

Stefan Fletcher (Universität Duisburg-Essen)

Johannes Deutsch (Universität Duisburg-Essen)

**Energiemündigkeit von Schülerinnen und Schülern am
Ende der Sekundarstufe I – Konzeptionalisierung eines
Modells zur Energiemündigkeit und Entwicklung eines
darauf basierenden Testwerkzeugs**

Herausgeber

Bernd Zinn

Ralf Tenberg

Daniel Pittich

Journal of Technical Education (JOTED)

ISSN 2198-0306

Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de>

Stefan Fletcher und Johannes Deutsch (Universität Duisburg-Essen)

Energiemündigkeit von Schülerinnen und Schülern am Ende der Sekundarstufe I - Konzeptionalisierung eines Modells zur Energiemündigkeit und Entwicklung eines darauf basierenden Testwerkzeugs

Zusammenfassung

Die technische Energienutzung ist ein elementares Schlüsselproblem der Menschheit. Entsprechend ist eine Bildung zur Energiemündigkeit unbestritten von großer Bedeutung für eine Teilhabe an der gesellschaftlichen Entwicklung. Zur Beschreibung des komplexen Konstrukts Energiemündigkeit wurde eine Modellvorstellung auf Basis systemtheoretischer Konzepte entwickelt, die sowohl kognitive und affektive Wissenskomponenten einer Person als auch systematisch situative Anwendungskontexte, in denen sich Wissen entfalten kann, mit berücksichtigt. Aus dem Modell wurde ein reliables und valides Testinstrument abgeleitet. In einer ersten Studie bearbeiteten 305 Schüler am Ende der Sekundarstufe I den Test. Hohe Werte im affektiven Bereich deuten darauf hin, dass die Schüler ein Bewusstsein für Energieprobleme haben. Niedrige Werte im kognitiven Teil legen hingegen nahe, dass die Schüler durch Misskonzepte und unzureichendes Wissen, nur eingeschränkt am gesellschaftlichen Energiediskurs teilnehmen können.

Schlüsselwörter: Energiebildung, Energiemündigkeit, Sekundarstufe I, Testentwicklung

Energy Literacy of Students at the end of Sekundarstufe I - Development of a Model that Conceptualizes Energy Literacy and of a Test to Assess it

Abstract

The technical use of energy is one of the key problems faced by humanity. Therefore educating energy literate persons is undoubtedly important to give everybody a chance to take part in social developments. To describe the complex construct of energy literacy a model representation was developed on the basis of concepts that stem from system theory. The model representation encompasses cognitive and affective aspects of a person on the one hand and considers situational contexts in which the knowledge unfolds on the other hand. A valid and reliable test was derived from the model. In a first study 305 German students at the end of lower secondary education completed the test. High scores in the affective part suggest that students are aware of energy problems. Low scores in the cognitive part suggest that students are not fully able to engage in the social energy discourse due to misconceptions and the lack of knowledge.

Keywords: Energy Education, Energy Literacy, Secondary School, Test Development

1 Einleitung

Der folgende Beitrag bezieht sich auf Forschungsarbeiten, die im Kontext des Projektes „Bildungsnetzwerk Energie“, das von der RWE Stiftung¹ gefördert wird, geleistet wurden. Übergeordnetes Ziel des Projektes ist die „Bildung zur Energiemündigkeit“ von Schülerinnen und Schülern am Ende der Sekundarstufe I an allgemeinbildenden Schulen. Über verschiedene Interventionsmaßnahmen im Unterricht sollen die Schüler befähigt werden, energiebezogene Entscheidungen reflektiert und autonom zu treffen. Im Rahmen einer wissenschaftlichen Begleitforschung, wurde u. a. die Wirkung der Intervention untersucht. Hierzu war es erforderlich, den Begriff der Energiemündigkeit soweit zu definieren und zu konkretisieren, dass eine Testung möglich war. Der Beitrag stellt die von der wissenschaftlichen Begleitforschung hierzu erfolgten Entwicklungsarbeiten vor in Bezug auf die Modellierung des Konstrukts Energiemündigkeit und die darauf bezogene Entwicklung eines Testwerkzeuges sowie erste Testergebnisse.

2 Kontexte von Energiemündigkeit

Angesichts der zentralen Rolle einer gesicherten Energieversorgung für unsere gesellschaftliche Entwicklung, ist eine Bildung zur Energiemündigkeit unbestritten von großer Bedeutung für den Industriestandort Deutschland. Energietechnische Systeme und Phänomene prägen sowohl unser privates als auch berufliches Leben in vielfältiger Weise. Was genau macht aber eine Energiemündigkeit aus, welche Inhalte und Ziele sind damit verbunden und welche Konzepte eignen sich zur Konzeptionalisierung und Modellierung?

Ein grundsätzliches Ziel der Förderung von Mündigkeit ist es, junge Menschen in ihrer Persönlichkeit zu fördern, sodass sie sowohl Verständnis als auch Handlungs- und Urteilsfähigkeit in Bezug auf ihre aktuelle und zukünftige Lebensumwelt entwickeln. Blickt man auf die Lebensumwelten, die in Anlehnung an die Psychologie oft als Realitätsbereiche bezeichnet werden, so lassen sich drei wesentliche übergreifende Realitätsbereiche in unserer Lebensumwelt identifizieren: die Natur, die Gesellschaft und die Technik. Das Thema Energie ist für alle drei Realitätsbereiche von hoher Bedeutung und prägt diese essenziell.

2.1 Realitätsbereiche der Lebensumwelt

Die Natur:

Sie bildet die Existenzgrundlage der Menschen ohne die Leben nicht möglich ist. In allen natürlichen Organismen finden energieumsetzende Prozesse statt. Für sämtliche Lebensvorgänge benötigt tierisches und pflanzliches Leben Energie, einschließlich des Menschen. Mit Blick auf die kulturelle Veränderung der Natur durch den Menschen wird diese einerseits durch die Erschließung von Energiequellen und Lagerstätten und andererseits durch die energieumsetzenden Prozesse immer stärker belastet.

¹ Aktuell unbenannt in innogy Stiftung für Energie und Gesellschaft.

Die Gesellschaft:

Hierzu zählen alle Formen der Beziehungen und Verhältnisse unter denen Menschen zusammenleben, um soziale Funktionen und menschliche Bedürfnisse zu befriedigen. Das gesellschaftliche Wohlstandsgebäude wird von einer meist nicht unmittelbar sichtbaren energieintensiven Industrie und Landwirtschaft getragen (Doménech et al. 2007). Energieumsetzende Systeme sind die notwendige Basis für eine Individualisierung der Lebensstile, Wohlstand, Konsum, Lebensqualität und Fortschritt.

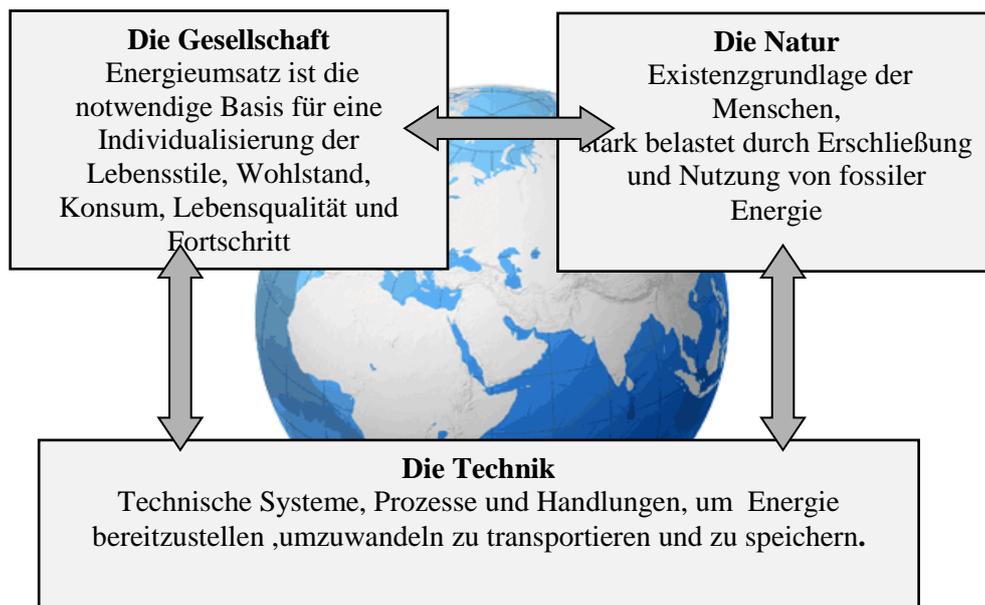


Abbildung 1: Realitätsbereiche der Lebensumwelt

Die Technik:

Technik ist ein fundamentaler Bereich menschlicher Kultur und wesentlicher Bestandteil unserer Lebensumwelt, die alle Lebensbereiche entscheidend prägt. Ohne technische Systeme ist es nicht möglich Energie bereitzustellen, umzuwandeln, zu transportieren und zu speichern. Ohne einen ständigen Fortschritt dieser technischen Systeme ist die Sicherung des Wohlstandes unserer Industrie-Gesellschaften aktuell und zukünftig nicht möglich. Im Sinne von Ropohl (1979) gehören zur Technik neben der Menge aller technischen Systeme auch die Handlungen, mit denen diese Systeme hergestellt werden und die Nutzung der technischen Systeme in der Arbeit, zur Lebenserhaltung und in der Freizeit.

