

STEFAN FLETCHER (Universität Duisburg-Essen)

MARC DE VRIES (Technische Universität Delft)

CHARLES MAX (Universität Luxemburg)

**Die technische Mündigkeit von Schüler/-innen zum Ende der Sek. I
im internationalen Vergleich – Entwicklung eines Testinstruments
und erste Ergebnisse**

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 / MARC DE VRIES / CHARLES MAX

Die technische Mündigkeit von Schüler/-innen zum Ende der Sek. I im internationalen Vergleich

ZUSAMMENFASSUNG: In internationaler Zusammenarbeit hat eine Forschergruppe ein Aufgaben-Entwicklungsmodell konzeptualisiert, auf dessen Basis ein Testinstrument zur Erfassung der technischen Mündigkeit von Schüler/-innen zum Ende der Sekundarstufe I abgeleitet wurde. Mit diesem Testinstrument wurden 270 Schülerinnen und Schülern aus Deutschland, der Schweiz, Luxemburg, den Niederlanden und England getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass die technische Mündigkeit von Schüler/-innen im Alter von 13-16 Jahren nur mäßig ausgeprägt ist. Der durchschnittliche Anteil von 25 % der Aufgaben, die mit hoher Sicherheit falsch beantwortet wurden, lässt den Schluss zu, dass sich neben fehlendem Wissen auch eine relativ hohe Anzahl von Misskonzepten bei den Schüler/-innen verfestigt hat. Interessanterweise zeigen sich dabei keine großen Unterschiede in Bezug auf die einzelnen Länder und das Geschlecht.

Schlüsselwörter: Technische Mündigkeit, Testinstrument, international

Technology Literacy of pupils at the end of secondary level – An international comparison

ABSTRACT: An international research team jointly conceived an item development model which was used to develop a new test instrument to measure the technology literacy of secondary school students. This tool was used to assess the literacy skills of 270 pupils from Germany, Switzerland, Luxembourg, the Netherlands and England. The results show that 13 to 16 year old students display a poorly developed technology literacy level only. 25 per cent of the items on average were incorrectly answered with a high certainty sentiment, which suggests, that students do not only lack relevant knowledge in the field of technology but in addition also hold a relatively high number of strongly built misconceptions. Interestingly, there are no major differences between countries and gender.

Keywords: technology literacy, test instrument, international

1 Ausgangssituation / Fragestellung / Zielsetzung

Die außergewöhnliche Bedeutung von Technik in unserer heutigen Welt ist unbestritten. Die Funktion technischer Systeme ist zentral für die Aufrechterhaltung unseres westlichen Lebensstandards. Ohne einen ständigen Fortschritt dieser technischen Systeme, ist die Sicherung des Wohlstandes unserer Industrie-Gesellschaften aktuell und zukünftig nicht möglich. Zudem muss sichergestellt werden, dass heutige und zukünftige Generationen sachkundig und verantwortungsvoll mit den uns umgebenden Technologien umzugehen wissen und die Chancen der technisierten Welt nutzen können, ohne dabei die Risiken aus dem Blick zu verlieren. Dies wird mit dem Begriff der Technikmündigkeit umrissen. Der VDI 2012 definiert in seinem Positionspapier zur technischen Allgemeinbildung Technikmündigkeit „als die Fähigkeit, technische Entwicklungen zu nutzen sowie deren Folgen für sich, die Gesellschaft und die Umwelt abschätzen und bewerten zu können. Diese Fähigkeit gewinnt in einer zunehmend technisch-wissenschaftlichen Welt sowohl für den Einzelnen als auch für die Gesellschaft an Bedeutung und ermöglicht damit Mitsprache und Mitwirkung“. Zum Vergleich: in den USA definierte der International Technology Education Association in den Standards for Technological Literacy Technikmündigkeit auf diese Weise: „Technological literacy is the ability to use, manage, assess, and understand technology“. Auch hier sind das Benutzen und Abschätzen die Hauptinhalte.

Dennoch steht die Bedeutung der Technik in unserem Leben im Widerspruch zum tatsächlichen Wissen über Technik (vgl. Milberg 2009, S. 11). Immer mehr Menschen begnügen sich damit, Technik passiv zu nutzen und immer weniger Menschen gestalten die Technik aktiv (ebd.). Das Interesse an technischen Lerninhalten sinkt häufig beim Übergang vom Primar- zum Sekundarbereich. Jugendliche interessieren sich zumeist nur für die Nutzung bestimmter technischer Alltagsprodukte (z. B. Medien zur Unterhaltung und zur Kommunikation) nicht jedoch dafür, wie diese Produkte entwickelt und hergestellt werden (vgl. VDI Positionspapier 2012). In der Folge bleiben die Funktionswirkungsweisen, die Herstellung und Konstruktion von technischen Gegenständen als auch die Auswirkungen der Nutzung von Technik auf unsere Umwelt vollkommen unbekannt. Grundlegende Kenntnisse von Technik halten wir allerdings für unabdingbar, damit jeder Mensch eine humane und zukunftsfähige technisch geprägte Gesellschaft mit verantworten und mitgestalten kann. Was Schüler/-innen in Deutschland und im internationalen Vergleich über Mathematik, Naturwissenschaften und Sprachen wissen, ist über die großen internationalen Vergleichsstudien (PISA, TIMSS usw.) gut erforscht. Hingegen fast unerforscht ist, sowohl national als auch im internationalen Vergleich, über welches technikbezogene Wissen Jugendliche am Ende der Sekundarstufe I heute verfügen. In der amerikanischen Studie des National Academy of Engineering, die zum Tech Tally Bericht führte, wurde festgestellt, dass es praktisch keine Instrumente zur Messung der technologischen Kompetenz gibt (National Academy of Engineering 2006).

In den großen Bildungsstudien der OECD wurden technische Bildungsinhalte entweder gar nicht berücksichtigt oder nur marginal im Rahmen von Anwendungsbezügen in den Naturwissenschaften. Entsprechend liegen kaum empirisch gesicherte Daten zum Stand der Entwicklung der technischen Mündigkeit von Jugendlichen vor. Vor dem Hintergrund der fehlenden Daten und Erkenntnisse sehen wir die Notwendigkeit den Ist-Stand im länderübergreifenden Vergleich am Ende der Sekundarstufe I empirisch zu erfassen. Hieraus leitet sich die zentrale Fragestellung (mit den entsprechenden Teilfragen) des hier dargestellten Forschungsprojektes ab:

Was zeichnet einen technikmündigen Schüler / eine technikmündige Schülerin zum Ende der Sekundarstufe I aus?

Inwieweit ist die technische Mündigkeit bei Schüler/-innen zum Ende der Sek. I ausgeprägt?

Bestehen Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen?

Bestehen Unterschiede zwischen den Ländern?

In welchen Kontexten haben Jugendliche ihr Wissen zur technischen Mündigkeit angeeignet und welchen Einfluss haben diese auf die Ergebnisse?

Mit der Beantwortung dieser Fragestellungen hat sich eine internationale Forschergruppe aus dem Center of Excellence for Technology Education (CETE) Konsortium der Universität Duisburg-Essen im Rahmen einer internationalen Studie beschäftigt. Unter Leitung der Universität Duisburg-Essen waren Wissenschaftler der Universität Delft, der Universität Luxemburg, der PH Schwäbisch Gmünd und der Fachhochschule Nordwestschweiz beteiligt.

2 Testkonzeption – Ein Modell zur technischen Mündigkeit

Da das Konstrukt der technischen Mündigkeit noch weitgehend unerforscht ist, liegen bisher noch keine geeigneten Erhebungsinstrumente vor, um dieses zu untersuchen. Damit war die Herausforderung verbunden, zunächst eine Modellvorstellung zu entwickeln auf deren Basis sich ein neues Testinstrument ableiten lässt, das zuverlässig den Entwicklungsstand der technischen Mündigkeit eines Schülers/einer Schülerin zum Ende der Sekundarstufe I erfasst und sowohl national als auch international eingesetzt werden kann.

2.1 Der technikmündige Schüler/die technikmündige Schülerin, eine Idealvorstellung

In der Einleitung wurde schon kurz umrissen welche Vorstellung mit dem Begriff der technischen Mündigkeit verbunden wird, diese Vorstellung soll nun weiter ausdifferenziert werden mit Blick auf die Entwicklung eines Testwerkzeugs. Hierzu wird zunächst die Idealvorstellung aufgezeigt, was für uns einen technikmündigen Schüler / eine technikmündige Schülerin ausmacht. Der Begriff der Mündigkeit ist vielschichtig und nicht einheitlich definiert. Eine in pädagogischen Kontexten weit verbreitete und allgemein anerkannte Definition ist die nach Detjen (2014) und Roth (1971). Detjen definiert Mündigkeit als Fähigkeit zur autonomen Lebensführung, die ein eigenverantwortliches Tun, Urteilen sowie Entscheiden inkludiert. Diese vollzieht sich jedoch nur durch den Rückgriff auf Sachwissen und auf die Bereitschaft, Verstand und Vernunft dem Gefühl überzuordnen (vgl. Detjen 2014, S. 211). Dammer und Wortmann (2014) betonen den selbständigen Vernunftgebrauch sowie deren Manifestation in Handlungen und Verhalten. Roth (1971) definiert pädagogische Mündigkeit über drei Kompetenzbereiche:

Sozialkompetenz

Fähigkeit zur partnerschaftlichen Begegnung mit anderen Menschen, zur produktiven Teilnahme an Gruppenprozessen und zur aktiven Auseinandersetzung mit den Hintergründen und aktuellen Prozessen der gesellschaftlichen Entwicklung

Selbstkompetenz

Fähigkeit, sich selbst zu erkennen und zu erfahren, über sich selbst zu bestimmen und sein Leben auf der Basis allgemein-menschlicher Verbindlichkeiten selbst zu gestalten.

Sachkompetenz

Fähigkeit, in Ausbildung und Beruf, öffentlichem und privatem Bereich die Sachgüterwelt ko-

operativ und verantwortlich so zu gebrauchen oder zu verändern, dass sie der gesamten Menschheit nutzbar gemacht und dennoch ihrer eigenen Strukturen und Gesetzmäßigkeiten nicht beraubt wird.

