

## energie.bildung – Physik im Kontext von „Energiebildung“

Eva-Maria Pahl, Sebastian Peters, Michael Komorek

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Institut für Physik, Didaktik und Geschichte der Physik,  
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11, 26111 Oldenburg,  
eva.m.pahl@uni-oldenburg.de, sebastian.peters@uni-oldenburg.de,  
michael.komorek@uni-oldenburg.de

### Kurzfassung

Am Oldenburger Projekt „*Bildung für eine nachhaltige Energieversorgung und -nutzung* (kurz: *energie.bildung*)“ (<http://www.energiebildung.uni-oldenburg.de>) sind sieben Fachdidaktiken der Universität Oldenburg, etwa fünfzig Schulen im Nordwesten Niedersachsens, regionale Bildungseinrichtungen, Verbände der Wirtschaft und einzelne Unternehmen beteiligt. Im Fokus stehen die Entwicklung und Erprobung von Lehr- und Lernangeboten zu Themen der Energieversorgung und der effizienten Energienutzung.

Im physikdidaktischen Teilprojekt wird vor allem das vernetzte und kumulative Lernen durch die Entwicklung eines Energie-Spiralcurriculum von der 3. bis zur 10. Klasse gefördert und die gesellschaftliche Relevanz durch Integration von naturwissenschaftlichen sowie ökonomischen Sichtweisen verdeutlicht. Möglichkeiten für den Übergang vom Sachunterricht zum Fachunterricht Physik und Verknüpfungen zwischen dem Physik- und Wirtschaftsunterricht werden identifiziert und durch Unterrichtsmaterialien sowie Fortbildungsangebote für Lehrkräfte konkretisiert.

### 1. Ausgangslage

Fragen nach der Energieversorgung und -nutzung stellen heute und in Zukunft zentrale gesellschaftliche Herausforderungen dar. Verbunden damit ist die herausragende Bedeutung des Themenkomplexes Energie für die gesellschaftliche und politische Partizipations- sowie Entscheidungsfähigkeit zukünftiger Generationen. Darüber hinaus bringen die notwendigen Veränderungen im Energiesektor einen erheblichen Bedarf an qualifizierten Fachkräften mit sich. Dieser Bedarf erstreckt sich auf Bereiche, für die in Deutschland ein Fachkräftemangel zu verzeichnen ist: Natur-, Ingenieurs- und Technikwissenschaften. Den Schülerinnen und Schülern bietet der Energiesektor als Wachstumsbranche somit die Gelegenheit für eine tragfähige Berufsbiografie.

Die Bedeutung des Themenkomplexes für die Allgemeinbildung und die beruflichen Orientierung verlangen eine fachlich fundierte Grundbildung, die die Vernetzung verschiedener fachlicher Perspektiven einschließt [29]. Außerdem ist der Aufbau des Wissens und Könnens über die Schuljahre hinweg zu fordern, um kumulatives Lernen und damit nachhaltiges Wissen und Können zu ermöglichen. Insbesondere fordern der Übergang vom Sach- zum Fachunterricht und weitere Übergänge in individuellen Bildungsbiografien besondere Aufmerksamkeit.

Die Bildungseinrichtungen sind auf die markierten Herausforderungen bislang noch nicht ausreichend vorbereitet. Neben der Bereitstellung von Unterrichtskonzepten und -materialien gilt es daher auch, Lehrkräfte entsprechend aus- und fortzubilden.

### 2. Darstellung des Gesamtprojekts

Das Projekt *energie.bildung* (Start November 2008) wird von der *Stiftung Zukunfts- und Innovationsfonds Niedersachsen* gefördert. Über eine Laufzeit von drei Jahren werden „Lehr- und Lernangebote zu den Themen Energieversorgung und effiziente Energienutzung zusammen mit Schulen für den Unterricht entwickelt und erprobt“ ([21], S. 194). Darüber hinaus werden verschiedene Angebote für die Aus- und Fortbildung von Lehrkräften konzipiert und durchgeführt. Das breit angelegte Projekt ermöglicht es, Anknüpfungspunkte beim Übergang von der Grundschule in die Bildungsgänge des Sekundarbereichs I und für eine horizontale Vernetzung verschiedener fachlicher Perspektiven zu identifizieren und aufzubereiten. Dabei ist die gesamte schulische und vorschulische Lernspanne im Blick.

Um diese Zielvorhaben umzusetzen, haben sich sieben Fachdidaktiken der Universität Oldenburg zusammengeschlossen. Die Kooperation mit Wirtschaftsverbänden, Unternehmen der Energiebranche, Energieforschungszentren wie dem EFZN<sup>1</sup> in Goslar sowie regionalen Bildungszentren sorgen für die notwendige Breitenwirkung der Projektaktivitäten in der Öffentlichkeit. Die enge Zusammenarbeit der beteiligten Fachdidaktiken und die Abstimmung mit den Akteuren externer Institutionen und Unternehmen werden durch regelmäßige Treffen ermöglicht.

---

<sup>1</sup> Energie-Forschungszentrum Niedersachsen in Goslar mit eingelagerter Bildungsarbeit und Kooperation mit Schulen

Unterstützt werden die inhaltliche Abstimmung und der Austausch durch das Teilprojekt *E-Learning*. Ein weiteres Aufgabenfeld ist die technische Unterstützung sowie Pflege der entstehenden Materialien und Ergebnisse in einem Internetportal. Die Struktur des Projektes kann der Abbildung 1 entnommen werden.