2.2 Das Konzept der allgemeinen Technologie als Ausgangspunkt für eine interdisziplinäre Betrachtung der Energiethematik

Die Schwierigkeit und Herausforderung sich dem Thema Energiebildung unter einem allgemeinbildenden Anspruch zu nähern, besteht darin, dass es sich um ein hoch komplexes Thema handelt, das alle Realitätsbereiche des menschlichen Lebens betrifft, oft intransparent ist und einer hohen dynamischen Weiterentwicklung unterliegt. Mit Blick auf das

Schulsystem tangiert das Thema Energie in höchst unterschiedlicher inhaltlicher Ausgestaltung und Betrachtungstiefe die ganze Bandbreite des Fächerkanons, begonnen von den naturwissenschaftlichen Fächern (insbesondere Physik und Biologie), den technisch orientierten Fächern bis hin zu den Gesellschafts- und Sozialwissenschaften.

Entsprechend stellt sich die Frage mit welchen Konzepten sich die Energiethematik im Sinne einer auf die Mündigkeit abzielende Allgemeinbildung fächerübergreifend erschließen lässt. Hier bietet sich das Modell der allgemeinen Technologie in Anlehnung an Ropohl (1999) als ein möglicher Zugang an. Schaut man auf die Entstehungszeit dieser systemtheoretischen Modellvorstellung, könnte der Eindruck entstehen, das diese veraltet ist. Aber aufgrund des generalistisch-interdisziplinären Ansatz der auf allgemeine Funktion und Strukturprinzipien abzielt, sind die Konzepte aktueller denn je, da sie die Möglichkeit bieten eine immer komplexer technisierte und ökonomisierte Welt in ihren grundsätzlichen Strukturen begreifbar zu machen. Hilfreich für die Analyse möglicher Kontexte von Energiemündigkeit ist hier insbesondere das von Ropohl entwickelte Schema zur Darstellung von technologischen Problemen (siehe Abbildung 2), die das Beziehungsgeflecht zwischen Entstehungs-, Sach- und Verwendungszusammenhängen von Technik verdeutlicht sowie naturale, humane und soziale Dimensionen mit berücksichtigt.

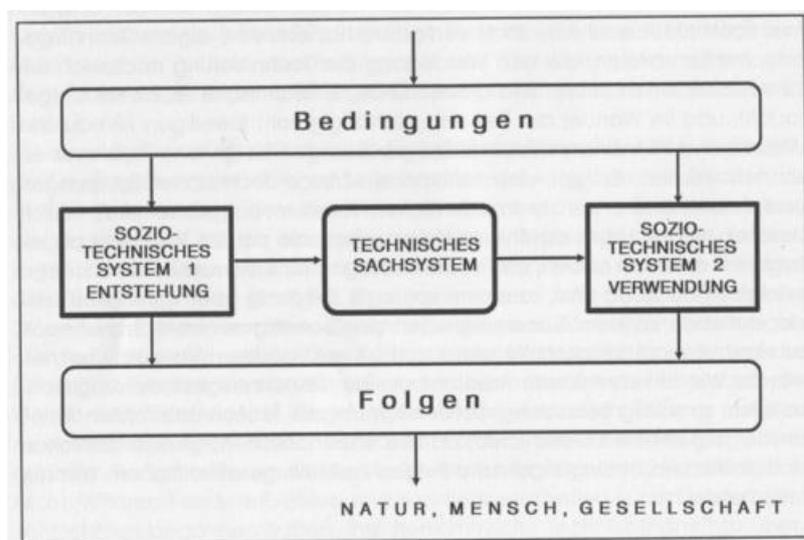


Abbildung 2: Schema technologischer Probleme (Ropohl 1999, S.44)

Das mit dem Schema verbundene Konzept soziotechnischer Systeme² ist mit Blick auf das Energiethema hilfreich zum Verständnis nicht deterministischer Systemzusammenhänge im Zusammenwirken von Technik und Mensch.

Im Folgenden wird nun versucht dieses allgemeine Schema zu nutzen, um den komplexen Kontext der Energiethematik zu verdeutlichen und um diesen in didaktischer Sicht - in

² Ein soziotechnisches System wird definiert als eine organisierte Menge von Menschen und mit diesen verknüpfte Technologien, welche in einer bestimmten Weise strukturiert sind, um ein spezifisches Ergebnis zu produzieren (Wikipedia 2016).

Hinblick auf die Konzeptionalisierung und Modellierung von Energiemündigkeit - nutzbar zu machen (siehe Abb. 3).

Bedingungen der Energienutzung

Energie stellt die notwendige Basis für eine Individualisierung der Lebensstile, Wohlstand, Konsum, Lebensqualität und Fortschritt dar. Ständig werden neue energieintensive Bedürfnisse generiert und die Nutzungsdauer von Produkten sinkt. Entsprechend steigt der weltweite Energiebedarf und die Konkurrenz um endliche Energieressourcen nimmt weltweit zu. Gleichzeitig ist ein Großteil der Weltbevölkerung von dieser Entwicklung ausgeschlossen (vgl. Fischer et al. 2015).

Soziotechnisches System I: Die Entstehung von energieumsetzenden Systemen und Prozessen.

Dieser Aspekt bleibt häufig in der Betrachtung des Themas Energie im Rahmen von Bildungsprozessen unberücksichtigt. Hierhinter verbirgt sich die grundlegende Erkenntnis, dass die energietechnischen Systeme, Produkte und Prozesse „nicht vom Himmel fallen“, sondern durch menschliches Handeln innerhalb von gesellschaftlichen Rahmenbedingungen entstehen. Hiermit verbunden ist das Wissen über grundsätzliche Ziele, Strategien und Prinzipien der Entwicklung von energietechnischen Systemen und Produkten.

Technische Sachsysteme des Energieumsatzes

Hierzu zählen alle vom Menschen künstlich geschaffenen Systeme zur technischen Veränderung von Energie. Die technischen Systeme haben die Aufgabe Energie bereitzustellen, umzuwandeln, zu transportieren und zu speichern. Aus didaktischer Sicht ist hiermit eng verbunden generalisierbares Wissen über allgemeine Funktions- und Strukturprinzipien von energietechnischen Systemen und Prozessen. Hierzu gehört auch die Erkenntnis, dass alle technischen Systeme auch den grundsätzlichen naturwissenschaftlichen Gesetzen unterliegen (z. B. den Gesetzen der Energieerhaltung und -entwertung). Mit Blick auf die aktuelle Situation der Energiegewinnung zeigt sich, dass der Anteil erneuerbarer Energien zur Deckung des Energiebedarfs bis heute nur unwesentlich gestiegen ist und nach wie vor fossile Kraftwerke und Kernkraftwerke den Großteil des Primärenergiebedarfs der Menschheit decken.

Soziotechnisches System II: Die Verwendung von energieumsetzenden Systemen und Prozessen.

In der Verwendung von Energie durch den Menschen im Rahmen soziotechnische Systeme von der Mikroebene (z. B. Haushalt) bis zur Makroebene (z. B. Staaten) sind Entscheidungsprozesse und Werturteile zur Nutzung von Energie unter wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Aspekten von besonderer Bedeutung.

Folgen der Energienutzung

Die Nutzung von Energie hat immer direkte oder indirekte Wirkungen auf Natur, Mensch und Gesellschaft. An erster Stelle sind hier zu nennen, die fortlaufenden Umweltbelastungen und zunehmende Knappheit fossiler Energieträger. Neben anderen wandlungsbedingten Umweltbelastungen, steigt der menschliche CO₂-Eintrag in die Erdatmosphäre stetig, obwohl

sich viele Länder verpflichtet haben, ihre Einträge zu reduzieren. Dabei wird häufig übersehen, dass Umweltschutzziele in einem Land dadurch erreicht werden in dem die Belastungen in ein anderes Land ausgelagert werden. Das wirft auch Gerechtigkeitsfragen auf. Welchen Anteil fossiler Energieträger dürfen wir nutzen und welchen Anteil müssen wir anderen Teilen der Weltbevölkerung und zukünftigen Generationen übrig lassen? Welche Umweltbelastungen dürfen wir verursachen, ohne ihnen die damit verbundenen Folgekosten aufzubürden (vgl. Brune 2013, Kap. 8).