In Anlehnung an die hier vorgestellten Definitionen von Mündigkeit ist die Ausgangsprämisse, was einen technikmündigen Schüler/eine technikmündige Schülerin ausmacht, entstanden. Der technikmündige Schüler/die technikmündige Schülerin verfügt einerseits über unterschiedliche Arten von technikbezogenem Wissen und kann andererseits dieses Wissen verantwortungsvoll in unterschiedlichen Kontexten anwenden. Unter dem technikbezogenen Wissen werden dabei die folgenden Wissenskomponenten subsummiert.

1. Das technische Konzeptwissen mit Bezug auf alle relevanten Bereiche der Technik bildet die Grundlage und Voraussetzung, technische Systeme und Prozesse zu verstehen, einzuordnen und bewerten zu können.
2. Von Bedeutung ist darüber hinaus, was im Kontext des Forschungsprojektes als alltagsbezogenes Wissen bezeichnet wird. Hierunter werden Wissens Elemente verstanden, die einen starken Bezug haben zur praktischen Nutzung von technischen Systemen im persönlichen Umfeld aber auch zum Verständnis von gesellschaftlichen Entwicklungen. Darunter könnte zum Beispiel die Einschätzung fallen, wie hoch die elektrische Leistung eines Wasserkochers ist oder die Fähigkeit, einschätzen zu können, wie groß der Anteil der regenerativen Energie im Strom-Mix ist.
3. Neben den beiden genannten Wissenskomponenten ist noch eine weitere von besonderer Bedeutung für mündiges Handeln, das Bewertungswissen. Diese Wissenskomponente umfasst technisch spezifische Methoden und Konzepte um Wirkungen und Folgen der Nutzung von Technik im persönlichen und gesellschaftlichen Umfeld zu bedenken und Technikfolgen abschätzen zu können. Dazu gehört auch die Bereitschaft, die Konsequenzen der eigenen technischen Tätigkeit selbstkritisch wahrzunehmen.

Diese genannten Wissenskomponenten bilden die Voraussetzung für die Entwicklung einer technischen Mündigkeit, sind aber allein noch nicht ausreichend. Erst wenn es einer Person gelingt, diese Wissenskomponenten in höchst unterschiedlichen Anwendungskontexten erfolgreich anzuwenden, kann man von einem mündigen Verhalten sprechen. In diesem Sinne ist es wichtig bei der Entwicklung einer Modellvorstellung über das Konstrukt der technischen Mündigkeit auch die möglichen Anwendungskontexte (Handlungsfelder) näher zu betrachten und zu spezifizieren, in denen das Wissen mobilisiert werden kann. Erst wenn es einer Person gelingt höchst flexibel sein Konzept-, Alltags- und Bewertungswissen in höchst unterschiedlichen Realsituationen erfolgreich anwenden zu können, kann dies als mündiges Verhalten gewertet werden.

Nun ist noch ein drittes Element in der Betrachtung mit einzubeziehen, dass sozusagen das Bindeglied darstellt zwischen den Wissenskomponenten als personenbezogene Eigenschaft und dem situativen Kontext. Dieses Bindeglied stellen die Handlungsziele und Handlungen dar, mit der eine Person auf den situativen Handlungskontext einwirkt. Auch mit Bezug auf diesen Aspekt haben sich durch die Genese der Technik spezifische Handlungsformen entwickelt, die nur im Kontext von technischem Handeln von besonderer Bedeutung sind. Zum Beispiel die Handlungsform etwas zu konstruieren oder zu fertigen.

Vor dem Hintergrund der hier aufgezeichneten unterschiedlichen drei Dimensionen der technischen Mündigkeit wird im Rahmen des Projektes die technische Mündigkeit definiert als:

Die Fähigkeit und Bereitschaft auf der Basis von technikorientiertem Konzept-, Alltags- und Bewertungswissen erfolgreich typische technische Handlungsformen in höchst unterschiedlichen Anwendungskontexten erfolgreich ausführen sowie die Folgen für sich und die Gesellschaft abschätzen zu können.

2.2 Theoretische Bezugspunkte

Die im Kapitel 2.1 umrissenen drei Dimensionen des Mündigkeitskonzeptes werden im Folgenden vor dem Hintergrund theoretischer Bezugspunkte weiter ausdifferenziert und strukturiert, als Grundlage für die Konkretisierung eines Aufgaben-Entwicklungsmodells für die Testgestaltung.

2.2.1 Inhaltsdimension: Die Systemtheorie zur Identifizierung und Strukturierung möglicher Inhalte des Mündigkeitskonzeptes

Ein Ziel bei der Entwicklung eines Aufgaben-Entwicklungsmodells war es, länderübergreifende Standards mit der Festlegung von einheitlichen Inhaltsfeldern und Strukturen für die Ausgestaltung eines Testwerkzeugs zu finden. Dies stellte eine besondere Herausforderung dar, da einerseits keine länderübergreifenden einheitlichen Standards für eine technische Allgemeinbildung vorhanden sind und andererseits der Gegenstandsbereich Technik geprägt ist durch eine extrem hohe Komplexität. Darüber hinaus unterliegt die Technik einer ständigen dynamischen Weiterentwicklung. In diesem Sinne unterscheidet sich Technik grundlegend von vielen anderen Unterrichtsgegenständen der Allgemeinbildung. Man denke hier zum Beispiel an die Mathematik oder Physik, wo grundlegende Inhalte auch im internationalen Kontext eine hohe Vergleichbarkeit aufweisen. Die Legitimierung von Inhaltsfeldern und Strukturen für die Testentwicklung ist folglich mit besonderen Schwierigkeiten verbunden, da für den Bereich der Technik noch keine traditionell verankerten und auf internationaler Basis akzeptierten Inhalte zur Verfügung stehen. Entsprechend wichtig ist es, geeignete Konzepte zu finden, mit denen sich das sehr vielfältige und unübersichtliche Inhaltsfeld technischer Bildung strukturieren lässt.

Hierzu bietet sich der Ansatz der allgemeinen Systemtheorie der Technik in besonderer Weise an. Mit dem Konzept der allgemeinen Systemtheorie (Ropohl 1979) steht ein Modellierungsansatz zur Verfügung, der für sich in Anspruch nimmt, eine Beschreibung und Erklärung aller möglichen Bereiche der Technik zu leisten auf der Basis der Analyse von Systemen und deren Strukturen und Funktionen. Damit steht ein Strukturprinzip zur Verfügung, das den Anspruch erhebt mit einer hohen Allgemeingültigkeit die vielfältigen Dimensionen der Technik zu beschreiben. Hierzu hat Ropohl eine 9-feldrige Matrix technischer Grundvorgänge entwickelt, die einen umfassenden Blick auf alle möglichen technischen Inhalte erlaubt und gleichzeitig ein Ordnungsschema zur Analyse bietet (siehe Abb. 1).

Funktion Output	WANDLUNG	TRANSPORT	SPEICHERUNG
	(Produktionstechnik)	(Transporttechnik)	(Speicherungstechnik)
MASSE (Materialtechnik)	Verfahrenstechnik Fertigungstechnik	Fördertechnik Verkehrstechnik Tiefbautechnik	Behältertechnik Lagertechnik Hochbautechnik
ENERGIE (Energietechnik)	Energie- wandlungs- technik	Energie- übertragungs- technik	Energie- speicherungs- technik
INFORMATION (Informationstechnik)	Informationsver- arbeitungstechnik Mess-, Steuer- und Regeltechnik	Informations- übertragungs- technik	Informations- speicherungs- technik

Abb. 1: Inhaltsfelder der Technik (Ropohl 1979, S. 178)

Erster Grundgedanke des Systemansatzes ist das alle Wechselwirkungen zwischen den Komponenten eines technischen Systems und zwischen dem System und seiner Umgebung sich auf die drei Basisgrößen: Stoff, Energie und Information zurückführen lassen. In der Regel treten alle drei Größen gemeinsam auf, wobei meist eine der drei Größen vorrangig ist. Unter „Energie“ sind unterschiedlichste Ausprägungsformen aufzufassen, wie mechanische, thermische, elektrische, chemische und optische Energie. Unter dem Begriff „Stoff“ fallen natürliche und künstliche Stoffe wie Flüssigkeiten, Gase, Festkörper, Rohprodukte und Bauteile (vgl. Ropohl 1975, S. 37). Mit dem Begriff der „Information“ sind in technischen Systemen alle Formen von Daten oder Signalen gemeint. Obgleich in technischen Systemen häufig alle drei Umsatzarten vorkommen, ist meistens eine dominant und bestimmt den Zweck des Systems, während die anderen Größen nur als Hilfsgrößen dienen. Entsprechend lassen sich technische Systeme in energie-, stoff- und informationsumsetzende Systeme gliedern (vgl. Koller 1994, S. 28).

Zweiter Grundgedanke der Systemtheorie ist die Annahme, dass sich die komplexen Vorgänge in technischen Systemen auf eine begrenzte Anzahl elementarer Funktionen zurückführen lassen (vgl. Koller 1994, S. 33; Ropohl 1979). Dabei wird unter Funktion das Erreichen einer oder mehrerer bestimmter Wirkungen eines technischen Systems verstanden. Die Funktion wird durch das Überführen von Eingangsgrößen in Ausgangsgrößen erzielt. Ropohl unterscheidet bei der Transformation von Stoff, Energie und Information zwischen den Funktionsklassen der Wandlung, des Transports und der Speicherung (Ropohl 1979, S. 170). Diese werden wie folgt definiert:

- Wandlung/Umformung liegt vor, wenn die Größen in einem System qualitativ und/oder quantitativ verändert werden.
- Von Transporten spricht man, wenn sich zwischen Input und Output lediglich die Orte und Zeitkoordinaten ändern, während die materiellen, energetischen und informationellen Attribute nach Qualität und Quantität konstant bleiben.
- Bei der Funktionsklasse Speicherung unterscheiden sich die Zeitkoordinaten des Outputs von denen des Inputs, während alle anderen Attribute keine Änderungen aufweisen.

