bezug auf die Solarstrahlung oder die geothermische Energie bedeuten soll, da die Primärenergieträger in menschlichen Zeitmaßstäben zwar zur Verfügung stehen, die Energiequellen sich aber nicht „von selbst“ erneuern. Außerdem lässt sich fragen, ob

¹ Energieträger meint im Folgenden ein Stoff oder System, in dem zum Bezugszeitpunkt Energie gespeichert ist. Die Chancen und Risiken der Verwendung dieses Begriffes und der oftmals synonym benutzten Begriffe Energien oder Energiequellen werden in einer nachfolgenden Studie mit Hilfe der Metaphernanalyse (SCHMITT, 2010) ausgewertet (s. Ausblick).

² Indirekt gehören hierzu der durch die Solarstrahlung erzeugte Wind bzw. angetriebene Wasserkreislauf und über Photosynthese in Biomasse gespeicherte chemische Energie.

der gezielte Anbau von Energiepflanzen als „von selbst“ erneuernd verstanden werden kann. Andere Texte umgehen die Schwierigkeiten einer Definition, indem sie ein gemeinsames Begriffsverständnis implizit voraussetzen (z.B. WBGU, 2003, 2011). Aufgrund der offensichtlichen Schwierigkeit einer fachlich angemessenen Begriffsdefinition stellt sich die Frage, welche Vorstellungen zu erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieträgern wissenschaftlichen Texten zu Grunde liegen und wie erneuerbare bzw. nicht-erneuerbare Energieträger indirekt charakterisiert werden.

Aufgrund der fachlichen Unklarheiten ist es wenig verwunderlich, dass Studien Schwierigkeiten der Schüler_innen belegen, verschiedene Energieträger, wie z.B. Erdgas oder Geothermie, den Kategorien erneuerbar und nicht-erneuerbar korrekt zuzuordnen und erneuerbare Energieträger fachlich angemessen zu definieren (BODZIN, 2012; CHEN, CHOU, YEN & CHAO, 2015; DEWATERS & POWERS, 2011; LAY, KHOO, TREAGUST & CHANDRASEGARAN, 2013). MENTHE (2006) erhebt in seiner Dissertation u.a. Vorstellungen von Schüler_innen zu erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energien, wobei in seiner Fragestellung die fachlich korrekte Zuordnung bereits integriert ist und lediglich von den Schüler_innen erklärt und begründet werden soll. Er unterteilt die Vorstellungen in drei Kategorien zu fossilen Brennstoffen (verursachen Umweltverschmutzung; sind endlich; sind nach der Verwendung weg) und zwei Kategorien zu erneuerbaren Energien (mehrfach nutzbar; natürlich).

Offen bleibt die Frage, welche Vorstellungen der Schüler_innen hinter den Zuordnungen der Energieträger zu den Kategorien erneuerbar und nicht-erneuerbar stehen und wie sich diese im Vergleich zu Vorstellungen von Wissenschaftler_innen verhalten.

3 Fragestellungen

Aus dem oben dargestellten theoretischem Hintergrund und dem aktuellen Stand der Forschung ergeben sich für diese explorative Teilstudie im Kontext der Energiewende folgende Forschungsfragen:

- Wie charakterisieren Schüler_innen der 8. Klasse erneuerbare und nicht-erneuerbare Energien?
- Wie charakterisieren Wissenschaftler_innen erneuerbare und nicht-erneuerbare Energien?

- Welche Unterschiede und Gemeinsamkeiten ergeben sich im Vergleich der Vorstellungen der Schüler_innen und Wissenschaftler_innen zu erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energien?

Die Kontrastierung der gedanklichen Konstrukte aus der Perspektive der Lernenden und der Wissenschaftler_innen lässt uns mögliche Lernhindernisse und Lernchancen identifizieren und Empfehlungen für den Biologieunterricht ableiten. In einer nachfolgenden Studie sollen daraus Interventionen entwickelt und empirisch überprüft werden.

4 Methodik

Aufgrund des explorativen Charakters der Studie bieten sich qualitative Methoden an, um die Vorstellungen zu erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energien in ihrer Vielfalt und Bandbreite zu erfassen. Beim Forschungsdesign rekurrieren wir auf das oben beschriebene Modell der didaktischen Rekonstruktion.

