

Bernd Zinn (Universität Stuttgart)

Mira Latzel (Universität Stuttgart)

Sunita Ariali (Universität Stuttgart)

**Entwicklung und Erprobung eines Instruments zur
Erfassung technischen Wissens im Fach Naturwissen-
schaft und Technik**

Herausgeber

Bernd Zinn

Ralf Tenberg

Daniel Pittich

Journal of Technical Education (JOTED)

ISSN 2198-0306

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

Bernd Zinn, Mira Latzel & Sunita Ariali (Universität Stuttgart)

Entwicklung und Erprobung eines Instruments zur Erfassung technischen Wissens im Fach Naturwissenschaft und Technik¹

Zusammenfassung

Im Beitrag wird von der Entwicklung und Erprobung eines Instruments zur Erfassung des allgemein technischen Fachwissens im gymnasialen Fach Naturwissenschaft und Technik berichtet. Das Instrumentarium beinhaltet sechs Tests zur Erfassung des fachlichen Wissens in den Bereichen Automatisierungstechnik, Bautechnik, Erneuerbare Energien, Robotik, Schall- und Lärmtechnik sowie Wetter- und Klimatechnik. Im Beitrag werden sowohl die einzelnen Entwicklungs- und Pilotierungsschritte als auch die Ergebnisse der Erprobung des Instruments mit $n = 666$ Schülerinnen und Schülern der Mittelstufe an Gymnasien in Baden-Württemberg vorgestellt. Die Daten der Erprobung wurden mittels einer Rasch-Analyse ausgewertet. Die Ergebnisse liefern eine Evidenz für die Reliabilität und Validität des Instruments.

Schlüsselbegriffe: Naturwissenschaft und Technik, Kompetenzmodellierung, Testentwicklung, Rasch-Analyse, allgemein technisches Fachwissen

Development and testing of an instrument for the acquisition of general technical knowledge in the subject of science and technology

Abstract

This paper deals with the development and testing of an instrument for the recording of general technical knowledge in the grammar school subject of science and technology. The equipment includes six tests for the acquisition of technical knowledge in the fields of automation technology, construction technology, renewable energies, robotics, sound and noise technology as well as weather and climate technology. In the paper, the individual developmental and pilot steps as well as the results of the testing of the instrument with $n = 666$ intermediate-level pupils at grammar schools in Baden-Wuerttemberg will be presented. The data of the test were evaluated by means of a Rasch analysis. The results provide evidence of the reliability and validity of the instrument.

Keywords: Science and technology, competency modelling, test development, Rasch analysis, general technical knowledge

¹ Die vorliegende Veröffentlichung entstand im Projekt „Lehrerbildung PLUS – Professionsorientierte Weiterentwicklung der Lehrerbildung in der Region Stuttgart – Aufbau einer Professional School of Education (PSE), Teilvorhaben Universität Stuttgart“ und wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung unter dem Förderkennzeichen 01JA1607A gefördert

1 Ausgangssituation

Mit dem Fach Naturwissenschaft und Technik (NwT) ist in Baden-Württemberg an den allgemeinbildenden Gymnasien eine interdisziplinäre natur- und technikwissenschaftliche Grundbildung intendiert (MKJS 2004). NwT wurde 2007 als natur- und technikwissenschaftliches Profulfach an allen Gymnasien in Baden-Württemberg in den Klassenstufen 8 bis 10 eingeführt und wird additiv zu den traditionellen naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik unterrichtet. NwT entspricht in der Mittelstufe als Kernfach der dritten Fremdsprache im sprachlichen Profil und wird vierstündig unterrichtet. Zudem wird NwT an ausgewählten Gymnasien in Baden-Württemberg in der Oberstufe (Kursstufe) erprobt und ist als Prüfungsfach im Abitur wählbar (Zinn, Latzel & Ariali 2017). Bislang liegt zu den Bildungserträgen des Unterrichts im gymnasialen Fach NwT und insbesondere im Kontext der Akzentuierung einer technischen Grundbildung kein empirisches Beschreibungswissen vor, obwohl eine Evidenzbasierung der technischen Grundbildung an mehreren Stellen wie auch schulformübergreifend gefordert wird (vgl. z. B. Höpken, Osterkamp & Reich 2003; Buhr & Hartmann 2008; Euler 2008; Mokhonko, Ștefănică & Nickolaus 2014; Zinn 2014). Eine systematische Analyse der allgemein technischen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern an Gymnasien könnte die strukturelle und inhaltliche Genese des Fachs fördern und Aussagen über die Ergebnisse des NwT-Unterrichts ermöglichen. Die fachspezifischen Bildungsstandards in NwT (siehe Abschnitt 3.2; MKJS 2004) können zur Qualitätssicherung letztlich aber nur dann wirksam werden, wenn sich, auf der Grundlage der hinter ihnen liegenden Kompetenzen, entsprechende valide Tests entwickeln lassen. Valide Tests sind damit aus fachdidaktischer Sicht ein wesentliches Element zur Beschreibung von Kompetenzstrukturen der Schülerinnen und Schüler. Sie ermöglichen letztlich eine inhaltliche Charakterisierung dessen, was Schülerinnen und Schüler bereits können und was sie noch lernen müssen.