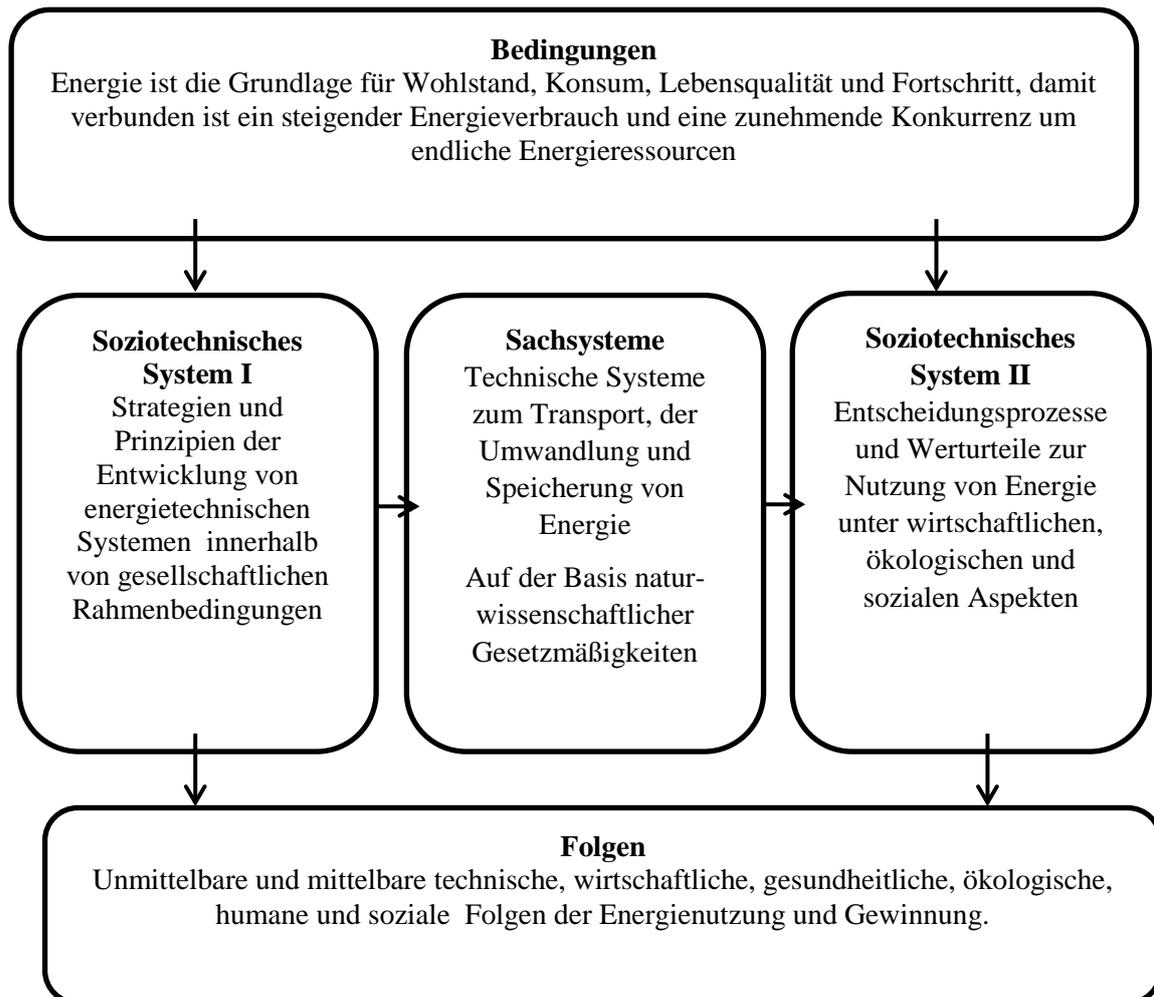


Abbildung 3: Schema energietechnologischer Kontexte (eigene Anfertigung)

Die Analyse energietechnologischer Kontexte an Hand des Schemas verdeutlicht die Komplexität der Thematik. Wenn eine Person kompetent am gesellschaftlichen Energiediskurs teilhaben und diesen mitgestalten will, setzt dieses idealerweise Wissen über Bedingungen der Energienutzung, das Beziehungsgeflecht zwischen Entstehungs-, Sach- und Verwendungszusammenhängen von Energie sowie naturale, humane und soziale Folgen der Energienutzung voraus. Erst dieses Wissen befähigt eine Person dazu, Energiezusammenhänge in unterschiedlichen Realitätsbereichen aus verschiedenen Handlungsperspektiven umfassend zu erkennen, zu verstehen und kritisch zu bewerten.

3 Modellierung von Energiemündigkeit als Ausgangspunkt für die Testentwicklung

Im Kapitel zwei wurde der Kontext von Energiemündigkeit auf Basis einer systemtheoretischen Perspektive in einem ersten Schritt in seinen wesentlichen Strukturen und Elementen umrissen. Darauf aufbauend wurde eine Modellvorstellung entwickelt, mit deren Hilfe es möglich ist Testaufgaben zu gestalten, mit denen die messtechnische Erfassung des Konstrukts Energiemündigkeit ermöglicht wird.

Der Modellbildungsprozess erfolgte auf Basis von verschiedenen Workshops mit Fachdidaktikern und Lehrern aus unterschiedlichen Fächern und einer umfangreichen Literaturanalyse. Aufgrund der Interdisziplinarität und Vielschichtigkeit des Themas wurden Theorien, Befunde und Erkenntnisse aus den Bereichen: naturwissenschaftliches Energiekonzept (vgl. Millar 2005; Duit 2007; Nordine et al. 2011; Viering 2012), umweltbezogene und gesellschaftliche Aspekte der Energienutzung (vgl. Pelte 2009; Schabbach & Wesselak 2012; Diekmann & Rosenthal 2013; Smil 2008), Bewertung und Analyse von Energiesystemen (vgl. Sørensen 2011; Eliasson & Lee 2012, Kap. 8; Kaltschmitt et al. 2013, Kap. 5) und Technikfolgenabschätzung (vgl. VDI-Richtlinie 3780) sowie zum Mündigkeitsbegriff (vgl. Roth 1976) ausgewertet. Die Ergebnisse des Modellbildungsprozesses können hier nur verkürzt im Ergebnis dargestellt werden.

Die dem Modell zu Grunde liegende Prämisse ist, das Wissen in Bezug auf die Energiemündigkeit erst sichtbar und somit empirisch zugänglich wird, wenn dieses in einem situativen Kontext zur Anwendung kommt. In der Konsequenz bedeutet das, dass man sich einerseits differenziert auseinandersetzen muss mit dem Wissen und Werthaltungen einer Person, aber auf der anderen Seite genauso differenziert die Kontexte betrachten muss, in denen sich das Wissen entfalten kann. Da es sich bei den kognitiven Fähigkeiten, die die Energiemündigkeit ausmachen, in wesentlichen Bereichen um systemisches Wissen und generalisierbare Konzepte und Strategien handelt, zeigt sich die Energiemündigkeit einer Person insbesondere darin, inwiefern es dieser gelingt, solche allgemeinen Strategien und Konzepte in höchst unterschiedlichen, konkreten Handlungssituation und Realitätsbereichen erfolgreich anzuwenden. Entsprechend wurde bei der Modellbildung ein besonderes Augenmerk darauf gelegt, auch die situativen Kontexte systematisch zu erfassen und nach übergeordneten Gesichtspunkten zu strukturieren. Im Ergebnis ist ein Modell entstanden, das zunächst grundsätzlich zwischen einer personalen und situativen Dimension unterscheidet. Mit der personalen Dimension sind die unterschiedlichen Inhaltsbereiche des Wissens und die Werthaltungen einer Person verbunden. Die situative Dimension umfasst die Kategorisierung und Beschreibung möglicher Anwendungskontexte, in der das Wissen der Person zur Anwendung kommen kann.

Zur personalen Dimension zählen fächerübergreifend gültige Aspekte des **naturwissenschaftlichen Konzeptwissens** (Energieformen, die Wandlung und Übertragung von Energie, Energieerhaltung und Energieentwertung.), alltagspraktisches Energiewissen, Bewertungswissen und Wertzuschreibungen.

Unter dem **alltagspraktischen Energiewissen** wird Faktenwissen subsumiert, das erforderlich ist, um begründete Entscheidung oder Bewertungen in Bezug auf den Nutzen und Einsatz energieumsetzender Systeme und Technologien vornehmen zu können. Hierzu gehört beispielsweise, dass man ungefähr abschätzen kann, welche Leistung typische Elektrogeräte im Haushalt haben oder wie hoch zur Zeit der Anteil der erneuerbaren Energien im Strom-Mix ist.

Das **Bewertungswissen** umfasst die Fähigkeit unmittelbare und mittelbare technische, wirtschaftliche, gesundheitliche, ökologische, humane und soziale Folgen abschätzen zu können, um begründete Entscheidungen zu treffen. Bei solchen Bewertungsprozessen ist die Berücksichtigung räumlicher (z. B. räumliche Trennung von Energieerzeugung und Nutzung) und zeitlicher Aspekte (z. B. Lebenszyklus von Produkten) von besonderer Bedeutung.

Unter **Werthaltungen** verstehen wir die Bedeutung, die jemand mit einem Gegenstand assoziiert. Durch eine positiv empfundene Bedeutung von Energie aus den verschiedenen Handlungsperspektiven, steigt die Bereitschaft sich mit Energiezusammenhängen auseinanderzusetzen. Damit soll berücksichtigt werden, dass ein so komplexes Konstrukt wie die Energiemündigkeit nicht alleine auf kognitive Aspekte zu reduzieren ist.