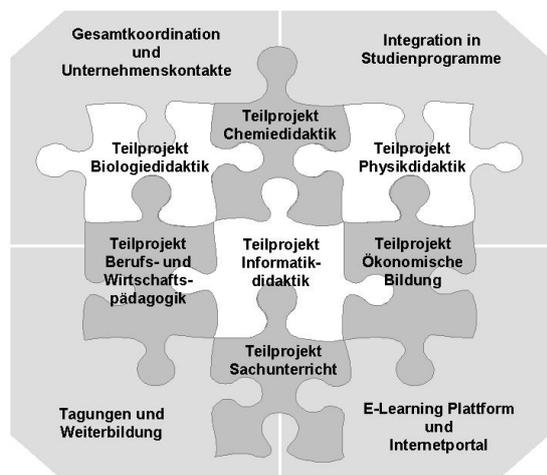


Abb. 1: Projektstruktur energie.bildung

### 3. Teilprojekt Physik im Kontext von Energiebildung

In den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss wird dem Energiekonzept neben den Basis Konzepten „Materie“, „System“ und „Wechselwirkung“ eine Schlüsselposition beim Erreichen naturwissenschaftlicher Kompetenzen zugeschrieben [17]. Des Weiteren stellt das Energiekonzept eine strukturierende Leitlinie in zahlreichen inhaltsbezogenen Themengebieten der Kerncurricula Physik dar. Für den Physikunterricht besteht daher die fachdidaktische Aufgabe, ein Energiekonzept zu vermitteln, dass sowohl subdomänenspezifische Ausprägungen von Energie (in der Mechanik, in der Elektrizitätslehre, in der Thermodynamik) als auch die so genannte Energiequadriga [4] berücksichtigt, die die energetischen Hauptsätze der Physik widerspiegelt:

- 1.) Energietransport
- 2.) Energieumwandlung
- 3.) Energieerhaltung
- 4.) Energieentwertung

Darüber hinaus sollen die Schülerinnen und Schüler durch den Physikunterricht befähigt werden, „alternative technische Lösungen auch unter Berücksichtigung physikalischer, ökonomischer, sozialer und ökologischer Aspekte“ ([17], S. 12) vergleichen und bewerten zu können. Dieser allgemein formulierte Standard des Kompetenzbereiches Bewertung aus den Bildungsstandards wird unter Bezug auf die Frage nach der Energieversorgung in den Kerncurricula der Bundesländer aufgegriffen und spezifiziert. Es wird deutlich, dass nach der Anbahnung eines tragfähigen physikalischen Energiekonzeptes Be-

trachtungsweisen und Wissensbestände weiterer Disziplinen in den Physikunterricht einzubringen sind, um dem Energiekonzept in seiner gesellschaftlichen Relevanz gerecht zu werden. In diesem Zusammenhang sind ökologische, soziale, technologische, ethische und insbesondere ökonomische Perspektiven von Bedeutung [10].

Die Aktualität und die gesellschaftliche Bedeutung der Energiethematik sowie die zentrale Stellung des Energiekonzeptes innerhalb des Schulfaches Physik führen zu folgenden Zielsetzungen des physikdidaktischen Teilprojektes:

- gesellschaftliche Relevanz des Themenkomplexes durch die Integration von naturwissenschaftlichen und ökonomischen Sichtweisen bzw. Kontexten verdeutlichen
- kontextorientierte Unterrichtskonzepte und -materialien entwickeln und erproben, die Schülerinnen und Schülern eine (kognitiv) aktive Auseinandersetzung mit Energie-Experimenten ermöglichen
- vernetztes und kumulatives Lernen durch die Umsetzung eines „Energie-Spiralcurriculums“ fördern
- Anknüpfungen für den Übergang vom Sachunterricht zum Fachunterricht Physik schaffen
- Lehrkräfte bei der Umsetzung von Energiethemen im Physikunterricht der Sekundarstufe I unterstützen und fortbilden
- nachhaltige und effiziente Energienutzung in den Kerncurricula verankern

Das Teilprojekt Physik differenziert sich in zwei Arbeitsschwerpunkte. Zum einen findet eine enge Kooperation der Physikdidaktik mit der Sachunterrichtsdidaktik am Standort Oldenburg statt. Hierbei wird der Fokus auf den Übergang „Vom Sach- zum Fachunterricht“ mit Blick auf die Energiethematik gelegt. Zum anderen wird das Potenzial einer wirtschaftlichen Perspektive für den Energieunterricht im Fach Physik in Kooperation mit der Ökonomischen Bildung (IÖB, Aninstitut der Uni Oldenburg) herausgearbeitet.

### 4. Vom Sach- zum Fachunterricht

Der Fokus dieses Arbeitsschwerpunktes liegt auf dem Anfangsunterricht Physik bzw. der Herausforderung eines gelingenden Übergangs vom Sachunterricht zum Fachunterricht Physik.

Übergänge in neue Lebensabschnitte bedeuten Schnittstellen in den individuellen, biografischen und sozialen Strukturen, die gemeistert werden müssen [16]. Dies gilt auch für Übergänge innerhalb des Schulsystems: „Der Übergang von einer Schulart in die andere ist für die Entwicklung des jungen Menschen von so weittragender Bedeutung, dass er mit aller Behutsamkeit und Sorgfalt vorbereitet und vollzogen werden muss“ ([18], S. 5). Dabei erfordert ein behutsamer schulischer Übergang eine „komple-

xe, institutionalisierte Wechselbeziehung zwischen Individuum und gesellschaftlich organisierten Einrichtungen an der Schnittstelle des dauerhaften Wechsels von einer Institution in die andere“ ([16], S. 114).