Der vorliegende Beitrag greift das Forschungsdesiderat zur Entwicklung und Erprobung eines Instruments zur Erfassung allgemeiner technikwissenschaftlicher Kompetenzen auf. Ziel des Vorhabens ist es, (1.) ein valides, reliables und gleichfalls ökonomisches Fragebogeninstrument zur Erfassung des fachinhaltlichen Wissens in zentralen technischen Themenbereichen des NwT-Unterrichts vorzulegen, das für diagnostische Zwecke in der Schulpraxis eingesetzt werden kann, gleichzeitig aber psychometrisch so ausgereift ist, dass das Instrument auch für die empirische ausgerichtete fachdidaktische Forschung in NwT verwendbar ist. Zudem scheint vor dem Hintergrund des interdisziplinären Zuschnitts des Fachs (2.) die Analyse von Zusammenhängen zwischen den technik- und naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Interesse. Die Erforschung der Bildungserträge im Fach NwT stellt sich vor dem Hintergrund der komplexen Bandbreite der miteinander verflochtenen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Bezugsdisziplinen allgemein als grundlegend herausfordernd dar. Im Rahmen der vorliegenden Studie² soll zudem untersucht werden, inwieweit sich die technikwissenschaftlichen Kompetenzen innerhalb des interdisziplinären Faches von den

² Diese Studie wurde durch die Vector Stiftung gefördert.

naturwissenschaftlichen abgrenzen, bzw. inwiefern diese miteinfließen. Hierzu werden die Zusammenhänge der Personenfähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zum technischen Fachwissenstest und dem exemplarisch erhobenen physikalischen Fachwissenstest analysiert.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Bildungsstandards in der natur- und technikwissenschaftlichen Grundbildung

Bildungsstandards sollen allgemein der Sicherung der Ergebnisse von Schule und der Verbesserung der Unterrichtsqualität im Kontext eines Bildungsmonitorings dienen. In den fachspezifischen Bildungsstandards sind hierzu die fachspezifischen Zielsetzungen in Form von Kompetenzen und Regelstandards formuliert (vgl. z. B. Walpuski et al. 2008). Kompetenzen sind dabei nach der viel zitierten Begriffsbestimmung nach Weinert (2001) „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert 2001, S. 27). Nach Klieme et al. (2003) ist davon auszugehen, dass Kompetenzen domänen-spezifisch zu modellieren sind, wobei die Abgrenzung Domäne nicht trennscharf ist und sich auf einzelne Fächer, wie z. B. Technik oder auch auf interdisziplinär gestaltete Unterrichtsfächer, wie z. B. Naturwissenschaft und Technik (NwT) beziehen kann. Während für die traditionellen naturwissenschaftlichen Fächer seit fast einer Dekade länderübergreifende Vereinbarungen zu den Bildungsstandards für den mittleren Bildungsabschluss bestehen und auch eine elaborierte fachdidaktische Forschung zur Erfassung der fachspezifischen Kompetenzen und Kompetenzmodellierungen sich entfaltet hat (vgl. z. B. Kauertz et al. 2010; Ramseier, Labudde & Adamina 2011), existieren für die technische Grundbildung in Deutschland bislang keine länderübergreifenden Bildungsstandards. Relevante Standards für eine technikwissenschaftliche Literalität ergeben sich aus Positionspapieren von Interessenverbänden (z. B. ITEA 2003; AAAS1994; VDI 2007) und den länderspezifischen Bildungsplänen (vgl. z. B. für Nordrhein-Westfalen, Autorengruppe Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Technik 2013; für Baden-Württemberg, MKJS 2004; MKJS 2016³). Obwohl sich im Bezugsfeld der technischen Grundbildung die vorliegenden bildungspolitischen Dokumente (z. B. Delphi-Studie von Rossouw, Hacker & de Vries 2011; Standards for Technology Literacy der International Technology Education Association ITEA 2007; Ansatz der American Association for the Advancement of Science 1994; Bildungsstandards des VDI für das Fach Technik 2007; Bildungsplan des gymnasialen Fachs Naturwissenschaft und Technik siehe MKJS 2004; MKJS 2016) bezogen auf ihren Entstehungs- und Gültigkeitsbereich sowie auf ihren individuellen, qualitativen und quantitativen Zuschnitt als heterogen erweisen, können übergreifende Charakteristika festgestellt werden. Hierzu zählen: Die Gegenstandsbereiche der technischen Allgemeinbildung werden auf (aktuelle) lebensweltliche Kontexte und Handlungsfelder bezogen. Der Schwerpunkt der technischen Grundbildung