2.2.2 Handlungsdimension: Typische Denk- und Handlungsformen der Technik

Vergleicht man die Denk- und Handlungsformen der Naturwissenschaften mit denen der Technik zeigen sich deutliche Unterschiede. Die Naturwissenschaften sind analytisch ausgerichtet und fragen nach den kausalen Zusammenhängen. Hier steht zumeist die Frage nach Ursache und Wirkung im Vordergrund. Technik hat die von Menschen künstlich geschaffene Artefakte und die damit verbundenen Handlungen zum Gegenstand. Die Technik ist nicht kausal, sondern final orientiert. Hier steht die Frage nach Ziel und Mittel im Vordergrund. Die Technik zielt immer darauf ab, die Gestaltung der menschlichen Lebenswelt weiter zu entwickeln und zu verbessern. Technik ist folglich häufig auf konkretes praktisches Tun bezogen und hat einen hohen Gegenstandsbezug. Entsprechend haben sich typische Denk- und Handlungsformen der Technik etabliert, die sich zumeist grundlegend von den üblichen Handlungsweisen im schulischen Kontext oder Alltag unterscheiden. In der Auseinandersetzung mit technischen Gegenständen erfolgen Handlungen in Bezug auf die Nutzung, Entwicklung, Konstruktion, Betrieb oder Entsorgung von technischen Gegenständen oder Prozessen. Eine allgemein anerkannte und klar strukturierte Zusammenfassung solcher Handlungsformen mit Bezug auf die Entwicklung einer technischen Allgemeinbildung in Deutschland findet sich in den vom VDI entwickelten Bildungsstandards „Technik für den mittleren Schulabschluss (VDI 2007).

Tab. 1: Technische Denk- und Handlungsformen in Anlehnung an VDI 2007

Technische Denk- und Handlungsformen	Beschreibung
Technik verstehen, analysieren und bewerten	Begriffe, Strukturen und Prinzipien der Technik kennen und verstehen
Technik konstruieren/ herstellen	Technische Lösungen planen, entwerfen, fertigen, optimieren, prüfen und testen
Technik nutzen	Technische Artefakte auswählen, anwenden und entsorgen
Technik bewerten	Technik unter ökologischer, wirtschaftlicher, sozialer sowie humaner Perspektive einschätzen
Technik kommunizieren	Technikrelevante Informationen erschließen und austauschen

2.2.3 Dimension: Handlungsfelder/Handlungskontexte

Mit Blick auf das Vorhaben erscheint hier der generalisierende Ansatz einer möglichen Kategorisierung von Handlungsfeldern in Orientierung an das Mündigkeitskonzept nach Roth erfolgversprechender zu sein. In Anlehnung an Roth (1971) wurde eine Unterteilung in die zwei grundlegenden Handlungsbereiche persönlicher und gesellschaftlicher Handlungskontext vorgenommen. Diese wurden in Bezug auf den Handlungsbereich Technik, wie in der Tabelle 2 dargestellt näher bestimmt.

Tab. 2: Handlungskontexte von Technik

Handlungskontext	Beschreibung
Persönlicher Bereich	Schüler/-in in der Rolle als Käufer, Benutzer, Gestalter und Folgebetroffener von Technik im privaten und beruflichen Umfeld.
Sozialer/ gesellschaftlicher Bereich	Schüler/-in in der Rolle als Verbraucher, Staatsbürger und Folgebetroffene von technologischen Entwicklungen in einer globalisierten und vernetzten Welt.

2.3 Zusammenführung: Ein Aufgaben-Entwicklungsmodell zur Erfassung der technischen Mündigkeit

Im Kapitel 2.2 wurden in einem ersten Schritt die wesentlichen drei Dimensionen zur Bestimmung der technischen Mündigkeit in ihren wesentlichen Strukturen und Elementen umrissen. Darauf aufbauend wurde ein Aufgaben-Entwicklungsmodell erstellt, mit deren Hilfe es möglich ist Testaufgaben zu gestalten, mit denen die messtechnische Erfassung des Konstrukts technische Mündigkeit ermöglicht wird.

Die dem Modell zu Grunde liegende Prämisse ist, dass das Wissen in Bezug auf die technische Mündigkeit erst sichtbar und somit empirisch zugänglich wird, wenn dieses in einem situativen Kontext zur Anwendung kommt. Weiter wird davon ausgegangen, dass die Anwendungen sich immer auf typische Formen des technischen Denkens und Handelns beziehen. Darauf basiert die Grundidee zur Findung und Formulierung von konkreten Testitems. Jedes Test-Item ergibt sich aus der Kombination der drei Dimensionen: einer personenbezogenen Wissenskomponente, einer Handlungsform sowie dem Bezug auf einen der Handlungsbereiche. Durch die systematische Berücksichtigung sowohl von typischen Handlungsformen der Technik als auch von unterschiedlichen situativen Kontexten erhoffen sich die Autoren, eine valide Erfassung des Konstrukts der technischen Mündigkeit zu erzielen.

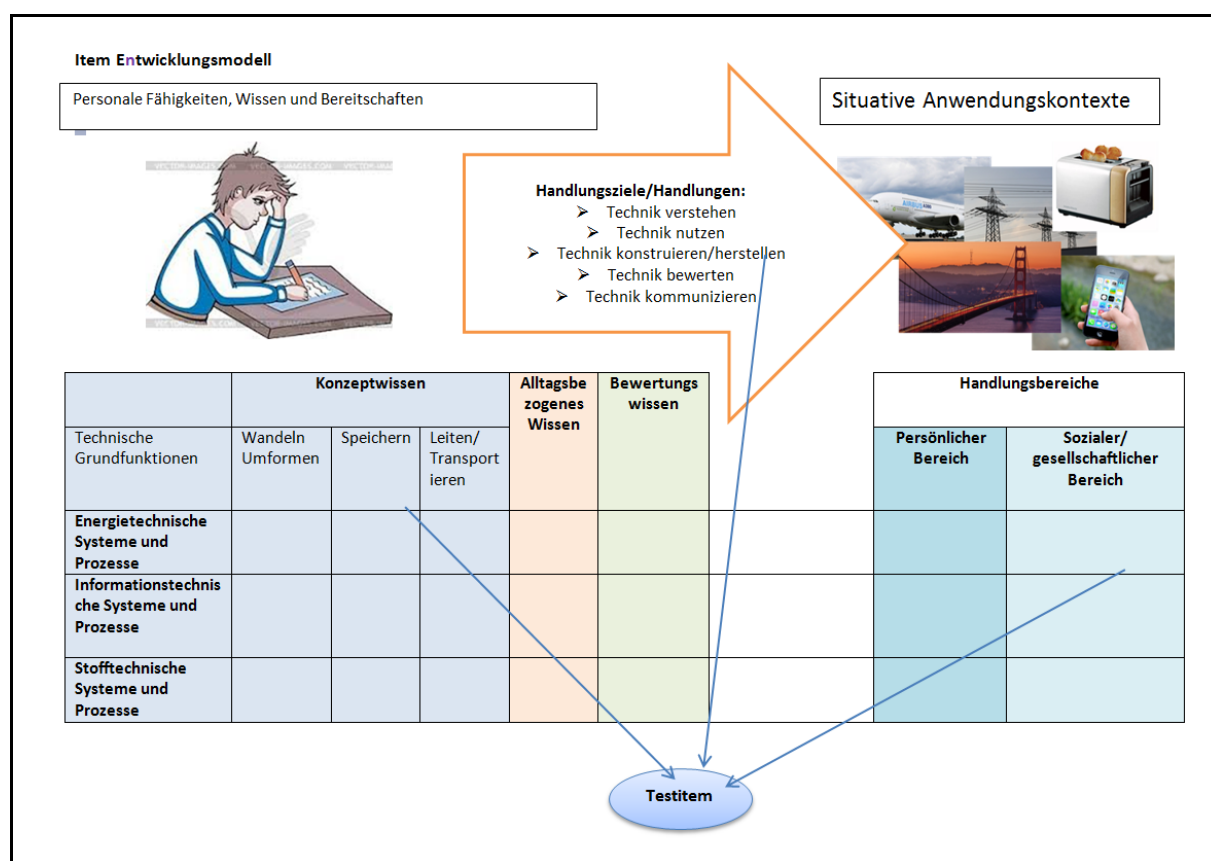


Abb. 2: Das Aufgaben-Entwicklungsmodell

3 Testgestaltung

3.1 Gewinnung von Testitems auf Basis des Aufgaben-Entwicklungsmodells

Mit dem im Kapitel 2.3 beschriebenen Aufgaben-Entwicklungsmodell ist die Voraussetzung geschaffen worden, um bei der Testentwicklung systematisch die gesamte inhaltliche Breite des technischen Wissens, die typischen Handlungsformen als auch die unterschiedlichen Situationskontexte zu berücksichtigen. Um die internationale Nutzung des Testwerkzeugs sicherzustellen und die Besonderheiten der unterschiedlichen Länder zu berücksichtigen erfolgte die Entwicklung der Testaufgaben gemeinsam mit Experten aus unterschiedlichen Ländern. Es wurden Wissenschaftler mit Expertise auf dem Gebiet der Didaktik der Technik aus fünf Ländern¹ eingebunden (Fußnote).

In gemeinsamen Projekttreffen wurde zunächst versucht die aufgestellte Matrix für die unterschiedlichen Inhaltsbereiche des Wissens genauer zu erfassen und zu spezifizieren. Hierzu wurden einerseits die Inhaltsbereiche der Funktionsklassen näher bestimmt und andererseits versucht entsprechende Handlungsbereiche zu finden, die mit Bezug auf die Funktionsklassen eine hohe Exemplarität aufweisen.