4.1 Erhebung und Analyse der Vorstellungen

Zur Erhebung der Vorstellungen der Lerner_innen führte die Erstautorin eine Interviewstudie durch. Dies ermöglichte durch Nachfragen die Vorstellungen stärker zu präzisieren und zu klären, als dies bei einer Fragebogenstudie der Fall gewesen wäre. Zur Erhöhung der intersubjektiven Nachvollziehbarkeit entwickelten wir einen Interviewleitfaden für die Befragungen (HELFFERICH, 2009). Dabei folgten wir dem Typus des problemzentrierten Interviews (NIEBERT & GROPEGIEßER, 2014). Nach einem Probeinterview erweiterten wir den Leitfaden um einen narrativen Impuls mit bebilderten Karten zu neun verschiedenen Energieträgern (Kohle, Öl, Erdgas, Biomasse, Uran, Wind, Sonne, Wasser, Erdwärme), um den Redefluss der Schüler_innen zu erhöhen. Diese sollten zunächst die Karten kommentieren. In einem zweiten Schritt sollte nach eigenen Kriterien verglichen und geordnet werden. Falls noch nicht von den Schüler_innen genannt, erfolgte zuletzt die Aufforderung die Karten den Kategorien erneuerbar und nicht-erneuerbar zuzuordnen und die Zuordnung zu begründen.

Um vorunterrichtliche Vorstellungen zu erfassen, wurde die Interviewstudie mit Achtklässler_innen durchgeführt, die das Thema Energiewende und Alternativen der Energieversorgung noch nicht im naturwissenschaftlichen Unterricht behandelt hatten. Es wurden insgesamt 27 Achtklässler_innen verschiedener Schulformen in Niedersachsen interviewt. Nachdem wir zunächst sieben

Einzelinterviews geführt hatten, bei denen der Redefluss der Schüler_innen durch die ungewohnte Situation teilweise deutlich gehemmt war, interviewten wir 20 weitere Schüler_innen paarweise. Dies führte zu deutlich mehr auswertbaren Sprechanteilen bei den Interviewten. Die Interviews wurden audiographiert, transkribiert und dabei anonymisiert.

Für die Analyse der Vorstellungen von Wissenschaftler_innen wählten wir als zentrale Beiträge die Gutachten des Wissenschaftlichen Beirates der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) zur Energiewende (2003: 47-102) und zur großen gesellschaftlichen Transformation (2011: 118-128) aus, die eine umfassende und umfangreiche Sammlung und Bewertung der für die Energiewende bedeutsamen Aspekte beinhalten.

Sowohl die Transkripte der Interviews als auch die Abschnitte der Gutachten des WBGU wurden einer zusammenfassenden qualitativen Inhaltsanalyse (MAYRING, 2010) unterzogen. Hierbei leiteten wir zunächst aus den redigierten Interviewdaten induktiv Kategorien ab, die die Schüler_innen zur Charakterisierung von erneuerbaren bzw. nicht-erneuerbaren Energieträgern bzw. -quellen nutzen. Die Auswertung der Interviews erfolgte bis zum Erreichen einer theoretischen Sättigung (GLASER & STRAUSS, 2010). In einem nächsten deduktiven Schritt wurden diese Kategorien auf die wissenschaftlichen Literaturquellen (WBGU, 2011, 2003) angewendet und den Vorstellungen der Schüler_innen gegenübergestellt. Teilweise musste hier in einem weiteren Schritt noch induktiv ergänzt werden (Abbildung 1).