³ Der neue Bildungsplan (MKJS 2016) wurde erstmals für die Schülerinnen und Schüler angewendet, die im Schuljahr 2016/2017 in die Klassen 5 und 6 eintraten.

liegt weniger auf einer Fachsystematik und der expliziten Benennung einzelner fachlicher Lerninhalte. Vielmehr erfolgt eine Orientierung am Literacy-Konzept, wie es auch für den naturwissenschaftlichen Fächerkanon konstatiert wird (Euler 2008). Die Ziele der technischen Grundbildung sind allgemein gehalten und fokussieren weniger ein formales Verfügungswissen, sondern rekurren auf ein Orientierungs- und Handlungswissen. Die in den bildungspolitischen Dokumenten konturierten Themengebiete beinhalten eine enge Anbindung an ingenieurwissenschaftliche Domänen, wie beispielsweise Bau-, Elektrotechnik oder Maschinenbau. In den referierten nationalen Dokumenten ist der strukturelle Aufbau der Kompetenzbereiche (Kognitiver Bereich, Handlungsbereich, Kommunikativer Bereich und Bewertungsbereich) weitestgehend identisch mit der Strukturierung der Kompetenzbereiche in den naturwissenschaftlichen Fächern. Mehrheitlich wird in den Konzeptualisierungen auf eine handlungsorientierte Umsetzung und auf problemorientierte Zugänge hingewiesen (Zinn 2014).

2.2 Modellierung und Erfassung von Kompetenzen im natur- und technikkwissenschaftlichen Unterricht

Neben der Analyse der fachspezifischen Standards ist für die Entwicklung von fachspezifischen Kompetenztests ein begründetes Kompetenzmodell (Rahmenmodell) notwendig, welches u. a., neben den relevanten Kompetenzbereichen und spezifischen Kompetenzfacetten, auch Aussagen zur Niveaustufengestaltung macht und ein nomologisches Netzwerk beinhaltet, welches die Relationen der jeweiligen technischen Kompetenzen zu anderen Konstrukten spezifiziert (vgl. z. B. Köller 2008). Obwohl die Annahmen zur Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenzen vor dem Hintergrund des spezifischen Zuschnitts des interdisziplinären Fachs NwT und dem in der vorliegenden Studie gelegten Schwerpunkt zum allgemein technischen Fachwissen begrenzt übertragbar scheint, so kann dennoch allgemein davon ausgegangen werden, dass die einschlägige Forschung hierzu (vgl. z. B. Schecker & Parchmann 2006; Kauertz et al. 2010) auch grundlegende Ansatzpunkte für ein fachspezifisches Rahmenmodell NwT liefert. Startet man hier bei den Bildungsstandards für den mittleren Bildungsabschluss zu den naturwissenschaftlichen Fächern so werden die vier Kompetenzbereiche: Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung differenziert (KMK 2005a; KMK 2005b; KMK 2005c). Der Kompetenzbereich technisches Fachwissen, der in der vorliegenden Studie fokussiert wird, bezieht sich dabei auf die Disponibilität eines strukturierten allgemein technischen Fachwissens auf der Grundlage fachspezifischer Basiskonzepte. Basiskonzepte sind dabei zentrale Konzepte des Fachs, die den für die Schulstufe (hier Sekundarstufe I) relevanten Inhaltsbereich (siehe Abschnitt 3.2) im Sinne von Leitideen strukturieren. Diese sollen den Schülerinnen und Schülern eine systematische Erschließung der Inhaltsbereiche erlauben (vgl. z. B. Parchmann 2007; Neumann, Fischer & Sumfleth 2008). Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung beinhaltet Kompetenzen, wie z. B. die Planung, Durchführung und Auswertungen von natur- und technikkwissenschaftlichen Untersuchungen. In Anlehnung an Mayer (2007) werden bei der Erkenntnisgewinnung die drei Dimensionen Wissenschaftliche Arbeitstechniken, Wissenschaftliche Untersuchungen und Charakteristika der Natur- und Technikwissenschaft im Sinne eines nature of science und nature of technology differenziert werden. Der Bereich