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht ist der Übergang von der Grundschule in den Sekundarbereich I spätestens ab Klasse 7 verbunden mit einem rapiden Interessenverlust im naturwissenschaftlichen Bereich. Darüber hinaus ist bekannt, dass das Fachinteresse kontinuierlich mit der Dauer des Schulbesuches abnimmt (u. a. [19]). Dieser Interessenverlust geht für das Fach Physik jedoch einher mit einer zunehmenden Relevanzzuschreibung, wie im Rahmen der IPN-Interessenstudie über die Jahrgänge 5 bis 10 gezeigt werden konnte [24].

Es stellt sich die Frage, welche Faktoren den Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule als bruchhaft kennzeichnen. Wodzinski [36] stellt dazu fest, dass der Unterricht in der Grundschule im Vergleich zum Unterricht im Sekundarbereich I zumeist einen höheren Grad an Handlungsorientierung aufweist. Damit können Unterschiede in der methodischen Ausgestaltung und den damit einhergehenden Anforderungen als Faktoren benannt werden. Zudem ergeben sich in Bezug auf das professionelle Lehrerwissen Unterschiede zwischen den Schulformen. So ist es den Studierenden bei der Ausrichtung des Studienganges Sachunterricht mit Schwerpunkt Naturwissenschaften in den meisten Fällen freigestellt, welche Bezugsfächer sie wählen. Es zeigt sich, dass vornehmlich das Fach Biologie und weniger das Fach Physik von den Primarstufenstudenten gewählt wird [28]. Dieser Umstand führt zu einem Mangel an Fachwissen im Bereich der Physik und damit auch zu einer Vernachlässigung entsprechender Inhalte im Sachunterricht. Darüber hinaus liegen ebenfalls Unterschiede im Pädagogischen Inhaltswissen (Pedagogical Content Knowledge) bzw. im fachdidaktischen Denken vor. Fischer et al. [5] stellen heraus, dass Gymnasiallehrkräfte in diesem Bereich über elaboriertere Wissensbestände verfügen als Lehrkräfte anderer Schulformen.

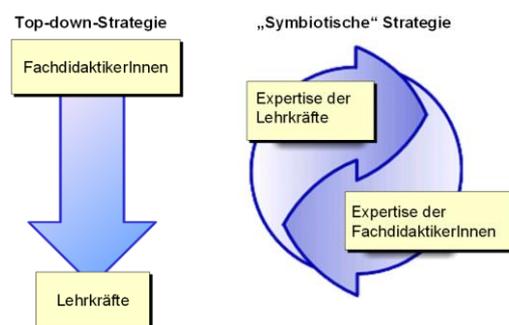
Es existieren verschiedene Vorschläge für den Umgang mit den markierten Problemen. Zum einen gilt es, das notwendige Fachwissen und Pädagogische Inhaltswissen aus dem Bereich der Physik bei den Lehrkräften im Rahmen von Aus- und Fortbildungsangeboten anzulegen bzw. zu erweitern. Zum anderen müssen thematische Anknüpfungspunkte zwischen Sach- und Fachunterricht identifiziert und aufbereitet werden, um den Übergang auf der inhaltlichen und methodischen Ebene des Unterrichts weniger bruchhaft und vielmehr im Sinne eines kumulativen Lernens zu gestalten.

#### 4.1 Fachdidaktische Entwicklungen

Die zentrale Bedeutung des Energiekonzepts spiegelt sich in den niedersächsischen Kerncurricula sowohl für den Sachunterricht als auch für den Physikunterricht wider. Dieser Umstand wird im Teilprojekt Physik genutzt, um Anknüpfungspunkte für den Übergang vom Sach- zum Fachunterricht zu identifizieren und aufzubereiten. Das Ziel ist die Anschlussfähigkeit des Lernens, so dass „jene Kernkonzepte und Basiskompetenzen im Unterricht [thematisiert werden], die ein erfolgreiches Lernen in den Fächern der Sekundarstufe grundlegen. Dazu gehört aber auch, dass dieses fachliche Wissen sinnstiftend, persönlich bedeutsam und d. h. eingebettet in Lebenszusammenhänge erfolgt“ ([9], S. 18). Aus diesem Grund ist es zielführend, dass die entwickelten Konzepte und Materialien an die Alltagssituationen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen, die wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung berücksichtigt wird und Tätigkeitsfelder wie u. a. das Bauen, Konstruieren, Messen sowie Bewerten eine wesentliche Rolle spielen. Dabei werden die Lernziele der Grundschule und der weiterführenden Schulen so aufeinander abgestimmt, dass ein „spiralcurriculares“ Arbeiten über die Klassenstufen 3 bis 8 ermöglicht wird. Somit kann das Energiethema als durchgängig strukturiertes Konzept für ein vernetztes und kumulatives Lernen instrumentalisiert werden.

#### 4.2 Methodisches Vorgehen

Für eine methodische Umsetzung der Entwicklung einer Unterrichtskonzeption einschließlich Materialien und ihres anschließenden Transfers in die Schulpraxis gibt es nach Fußangel et al. [7] unterschiedliche Strategien, die in Abbildung 2 grafisch dargestellt sind.