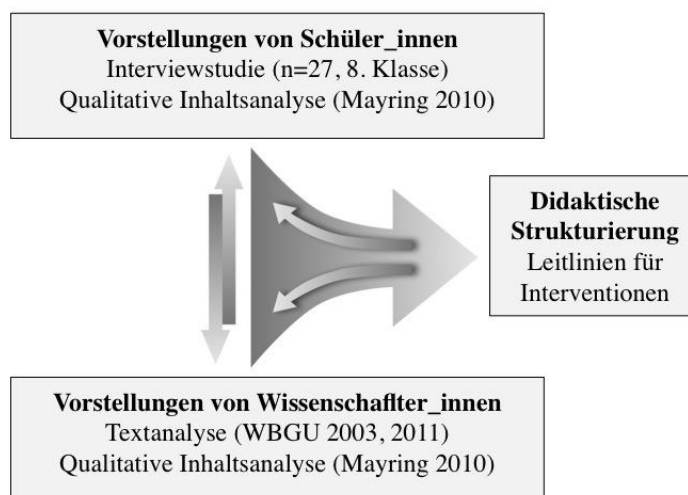


Abbildung 1: Untersuchungsdesign im Rahmen des Modells der didaktischen Rekonstruktion (modifiziert nach KATTMANN, 2007)

5 Ergebnisse

Bei der Analyse der Interviews mit den Schüler_innen fanden wir in Bezug auf erneuerbare und nicht-erneuerbare Energieträger Vorstellungen zu fünf Kategorien. So wurden von den Schüler_innen Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit (5.1), die Erhaltung bei der Nutzung (5.2), die Erzeugbarkeit (5.3), die generelle Verfügbarkeit (5.4) und die Natürlichkeit der Energie(-träger) (5.5) beschrieben. Diese Kategorien ließen sich teilweise auch in den ausgewerteten Gutachtenabschnitten finden. Darüber hinaus mussten wir bei den Wissenschaftler_innen eine weitere Kategorie über die monetären Kosten³ der Energieträger ergänzen.

5.1 Vorstellungen zu Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt

In der Tabelle (Tabelle 1) werden die Vorstellungen zu den Auswirkungen der erneuerbaren bzw. nicht-erneuerbaren Energieträger auf Umwelt und Gesundheit vorgestellt und anhand von Ankerbeispielen aus den Interviews illustriert. Die detaillierten und umfangreichen Ergebnisse aus der Analyse der wissenschaftlichen Texte stellen wir dem zusammengefasst gegenüber.

Tabelle 1: Vorstellungen zu Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt

Schüler_innen	Wissenschaftler_innen
„Die {erneuerbaren Energien} machen gar keine giftigen Abgase oder verschmutzen das Wasser.“ Anton ⁴	Die Nutzung erneuerbarer Energien ist über den gesamten Lebenszyklus fast immer mit erheblich geringeren Treibhausgasemissionen verbunden, als die Nutzung fossiler Brennstoffe.
„Wasser ist eine erneuerbare Energie, weil man es filtern kann, wenn es dreckig ist. [...] Wenn Uran im Atomkraftwerk verwendet wird, fängt es Strahlen auf und muss dann entsorgt werden, weil es voller Strahlen ist.“ Frieda	Auch erneuerbare Energiequellen können negative Auswirkungen auf Umwelt und menschliche Gesundheit z.B. durch Verluste von Ökosystemen oder Luftverschmutzung haben.
„Die {nicht-erneuerbaren Energien} sind schädlicher für die Umwelt. Zum Beispiel Uran wird in Atomkraftwerken benutzt und wenn etwas passiert, muss das ganze Land darum herum evakuiert werden und wenn eine Windmühle umkippt, passiert gar nichts. Deswegen ist das viel besser. Und das Erdöl [...] verschmutzt die Luft.“ Hugo	Die Nutzung von Kernenergie verursacht sehr geringe Treibhausgasemissionen. Der dabei anfallende nukleare Abfall müsste ca. 1 Mio. Jahre sicher gelagert werden. Ein Endlager, das den Müll über diesen Zeitraum sicher von der Biosphäre abschließt, gibt es noch nicht. (WBGU 2003, 2011)

³ Da wir uns in dieser Studie auf die naturwissenschaftlichen Hintergründe und den Nutzen für den Biologieunterricht beziehen, wird diese Kategorie hier nicht weiter ausgeführt.