Genauso wichtig wie eine genaue Analyse der personalen Dimension ist eine genaue Betrachtung der situativen Kontexte, in denen Wissen zur Anwendung kommt. Hier zeigte sich, dass eine zweidimensionale Matrix besonders geeignet erscheint, um die möglichen situativen Kontexte strukturiert zu erfassen. Die erste Ebene der Matrix bildet eine Unterteilung in drei verschiedene Handlungsbereiche. Als Handlungsbereiche werden in Anlehnung an das Mündigkeitskonzept nach Roth die Bereiche sachliche, persönliche und soziale Perspektiven ausgewiesen. Das spiegelt die unterschiedlichen Bedeutungsfacetten von Energie wieder. Auf Sachebene ergibt sich die Bedeutung von Energie aus der Tatsache, dass kein Vorgang im Universum abläuft ohne das sich Energie wandelt und ihr Nutzwert abnimmt. Dadurch besitzt das Energiekonzept eine elementare Bedeutung für alle Naturwissenschaften und Technik. Auf persönlicher und sozialer Ebene ergibt sich die Bedeutung daraus, dass die Art der Energienutzung die Lebensqualität bedingt und gleichzeitig die Umwelt belastet. Durch die Berücksichtigung mehrerer Handlungsperspektiven können energiebezogene Sachverhalte bei ihrer Bewertung mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen belegt werden.

Die zweite Ebene der Matrix bildet die Einteilung in unterschiedliche Realitätsbereiche. Hier wird zwischen der natürlichen Umwelt, der Biosphäre und der vom Menschen geschaffene Wirklichkeit (Technosphäre) unterschieden. Neben ihrem Ordnungscharakter liefert die Zuordnung zu Realitätsbereichen Hinweise dazu, wie die inhaltlichen Aspekte gewichtet werden müssen.

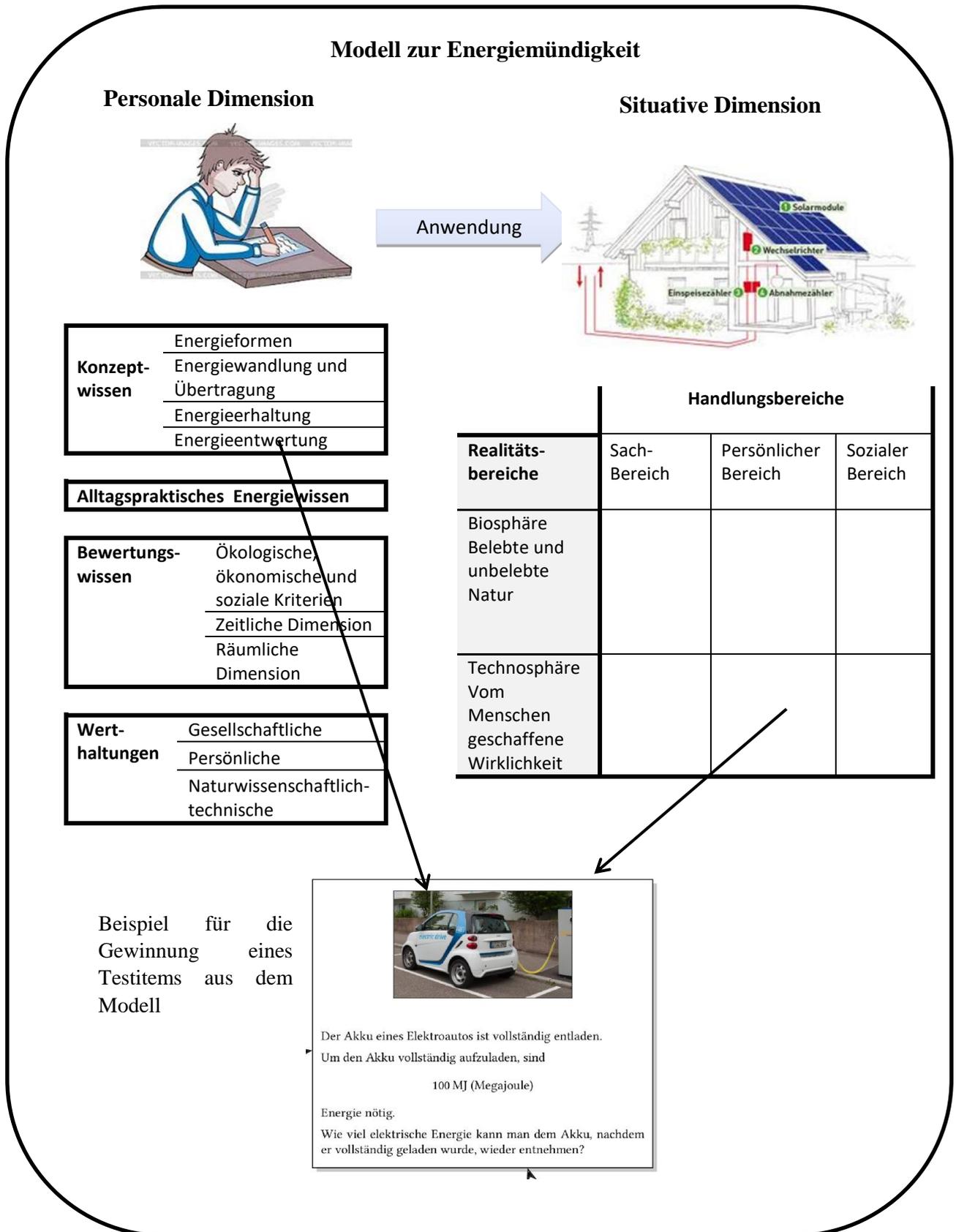


Abbildung 4: Modell zur Energiemündigkeit

Zusammengefasst lässt sich Energiemündigkeit dementsprechend definieren, als die Fähigkeit und Bereitschaft Energiezusammenhänge verschiedener Realitätsbereiche durch inhaltliche Aspekte aus unterschiedlichen Handlungsperspektiven zu erkennen, zu verstehen und kritisch zu bewerten, um kompetent am gesellschaftlichen Energiediskurs teilzuhaben und ihn mit zu gestalten.

Auf Basis des dargestellten Modells (siehe Abb. 4) gelang es nun systematisch Aufgabenstellungen zu entwickeln. Der Ausgangspunkt einer jeden Testaufgabe besteht in der Kombination eines Feldes aus der Matrix, der personalen Dimension mit einem Feld aus der Matrix der situativen Dimension, so dass gewährleistet wird, dass jedes Testitem auch einen konkreten situativen Bezug hat. Zum Beispiel ist in der Kombination des Inhaltsbereichs Konzeptwissen, Teilaspekt Energieentwertung auf Seiten der Person in Kombination mit der situativen Dimension, handeln im persönlichen Bereich mit Bezug auf den Realitätsbereich der Technosphäre, eine Testaufgabe erwachsen, die sich auf die Nutzung eines Elektroautos bezieht (siehe Abb.4). Der Akku eines Elektroautos wird mit 100 MJ Energie geladen. Es stellt sich die Frage wie viel Energie kann dem Akku entnommen werden, nach dem dieser vollständig geladen wurde. Hier werden Antworten kleiner 100 MJ erwartet. An diesem Testitem zeigt sich inwiefern es einer Person gelingt generalisierbares Konzeptwissen (hier der Aspekt der Energieentwertung) in einer konkreten Alltagssituation zu übertragen und anzuwenden.

4 Testentwicklung und Validierung

4.1 Testplanung

Ziel war die Entwicklung eines in zwei Abschnitte gegliederten Testinstruments. Im ersten Abschnitt soll die affektive Komponente, energiebezogene Wertvorstellungen, erfasst werden. Der zweite Abschnitt soll die kognitiven Facetten der Energiemündigkeit: konzeptuelles Energiewissen, alltagspraktisches Energiewissen und energiebezogenes Bewertungswissen erfassen.

Die maximale Testzeit wurde auf 40 Minuten festgelegt. Dies ist im schulischen Kontext ein angemessener Kompromiss zwischen der Belastung der Schülerinnen und Schüler und einer möglichst hohen Anzahl an zu bearbeitenden Items. Die Bearbeitungszeit ist so bemessen, dass nach einer einleitenden Instruktionsphase jeder Proband alle Aufgaben in einer Schulstunde lösen kann.

4.2 Testaufgabenformate

Nach Kauertz (2008) besitzen Testaufgaben drei Merkmalsklassen: formale, inhaltliche und kognitive Merkmale. Formale Aufgabenmerkmale beziehen sich auf die unmittelbar sichtbaren Merkmale des Aufgabentextes und des Antwortformats. Die kognitiven Merkmale beziehen sich auf kognitive Prozesse, die zur erfolgreichen Lösung der Aufgabe nötig sind und die inhaltlichen Merkmale charakterisieren die fachlichen Inhalte und den Realitätsausschnitt in den der Inhalt semantisch eingebettet ist.

Für Aufgaben in den Teilbereichen wurde bezüglich der drei Merkmalsklassen systematisch Entscheidungen getroffen.