Wie im Kapitel 2.3 dargelegt, soll sich jedes Test-Item auf eine der drei Dimensionen (Wissenskomponente, Handlungen, Handlungsbereiche) beziehen. Hierdurch ergeben sich aus der Kombinatorik der unterschiedlichen Dimensionen (15 Wissenskomponenten, fünf Handlungsformen, zwei Handlungsbereiche) theoretisch 150 mögliche Kombinationsmöglichkeiten für eine systematische Abdeckung aller Bereiche. In der Umsetzung zeigte sich aber, dass nicht jede der theoretischen Möglichkeiten auch eine praktische Relevanz aufweist. Zum Beispiel ist die Komponente des Bewertungswissens immer eng mit der Handlungsform „bewerten“ verbunden. Weiter galt es zu berücksichtigen, dass auch die maximale Anzahl der Items durch eine zumutbare Testdauer begrenzt ist. Im Ergebnis wurde sich darauf geeinigt, dass ca. 60 Test-Items entwickelt werden. Diese Reduktion auf 60 Items wurde erzielt, in dem zum einem das Bewertungswissen ausschließlich mit der Handlungsform „Bewerten“ kombiniert wurde und zum anderen dadurch, dass der Handlungsbereich entweder auf den persönlichen oder auf den gesellschaftlichen Kontext bezogen wurde. Es wurde für jedes Land eine Matrix erstellt, auf deren Basis die Itemkonstruktion erfolgte. Die Matrix ist so angelegt, dass alle Wissensbereiche, Handlungsformen und situativen Aspekte systematisch durch die beteiligten Länder erarbeitet werden konnten. Nach erfolgreicher Fertigstellung eines ersten Gesamttests mit allen Items erfolgte eine anonymisierte Einschätzung der einzelnen Test-Items in einer Art Review-Verfahren durch die Länderexperten. Nach Überarbeitung und Optimierung entstand im Ergebnis ein erster Gesamttest mit 57 einzelnen Testaufgaben.

3.2 Beispiel für die Gestaltung eines Testitems

Im Folgenden wird an einem konkreten Beispiel erläutert, wie auf Basis des Aufgaben Entwicklungsmodells die konkrete Gestaltung eines Items erfolgte. Gesucht wurde ein Item aus dem Bereich der energietechnischen Systeme und Prozesse mit Bezug auf die technische Grundfunktion:

1 Deutschland (Nord): Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Technologie und Didaktik der Technik, (Gesamtleitung und Koordination) Prof. Stefan Fletcher/Johannes Deutsch; Deutschland (Süd): Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, Dr. Stefan Kruse. Niederlande: Technische Universität Delft, Prof. Marc de Vries; Luxemburg: Universität Luxemburg, Prof. Charles Max; Schweiz: Fachhochschule Nordwestschweiz, Manuel Haselhoff/Dr. Stefan Kruse. England: Universität Cambridge (Übersetzung ins Englische), Bill Nicholl.

“Energie leiten“. Des Weiteren soll die Handlungsform: “Technik nutzen“ im persönlichen Bereich berücksichtigt werden. Hierzu wurde das Item entwickelt, das in Abbildung 3 dargestellt ist.

Bei diesem Item sollen sich die Probanden mit der Frage auseinandersetzen, ob es einen Unterschied macht, ob man zwei elektrische Geräte mit hoher Leistung (Elektrogrill) an einer Mehrfachsteckdose anschließt oder zum Anschluss zwei separate Wandsteckdosen nutzt. Hier wird als richtige Antwort erwartet, dass es sicherer ist die Elektrogrills an separaten Wandsteckdosen anzuschließen, um eine gefährliche Erwärmung in der Mehrfachsteckdose bzw. der Zuleitung zu vermeiden. Die Frage zielt auf das elektrotechnische/energietechnische Grundgesetz der Stromwärme (erstes Joulesches Gesetz) und dem ohmschen Gesetz ab. Auf Grund des elektrischen Widerstands einer Leitung entstehen Stromwärmeverluste die mit dem Quadrat der Stromstärke ansteigen. Das Item zielt darauf ab, zu hinterfragen inwiefern es den Probanden gelingt generalisierbares Konzeptwissen (Leitungswiderstände, Stromwärme, ohmsches Gesetz) in einer konkreten Alltagssituation (Elektrogerät nutzen) anzuwenden.

Beispiel Item	Zuordnung zum Aufgaben-Entwicklungsmodell
 Auf einem Grillfest von Familie Meyer und Familie Petersen möchten beide Familien ihren eigenen Elektrogrill (3000 Watt) benutzen. Es gibt zwei Vorschläge: (a) Jeder Grill wird an eine separate Wandsteckdose angeschlossen. (b) Beide Grills werden an eine gemeinsame Mehrfachsteckdose angeschlossen. ☞ <i>Kreuze nur eine einzige Antwort an!</i> ☐ Vorschlag a) ist sicherer als b) ☐ Vorschlag b) ist sicherer als a) ☐ Beide Vorschläge sind gleich sicher. Wie sicher warst du dir? eher sicher ☐ ☐ eher geraten Woher stammt dein Wissen? ☐ Familie ☐ Medien ☐ Schule ☐ Weiss nicht	Wissensbereich: ➤ Energieumsatz Technische Funktion: ➤ Energie leiten Handlungsziel: ➤ Technik nutzen Situativer Kontext: ➤ persönlicher Bereich

Abb. 3: Beispiel für ein Testitem

3.3 Das gewählte Aufgabenformat

Alle Items sind in einem Zwei-Ebenen-Antwortformat formuliert. Dieses Aufgabenformat hat sich in einem Test zur Energiebildung von Schüler/-innen in Deutschland bestens bewährt (vgl. Fletcher, Deutsch 2016). Auf der ersten Ebene wird eine inhaltliche Frage gestellt, zu der es eine oder mehrere geschlossene Antwort-Alternativen gibt. Auf der zweiten Antwortebene, müssen

die Befragten auf einer zweistufigen Skala einschätzen, wie sicher sie sich mit der zuvor ausgewählten Antwort sind. Abbildung 4 verdeutlicht das Prinzip.

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 sie ihre Kenntnisse in situativen Entscheidungen manifestieren kann. Nach Khan et al. (2001) hängt die Wahrscheinlichkeit, dass Wissen bei einer Entscheidungsfindung genutzt wird, von der metakognitiven Komponente des Zutrauens in die Korrektheit desselbigen ab. Hohes Zutrauen in die Korrektheit des eigenen Wissens macht dessen Anwendung wahrscheinlicher. 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.

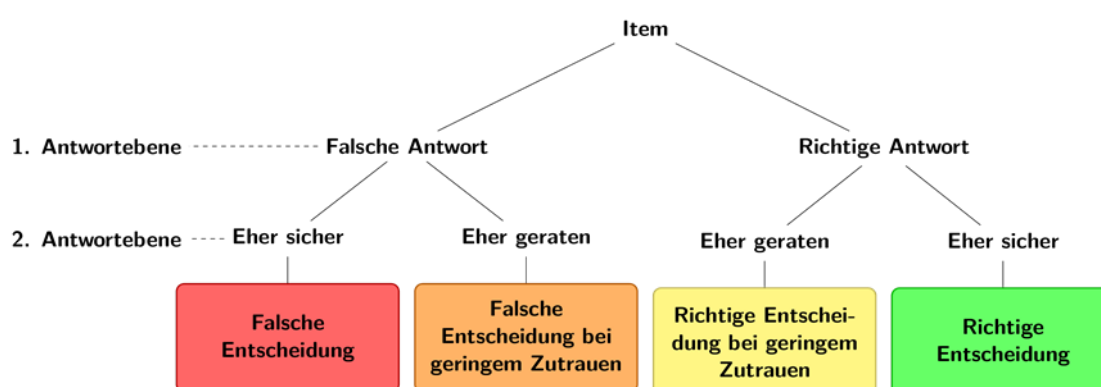


Abb. 4: Auswertung des Zwei-Ebenen-Antwortformats

Bei Antworten mit hohem Zutrauen in die richtige Entscheidung kann davon ausgegangen werden, dass das Wissen mit höherer Wahrscheinlichkeit reale Entscheidungen beeinflusst. Zum Beispiel ist der Nutzen realer Entscheidungen, die auf Basis von Misskonzepten getroffen werden, 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. In diesem Sinne werden in der Auswertung nur die richtigen Entscheidungen und die falschen Entscheidungen (Misskonzepte) berücksichtigt.

Ein weiterer Vorteil des Zwei-Ebenen-Antwortformats ist, dass man systematisch zwischen tendenziell geratenen und eher bekannten 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).

3.4 Die Testzeit

Mit Blick auf eine praktikable Umsetzung in der Schulpraxis wurde der Test so ausgelegt, dass er in einer typischen Schulstunde von 45 Minuten durchgeführt werden kann. Dabei wurde die maximale Bearbeitungszeit für den Test selbst auf 40 Minuten festgelegt. 5 Minuten sollen genutzt werden um in einer Instruktionsphase über den Zweck und die korrekte Vorgehensweise bei der Beantwortung von Items des Fragebogens zu informieren. Außerdem sollen die Schüler/-innen darüber informiert werden, dass die Daten vertraulich behandelt werden, ihre Identität nicht zurückverfolgt werden kann und der Test keinen Effekt auf ihre Schulnoten hat.

3.5 Sprachliche Gestaltung des Tests

Die Ausgangsfassung des Tests wurde in deutscher Sprache formuliert. Es wurde bei der Formulierung der einzelnen Items stark darauf geachtet möglichst eindeutige und klar verständliche Formulierungen zu finden. Die Beschreibung der Hintergrundinformationen zu den Antwortalternativen umfasst nur ein bis maximal zwei Sätze. Die Antwortalternativen sind als kurze Aussagen formuliert. Zusätzlich wurden teilweise Bilder und Darstellungen genutzt um die Inhalte besser zu illustrieren.

Die deutsche Testversion konnte nach Prüfung durch die Landesexperten auch in der Schweiz und in Luxemburg unverändert eingesetzt werden. Die Übersetzung in die niederländische bzw. in die englische Sprache erfolgte unter Einbeziehung von Fachdidaktikern aus den jeweiligen Ländern, um sicherzustellen, dass die Fragestellungen und Antwortalternativen durch die Übersetzung nicht inhaltlich verfälscht werden.