⁴ Namen geändert

Bei einigen Schüler_innen findet sich die Vorstellung, dass erneuerbare Energien keinerlei negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt haben. Der WBGU (2003, 2011) geht davon aus, dass jegliche Form der Energienutzung mit Treibhausgasemissionen und bestimmten Risiken für Umwelt und Gesundheit verbunden ist. Die Wissenschaftler_innen beziehen dabei den gesamten Lebenszyklus mit Faktoren wie Transportwegen, Anlagenproduktion und -aufbau ebenso mit ein wie z.B. den Verlust von Ökosystemen, beispielsweise Wäldern, die langfristige Kohlenstoffdioxidsenken darstellen. Die Höhe der Emissionen ist im Einzelfall zu bewerten und ist von vielen verschiedenen Faktoren wie Standort und Energiequelle abhängig. Insbesondere bei der Nutzung von Biomasse kann es Fälle geben, in denen das Ausmaß der Emissionen das eines mit fossilen Brennstoffen betriebenen Kraftwerkes übersteigt. In der Regel ist die Nutzung erneuerbarer Energieträger laut WBGU (2003, 2011) jedoch mit wesentlich geringeren Treibhausgasemissionen gegenüber der Nutzung fossiler Brennstoffe verbunden.

Die Wissenschaftler_innen differenzieren bei den nicht-erneuerbaren Energieträgern zwischen fossilen Brennstoffen und der Kernkraft. Letztere verursacht laut des WBGU geringe Treibhausgasemissionen, wird aber aufgrund des nuklearen Abfalls und der ungelösten Lager- und Sicherheitsproblematik kritisch gesehen. Wie die Ankerbeispiele zeigen (Tabelle 1) fanden wir auch bei den Schüler_innen Vorstellungen zu möglichen negativen Auswirkungen der Kernenergie, in Bezug auf den Atommüll und die Risiken von Unfällen. Ob diese explizit zwischen den unterschiedlich hohen Treibhausgasemissionen von Kernkraft gegenüber fossilen Brennstoffen unterscheiden, konnten wir aus den Interviewdaten nicht ableiten.

Bei den Schüler_innen lässt sich außerdem die Vorstellung finden, dass bei den erneuerbaren Energien im Gegensatz zu den nicht-erneuerbaren die Umweltkompartimente wieder gereinigt werden können. Hierzu findet sich in den Gutachten des WBGU (2003, 2011) keine Entsprechung.

Sowohl die Wissenschaftler_innen als auch die Schüler_innen kommen insgesamt zur Bewertung, dass erneuerbare Energieträger deutlich weniger Risiken für Gesundheit und Umwelt beinhalten, also „sauber“ sind als nicht-erneuerbare Energieträger. Ausgeblendet wird von den Schüler_innen, dass auch erneuerbare Energieträger von der Errichtung eines Kraftwerkes über den Betrieb bis hin zur Entsorgung negative Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit haben, die in der Regel jedoch deutlich unter den Auswirkungen fossiler Brennstoffe liegen.

5.2 Vorstellungen zur Erhaltung der Energieträger nach der Nutzung

Eine weitere Kategorie enthält Vorstellungen, die sich darauf beziehen, ob die Energieträger nach ihrer Nutzung erhalten bleiben (Tabelle 2).

Tabelle 2: Vorstellungen zur Erhaltung der Energieträger nach der Nutzung

Schüler_innen	Wissenschaftler_innen
„Erneuerbar ist, wenn das Wasser Energie abgibt und man immer wieder aus dem Wasser nochmal Energie rausholen kann solange Wasser vorhanden ist. Wenn man Kohle verbrennt und dann Energie hat, kann man die Kohle nicht nochmal verbrennen, weil sie dann weg ist. Das ist dann nicht erneuerbar.“ Karl „Bei nicht-erneuerbar werden die Materialien verbraucht, bei erneuerbar nicht.“ Martin	„Auch erneuerbare Quellen können übernutzt werden [...] Bei Wind- oder Solarenergie sind diese Risiken deutlich geringer [...]“ (WBGU 2011: 128) „[...] des globalen Verbrauchs fossiler Energieträger [...]“ (WBGU 2011: 120) „Derzeit wird [...] deutlich mehr Uran in Kraftwerken verbraucht als neu gefördert.“ (WBGU 2011: 125)

Bei den Lernenden lassen sich Vorstellungen finden, dass erneuerbare Energieträger nach ihrer Nutzung erhalten bleiben und nicht-erneuerbare Energieträger bei ihrer Nutzung vernichtet werden.