4.2.1 Entscheidung auf formaler Ebene

Für Items des affektiven Bereichs wurde eine endpunktbenannte Likert-Skala gewählt. Befragte geben auf einer fünfstufigen Rating-Skala – von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme zu“ – an, wie stark sie einer Aussage zu wertbezogenen, energiespezifischen Valenzüberzeugung zustimmen.

Items der beiden kognitiven Skalen „Konzeptwissen“ und „alltagspraktisches Wissen“ wurden in einem Zwei-Ebenen-Antwortformat formuliert. Auf der ersten Ebene wird eine inhaltliche Frage gestellt, zu der es eine oder mehrere geschlossene Antworten mit genau einer richtigen Antwort gibt. Auf der zweiten Antwortebene, müssen die Befragten auf einer zweistufigen Skala einschätzen, wie sicher sie sich mit der zuvor ausgewählten Antwort sind. Abb. 5 verdeutlicht das Prinzip anhand eines entwickelten Items.

Aufgabe 16



Es ist dunkel und Peter möchte ein Buch lesen. Deshalb steckt er den Stecker einer Lampe in die Steckdose und schaltet sie ein.

 *Kreuze an, ob die Aussagen richtig oder falsch sind!*

16.1 Die Lampe wandelt elektrische Energie vollständig in Strahlungsenergie des Lichts um.

Richtig | Falsch

Wie sicher warst du dir? eher sicher eher geraten

Abbildung 5: Illustration des Itemformats anhand einer ausgewählten Testaufgabe

Auf der ersten Antwortebene soll eingestuft werden, ob die Aussage richtig oder falsch ist. Der Befragte setzt sein Kreuz entweder bei „Richtig“ oder „Falsch“. Auf der zweiten Antwortebene schätzt der Befragte ein, ob er sich bei der vorangegangenen Antwort entweder „eher sicher“ war oder ob er tendenziell „eher geraten“ hat.

Die Entscheidung für dieses außergewöhnliche Format wird vor dem Hintergrund des Mündigkeitskonzepts plausibel. Demnach ist es nicht nur wichtig, dass eine Person über korrekte Wissensstrukturen verfügt, sondern auch, dass sich ihre Kenntnisse in Entscheidungen manifestieren. Nach Khan et al. (2001) hängt die Wahrscheinlichkeit, dass Wissen bei einer Entscheidungsfindung genutzt wird, von der metakognitiven Komponente des Zutrauens in die Richtigkeit desselbigen ab. Hohes Zutrauen in die Korrektheit des eigenen Wissens macht dessen Anwendung wahrscheinlich. Niedriges Zutrauen hingegen, lässt es mit höherer Wahrscheinlichkeit ungenutzt. Die Kombination aus „Korrektheit des Wissens“ und „Zutrauen in dessen Korrektheit“ wird beim klassischen Multiple-Choice-

Antwortformat nicht erfasst. Hinzu kommt, dass es schwierig ist die Ratewahrscheinlichkeit zu kontrollieren. Obwohl vielfach die Daumenregel - dass sich die Ratewahrscheinlichkeit umgekehrt proportional zur Distraktorenanzahl verhält – angewendet wird, kann man nicht von ihrer Richtigkeit ausgehen (Hestenes & Halloun, 1995). Dazu müsste man erst sicherstellen, dass die Plausibilität der Antwortalternativen ähnlich groß ist. Dies macht die Itemkonstruktion erheblich aufwendiger.

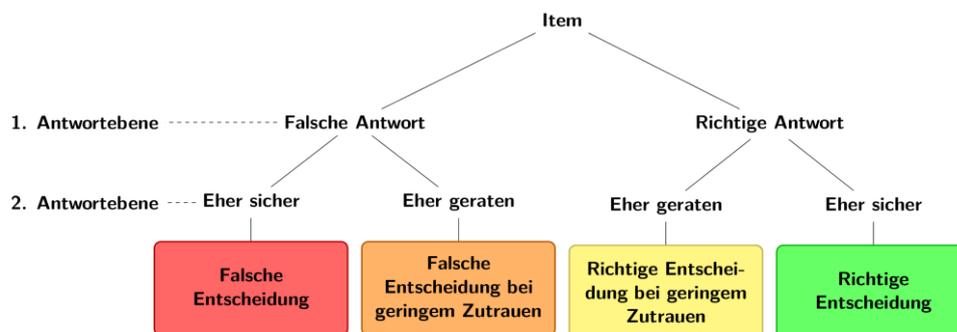


Abbildung 6: Illustration der Antwortalternativen

Im Gegensatz zur Kategorisierung von Antworten in „Richtig“ und „Falsch“ beim Multiple-Choice-Antwortformat, ergeben sich beim Zwei-Ebenen-Antwortformat vier Antwortkategorien (siehe Abb 6). Es gibt die „Falsche Entscheidung“, die „Falsche Entscheidung bei geringem Zutrauen“, die „Richtige Entscheidung bei geringem Zutrauen“ und die „Richtige Entscheidung“. Auf konzeptueller Ebene kann die „Falsche Entscheidung“ ein Indikator für eine alternative Vorstellung oder ein Misskonzept sein (Eshach 2014). Bei „Falschen Entscheidungen“ kann davon ausgegangen werden, dass auf Grund des hohen Zutrauens in die Richtigkeit des Wissens, das Wissen mit höherer Wahrscheinlichkeit reale Entscheidungen beeinflusst. Der Nutzen realer Entscheidungen, die auf Basis von Misskonzepten getroffen werden, ist entweder gering oder sie können sich im schlimmsten Fall sogar negativ auswirken. Bei Entscheidungen mit geringem Zutrauen sind negative Auswirkungen unwahrscheinlich, weil das Wissen vermutlich eher zögerlich eingesetzt wird. Lediglich bei der „Richtigen Entscheidung“ kann man mit höherer Wahrscheinlichkeit davon ausgehen, dass das dahinterliegende Wissen in realen Kontexten zur Anwendung kommt und die Auswirkungen entsprechend positiv sind.

Ein weiterer Vorteil des Zwei-Ebenen-Antwortformats ist, dass man systematisch zwischen tendenziell geratenen und eher gewussten Antworten unterscheiden kann. Hält man diese Unterscheidung bei der Auswertung der Daten bei, führt das zu einem Anstieg der Validität der Ergebnisse (Milenković et al. 2016).

Items der kognitiven Skala „Bewertungswissen“ wurden in einem offenen Antwortformat als Kurzaufsatzaufgaben formuliert. Ein Nachteil des Antwortformats ist, dass insbesondere die Schreibfähigkeit und die Selbstwirksamkeitserwartungen der Befragten zur konstruktirrelevanten Varianz beitragen (Porst 2013, S. 56 f.). Ein wichtiges Argument für das Antwortformat ist, dass man bislang wenig über die energiebezogene Bewertungskompetenz von Schülerinnen und Schülern am Ende der Sekundarstufe I weiß. Das macht die Menge der

möglichen Antwortalternativen unüberschaubar. Dadurch ist eine Überführung in ein geschlossenes Antwortformat nicht möglich.

4.2.2 *Entscheidung auf inhaltlicher und kognitiver Ebene*

Für jede Teildimension der Energiemündigkeit wurden nach dem deduktiven Prinzip Items entwickelt (Lienert & Ratz 1994). Grundlage für die Itementwicklung auf inhaltlicher Ebene war das Modell zur Energiemündigkeit (siehe Abb. 4) und weitere inhaltliche Präzisierungen, die auf Basis des Modells vorgenommen wurden. Bei der Auswahl der Kontexte wurde darauf geachtet, dass diese dem Erfahrungsschatz von Schülerinnen und Schülern am Ende der Sekundarstufe I entsprechen. Wo es möglich war wurden Bilder verwendet um den Kontext weiter zu illustrieren und den Cognitive Load zu reduzieren (Paas et al. 2003).

In der aktuellen Version enthält das von uns entwickelte Modell noch keine Annahmen über kognitive Prozesse, die bei der Bewältigung bestimmter Anforderungen durchlaufen werden. Trotzdem gehen wir davon aus, dass die Aufgaben auf Grund der Breite des zu erfassenden Konstrukts, auch ohne eine systematische Variation der kognitiven Anforderungen ein breites Spektrum von Schwierigkeitsniveaus abdecken.

Bei der Itementwicklung wurden zum Teil Items aus schon bestehenden Testwerkzeugen adaptiert und in das verwendete Antwortformat transformiert. Für den Bereich alltagspraktisches Wissen wurden sieben Items aus dem Energy Literacy Questionnaire von DeWaters (2013) entnommen und an die deutschen Energieverhältnisse angepasst. Sechs Items stammen aus dem Testinstrument der Energiebildungsstudie (Euler 2013). Die restlichen neun der 22 Items sind Neuentwicklungen.

Die Entwicklung von Items zum konzeptuellen Wissen wurde angeregt durch Viering (2012) und energiebezogene Items des AAAS Project 2061 Science Assessment (Herrmann-Abell & DeBoer 2014).