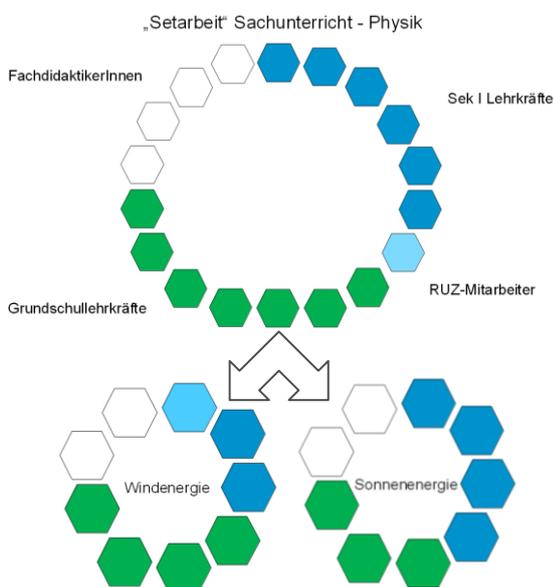


**Abb. 2:** Implementationsstrategie von Innovationen in die schulische Praxis (nach [7])

Eine Implementation von Innovationen muss auf einen längeren Zeitraum angelegt sein, um eine nachhaltige Veränderung im Unterricht zu bewirken. Die Struktur der Top-Down-Strategie ist so angelegt, dass Innovationen von externen Experten oder Institutionen von „oben“ vorgegeben und dann von den jeweiligen Lehrkräften aus der Schulpraxis in ihren Unterrichtsstunden implementiert werden. Eine nicht zu unterschätzende Problematik stellt

dabei die strikte Trennung der „Konzeptions- und Entwicklungsebene“ von der „Anwendungsebene“ dar. Dies kann zur Folge haben, dass praktische Aspekte aus dem Alltag der Lehrkräfte vernachlässigt werden und so eine Implementation in das Unterrichtsgeschehen erschwert wird.

Eine weitere Strategie ist die „Symbiotische Kooperationsstrategie“. Der Begriff „Symbiose“ stammt ursprünglich aus der Biologie und bedeutet in diesem Zusammenhang eine enge Zusammenarbeit von Sachunterrichts- und Physikdidaktikerinnen und -didaktikern mit Lehrkräften des Sachunterrichts bzw. Physikunterrichts. Diese Kooperation ermöglicht einen stetigen Austausch zwischen den Praxis- und Forschungsexpertisen. In dieser Symbiose beurteilen die Lehrerinnen und Lehrer als Experten für die Schulpraxis die Realisierbarkeit der Konzepte und Materialien und entwickeln diese ggf. weiter. Von fachdidaktischer Seite werden die Entwicklungsarbeiten durch inhaltliche Anregungen aus Forschungskontexten bereichert. Die symbiotische Implementationsstrategie ist ausführlich und erfolgreich in den sogenannten Kontext-Projekten<sup>2</sup> der Fächer Chemie, Biologie und Physik erprobt worden. Sie wird im Projekt energie.bildung nahezu unverändert übernommen und führte im Jahr 2009 zur Gründung einer Lehrergruppe, deren Zusammensetzung der Abbildung 3 entnommen werden kann.

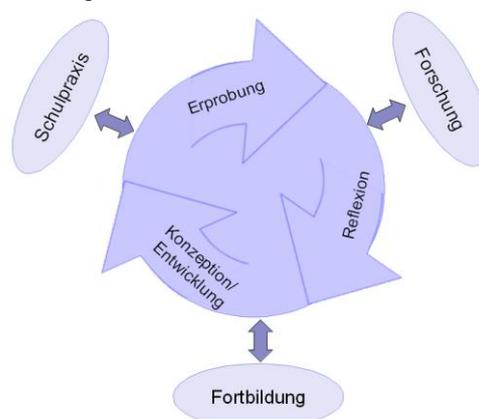


**Abb. 3:** Zusammensetzung der Lehrergruppe Sachunterricht-Physik mit zeitweiliger Aufspaltung in zwei thematische Untergruppen

Der Fokus der Lehrergruppe richtet sich auf die Erneuerbaren Energien mit den Unterthemen „Windenergie“ und „Sonnenenergie“. Die Bearbeitung der

<sup>2</sup> u. a. Physik im Kontext: piko-OL (<http://www.histodid.uni-oldenburg.de/22141.html>)

Themen findet im Rahmen von monatlichen Treffen statt. Die prinzipiellen Arbeitsschritte der Gruppe (Abb. 4) sind zyklisch organisiert: Entwicklung und Erprobung in der Praxis sowie Reflexion der ablaufenden Unterrichts- und Entwicklungsschritte bilden dabei integrale Bestandteile.



**Abb. 4:** Zyklischer Ablauf der Projektarbeit in der Lerngemeinschaft

### 4.3 Erste Arbeitsergebnisse

In den ersten Treffen wurde zunächst ein theoretisches Grundgerüst von inhaltlichen Modulen erarbeitet. Den Modulen soll ein Spiralcurriculum zugrunde liegen, das die Themen „Windenergie“ und „Sonnenenergie“ umfasst. Es stützt sich dabei auf Objekte wie die Solarzelle und die Windenergieanlage, die in den unterschiedlichen Klassenstufen immer wieder aufgegriffen werden können, aber jeweils auf zunehmenden Niveau bzw. unter neuen Fragestellungen, die der Kompetenzentwicklung in den Klassenstufen entsprechen. Die konzeptionellen Module dienen als Rahmen für die Materialentwicklung. In Abbildung 5 ist dieses Spiralcurriculum mit den Modulen und den zugehörigen Kompetenzen skizziert.



**Abb. 5:** Spiralcurriculum am Beispiel Solarzelle

Die bisher entwickelten Materialien wurden von den teilnehmenden Lehrkräften in ihrem Unterricht erprobt und in der Lehrergruppe nach vorgegebenen Kriterien (SWOT-Analyse) reflektiert. Nach der Reflexionsphase folgt gemäß dem zyklischen Ablaufschema wieder ein Entwicklungsschritt, bei dem die bisherigen Unterrichtsideen weiterentwickelt und überarbeitet werden sowie deren Einbettung in einen größeren Themenkomplex erfolgt. Abbildung 6 zeigt eine Auswahl von Materialien für Schülerexperimente. So wurde beispielsweise eine winkelverstellbare, aber zugleich robuste Solarzelle entwickelt, die es den Schülerinnen und Schülern erlaubt, mit dazugehörigen Lernmaterialien die Abhängigkeit der Stromstärke von dem Einfallswinkel des Lichtes zu untersuchen.