Ebenso wie die Lernenden sprechen die Wissenschaftler_innen vom Verbrauch nicht-erneuerbarer Energieträger. Genau wie bei den Schüler_innen wird dieser Begriff nicht für die Nutzung erneuerbarer Energieträger verwendet. Allerdings wird hier explizit auch die Möglichkeit der Übernutzung der erneuerbaren Energiequellen erwähnt. Diese Eigenschaften werden vom WBGU zwar jeweils genannt, aber nicht zur Unterscheidung und Charakterisierung von erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieträgern herangezogen.

5.3 Vorstellungen zur Erzeugbarkeit der Energieträger

Allein bei den Schüler_innen finden sich Vorstellungen von der Erzeugbarkeit der Energieträger. In diese Kategorie werden Vorstellungen eingeordnet, wenn erneuerbaren Energieträgern die Eigenschaften zugeschrieben werden herstellbar oder ersetzbar zu sein, während es nicht-erneuerbare Energieträger nur einmal gibt bzw. diese durch Mensch oder Natur nicht (nach-)produziert werden können (Tabelle 3).

Tabelle 3: Vorstellungen der Schüler_innen zur Erzeugbarkeit der Energieträger

„Nicht-erneuerbare Energie ist etwas, das man nicht nochmal erschaffen kann.“ Marta

„Es gibt noch keine Methode {nicht-erneuerbare Energieträger} zu produzieren, im Gegensatz zur Biomasse. Da steckt man den Samen in den Boden, gießt und wartet und dann wächst da etwas. Aber wenn man einen Tropfen Erdöl in den Boden tut und den gießt wird daraus nichts, der wird ja nicht mehr. Da gibt nur die {nicht-erneuerbaren Energieträger}, die vorhanden ist und es gibt nichts womit man das erneuern kann.“ Marta

5.4 Vorstellungen zur vorhandenen Verfügbarkeit der Energieträger

Von der Kategorie der Erhaltung der Energieträger abzugrenzen ist die in den Vorstellungen gefundene Kategorie zur generellen Verfügbarkeit der Energieträger.

Tabelle 4: Vorstellungen zur vorhandenen Menge bzw. Verfügbarkeit der Energieträger

Schüler_innen	Wissenschaftler_innen
„Rohstoffe, die erschöpfbar sind, sind nicht erneuerbar. [...] {Erneuerbare Energie} ist das, was man immer zur Verfügung hat.“ Ingo	„Bei erneuerbaren Energien ist nicht ihre Gesamtmenge, dafür aber die potenzielle Verfügbarkeit in einem bestimmten Zeitintervall, ihr Potenzial, begrenzt.“ (WBGU 2011: 118)
„Erneuerbare Energien gehen nicht leer.“ Hugo	„Reserven, Ressourcen und andere geschätzte oder vermutete Vorkommen beschreiben jeweils eine begrenzte Gesamtmenge an gespeicherter Energie, sind also nur für nicht erneuerbare Energieträger sinnvoll definierbar.“ (WBGU 2011: 118)
„Erneuerbare Energien sind Stoffe, die es viel häufiger auf dieser Welt gibt, dass andere Mangelstoffe nicht knapp werden.“ Karin	

Sowohl bei den Schüler_innen als auch bei den Wissenschaftler_innen des WBGU findet sich die Vorstellung, dass nicht-erneuerbare Energien nur in einem begrenzten Umfang vorhanden sind.

Bei den Schüler_innen ergibt sich in Bezug auf die Verfügbarkeit das Merkmal, dass erneuerbare Energieträger unbegrenzt vorhanden sind. Laut des WBGUs (2003, 2011) ist die Verfügbarkeit der erneuerbaren Energien zwar nicht durch die Gesamtmenge, aber durch die zeitliche Verfügbarkeit begrenzt, da insbesondere Wind- und Solarenergie einer Fluktuation unterworfen sind.