3.6 Datenerfassung und Analyse

Um große Stichprobenanzahlen für eine internationale Anwendung des Tests zu ermöglichen können die ausgefüllten Fragebögen mit einer optischen Erkennungssoftware erfasst und die Daten in ein numerisches Format zur Weiterverarbeitung transformiert werden. Die Antworten werden auf Grund des Zwei-Ebenen-Formats (siehe Abb. 4) in zweierlei Hinsicht ausgewertet. Zum einen werden die richtigen Entscheidungen ermittelt. Dabei wird nur als richtig gewertet, wenn der Proband auf der ersten Antwortebene die richtige Auswahl gewählt hat und auf der zweiten Ebene angegeben hat sich sicher zu sein. Zum anderen werden die Antworten mit Blick die Misskonzepte ausgewertet. Diese liegen vor, wenn der Proband auf der ersten Antwortebene die falsche Auswahl getroffen hat und auf der zweiten Ebene angegeben hat, sicher zu sein. Alle statistischen Berechnungen werden mit der Software SPSS durchgeführt.

4 Ergebnisse auf deskriptiver Ebene

4.1 Zusammensetzung der Stichprobe

Die Durchführung des Pretests erfolgte mit N 270 Schüler/-innen in den Ländern: Deutschland, Luxemburg, Schweiz, England, und den Niederlanden. In Deutschland wurde noch eine Unter-

teilung der Testgebiete in Süddeutschland und Norddeutschland vorgenommen. Insgesamt wurden 14 Klassen am Ende der Sekundarstufe eins getestet. Die Erhebung wurde im Rahmen des regulären Unterrichts durchgeführt. Die Teilnahme war für alle zum Zeitpunkt anwesenden Schülerinnen und Schüler verpflichtend. 43,3 % der Befragten waren weiblich, 55,2 % männlich und 1,5 % gaben ihr Geschlecht nicht an. Die Schülerinnen und Schüler waren im Durchschnitt ca. 15 Jahre alt. Der Testzeitraum erstreckte sich von Oktober 2017 – Juli 2018.

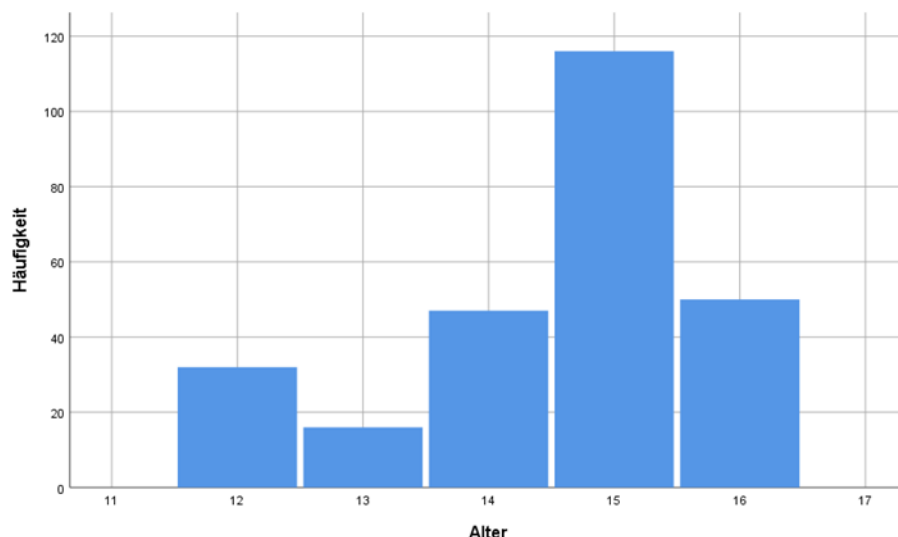


Abb. 5: Altersverteilung der Probanden

Aus dem Diagramm in Abbildung 6 ist die Verteilung getesteten Schüler/-innen in den beteiligten Ländern ersichtlich. Pro Land wurden mindestens zwei bis drei Klassen für den Test herangezogen. Auf Grund der unterschiedlichen Klassenstärken ließen sich größere Abweichungen nicht vermeiden. In Deutschland wurden sowohl Stichproben in Norddeutschland als auch in Süddeutschland erhoben, hierdurch ist die etwas höhere Anzahl der Probanden begründet.

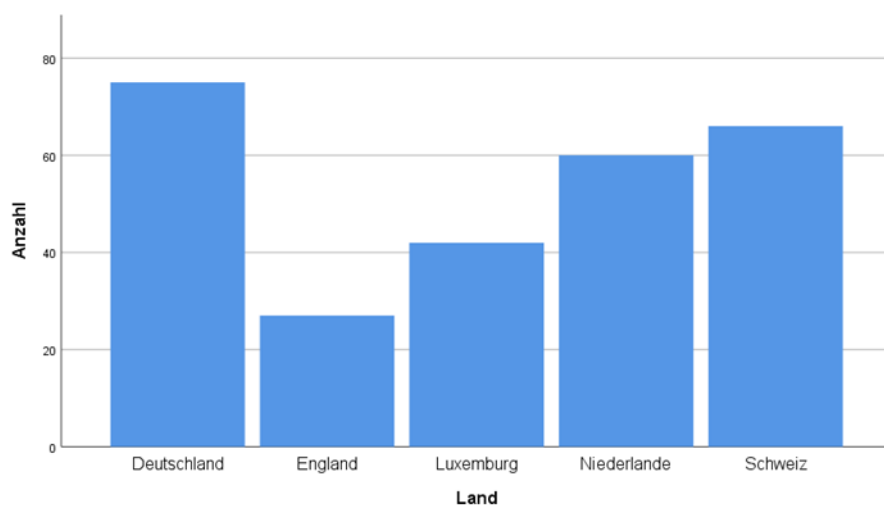


Abb. 6: Verteilung der Probanden über die Länder

4.2 Analyse der Test Items und Bestimmung der Test Reliabilität

Zur Einschätzung der Güte des Testinstruments und mit Blick auf die Weiterentwicklung des Testinstruments wurde im ersten Schritt eine Analyse der Schwierigkeitsindexe und Trennschärfen der einzelnen Items vorgenommen.

Das Ergebnis der Analyse der Aufgabenschwierigkeiten ist im Diagramm 6 mit einer aufsteigenden Reihenfolge dargestellt. Der Schwierigkeitsindex wurde bestimmt als prozentuale Häufigkeit für die richtige Entscheidung. Wie aus der Grafik gut zu erkennen ist zeigt sich eine sehr hohe Bandbreite der Häufigkeiten in Bezug auf die einzelnen Items. Bei zwei Items (Nummer 22 und 23) wurde von keinem der 270 Probanden die richtige Entscheidung getroffen. Auf der anderen Seite beinhaltet der Test auch Items, die von über 80 % der Probanden richtig beantwortet wurden.

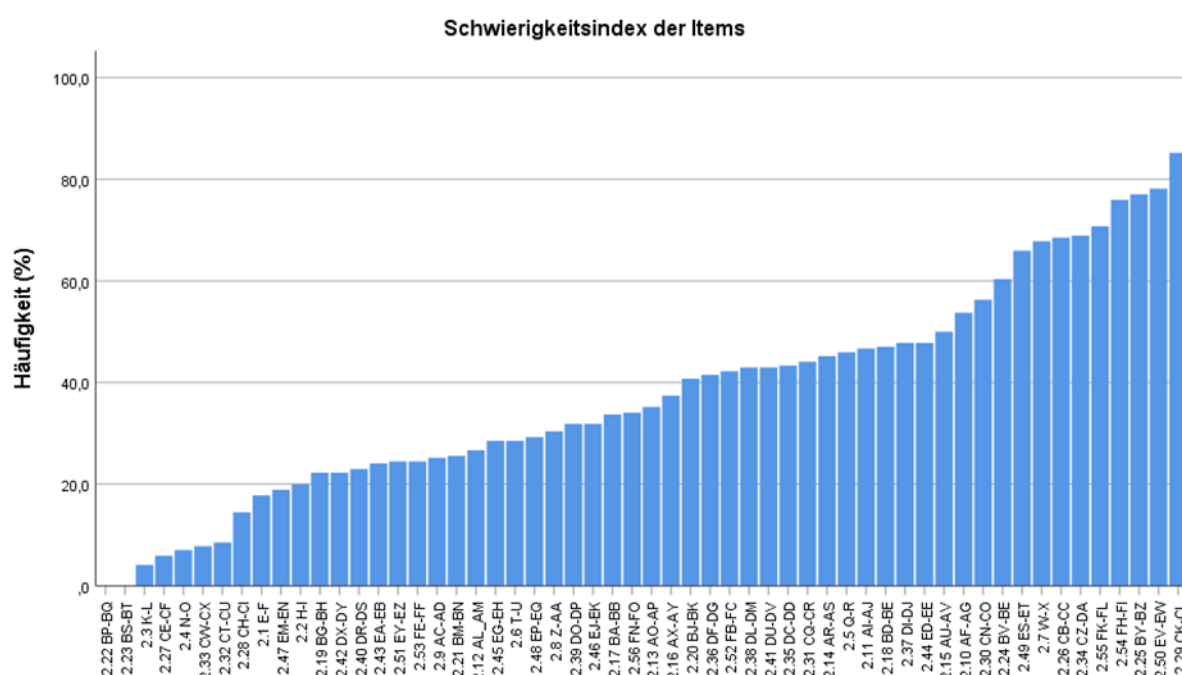


Abb. 7: Schwierigkeitsindex der einzelnen Items

Mit der Schwierigkeit einer Aufgabe ist immer auch die Trennschärfe eng verbunden. Idealerweise weisen Aufgaben mit einem mittleren Schwierigkeitsindex theoretisch die besten Trennschärfen auf. Die Optimierung eines Testes auf möglichst mittlere Schwierigkeitsgrade und somit hohe Trennschärfen der einzelnen Items birgt aber die Gefahr, dass hierdurch die Validität deutlich leidet (vgl. Lienert & Ratz 1998, S. 255). Optimal ist es eine gewisse Bandbreite in Bezug auf die Trennschärfe zu erzielen. Typische in der Literatur genannte Korridore für die Trennschärfenkoeffizienten sind hier 0,3 bis 0,8 (vgl. Lienert & Ratz 1998, S. 255).