**Abb. 6:** Entwickelte Materialien für Schülerexperimente, die im Rahmen der Arbeit der Lehrergruppe realisiert bzw. adaptiert wurden

Des Weiteren wurde ein Solarkran entwickelt, bei dem eine Solarzelle an einen Motor angeschlossen wird. In Abhängigkeit von der eingestrahnten Energiemenge können dann unterschiedliche Massestücke angehoben werden, wodurch der Begriff der Leistung (Klassenstufe 7/8) veranschaulicht werden kann. Darüber hinaus können Abhängigkeiten von Winkeleinstellungen sowie von der Ausrichtung der Solarzellen untersucht werden.

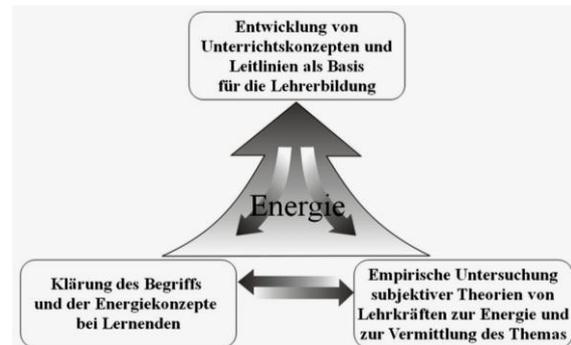
Nach Abschluss des Projektes, d. h. nach verschiedenen Phasen der Entwicklung und unterrichtlichen Erprobung, werden die Arbeitsergebnisse in Form eines Readers veröffentlicht.

#### 4.4 Forschungsvorhaben

In das physikdidaktische Teilprojekt sind Promotionsvorhaben eingebettet, die die wissenschaftliche Begleitforschung sicherstellen. In einer der Arbeiten wird untersucht, von welchen inhaltlichen Vorstellungen zum Konzept Energie Physiklehrkräfte ausgehen und über welche fachdidaktischen Vorstellung der Vermittlung und Einbettung in relevanten Kontexten sie verfügen.

Die Begleitforschung stützt sich auf das Modell der Didaktischen Rekonstruktion für Lehrerbildung und

Schulpraxis (Abb. 7). Die Aufarbeitung und Vermittlung des Komplexes (physikalischer Energiebegriff sowie Aspekte der nachhaltigen Energieversorgung und -nutzung) für den Anfangsunterricht und die untere Sekundarstufe I aus der physikdidaktischen Perspektive stellt eine zentrale Aufgabe im Promotionsprojekt dar. Die Ergebnisse der Sachanalyse werden systematisch auf die Ergebnisse der empirischen Untersuchungen bezogen. Auf dieser Basis sollen didaktische Strukturierungen vorgenommen und Leitlinien zur Lehrerfort- und -weiterbildung zum Themenkomplex Energie entwickelt werden.



**Abb. 7:** Systematische Untersuchung von Energiekonzepten im Rahmen des Modells der Didaktischen Rekonstruktion zur Progression in der Lehrerbildung [12, 15]

#### Forschungsfragen

Folgende grundlegende Fragen sind für die Untersuchung leitend:

- Über welche fachlichen Konzepte von Energie verfügen Sachunterrichts- und Physiklehrkräfte?
- Von welchen Energiekonzepten aufseiten der Schülerinnen und Schüler gehen die Lehrkräfte bei der Planung ihres Unterrichts aus und wie berücksichtigen sie diese?
- Welche Vorschläge nennen die Befragten zur Einbettung der Thematik in ihren Sach- bzw. Physikunterricht?
- Wie lassen sich die Sichtweisen der Lehrkräfte systematisch auf fachdidaktische Ansätze zur Vermittlung der Energiethematik beziehen und für Prozesse der Lehrerbildung nutzen?

#### Methodik und Forschungsdesign

Das methodische Vorgehen wird durch das Forschungsmodell der Didaktischen Rekonstruktion für Lehrerbildung und Schulpraxis bestimmt.

- Klärung des fachlichen Energiekonzeptes von Lernenden (u. a. [4, 25]).
- In der Pilotstudie ist mittels eines Fragebogens unter anderem die Einschätzung der Sachunterrichts- und Physiklehrkräfte zum Bildungswert sowie zum Vermittlungspotenzial des Themenkomplexes Energie erhoben worden. Der Fra-

gebogen beinhaltet vierstufige Likert-Skalen und offene Fragestellungen, bei denen unter anderem fiktive Lehrer-Äußerungen eingeschätzt und bewertet werden sollten.

- In der Hauptstudie werden halbstrukturierte Leitfadeninterviews mit offenen Fragen mit v. a. Physiklehrkräften geführt. Sie erheben die Vorstellungen von erfahrenen Lehrkräften zum Konzept Energie, ihre Ideen zur Vermittlung der Energiethematik in der Sekundarstufe I sowie ihre Vorstellungen zum didaktischen Nutzen eines spiralcurricularen Aufbaus des energiespezifischen Physikunterrichts von der Grundschule bis zum Ende der Sekundarstufe I. Die geplanten 15 Interviews werden mittels qualitativer Inhaltsanalyse [2, 23] ausgewertet.
- Wissenschaftliche Energiekonzepte, Schülervorstellungen zum Thema Energie und vor allem fachdidaktische Ansätze zur Vermittlung der Energiethematik werden auf die empirischen Ergebnisse der skizzierten Befragung systematisch bezogen. Langfristiges Ziel dieses Vorgehens sind Leitlinien und Konzepte für die Lehrerbildung und die Schulpraxis im Themenfeld.