5.5 Vorstellungen zur „Natürlichkeit“ der Energieträger

Eine weitere Kategorie, die sich nur für die Vorstellungen der Schüler_innen bilden lässt, ist die Energieträger entsprechend ihrer Eigenschaft natürlich oder

künstlich den erneuerbaren bzw. nicht-erneuerbaren Energieträgern zuzuordnen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Vorstellungen der Schüler_innen zur Natürlichkeit der Energieträger

„{Diese Energieträger sind erneuerbar,} weil es natürliche Sachen sind, die man auf der Erde hat. Wasser, Wind, Sonne. Ist alles Bio und ökologisch.“ Anton

„Alles Natürliche ist erneuerbar und alles, [...] was die Menschen gemacht haben, [...] ist nicht erneuerbar.“ Frieda

5.6 Diskussion und Ausblick

Angesichts der Schwierigkeit einer fachlich angemessenen Definition für erneuerbare Energien (WATTER, 2015) stellt sich die Frage, welche der identifizierten Kategorien im Unterricht sinnvoll genutzt werden können, um erneuerbare Energieträger fachlich angemessen zu charakterisieren.

Besonders bedeutsam ist die Kategorie der Auswirkung der Nutzung der Energieträger, da sie zentral für das Verständnis der Relevanz der Energiewende ist. So sind der Klimaschutz durch die Reduktion der Kohlenstoffdioxidemissionen und die Vermeidung von Gefährdungen durch die Nutzung von Kernenergie inklusive des dabei anfallenden radioaktiven Mülls der Motor für die Transformation des Energiesektors. In Bezug auf diese Kategorie kann bei den Lernenden auf die grundlegende Einschätzung aufgebaut werden, dass erneuerbare Energieträger wesentlich „sauberer“ sind. Hier liegt die Herausforderung für den Unterricht darin, die Schüler_innen zu einem differenzierteren Verständnis anzuregen, um auch komplexe Entscheidungsdilemmata zu verstehen. Dem Biologieunterricht kommt hinsichtlich der globalen Kohlenstoffkreisläufe und deren Kopplung an Energieflüsse eine besondere Bedeutung zu. Dieses Wissen wird z.B. benötigt, um den Verlust eines als Kohlenstoffspeicher dienenden Ökosystems für den Bau eines Kraftwerkes bewerten zu können.

Als zweite Kategorie die zur Förderung eines angemessenen naturwissenschaftlichen Verständnisses gewinnbringend im Unterricht genutzt werden kann, ist die Verfügbarkeit der Energieträger zu nennen. Sowohl in den Vorstellungen der Schüler_innen als auch in den Vorstellungen der Wissenschaftler_innen sind die Mengen nicht-erneuerbarer Energieträger begrenzt. Die Wissenschaftler_innen gehen allerdings auch darauf ein, dass „[d]ie noch immer in großen Mengen vorhandenen fossilen Energieträger [...] [sich] im Gegenteil als Hemmnis der Transformation erweisen“ können (WBGU 2011:118). Die Begrenzung der Ressourcen nicht-erneuerbarer Energieträger ist somit nicht

der Hauptgrund für die Energiewende. In Bezug auf die Verfügbarkeit ist es außerdem wichtig, die Schüler_innen zu einer Reflexion über die fluktuierende Verfügbarkeit erneuerbarer Energieträger anzuregen. Nur in diesem Zusammenhang können sie Probleme z.B. in Bezug auf Speicherung und Transport von elektrischer Energie verstehen und aktiv an Diskussionen dazu teilhaben. Anknüpfen lässt sich hier im Biologieunterricht an ein Verständnis der Fluktuation abiotischer Faktoren, das die Schüler_innen möglicherweise bereits von Ökosystemen kennen.

Die Kategorien zu Erhaltung der Energieträger nach der Nutzung, zur Erzeugbarkeit und zur Natürlichkeit lassen sich zur Charakterisierung der Energieträger nur in den Vorstellungen der Schüler_innen finden. Hier liegen u.U. mögliche Lernhindernisse im Bezug auf ein angemessenes fachliches Verständnis. Vorstellungen zur Erhaltung der Energieträger wurden bereits bei MENTHE (2006) gefunden, der sie darauf zurückführt, dass die Schüler_innen Energie als stofflich betrachten und dabei nicht zwischen Energie und Energieträger differenzieren. Bei diesen Vorstellungen wird deutlich, dass für den Vergleich erneuerbarer und nicht-erneuerbarer Energieträger wie z.B. Biomasse, Wasser und fossilen Brennstoffen ein fachübergreifender Unterricht nötig ist, da hier das Energiekonzept in biologischen, physikalischen und chemischen Zusammenhängen verstanden und angewendet werden muss.