Eine Analyse der Trennschärfenkoeffizienten zeigte, wie aufgrund der großen Bandbreiten der Schwierigkeitsindexe zu erwarten war, dass diese auch sehr stark streuen. Es wurden Werte zwischen 0 und 0,5 berechnet. Aufgrund des zweistufigen Testverfahrens erhält man neben den Daten über die richtig getroffenen Entscheidungen noch einen Überblick über die sogenannten Misskonzepte (falsche Entscheidung mit hoher Sicherheit). Auch hierzu wurden die Trennschärfenkoeffizienten der einzelnen Items bestimmt, die sich in einem ähnlichen Bereich bewegen.

Zur Optimierung des Testwerkzeugs empfiehlt es sich diejenigen Items zu eliminieren, die sowohl in Bezug auf die richtige Entscheidung als auch auf die Misskonzepte eine Trennschärfe geringer als 0,2 aufweisen. Die Grenze wurde bewusst mit 0,2 etwas niedriger angesetzt als allgemein üblich, vor dem Hintergrund, dass das Testwerkzeug ein noch weitgehend unbekanntes Konstrukt mit einer sehr großen inhaltlichen Bandbreite abbilden muss. Hierdurch würden drei Items wegfallen. Ein Blick auf die extremen Ausreißer, z. B. die Aufgabenstellung (22), die von keinem der Probanden sicher richtig beantwortet wurde macht die Problematik deutlich, dass nicht unbedingt eine sehr niedrige Trennschärfe bzw. ein sehr hohe Schwierigkeit in Bezug auf die Skala richtige Entscheidungen automatisch dazu führen muss eine Aufgabenstellung zu verwerfen. Das Item (22) zielte darauf ab einzuschätzen, ob ein Bild sicher und langfristig besser auf einer Festplatte gespeichert werden soll oder wenn es auf hochwertigem Papier gedruckt wird. Die durchgehende Entscheidung, die Festplatte als sicheres Speichermedium einzustufen, weist auf ein typisches Misskonzept hin, so dass dieses Item durchaus seine Berechtigung hat und auf Grund der guten Trennschärfe in Bezug auf die Misskonzepte nicht herausgenommen werden musste.

Neben der Analyse von Schwierigkeitsmerkmalen und Trennschärfen der Items es ist die Bestimmung der Reliabilität ein wichtiger Faktor zur Überprüfung der Güte eines Testinstruments. Hierzu wurde das übliche Verfahren zur Überprüfung der internen Konsistenz nach Cronbach genutzt. Cronbachs Alpha wurde bestimmt mit einem Wert von 0,845. Nach der Bereinigung um drei Items steigt der Wert etwas auf 0,87. Die Skala für die Misskonzepte weist einen etwas niedrigeren Wert mit 0,748 auf.

4.3 Ergebnisse in Bezug auf die technische Mündigkeit

Die deskriptive Analyse der Items weist darauf hin, dass das Konstrukt technische Mündigkeit sich mit dem Testwerkzeug objektiv und reliabel erfassen lässt. Nun kann der Blick auf die zentrale Forschungsfrage gerichtet werden, wie die technische Mündigkeit von Schüler/-innen im Alter zwischen zwölf und 16 Jahren ausgeprägt ist. Hierzu wurden die Häufigkeiten der richtig getroffenen Entscheidungen ausgewertet (siehe Abb. 8).

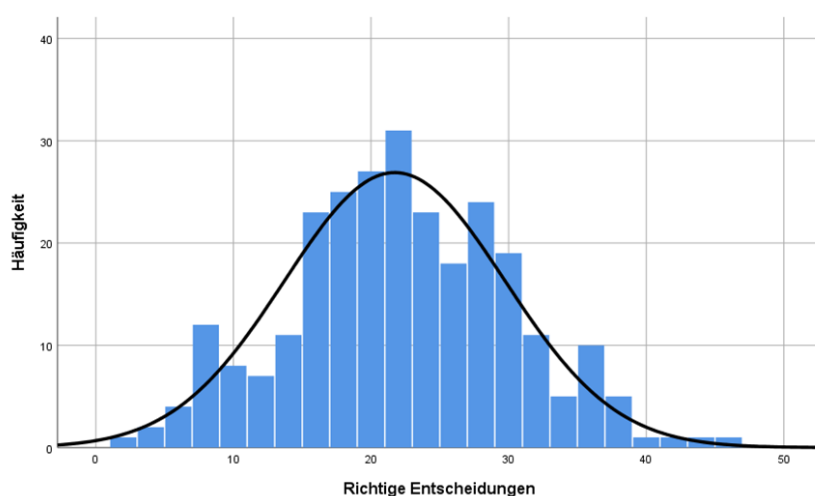


Abb.8: Häufigkeitsverteilung richtige Entscheidungen

Blickt man auf die Verteilung der Daten so zeigt sich, dass diese eine typische Normalverteilung aufweisen. Dieser optische Eindruck wurde auch durch den Test auf Normalverteilung nach Kolmogorov-Smirnov bestätigt. Dies lässt darauf schließen, dass die Stichprobe ausreichend groß und ähnliche Eigenschaften aufweist, wie die Grundgesamtheit. Zentrales Ergebnis ist der Mittelwert über die Gesamtstichprobe. Die untersuchten Schüler/-innen haben im Durchschnitt in 38 % der Fälle die richtige Entscheidung getroffen. Das bedeutet andererseits bei über 60 % der Fragestellungen haben die Schüler/-innen eine falsche Antwort gewählt oder waren sich nicht sicher in ihrer Antwort.

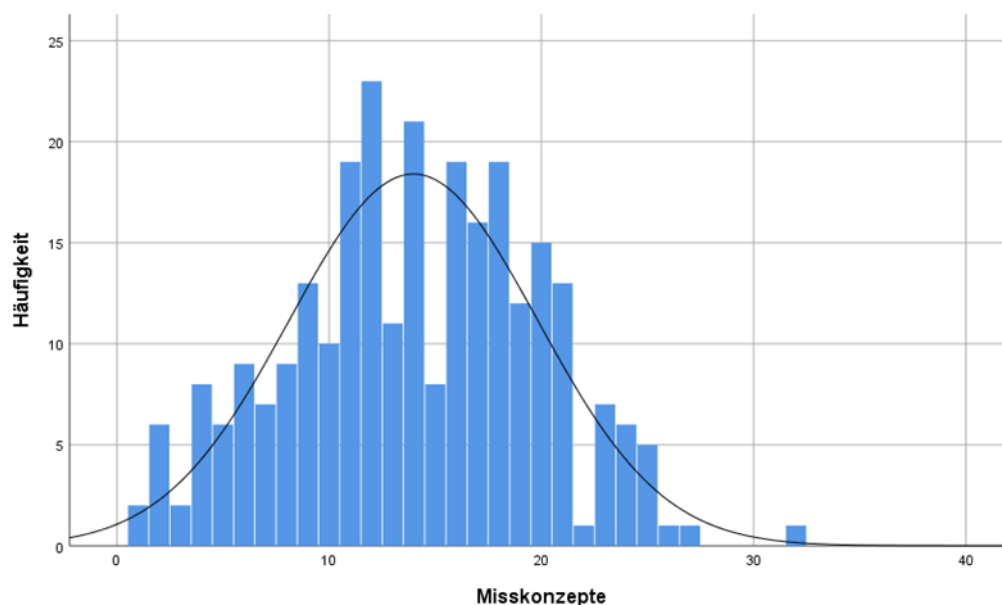


Abb. 8: Häufigkeitsverteilung der Misskonzepte

Um diesen Bereich näher aufzuschlüsseln wurden auch die Daten in Hinblick auf die Misskonzepte ausgewertet und eine Häufigkeitsverteilung vorgenommen (siehe Tab. 3). Erfreulicherweise ist die ermittelte durchschnittliche Anzahl der Misskonzepte mit 24 % deutlich niedriger, als die der richtigen Entscheidungen.

Tab.: 3 Zentrale Testergebnisse mit Bezug auf die gesamte Stichprobe

	Richtige Entscheidungen		Misskonzepte	
	Anzahl absolut	Anzahl prozentual	Anzahl absolut	Anzahl prozentual
N	270		270	
Mittelwert	21,72	38,10%	13,97	24,5%
Median	22,00	38,6%	14	24,6%
Standardabweichung	8,011		5,85	
Minimum	2	3,51%	1	1,75%
Maximum	40	70,17%	32	56,14%

Der Test besteht aus 57 unabhängigen Fragen

4.4 Ergebnisse in Bezug auf die Frage woher das Wissen stammt

Vor dem Hintergrund, dass technische Bildungsinhalte im Rahmen von allgemeinbildenden Unterricht, wenn überhaupt meist nur defizitär vertreten sind, ist die Frage woher das Wissen stammt, welches die Schüler/-innen zur Beantwortung der Fragen nutzten von besonderem Interesse. Hierzu ist zu jeder Aufgabe im Test ein Multiple Choice Antwortfeld zugeordnet bei dem die Schüler/-innen angeben mussten woher das Wissen stammt, das sie zur Beantwortung der Frage genutzt haben. Hierzu standen die vier Optionen: Familie, Medien, Schule und weiß nicht zur Auswahl. Die Ergebnisse zu dieser Fragestellung sind in der Abbildung 9 veranschaulicht. Er zeigt sich, dass die Schule bei der Vermittlung von technischem Wissen keinen besonderen Stellenwert einnimmt. Die Anzahl der Nennung „Schule“ ist ungefähr auf dem gleichen Niveau wie Familie und Medien.