## 5. Berücksichtigung ökonomischer Aspekte im Physikunterricht

Das zweite Promotionsvorhaben zielt auf eine Verknüpfung physikalischer und ökonomischer Perspektiven für den Physikunterricht in den Klassen 9 und 10. Es besteht die Herausforderung, ein aus fachlicher Sicht konsistentes Energiekonzept zu vermitteln, das gleichsam das Verstehen und die Bewertung der gesellschaftlich bedeutsamen Fragen erlaubt. Häufig beschränkt sich der Physikunterricht zum Energiekonzept auf die Erarbeitung der Aspekte Umwandlung, Transport und insbesondere Erhaltung. Verfolgt der Unterricht jedoch das Ziel, den Schülerinnen und Schülern ein Verständnis von Problemen der Energieversorgung zu vermitteln, so ist eine umfassende Auseinandersetzung mit dem Aspekt der Energieentwertung bei Umwandlungs- und Transportvorgängen unverzichtbar [4]. In Bezug auf die gesellschaftlichen Herausforderungen würde aber auch diese Betrachtungsweise zu kurz greifen. So geht die Aufbereitung primärer Energieträger bis zur Nutzbarmachung für den Verbraucher aus physikalischer Perspektive mit einer schrittweisen Entwertung der Energie einher. Aus ökonomischer Sicht handelt es sich dabei jedoch um einen Prozess der Wertschöpfung, also um eine Aufwertung. Dabei liegt eine wechselseitige Abhängigkeit von physikalischen und wirtschaftlichen Maßstäben zur Bewertung vor [34].

## 5.1 Fachdidaktische Entwicklungen

Im Rahmen der oben beschriebenen fachdidaktischen Entwicklungsaufgabe wird die Konzeption eines „Energie-Curriculums“ für die Sekundarstufe I angestrebt, das fachlich konsistent und dabei anschlussfähig an das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler ist. Zur Konzeptualisierung von Energie liegen verschiedene Ansätze vor, die Energie entweder als eine Substanz (z. B. strömendes Fluidum) oder als rein mathematische Terme charakterisieren [4].

Die unterschiedlichen Konzeptualisierungen für den Physikunterricht werden vor dem Hintergrund ihrer fachlichen Richtigkeit und Konsistenz, Anschlussfähigkeit sowie ihres Potenzials zur Vermittlung der grundlegenden Eigenschaften von Energie in der Literatur diskutiert. Nach dem derzeitigen Stand der Arbeit wird, ausgehend von Walter Jungs Ansatz [11], eine Konzeptualisierung von Energie als Tauschwert und damit als Bilanzierungsgröße als vielversprechende fachdidaktische Rekonstruktion eingestuft, weil hierbei Denkfiguren im Spiel sind, die mit den ökonomischen kompatibel erscheinen.

Das angezielte Energie-Curriculum verfolgt das Ziel, auf der Grundlage solider physikalischer Wissensbestände die Fähigkeit zur Bewertung von gesellschaftlichen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Energiethematik auszuprägen. Hierzu werden auch andere fachliche und fachdidaktische Perspektiven – hier insbesondere die ökonomische – herangezogen, um eine differenzierte Bewertung der in Rede stehenden Sachverhalte zu erlauben. Die Entwicklung des Energie-Curriculums für die Klassen 9 und 10 findet u. a. unter Berücksichtigung folgender theoretischer Rahmenaspekte statt:

- Erkenntnisse der Curriculumforschung (u. a. [6, 14, 33])
- empirische Erkenntnisse über das Vorwissen von Schülerinnen und Schülern zum Energiekonzept (Bibliographie zu Schülervorstellungen<sup>3</sup>)
- entwicklungspsychologische Erkenntnisse über die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler zur Ausdifferenzierung des Energiebegriffes im Verlauf ihrer Schulzeit [22]
- theoretische fachdidaktische Modellierung der Beziehung von Schülervorstellungen und fachlichen Vorstellungen nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion [12]

Aus dem Energie-Curriculum werden in einem weiteren Schritt Aspekte ausgewählt, zu denen konkrete Lernmaterialien entwickelt werden. Hierbei soll insbesondere das Potenzial von Lernaufgaben aufgegriffen werden, um mit Blick auf einen intendierten Kompetenzaufbau die notwendigen Lernprozesse auszulösen [31]. Dafür ist es notwendig, lerntheo-

<sup>3</sup> <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/>

retische Aspekte zu berücksichtigen, um Lernaufgaben im Einzelnen und insbesondere in ihrer Sequenzierung lernwirksam zu gestalten. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, findet die Konzeption der Lernmaterialien auf der Grundlage der „Basismodelle des Lernens“ statt [26]. Dieser Ansatz stellt zu unterschiedlichen Lernzielen wie Erfahrungslernen, Begriffs- und Konzeptentwicklung oder Problemlösen jeweils eine Abfolge notwendiger Lernschritte bereit, die durch den Unterricht zu initiieren sind. Die zur Erreichung eines bestimmten Lernziels notwendige Abfolge von Lernschritten wird als Basismodell des Lernens bezeichnet. Der Ansatz hat in empirischen Studien bereits belegen können, dass er sich zur Beschreibung von Unterrichtsprozessen und damit insbesondere zur kategoriegeleiteten Analyse (videografierten) Unterrichts eignet [8, 27, 30]. Zudem konnte gezeigt werden, dass sich auf der Grundlage der Basismodelle effektive Lernaufgaben konstruieren lassen [3].