Den Schüler_innenvorstellungen in der Kategorie der Erzeugbarkeit der Energieträger könnte möglicherweise ein wortwörtliches Verständnis der Begriffe ‚erneuerbar‘ und ‚nicht-erneuerbar‘ zu Grunde liegen, wonach die Energieträger dementsprechend entweder durch Mensch oder Natur wieder herstellbar oder im Sinne einer Erneuerung ersetzbar sein müssen, um entsprechend zugeordnet zu werden (s. auch Diskussion der Definition von WESSELAK et al. (2013) im Theorieteil). Diese Vorstellung zieht, systematisch auf die Energieträger angewendet, etliche fachlich unangemessene Zuordnungen nach sich. So sagt z.B. Jana: *„Die Sonne ist auf keinen Fall erneuerbar. Wie will man die Sonne erneuern? Zum Beispiel Wärmelampen würden gehen. Aber so viele Wärmelampen wie groß die Sonne ist?“*. Auffällig ist, dass in den für die fachwissenschaftliche Klärung herangezogenen Gutachten (WBGU, 2003; 2011) zwar durchgehend von erneuerbaren aber nicht konsequent von nicht-erneuerbaren Energieträgern gesprochen wird. In Bezug auf nicht-erneuerbare Energieträger wird von ‚fossilen Brennstoffen‘ und ‚Kernkraft‘ gesprochen. Im Unterricht ist es somit einerseits nötig den Begriff „erneuerbar“ kritisch zu reflektieren, andererseits könnte es hilfreich sein, den Begriff für die nicht-erneuerbaren Energieträger durch fossile Brennstoffe und Kernkraft zu ersetzen

und erneuerbare Energieträger so oft wie möglich konkret als Solarstrahlung, Wind- und Wasserkraft und Erdwärme zu bezeichnen.

Die Kategorie der Natürlichkeit wird gestützt durch die Ergebnisse von MENTHE (2006), der im Rahmen seiner Studie auch die Vorstellung fand, dass erneuerbare Energieträger natürlich sind. Die Tendenz verschiedene Stoffe oder Systeme als natürlich oder unnatürlich zu klassifizieren ist auch aus anderen Studien bekannt (z.B. NIEBERT, 2010) und bietet viele Ansatzpunkte für den Biologieunterricht über ein angemessenes Naturverständnis zu diskutieren. Im Bezug auf die Energieträger sollte hier die natürliche Entstehung und Basis der fossilen Brennstoffe sowie von Uran thematisiert werden.

Auch ihre Vorstellungen zur Natürlichkeit der Energieträger wenden einige Schüler_innen im Verlauf des Interviews an, um weitere Energieträger den Kategorien erneuerbar und nicht-erneuerbar zuzuordnen. So sagt Jana „{Wind ist nicht erneuerbar, weil} es ihn auch auf unnatürlicher Basis {gibt}, zum Beispiel mit Klimaanlage oder Ventilator. Ist zwar Wind, aber kein Naturwind.“ Wie bei dem oben gezeigten Beispiel zu den Vorstellungen zur Erzeugbarkeit konstruieren die Lernenden auf diese Weise fachlich unangemessene Zuordnungen. Dies könnte eine potentielle Erklärung für die bereits in anderen Studien entdeckten Probleme bei der Zuordnung der Energieträger zu den Kategorien erneuerbar bzw. nicht-erneuerbar sein (BODZIN, 2012; CHEN et al., 2015; DEWATERS et al., 2011; LAY et al., 2013).

Sowohl die Schüler_innen als auch die Wissenschaftler_innen des WBGU kommen insgesamt zu einer positiveren Bewertung der erneuerbaren Energieträger im Vergleich zu den nicht-erneuerbaren. Diese Bewertung liegt der gesamten Diskussion um die Energiewende zu Grunde, da im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung entsprechend der Konsistenzstrategie bei der Transformation des Energiesektors umweltschädlichere Energieträger durch umweltfreundlichere, die erneuerbaren Energieträger, ersetzt werden sollen. Das Thema der Energiewende eignet sich also insbesondere für die Förderung von Bewertungskompetenz im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, die durch den Biologieunterricht erreicht werden soll (KMK, 2004). Zur Abwägung verschiedener Argumente ist eine differenzierte Sichtweise auf die verschiedenen Energieträger nötig. Die in unserer Studie identifizierten Kategorien in den Vorstellungen der Schüler_innen zu erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Energieträgern können hierbei ein wertvoller Ansatzpunkt für entsprechende Interventionen sein. Um konkretere Empfehlungen für die Umsetzung im Unterricht geben zu können, werden wir in einem nächsten Schritt