4.3 **Testvalidierung**

Um Augenschein- und Inhaltsvalidität sicherzustellen, wurden acht Experten³ gebeten, das Instrument auf fachliche Richtigkeit zu prüfen. Unter den Experten waren drei Professoren und zwei Doktoranden aus einem naturwissenschaftlich-, technischen Fachbereich und drei erfahrene Gymnasiallehrer mit naturwissenschaftlichen Fakultas. Die Experten wurden gebeten den Test zu bearbeiten, jedes einzelne Item zu kritisieren, zu prüfen ob sich ein Item eindeutig auf ein präzisiertes Ziel von Energiemündigkeit bezieht und ob die Formulierungen einfach, einheitlich und eindeutig sind. Zusätzlich wurden sie gebeten, das gewählte Item-Format zu kritisieren. Mit jedem Experten gab es ein Treffen um Vorschläge und Hinweise zu diskutieren. Daraufhin wurden einige Items modifiziert oder aus dem Pool entfernt. Nur die Items wurden festgehalten, die alle Experten als geeignet eingestuft haben.

³ Die Anzahl der hinzugezogenen Experten fällt in die Größenordnung, die in der Literatur zu Inhaltsvalidierungen gefordert wird. Yaghmaei (2003) schlägt drei Experten vor. Rubio et al. (2003) empfehlen drei bis zehn Experten.

Zur weiteren Bestätigung der Validität wurde der Antwortprozess von Schülerinnen und Schülern der Zielgruppe analysiert. Dadurch ließ sich die kritische Frage beantworten, ob Personen der potentiellen Zielgruppe die Items im Sinne des Itemkonstruktors interpretieren. Die Passung zwischen der intendierten- und der tatsächlichen Interpretation ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal für hochwertige Messinstrumente (Artino et al. 2014).

Der Antwortprozess, der bei der Bearbeitung der Testaufgaben abläuft, wurde qualitativ mit der Methode des Lauten-Denkens erfasst und untersucht. Dazu wurden zwölf Schülerinnen und Schüler der potentiellen Zielgruppe interviewt. Die ausgewählten Schülerinnen und Schüler wurden vor dem Interview instruiert den Test vollständig zu bearbeiten, die Aufgaben laut vorzulesen und all jene Gedanken laut auszusprechen, die ihnen bei der Bearbeitung der Aufgaben durch den Kopf gingen. Hierbei unterstützte der Interviewer die Aktivitäten, indem er die Interviewpartner fortlaufend ermutigte, alle Gedanken zu verbalisieren. Während der Befragung wurden missverstandene Items markiert. Im Anschluss wurde im Dialog erörtert, wie man bei den markierten Items zum intendierten Verständnis gelangt. Die Interviews wurden auditiv aufgezeichnet und dauerten zwischen 42 und 65 Minuten. Bei der folgenden Analyse der Aufzeichnungen, wurde untersucht ob die Befragten auf lösungsrelevante Wissensbestände zurückgriffen oder andere unerwünschte Lösungswege verwendeten. Es wurde festgestellt, dass keine unerwünschten Lösungsstrategien oder einfache Lösungsheuristiken zur Anwendung kamen. Es darf aber nicht unerwähnt bleiben, dass Antwortverzerrungen bei dieser Methode wahrscheinlich sind. Alleine durch die Interaktionssituation zwischen Interviewer und Befragten ist davon auszugehen, dass die geäußerten Gedanken und Meinungen elaborierter sind als in der realen, anonymisierten Testsituation (Mühlenfeld 2004). Die Teilnehmer waren nicht Teil der finalen Befragung. Die Methode des Lauten-Denkens führte zur Umformulierung einiger Items. Die vollständige Entfernung von Items erschien nicht nötig.

Als weitere Maßnahme zur Sicherstellung der inhaltlichen Validität des Testwerkzeugs, wurde eine Lehrkräftebefragung durchgeführt. Dazu wurde untersucht ob die Anforderungen, die die Items an Schülerinnen und Schüler am Ende der Sekundarstufe I stellen, in den Fächern Biologie, Chemie, Geographie, Physik und Technik wichtig sind. 114 Lehrkräfte an Gymnasien, Gesamtschulen und Realschulen in Nordrhein-Westfalen, nahmen an einer entsprechenden Online-Befragung teil. Die Befragung ergab, dass die inhaltlichen Anforderungen eines jeden Items zumindest in einem der oben genannten Fächer wichtig ist.

5 Testdurchführung

5.1 Pilotierung

Eine erste Testversion mit insgesamt 22 Aufgaben im affektiven Bereich und 63 Aufgaben im kognitiven Bereich wurde von $N = 112$ Schülerinnen und Schülern unter realen Erhebungsbedingungen an zwei Gymnasien und einer Gesamtschule erprobt. 44,2 % der Befragten waren weiblich, 51,3 % männlich und 4,5 % gaben ihr Geschlecht nicht an.

Neben der Kontrolle der Bearbeitungszeit war das Ziel der Pilotierung, die Selektion von Items aufgrund von Itemschwierigkeiten und Trennschärfen und eine Kontrolle der internen Konsistenz der Skalen. Die interne Konsistenz für den affektiven und kognitiven Bereich fiel mit 0,81 und 0,78 berechnet nach Cronbach's Alpha zufriedenstellend aus.

Im kognitiven Bereich wurden Items überarbeitet oder entfernt, die eine Trennschärfe von $< 0,2$ oder eine Lösungshäufigkeit von unter 20 % hatten und gleichzeitig nicht geeignet waren, ein Misskonzept nachzuweisen. Ein Misskonzept-Item liegt nach unserer Definition dann vor, wenn sich mindestens 20 % der Befragten auf der zweiten-Antwortebene „sicher“ sind und sich gleichzeitig auf der ersten Ebene für die falsche Antwort entschieden haben. Insgesamt wurden daraufhin vier Items entfernt und zwölf Items überarbeitet.

5.2 Population und Stichprobe

Die Testdurchführung erfolgte mit $N = 305$ Schülerinnen und Schülern an acht nordrhein-westfälischen Schulen in insgesamt 14 Klassen am Ende der Sekundarstufe I. Darunter zwei Realschulen, drei Gesamtschulen und drei Gymnasien. In den Gesamtschulen und den Realschulen wurde in Klasse 10 getestet. In den Gymnasien in Klasse 9. 38,1 % der Befragten waren weiblich, 56,3 % männlich und 5,6 % gaben ihr Geschlecht nicht an. Die Erhebung wurde im Rahmen des regulären Unterrichts durchgeführt. Die Teilnahme war für alle zum Zeitpunkt anwesenden Schülerinnen und Schüler verpflichtend.

Weil ein Effekt des Unterrichtskontextes auf den Antwortprozess zu erwarten ist, wurde darauf geachtet, dass die Testung bei allen Klassen in Unterricht des gleichen Faches eingebettet war. Bedingt durch die heterogenen Rahmenbedingungen an den teilnehmenden Schulen, konnte der Unterrichtskontext nicht konstant gehalten werden. An sechs teilnehmenden Klassen wurde die Testung im Unterrichtsfach Physik, an zwei in Chemie, an zwei in Biologie und an vier in Technik durchgeführt.

Der Testzeitraum erstreckte sich von Februar 2016 – Juni 2016. Alle Befragten hatten zur vollständigen Bearbeitung des Fragebogens 40 Minuten Zeit. Davor wurden sie in einer 5 minütigen Instruktionsphase über den Zweck und die korrekte Vorgehensweise bei der Beantwortung von Items des Fragebogens informiert. Außerdem wurden die Schülerinnen und Schüler darüber informiert, dass die Daten vertraulich behandelt werden, ihre Identität nicht zurückverfolgt werden kann und der Test keinen Effekt auf ihre Schulnoten hat.

5.3 Datenerfassung und Analyse

Die ausgefüllten Fragebögen wurden mit einem Scanner digitalisiert. Mit Hilfe der optischen Erkennungssoftware SDAPS wurden die Antworten in ein numerisches Format transformiert. Die Aufbereitung der Daten und statistische Berechnungen wurden mit der Statistik-Software R durchgeführt.

Antworten in den affektiven Skalen wurde ein Wert proportional ihrer gewünschten Richtung zugeordnet. Der am wenigsten gewünschten Antwort wurde eine Eins und der am meisten gewünschten eine Fünf zugeordnet. Stimmt beispielsweise ein Proband der Aussage *Wie wir*

Energie nutzen, spielt eine wichtige Rolle für eine intakte Umwelt voll zu, erhält er dafür fünf Punkte. Stimmt er der Aussage gar nicht zu, erhält er einen Punkt. Der Gesamtwert eines Probandes bezüglich der Skala entspricht der aufsummierten Punkte.