Der allgemeindidaktische Ansatz der Basismodelle ist zum fachdidaktischen Modell der Didaktischen Rekonstruktion kompatibel. Die generalisierten Zielsetzungen lassen sich konsistent verbinden, um herauszuarbeiten, wie eine aufgrund von Erkenntnissen über Schülervorstellungen und fachlichen Vorstellungen rekonstruierte Sachstruktur auf Basis von Grundmodellen des Lernens effektiv gelernt werden kann.

## 5.2 Forschungsvorhaben

Im Rahmen empirischer Forschung wird in Bezug auf das zu entwickelnde Energie-Curriculum im Sinne einer Akzeptanzforschung [20] die Perspektive von Physiklehrkräften untersucht. Es stellt sich die Frage, inwiefern das entwickelte Curriculum kompatibel zum fachdidaktischen Denken der Lehrkräfte ist und inwiefern sie seine Realisierbarkeit im realen Physikunterricht einschätzen.

- Wie beurteilen Lehrkräfte die Konzeption und die Realisierbarkeit des entwickelten „Energie-Curriculums“?

Bei den Lernmaterialien, die das Curriculum konkretisieren sollen, stellt sich die Frage, ob die intendierten Lernprozesse bei der Bearbeitung tatsächlich ausgelöst werden.

- Welche Lernprozesse werden aufseiten der Schülerinnen und Schüler durch die Bearbeitung der Lernmaterialien ausgelöst und zu welchen Lernergebnissen führen sie?

## Methodik und Forschungsdesign

- Über ein leitfadenbasiertes Interview werden Lehrkräfte des Sekundarbereichs I zu dem konzipierten Curriculum befragt. Die Auswertung der Interviews erfolgt mittels qualitativer Inhaltsanalyse [2, 23].

- Die auf Grundlage des Ansatzes der Basismodelle des Lernens entwickelten Lernmaterialien werden über einen vor-experimentellen Einzelgruppen-Plan evaluiert [32]. Dazu werden Schülerinnen und Schüler aus dem Oldenburger Raum akquiriert. Vor der Intervention erfolgt ein lehrzielorientierter Pretest [13], der auf die bereits vorhandenen fachlichen und prozessbezogenen Kompetenzen bei den Schülerinnen und Schülern abhebt. Es erfolgt die Intervention, wobei die Probanden in einem experimentellen Rahmen die entwickelten Lernmaterialien bearbeiten. Anschließend erfolgt ein lehrzielorientierter Posttest, der herausstellt, ob die Lernmaterialien den intendierten Lernzuwachs ermöglichen. Zudem werden die bei den Schülerinnen und Schülern tatsächlich ablaufende Lernprozesse bei der Bearbeitung der Materialien mittels der Methode des Stimulated Recall [1] untersucht, um sie modellieren zu können.

Die Ergebnisse der Begleitforschung werden zur Optimierung der Lernmaterialien herangezogen.

## 6. Fazit

Der „Energieunterricht“ im Fach Physik erfordert ein Nachdenken darüber, wie die Förderung der notwendigen Kompetenzen innerhalb des Physikunterrichts und für den Übergang vom Sach- zum Fachunterricht über die Schuljahre hinweg systematisch und mit Bezug zu relevanten Kontexten gestaltet werden kann.

Um die Schülerinnen und Schüler zu einer nachhaltigen gesellschaftlichen und politischen Partizipation und Mitgestaltung zu befähigen, muss auch eine Vernetzung über die jeweiligen Fachgrenzen hinaus erfolgen. Nur wenn die Lernenden erfahren, wie unterschiedliche fachliche Zugänge aufeinander zu beziehen sind und wie diese mit Kontexten des Alltags in Verbindung stehen, können sie überfachliche Argumentationen abwägen und gesellschaftlich notwendige Handlungs- und Gestaltungskompetenzen aufbauen.

In dem Teilprojekt „Physik im Kontext von Energiebildung“ des Projekts energie.bildung werden die Forderung nach „vertikaler“ und „horizontaler“ Vernetzung von Wissen und Können durch die Entwicklung von Unterrichtskonzeptionen und -materialien zusammen mit Lehrkräften umgesetzt. Ein wesentlicher Effekt des Teilprojekts besteht darin, einerseits die spezifischen Sichtweisen von Lehrkräften kennenzulernen und sie in die Entwicklungsarbeiten einzubeziehen, gleichzeitig aber das fachdidaktische Denken der beteiligten Lehrkräfte auch weiterzuentwickeln. Das iterative Erheben und Intervenieren finden im Projekt im Sinne des Modells der Didaktischen Rekonstruktion statt.