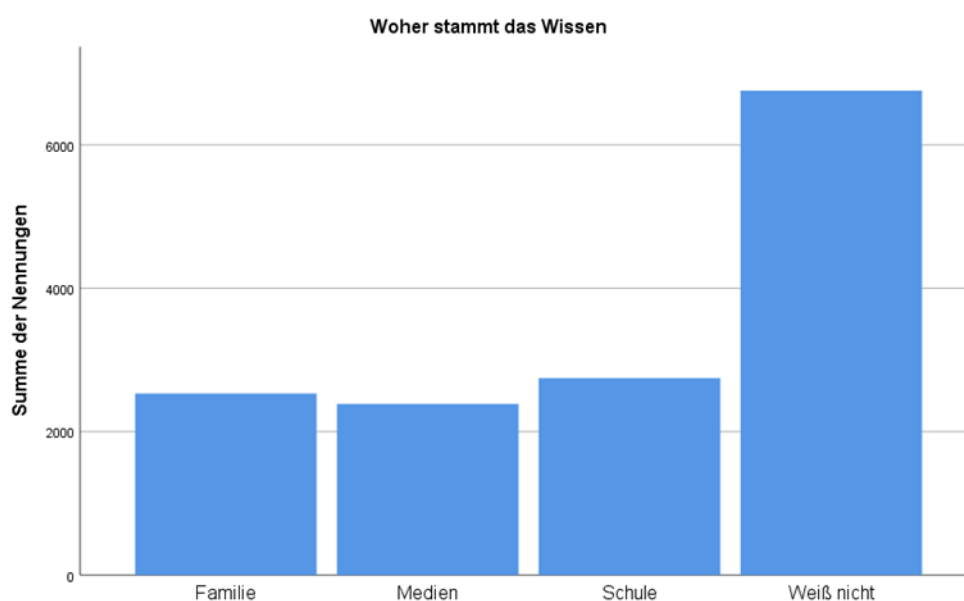


Abb. 9: Nennungen woher das Wissen stammt

5 Ergebnisse auf der Ebene der Testung von Unterschiedshypothesen

5.1 Geschlechtsspezifische Unterschiede

In einem weiteren Schritt der Auswertung wurden die Unterschiede zwischen den Ländern als auch in Bezug auf das Geschlecht mit inferenzstatistischen Methoden untersucht. Die Voraussetzung hierfür, die Normalverteilung der Grundgesamtheit, wurde im Kapitel 4 geprüft (siehe auch Abb.8).

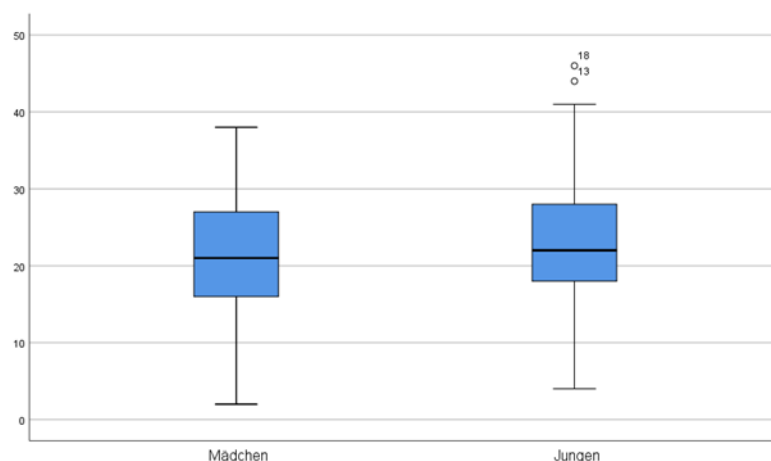


Abb. 10: Geschlechtsspezifische Unterschiede

Zunächst wurde der Gender Aspekt untersucht. Hierzu wurden wieder die Summe der richtigen Entscheidungen als abhängige Variable genutzt und diese getrennt nach Geschlecht analysiert. Die Ergebnisse sind zur besseren Veranschaulichung der Streubreite und Verteilung in Form eines Box-Plot Diagramms dargestellt (siehe Abb. 10). Es zeigt sich, dass die Mediane aber auch die Mittelwerte eng beieinander liegen. Der rechnerische Unterschied zwischen den Mittelwerten beträgt 2,11. Die Überprüfung mit einem T-test für unabhängige Stichproben ergab mit $P = 0,032$ auf 0,95 % Signifikanzniveau, dass hier ein signifikanter Unterschied im Sinne der Testtheorie vorliegt. Um die hiermit verbundene Effektstärke des Geschlechtsunterschieds abschätzen zu können, wurde die Effektstärke über den Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizienten mit $r = 0,13$ bestimmt. Das bedeutet die Geschlechtsunterschiede sind zwar statistisch signifikant, aber unterscheiden sich nur gering.

5.2 Länderunterschiede

Im Mittel über alle Länder wurden 22 von möglichen 57 Punkten für die richtige Entscheidung erzielt. Nun stellt sich die Frage, inwieweit sich Unterschiede zwischen den beteiligten Ländern beobachten lassen. Hierzu gibt die Abbildung 11 Aufschluss. Hierzu muss angemerkt werden, dass die Stichprobe relativ klein ist und somit die Ergebnisse nur bedingt zu verallgemeinern sind. Interessanterweise fallen die Unterschiede relativ gering aus, die Unterschiede zum Mittelwert betragen zwischen 0,3 (England) und 3,5 (Deutschland). Der erste Eindruck wird auch theoretisch durch einen T-Test bestätigt. Ein statistisch signifikanter Unterschied² Bezug auf den Mittelwert wird nur für Deutschland ausgewiesen.

2 $P = 0,01$, bei 0,95 % Signifikanzniveau

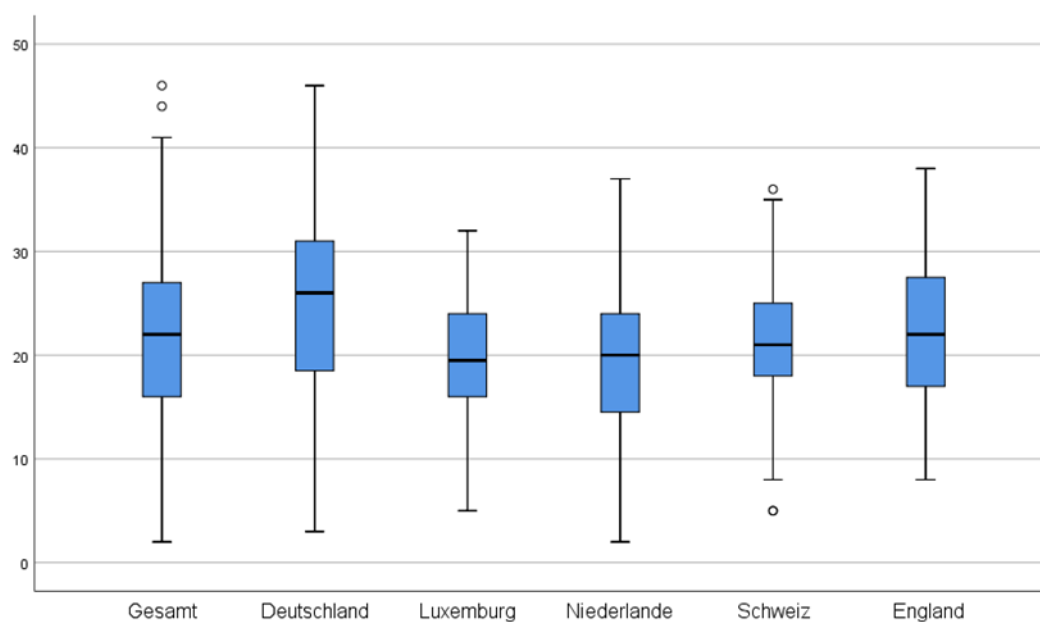


Abb. 11: Ländervergleich in Bezug auf die richtigen Entscheidungen

6 Zusammenhangsanalysen

Wie die deskriptiven Analysen gezeigt haben, sind ca. 25 % der Antworten den Misskonzepten zuzuordnen. Andererseits haben die Analysen ergeben, dass das Wissen zur Beantwortung der Fragen, nach Angaben der Schüler/-innen, fast zu gleichen Anteilen aus der Schule, der Familie oder den Medien stammt. Jetzt stellt sich die Frage, auf welche Wissensherkunft die Misskonzepte zurückzuführen sind. Hierzu wurde ermittelt, wie oft die Nennungen zu den unterschiedlichen Wissensquellen, den Misskonzepten zuzuordnen sind.

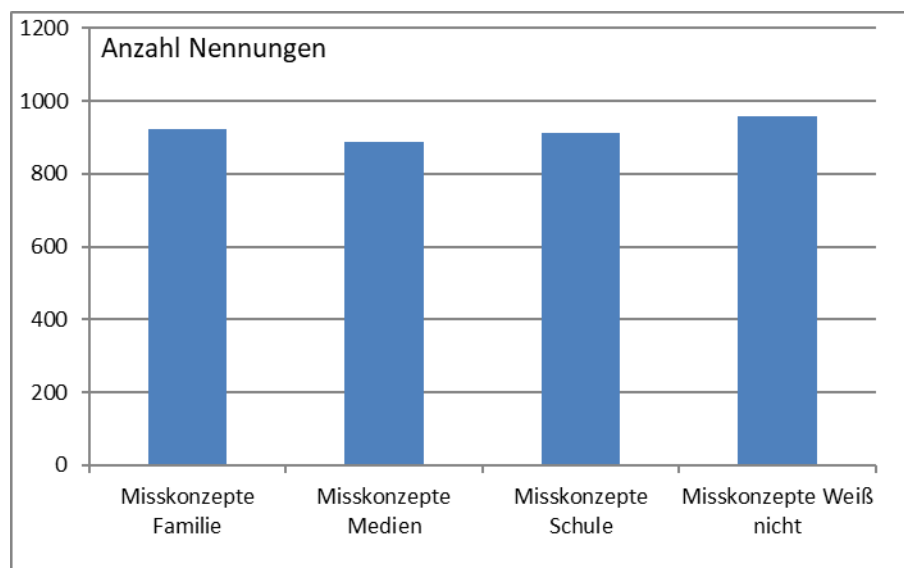


Abb. 12: Zusammenhang zwischen der Herkunft des Wissens und den Misskonzepten

Im Diagramm 12 sind die Ergebnisse visualisiert. Offensichtlich zeigen sich nur geringfügige Unterschiede, so dass anzunehmen ist, dass keiner der Wissensquellen eine besondere Bedeutung bei der Bildung von Misskonzepten zuzuschreiben ist.