Aus Antworten in den kognitiven Skalen „Konzeptwissen“ und „alltagspraktisches Wissen“ wurden auf Grund des Zwei-Ebenen-Formats insgesamt vier Testwerte abgeleitet (siehe Abb. 6). Ein Testwert den wir *RE (Richtige Entscheidungen)* nennen, entspricht der Anzahl der Aufgaben, bei denen ein Proband auf der ersten Antwortebene die richtige Auswahl getroffen hat und auf der zweiten Ebene angegeben hat sich sicher zu sein. Der Testwert *REGZ (Richtige Entscheidungen bei geringem Zutrauen)* entspricht der Anzahl der Aufgaben, bei denen ein Proband ebenfalls auf der ersten Antwortebene richtig lag, aber auf der zweiten Ebene angegeben hat eher geraten zu haben. Entsprechend gibt es die Testwerte *FE (Falsche Entscheidungen)* für falsche Antworten auf der ersten Antwortebene.

Zum Zeitpunkt der Einreichung des Artikels waren die Antworten auf die offenen Fragen zum energiespezifischen Bewertungswissen noch nicht vollständig ausgewertet.

6 Erste Ergebnisse

6.1 Gesamtergebnis

Die nachfolgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über die erreichten Testwerte im kognitiven und affektiven Bereich, als auch zu den Kennzahlen der Gütekriterien Reliabilität, Trennschärfe und Diskriminierung des Testwerkzeugs. Dabei ist zu beachten, dass die Kennwerte des kognitiven Bereichs einmal bezüglich der „Richtigen Entscheidungen“ und einmal bezüglich der „Falschen Entscheidungen“ berechnet wurden.

	Kognitiver Bereich (richtige Entscheidungen)	Kognitiver Bereich (falsche Entscheidungen)	Affektiver Bereich
N	305	305	305
Mittelwert (%)	0,34	0,23	0,62
Median (%)	0,32	0,24	0,65
Mittl. Item Schwierigkeit ± SD	0,34 ± 0,21	0,23 ± 0,12	-
Mittl. Antwort ± SD	-	-	3,53 ± 0,24
Mittl. Item Trennschärfe ± SD	0,33 ± 0,14	0,21 ± 0,12	0,51 ± 0,21
Cronbach's alpha	0,84	0,76	0,87
Ferguson's delta	0,96	0,92	0,97

Tabelle 1: Zentrale Testergebnisse und Gütekriterien des Testwerkzeuges

Beide Skalen scheinen intern konsistent zu sein, wie die Werte für Cronbach's alpha von 0,76 – 0,87 nahe legen. Eine weitere wichtige Forderung an die Skalen ist, dass sie möglichst gut Leistungsunterschiede auflösen. Ein Maß dafür ist Ferguson's delta, das angibt, wie sich die erzielten Gesamtwerte der Befragten über den möglichen Wertebereich einer Skala verteilen (Wuttiprom 2009). Wenn Ferguson's delta für eine Skala grösser als 0,9 ist, dann bietet die Skala eine gute Diskriminierung (Ding et al. 2006). Die untersuchten Skalen haben ein Ferguson's delta von 0,92 – 0,97 und damit ein gutes Auflösungsvermögen.

6.2 Ergebnisse in Bezug auf das energiebezogene Konzeptwissen und alltagspraktische Wissen

Bezüglich des kognitiven Bereichs legen die Ergebnisse (siehe Tabelle 1) nahe, dass Schülerinnen und Schüler an den untersuchten Schulen am Ende der Sekundarstufe I nur über rudimentäres und fragmentiertes Energiewissen verfügen. Im Durchschnitt haben sich im kognitiven Bereich die Befragten bei 34 % der Aufgaben „sicher“ für die richtige Antwort und bei 23 % der Aufgaben „sicher“ für die falsche Antwort entschieden. Das bedeutet, dass sich 40 % der sicher gelösten Aufgaben aus alternativen Vorstellungen bzw. Misskonzepten speisen. Bei durchschnittlich 43 % der Aufgaben wurde auf der zweiten Antwortebene angegeben „eher geraten“ zu haben.

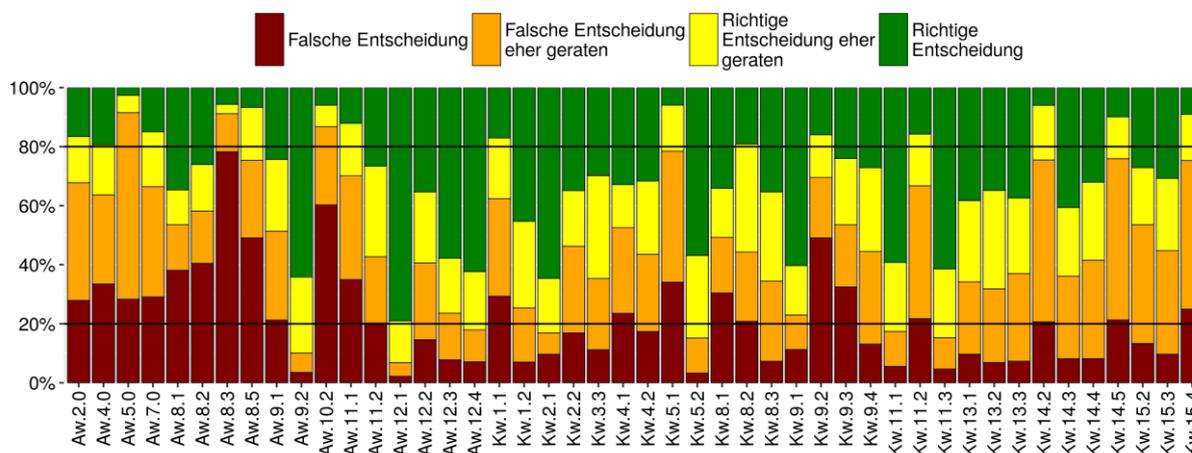


Abbildung 7: Antwortverteilung pro Item

In Abbildung 7 ist die Antwortverteilung für jedes Item dargestellt. Man kann deutlich erkennen, dass es einige wenige Aufgaben gibt, bei denen die Befragten mehrheitlich die richtige Entscheidung trafen. Gleichzeitig sieht man eine große Anzahl von Aufgaben, bei denen 20% und mehr der Befragten die falsche Entscheidung getroffen haben. Bei knapp 85 % der Items haben sich mehr als 50 % der Befragten auf der zweiten Antwortebene für „eher geraten“ entschieden. Das spricht entweder für sehr schwache Assoziationen, für ein geringes Zutrauen in das eigene Wissen oder schlicht dafür, dass tatsächlich geraten wurde.

Beispiele für Bereiche in denen besonders viele falsche Entscheidungen getroffen wurden, sind:

- *Energieversorgung*: 22 % der Befragten sind sich sicher, dass Atomkraftwerke den größten Anteil an der elektrischen Energieversorgung in Deutschland haben. Nur 17 % haben sich richtig für Kohlekraftwerke entschieden, wobei mehr als 50 % eher geraten hat. Gleichzeitig sind sich ein Fünftel sicher, dass Erdgas und Kohle die Energieträger sind, deren Anteil an der benötigten Gesamtenergie in den Bereichen Dienstleistung, Gewerbe, Handel, Industrie, Verkehr und Haushalte am größten ist. Nur 4% sind sich sicher, dass wir auf gesellschaftlicher Ebene am stärksten von Mineralöl abhängig sind.
- *Energienutzung*: Fast ein Viertel der Befragten (24 %) sind sich sicher, dass die Beleuchtung oder Kochen, Waschen und Bügeln im durchschnittlichen Privathaushalt die meiste Energie benötigt. Nur knapp 20 % wussten, dass das Beheizen der Wohnräume im jahreszeitlichen Mittel mit Abstand die größte Energiemenge benötigt. Die meisten Befragten haben auch hier eher geraten.
- *Energieentwertung*: Über mehrere Aufgaben gemittelt, sind sich 22 % der Schülerinnen und Schüler sicher, dass bei realen Energiewandlungsketten keine Wärme an die Umgebung abgegeben wird. Nur 14 % sind sich sicher, das es der Fall ist.
- *Umweltauswirkungen*: Nur 14 % der Befragten sind sich sicher, dass das Sparen von Energie (weniger Energie zu nutzen) die umweltfreundlichste und kostengünstigste Maßnahme ist. Tatsächlich gehen 20 % fälschlicherweise davon aus, das es umweltfreundlicher ist, wenn man den Anteil an Energie nicht spart, sondern anteilig Kohlekraftwerke durch Windkraftanlagen substituiert.

Ähnliche Trends hat auch Euler (2013) in seiner Energiebildungsstudie aufgedeckt. Auch international wurden ähnliche Tendenzen nachgewiesen (DeWaters 2011).

6.3 Ergebnisse in Bezug auf energiebezogene Einstellungen und Werthaltungen

Die durchschnittlichen Werte im affektiven Bereich fallen deutlich höher aus als im kognitiven Bereich. Die Befragten stimmen tendenziell den gewünschten Antworten zu.

Das bedeutet, dass auf gesellschaftlicher Ebene eine Mehrheit der Aussage zustimmt, dass die Energieversorgung ein Schlüsselproblem der Menschheit ist und die Auseinandersetzung mit Energiefragen in Zukunft immer bedeutender wird. Gleichzeitig würden die Befragten gerne mehr darüber erfahren, warum Energiethemen häufig so kontrovers diskutiert werden und wie sie zu einer nachhaltigen Energienutzung beitragen können.