die Vorstellungen im Hinblick auf konzeptuelle Metaphern (SCHMITT, 2010) analysieren, darauf aufbauend Interventionen entwickeln und diese evaluieren.

Zitierte Literatur

- BODZIN, A. (2012): Investigating Urban Eighth-Grade Students' Knowledge of Energy Resources. In: *International Journal of Science Education* **34** (February): 1255–1275.
- CHEN, S.-J., Y.-C. CHOU, H.-Y. YEN & Y.-L. CHAO (2015): Investigating and structural modeling energy literacy of high school students in Taiwan. In: *Energy Efficiency* **8** (4): 791–808.
- COTTON, D., W. MILLER, J. WINTER, I. BAILEY & S. STERLING (2015): Knowledge, agency and collective action as barriers to energy-saving behaviour. In: *Local Environment* **20** (December): 1–15.
- DEWATERS, J. E. & S. E. POWERS (2011): Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. In: *Energy Policy* **39** (3): 1699–1710.
- GLASER, B. G. & A. L. STRAUSS (³2010): *Grounded Theory: Strategien qualitativer Forschung*. Huber, Bern.
- GROPENGIEßER, H. (2003): *Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten. Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann*. Didaktisches Zentrum, Oldenburg.
- HELFFERICH, C. (³2009): *Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- KATTMANN, U. (2007): Didaktische Rekonstruktion-eine praktische Theorie. In: KRÜGER, D. und H. VOGT (Hrsg.) (2007): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden*. Berlin: 93–104.
- KULTUSMINISTERKONFERENZ (2004): *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. Luchterhand, München.
- LAY, Y.-F., C.-H. KHOO, D. F. TREAGUST & A. L. CHANDRASEGARAN (2013): Assessing secondary school students' understanding of the relevance of energy in their daily lives. In: *International Journal of Environmental and Science Education* **8** (1): 199–215.
- MAYRING, P. (¹¹2010): *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Beltz, Basel.
- MENTHE, J. (2006): *Urteilen im Chemieunterricht. Eine empirische Untersuchung über den Einfluss des Chemieunterrichts auf das Urteilen von Lernenden in Alltagsfragen*. Der Andere Verlag, Osnabrück.
- NIEBERT, K. (2010): *Den Klimawandel verstehen. Eine didaktische Rekonstruktion der globalen Erwärmung*. Didaktisches Zentrum Oldenburg, Oldenburg.
- NIEBERT, K. & H. GROPENGIEßER (2014): Leitfadengestützte Interviews. In: KRÜGER, D., I. PARCHMANN und H. SCHECKER (Hrsg.) (2014): *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: 121–132.
- REICH, G. & M. REPPICH (2013): Einführung. In: (2013): *Regenerative Energietechnik*. Wiesbaden: 21–48.
- RIEMEIER, T. (2007): Moderater Konstruktivismus. In: KRÜGER, D. und H. VOGT (Hrsg.) (2007): *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: 69–79.
- SCHMITT, R. (2010): Metaphernanalyse. In: MEY, G. und K. MRUCK (Hrsg.) (2010): *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. Wiesbaden: 676–691.
- VEREINTE NATIONEN (Hrsg.) (2015): *Übereinkommen von Paris*. Paris.
- WATTER, H. (2015): Einleitung. In: (2015): *Regenerative Energiesysteme*. Wiesbaden: 1–5.
- WESSELAK, V., T. SCHABBACH, T. LINK & J. FISCHER (2013): *Regenerative Energiequellen*. In: (2013): *Regenerative Energietechnik*. Berlin, Heidelberg: 109–189.
- WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN (WBGU) (2011): *Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. WBGU, Berlin.
- WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN (WBGU) (2003): *Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit*.