## 7. Literatur

- [1] Boekaerts, M. & Corno, L. (2005): Self-regulation in the classroom: A perspective on assessment and intervention. *Applied Psychology: An International Review*, 54, 199–231.
- [2] Bortz, J. & Döring, N. (2005): *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer.
- [3] Draxler, D. (2005): *Aufgabendesign und basismodellorientierter Physikunterricht*. Dissertation am Fachbereich Physik der Universität Duisburg-Essen.
- [4] Duit, R. (1986): *Der Energiebegriff im Physikunterricht*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).
- [5] Fischer, H.; Kauertz, A. & Ohle, A. (2010): *Fachspezifisches Professionswissen von Lehrkräften im Übergang von der Primär- zur Sekundarstufe*. In: H. Giest & D. Pech (Hrsg.): *Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- [6] Frey, K. (Hrsg.) (1975): *Curriculum Handbuch (Bd. I - III)*. München: R. Piper & Co.
- [7] Fußangel, K.; Schellenbach-Zell, J. & Gräsel, C. (2008): *Die Verbreitung von Chemie im Kontext: Entwicklung der symbiotischen Implementationsstrategie*. In: R. Demuth, C. Gräsel, I. Parchmann & B. Ralle (Hrsg.): *Chemie im Kontext. Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster: Waxmann, 49-81.
- [8] Gerber, B. (2007): *Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen im Physikunterricht*. Dissertation an der philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern.
- [9] Giest, H. (2010): *Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht*. In: H. Giest & D. Pech (Hrsg.): *Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- [10] James, E. O. (1994): *Beyond STS: An Energy Education Curriculum Context for the 21st Century*. *Journal of Science Teacher Education*, 1 (5), 6-14.
- [11] Jung, W. (1980): *Mechanik für die Sekundarstufe I*. Frankfurt am Main: Diesterweg.
- [12] Kattmann, U.; Duit, R.; Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997): *Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung*. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 3-18.
- [13] Klauer, K. J.; Fricke, R. & Herbig, M. (1994): *Lehrzielorientierte Tests. Beiträge zur Theorie, Konstruktion und Anwendung (2. Aufl.)*. Berlin: Cornelsen.
- [14] Klauer, K. J. & Leutner, D. (2007): *Lehren und Lernen: Einführung in die Instruktionspsychologie*. Weinheim: Beltz.
- [15] Komorek, M. & Kattmann, U. (2008): *The model of educational reconstruction*. In: S. Mikelskis-Seifert & U. Ringelband (Eds.), *The big picture of science education*. Münster: Waxmann, 149-166.
- [16] Kutscha, G. (1991): *Übergangsforschung – Zu einem neuen Forschungsbereich*. In: K. Beck & A. Kell (Hrsg.): *Bilanz der Bildungsforschung. Stand und Zukunftsperspektiven*. Weinheim: Dt. Studien-Verl., 113-156.
- [17] Kultusministerkonferenz (2004): *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss*. München: Wolters Kluwer Deutschland GmbH.
- [18] Kultusministerkonferenz (2006): *Übergang von der Grundschule in Schulen des Sekundarbereichs I*.
- [19] Krapp, A. (1998): *Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht*. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 44, 185-201.
- [20] Kromrey, H. (2009): *Empirische Sozialforschung: Modelle und Methoden der standardisierten Datenerhebung und Datenauswertung (12. Aufl.)*. Stuttgart: UTB.
- [21] Komorek, M. & Parchmann, I. (2009): *Das Projekt energie.bildung*. In: D. Höttercke (Hrsg.): *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomenen und Systematik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Dresden 2009. Berlin: Lit Verl., 194-196.
- [22] Liu, X. & McKeough, A. (2005): *Developmental Growth in Students' Concept of Energy: Analysis of Selected Items from the TIMSS Database*. *Journal of Research in Science Teaching*, 5 (42), 493–517.
- [23] Mayring, P. (2002): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (8. Aufl.)*. Weinheim: Beltz.
- [24] Muckenfuß, H. (1995): *Lernen im sinnstiftenden Kontext*. Berlin: Cornelsen.
- [25] Müller, R.; Wodzinski, R. & Hopf, M., (Hrsg.) (2004): *Schülervorstellungen in der Physik*. Köln: Aulis.
- [26] Oser, F.; & Baeriswyl, F. J. (2001): *Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning*. In: V. Richardson (Ed.), *Handbook of Research on Teaching*. Washington, D.C.: American Educational Research Association, 1031-1065.
- [27] Peters, S. (2009): *Strukturanalyse videografierten Physikunterrichts*. Masterarbeit am Institut für Physik der Universität Oldenburg.

- [28] Peschel, M. (2007): Konzeption einer Studie zu den Lehrvoraussetzungen und dem Professionswissen von Lehrenden im Sachunterricht der Grundschule in NRW. Das Projekt SUN. In: R. Lauterbach, A. Hartinger, B. Feige & D. Cech (Hrsg.): *Kompetenzerwerb im Sachunterricht fördern und erfassen*. Bad Heilbrunn, S. 151-160.
- [29] Reitschert, K. & Hoessle, C. (2007): Wie Schüler ethisch bewerten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 125-143.
- [30] Reyer, T. (2003): Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe I. Berlin: Logos.
- [31] Schmit, S. (2009): *Kooperative Lernaufgaben für den Physikunterricht*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.
- [32] Schwarz, E. (1970): Experimentelle und quasi-experimentelle Anordnungen in der Unterrichtsforschung. In: K. Ingenkamp (Hrsg.), *Handbuch der Unterrichtsforschung, Teil I*. Weinheim: Beltz, 445-631.
- [33] Solomon, P. G. (2009): *The curriculum bridge: from standards to actual classroom practice*. Thousand Oaks, Calif: Corwin Press.
- [34] Sperlich, Gerhard (1987): Berücksichtigung energiewirtschaftlicher Aspekte im Physikunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik*, 3 (36), 2-18.
- [35] Wirz, C.; Fischer, H. E.; Reyer, T. & Trendel, G. (2005): Lehrvoraussetzungen von Lehrerinnen und Lehrern in Physik- und Sachunterricht. In: A. Pitton (Hrsg.): *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerbildung*. Münster, 92-94.
- [36] Wodzinski, R. (2006): Auf dem Weg zur Physik. Physikalische Themen im Sachunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 93, 10-13.