7 Einschätzung der Gütekriterien des Testinstrumentes

Wesentliches Qualitätsmerkmal im Kontext der Entwicklung von Test- und Analysewerkzeugen zu empirischen Forschungszecken sind die drei zentralen Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität (Bortz & Döring 2006). Bei der Betrachtung des Gütekriteriums Objektivität sind hier insbesondere die Durchführungs-, Auswertungs- und Interpretationsobjektivität von Bedeutung. Ziel sollte es sein, dass eine möglichst hohe Unabhängigkeit der Ergebnisse von den Durchführungsbedingungen und dem Bewerter erzielt wird. Wesentliche Elemente zur Sicherung der Objektivität waren bei der Durchführung des Pre-Tests:

- Sehr kurze vereinheitlichte Instruktionen, so wie die einheitliche Festlegung der Dauer für die Bearbeitung des Tests.
- Automatische Erfassung der Testergebnisse über eine optische Erkennungssoftware sowie eine automatisierte Auswertung der Daten.

Die interne Konsistenz für die Skala „Richtige Entscheidungen“ wurde mit Hilfe der Bestimmung von Cronbachs Alpha vorgenommen. Mit einem Wert von $\alpha = 0,845$ konnte eine hinreichende Reliabilität nachgewiesen werden. Darüber hinaus weisen die Schwierigkeitsindexe und Trennschärfen eine hohe Bandbreite auf.

Die Einschätzung der Validität eines Testes ist immer die schwierigste, aber letztendlich die wichtigste Aufgabe. Bei dem Konstrukt der technischen Mündigkeit, welches bisher noch nicht untersucht wurde, können keine Bezüge zu anderen Ergebnissen oder Verfahren hergestellt werden. Hier ist die Einschätzung der der Inhaltsvalidität von besonderer Bedeutung. Die Inhaltsvalidität ist gegeben, wenn die Items zur Operationalisierung einer Kategorie theoriebasiert und sehr genau definiert sind (Bortz & Döring 2006). Diese Anforderung wurde versucht durch folgende Maßnahmen sicher zu stellen:

- Theoriebasierte Konzeption eines Aufgaben-Entwicklungsmodells als Ausgangsbasis für die Testkonstruktion.
- Systematische Berücksichtigung der drei Dimensionen: Wissenskomponente, Handlungsform und Handlungsfeld bei der Konstruktion der Test-Items.
- Entwicklung und Optimierung der einzelnen Items durch ein internationales Team von Fachexperten.

Die Einschätzungen in Bezug auf die Gütekriterien lassen den Schluss zu, dass mit dem neu entwickelten Testinstrument eine anspruchsvolle Ausgangsbasis für Weiterentwicklung und Optimierung von Möglichkeiten zur messtechnischen Erfassung des Konstrukts der technischen Mündigkeit geschaffen worden ist. Die Autoren sind entsprechend zuversichtlich, dass hiermit eine neue Möglichkeit besteht, das Konstrukt der technischen Mündigkeit im internationalen Kontexten näher zu erforschen.

8 Zusammenfassung

Die technische Mündigkeit von Schülern/-innen im Alter von 13-16 Jahren ist mit durchschnittlich 38 % richtiger Entscheidungen mäßig ausgeprägt. Bei über 60 % der Fragestellung konnten

die Schüler/-innen keine sichere Entscheidung treffen. Der durchschnittliche Anteil von 25 % der Aufgaben, die mit hoher Sicherheit falsch beantwortet wurden, lässt den Schluss zu, dass neben fehlendem Wissen sich auch eine relativ hohe Anzahl von Misskonzepten bei den Schüler/-innen verfestigt haben. Interessanterweise zeigen sich dabei keine großen Unterschiede in Bezug auf die einzelnen Länder, obwohl sich die Bildungssysteme generell als auch hinsichtlich der technischen Bildung stark unterscheiden. Erfreulicherweise fallen die beobachteten Unterschiede zwischen Jungen und den Mädchen nur schwach signifikant aus. Die häufig zu beobachten Tendenz, dass Jungen in Bezug auf die Entwicklung des technischen Wissens den Mädchen überlegen sind (vgl. z.B. Fletcher & Deutsch 2016; Fletcher & Kleinteich 2018), fallen hier weit weniger deutlich aus.

Erstaunlich hoch fällt die Angabe aus, dass keine Einschätzung gemacht werden kann woher das Wissen stammt. Setzt man die Zahlen ins Verhältnis, so wird laut Angaben der Schüler/-innen nur ca. 20 % des erforderlichen Wissens, das zur Beantwortung der Testfragen genutzt wurde, durch die Schule vermittelt. Bei einer differenzierten Betrachtung der Antworten, bei denen das Wissen aus der Schule stammt, wurde deutlich, dass nur einige Aspekte des technischen Wissens im Kontext von Schule vermittelt werden. Eine besonders auffällige „Wissensherkunft“ aus denen sich die Misskonzepte speisen, konnte nicht festgestellt werden. Allerdings ist in diesem Zusammenhang als bedenklich einzustufen, dass die Schule scheinbar eine genauso große Rolle bei der Bildung von Misskonzepten spielt, wie die informellen Wissensquellen Medien und Familie.

Wie in der Einleitung erwähnt, wurde kaum Forschung zur technischen Mündigkeit von Schülern durchgeführt. Es gibt deswegen wenige Vergleichsmöglichkeiten. In den USA wurde die Energiekompetenz von 3708 Schülern in Sek I im Bundesstaat New York untersucht (deWaters & Power 2011). Diese Forschung wurde auch mit einem schriftlichen Fragebogen durchgeführt. Auch hier waren die Ergebnisse enttäuschend. Im Durchschnitt wurden nur 42 % der Fragen richtig beantwortet. Unsere Ergebnisse belegen empirisch, die schon eingangs dargestellten grundsätzlichen Tendenzen einer diametralen Entwicklung. Einerseits steigt die Technisierung insbesondere durch die Digitalisierung und durchdringt immer mehr alle Lebensbereiche, andererseits zeigt sich in allen an der Studie beteiligten Ländern eine nur schwach ausgeprägte technische Mündigkeit von Schülern/-innen zum Ende der Sekundarstufe I. Hiermit ist die Gefahr verbunden, dass die nachwachsende Schülergeneration in der Rolle eines passiven Nutzers der Technik bleiben und demnach auch nur bedingt einen Beitrag leisten können zur sinnvollen und nachhaltigen Weiterentwicklung unserer technisierten Lebensumwelt.

Literatur

- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Dammer, K.-H. & Wortmann, E. (2014). *Mündigkeit: Didaktische, bildungstheoretische und politische Überlegungen zu einem schwierigen Begriff*. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Detjen, J. (2014). *Politische Bildung. Geschichte und Gegenwart in Deutschland*. München: Oldenburg.
- DeWaters, J.E. & Powers, S.E. (2011). Energy literacy of secondary students in New York State (USA): A measure of knowledge, affect, and behaviour. *Energy Policy*, Jg. 39, 1699-1710.
- 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), 1-14.
- 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, H. 2, 106-127.

- Fletcher, S. & Kleinteich, A. (2018). Die Entwicklung des technischen Systemdenkens im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(1), 85–100.
- International Technology Education Association (2000). *Standards for Technological Literacy. Content for the Study of Technology*. Reston, VA: ITEA.
- Koller, R. (1994). *Konstruktionslehre für den Maschinenbau: Grundlagen des methodischen Konstruierens*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- 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), 158–163.
- Lienert, G.A. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse* (6. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Milberg, J. (2009). *Förderung des Nachwuchses In Technik und Naturwissenschaft: Beiträge zu den Zentralen Handlungsfeldern*. Berlin: Springer.
- 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*.
- Hüttner, A. (2002). *Technik unterrichten: Methoden und Unterrichtsverfahren im Technikunterricht*. Haan-Gruiten: Verl. Europa-Lehrmittel Nourney Vollmer.
- National Academy of Engineering (2006). *Tech Tally: Approaches to Assessing Technological Literacy*. Washington, DC: National Academies Press.
- Roth, H. (1971). *Pädagogische Anthropologie*. Bd. 2, Hannover: Schroedel.
- Ropohl, G. (1979). *Eine Systemtheorie der Technik*, 1979, 2. Aufl. u. d. Titel *Allgemeine Technologie*. München: Carl Hanser Verlag.
- Ropohl, G. (1975). *Systemtechnik- Grundlagen und Anwendung*. München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- Schmayl, W. (2003). *Ansätze allgemeinbildenden Technikunterrichts*. In: Bernhard Bonz, Bernd Ott (Hrsg.): *Allgemeine Technikdidaktik. Theorieansätze und Praxisbezüge*. Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- VDI (2012). *Positionspapier. Technische Allgemeinbildung stärkt den Standort Deutschland*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.
- VDI (2007). *Bildungsstandards Technik für den Mittleren Schulabschluss*. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.

PROF. DR. STEFAN FLETCHER 1

Universität Duisburg-Essen, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Technologie und Didaktik der Technik
Universitätsstr. 15, 45141 Essen
Stefan.fletcher@uni-due.de

PROF. DR. MARC J. DE VRIES

Technische Universität Delft, Fakultät Angewandte Naturwissenschaften
Lorentzweg 1, Niederlande-2628 CJ Delft
m.j.devries@tudelft.nl

PROF. DR. CHARLES MAX

Université du Luxembourg, Fakultät für Sprachwissenschaften und Literatur, Geisteswissenschaften, Kunst und Erziehungswissenschaften
Maison du Nombre, 6, Avenue de la Fonte, L-4364 Esch-dur-Alzette
Charles.max@uni.lu

Zitieren dieses Beitrags:

Fletcher, S.; de Vries, M.J.; Max, C. (2018). Die technische Mündigkeit von Schüler/-innen zum Ende der Sek. I im internationalen Vergleich – Entwicklung eines Testinstruments und erste Ergebnisse. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(4), 30–51.