In Hinblick auf die Relevanz des Energiekonzepts in Schulfächern geben die Befragten an, dass die Rolle von Energie in Physik und Technik wichtiger ist als in Biologie, Chemie und Erdkunde.

7 Fazit

Ein Ziel des Forschungsprojektes war es, ein Modell zur Energiemündigkeit zu entwickeln und daraus ein Testinstrument abzuleiten. Die Ergebnisse legen nahe, dass das Testinstrument ein reliables und valides Instrument zur Erfassung der Energiemündigkeit am Ende der Sekundarstufe I an allgemeinbildenden Schulen ist. Einerseits genügt das Testinstrument wissenschaftlichen Standards mit Bezug auf die Anforderungen an die interne Konsistenz, Auflösungsvermögen, Item-Schwierigkeiten und Item-Trennschärfen. Andererseits wurden mehrere konvergierende Prüfungen durchgeführt, die die Validität des Instruments sicherstellen.

Vor dem Hintergrund, dass die umfassende gesellschaftliche Bedeutung der Energiethematik in all seinen fachlichen und überfachlichen Ausprägungen momentan nur unzureichend im Unterricht abgebildet wird (Euler 2013), kann der Test helfen, bestehende Stärken und Schwächen zu diagnostizieren, um daraus zielgerichtete Interventionsmaßnahmen abzuleiten. Besonders die Differenzierung der Antworten im kognitiven Teil, ermöglicht es an identifizierten alternativen Vorstellungen bzw. Misskonzepten der Schülerinnen und Schüler anzuknüpfen. Darüber hinaus kann das Testinstrument eingesetzt werden, um ein breites Spektrum an Forschungsfragen zu beantworten. Einerseits können damit weitere Faktoren identifiziert werden, die einen Effekt auf die Energiemündigkeit oder einzelne Facetten des Konstrukts haben. Andererseits kann das Instrument verwendet werden, um die Wirksamkeit von Interventionsmaßnahmen in einem Pre-/Posttest-Design zu evaluieren. Die Modellvorstellung und die Testinstrumente können aber auch Anregungen bieten für die Entwicklung neuer Testinstrumente zur Untersuchung verwandter Konstrukte oder anderer Zielgruppen.

8 Literaturverzeichnis

- Artino, A. R., La Rochelle, J. S., Dezee, K. J., & Gehlbach, H. (2014). Developing questionnaires for educational research: AMEE Guide No. 87. *Medical Teacher*, 36(6), S. 463–474.
- Brune, W. (2013). *Zur deutschen Energiewirtschaft an der Schwelle des neuen Jahrhunderts*. Schriftenreihe des Instituts für Energetik und Umwelt. Vieweg+Teubner Verlag.
- 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), S. 56–78.
- DeWaters, J. E., & Powers, S. E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behavior. *Energy Policy*, 39(3), S. 1699–1710.
- Diekmann, B., & Rosenthal, E. (2013). *Energie: Physikalische Grundlagen ihrer Erzeugung, Umwandlung und Nutzung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

- Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B., & Beichner, R. (2006). Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2(1), S. 1–7.
- Doménech, Josep Lluís u. a. (2007). „Teaching of Energy Issues: A Debate Proposal for a Global Reorientation“. In: *Science & Education* 16.1, S. 43–64.
- Duit, R. (2007). Energie. Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Naturwissenschaften Im Unterricht. Physik*, 18 (101), S. 4–7.
- Eliasson, B., & Lee, Y. (2012). *Integrated Assessment of Sustainable Energy Systems in China*. Springer Netherlands.
- Eshach, H. (2014). Development of a student-centered instrument to assess middle school students conceptual understanding of sound. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(1), S. 1–14.
- Euler, M. (2013). *Energiebildung in Deutschland*. RWE Stiftung. URL: <http://flash.rwe.com/bkm/Energiebildungsstudie/index.html>, Stand vom 22.09.2016.
- Fischer, S. et. al (2015). *Globalisierung und Politische Bildung: Eine didaktische Untersuchung zur Wahrnehmung und Bewertung der Globalisierung*. Bürgerbewusstsein. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Herrmann-Abell, C. F., & DeBoer, G. E. (2014). Developing and Using Distractor-Driven Multiple-Choice Assessments Aligned to Ideas About Energy Forms, Transformation, Transfer, and Conservation. In *Teaching and Learning of Energy in K - 12 Education* (pp. 103–133). Springer International Publishing.
- Hestenes, D., & Halloun, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 33(8), S. 502–506.
- Kaltschmitt, M., Streicher, W., & Wiese, A. (2013). *Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*. Berlin: Springer.
- Kauertz, A. (2008). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben*. Berlin: Logos-Verlag.
- Khan, K. S., Davies, D. A. & Gupta, J. K. (2001). Formative self-assessment using multiple true-false questions on the Internet: feedback according to confidence about correct knowledge. *Medical Teacher*, 23(2), S. 158–163.
- Messick, S. (1994). Validity of Psychological Assessment: Vallidation of Inferences from Persons' Responses and Performances as Scientific Inquirey into Score Meaning. *Research Report*, 45 (September 1994), S. 1–28.
- Milenković, D. D., Hrin, T. N., Segedinac, M. D., & Horvat, S. (2016). Development of a Three-Tier Test as a Valid Diagnostic Tool for Identification of Misconceptions Related to Carbohydrates. *Journal of Chemical Education*.

- Millar, R. (2005). Teaching about energy. Department of Educational Studies Research Paper, York University.
- Mühlenfeld, H. U. (2004). Der Mensch in der Online-Kommunikation: Zum Einfluss webbasierter, audiovisueller Fernkommunikation auf das Verhalten von Befragten. Deutscher Universitätsverlag.
- Nordine, J., Krajcik, J., & Fortus, D. (2011). Transforming energy instruction in middle school to support integrated understanding and future learning. *Science Education*, 95(4), S. 670–699.
- Paas, F., Tuovinen, J., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2010). Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory. *Educational Psychologist*, 1520(38), S. 43-52.
- Pelte, D. (2009). Die Zukunft unserer Energieversorgung: Eine Analyse aus mathematisch-naturwissenschaftlicher Sicht. Vieweg+Teubner Verlag.
- Porst, R. (2011). Fragebogen: Ein Arbeitsbuch. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Ropohl, G. (1979). Eine Systemtheorie der Technik, 1979, 2. Aufl. u. d. Titel Allgemeine Technologie. München: Carl Hanser Verlag.
- Roth, H. (1976). Pädagogische Anthropologie (Bd. II). Hannover: Schroedel.
- Rubio, D. M., Berg-Weger, M., Tebb, S. S., Lee, E. S., & Rauch, S. (2003). Objectifying content validity: in social work research. *Social Work Research*, 27(2), S. 94–104.
- Schabbach, T., & Wesselak, V. (2012). Energie: Die Zukunft wird erneuerbar. Berlin: Springer Verlag.
- Smil, V. (2008). Energy in Nature and Society: General Energetics of Complex Systems. MIT Press.
- Sørensen, B. (2011). Life-cycle Analysis of Energy Systems: From Methodology to Applications. Royal Society of Chemistry
- Viering, T. (2012). Entwicklung Physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I: Validierung Eines Kompetenzentwicklungsmodells Für das Energiekonzept Im Bereich Fachwissen. Berlin: Logos Verlag.
- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (1991). VDI-Richtlinie 3780, Verein Deutscher Ingenieure „Technikbewertung, Begriffe und Grundlagen, Düsseldorf 1991.
- Willis, G. B., & Artino, A. R. (2013). What Do Our Respondents Think We're Asking? Using Cognitive Interviewing to Improve Medical Education Surveys, (September), S. 353–356.
- Wuttiprom, S., Sharma, M. D., Johnston, I. D., Chitaree, R., & Soankwan, C. (2009). Development and Use of a Conceptual Survey in Introductory Quantum Physics. *International Journal of Science Education*, 31(5), S. 631–654.

Wikipedia (2016). Die freie Enzyklopädie. „Soziotechnisches System“. URL: https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Soziotechnisches_System&oldid=149871182, Stand vom 30.09.2016.

Yaghmaie, F. (2003). Content validity and its estimation. *Journal of Medical Education*, 3(1), S. 25–27.

Autoren

Prof. Dr. Stefan Fletcher

Universität Duisburg-Essen

Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Technologie und Didaktik der Technik

Campus Essen, Universitätsstr.2

D-45141 Essen

stefan.fletcher@uni-due.de

Johannes Deutsch

Universität Duisburg-Essen

Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Technologie und Didaktik der Technik

Campus Essen, Universitätsstr.2

D-45141 Essen

johannes.deutsch@uni-due.de

Zitieren dieses Beitrages:

Fletcher, S. & Deutsch, J. (2016). Energiemündigkeit von Schülerinnen und Schülern am Ende der Sekundarstufe I – Konzeptionalisierung eines Modells zur Energiemündigkeit und Entwicklung eines darauf basierenden Testwerkzeugs. *Journal of Technical Education (JOTED)*, Jg. 4 (Heft 2), S. 106-127.