Kommunikation umfasst insbesondere den sach- bzw. adressatengerechten Austausch von Informationen. Das von Kulgemeyer und Schecker theoretisch begründete und empirisch fundierte Modell beinhaltet dabei die drei Dimensionen: Perspektive, Aspekt und kognitiver Beiwert (Kulgemeyer & Schecker 2009; Kulgemeyer 2010). Dazu ergänzend fokussiert der Kompetenzbereich Bewertung „das Bewerten und Einordnen von Aussagen, Beobachtungen, Erkenntnissen und Entscheidungsprozessen“ (vgl. Parchmann et al. 2006, S. 126). Das von Eggert und Bögeholz vorgelegte Strukturmodell zur Bewertungskompetenz beinhaltet die vier Teilkompetenzen Kennen und Verstehen nachhaltiger Entwicklung, Kennen und Verstehen von Werten und Normen, Generieren und Reflektieren von Sachinformation und Bewerten, Entscheiden und Reflektieren (Eggert & Bögeholz 2006). Das Rahmenmodell naturwissenschaftlicher Kompetenz von Kauertz et al. (2010) fasst die vier hier skizzierten Bereiche zur Dimension Kompetenzbereiche zusammen und erweitert um die beiden Dimensionen Komplexität der Aufgabe (Niveau I – V) und Kognitive Aktivitäten mit den vier aufsteigenden Stufen Reproduzieren, Selektieren, Organisieren und Integrieren. Zusammenfassend scheint es sinnvoll, das skizzierte Rahmenmodell als Basis für die theoretische Modellierung der natur- und technikwissenschaftlichen Kompetenzen im Fach NwT zu unterstellen. Für die Modellierung mit den drei Dimensionen: (1.) Komplexität der Aufgabe, (2.) Kognitive Aktivität und (3.) Kompetenzbereiche spricht insbesondere die Anschlussfähigkeit des Fachs NwT an die Erkenntnisse der naturwissenschaftlichen Fächer.

Während zur Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenzen bzw. Teilkompetenzen von Schülerinnen und Schülern mehrere Instrumente vorliegen, stellt sich der Forschungsstand zur Erfassung allgemein technischer Kompetenzen noch dürtig dar. In den naturwissenschaftlichen Fächern liegen Tests zur Erfassung: des fachinhaltlichen Wissen zur Mechanik (Hestenes, Wells & Swackhamer 1992), des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen in der Physik (Vorholzer, von Aufschnaiter & Kirschner 2016), der Kommunikationskompetenz in Chemie (Kobow 2015), der Modellkompetenz im Biologieunterricht (Terzer, Hartig & Upmeier zu Belzen 2013) oder des Verständnisses in der Elektrizitätslehre (Urban-Woldron & Hopf 2012) vor. Die Aufzählung erhebt nicht den Anspruch auf eine Vollständigkeit, vielmehr sollte hierdurch ein Einblick in die unterschiedlichen Fassetten der naturwissenschaftlichen Kompetenzforschung aufgezeigt werden. Zur Erfassung allgemein technikwissenschaftlicher Kompetenzen bzw. Teilkompetenzen von Schülerinnen und Schüler liegen bislang nur vereinzelte Studien vor (vgl. z. B. Meier, 2009; Duisman & Meschenmoser 2009; Zinn 2013; Stemmann & Lang 2014; Fletcher & Deutsch 2016). Die Beiträge zur Kompetenzdiagnostik von Lernenden in der technischen Allgemeinbildung beziehen sich dabei weitestgehend auf konzeptuelle Aspekte (vgl. für einen Überblick siehe z. B. Theuerkauf et al. 2009). Speziell zur Erfassung von technischen Kompetenzen im gymnasialen Fach Naturwissenschaft und Technik (NwT) liegen keine validen Testinstrumente vor. Obwohl eine Evidenzbasierung zur allgemein technischen Grundbildung gefordert wird (vgl. z. B. Höpken, Osterkamp & Reich 2003; Buhr & Hartmann 2008; Euler 2008; Mokhonko, Ștefănică & Nickolaus 2014; Zinn 2014), ist der Forschungsstand zur technischen Allgemeinbildung überwiegend konzeptuell und deskriptiv orientiert und selten empirisch ausgerichtet.

3 Entwicklung des Testinstruments

3.1 Methodische Vorgehensweise

Aufbauend auf der theoretischen Modellierung wurde zur Identifikation zentraler fachwissenschaftlicher Kernbereiche, (1.) eine umfassende Analyse des Bildungsplans (MKJS 2004) und inhaltsanalytische Auswertung von diversen Dokumenten der schulischen Praxis vorgenommen. Im Anschluss an die Dokumentenanalyse erfolgte (2.) die Zusammenstellung einer Itematterie. Zur Absicherung der inhaltlichen und curricularen Validität der einzelnen Items erfolgte (3.) eine Expertenvalidierung durch NwT-Fachleiter und Lehrkräfte (n = 25) sowie eine Pilotierung mit Schülerinnen und Schülern (n = 82) in der Mittelstufe an Gymnasien in Baden-Württemberg. (4.) Abschließend wurden die überarbeitete Items an mehreren Teilstichprobe erprobt und unter der Annahme der probabilistischen Testtheorie ausgewertet. Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Schritte der Itementwicklung und Konstruktion der Tests ausführlich beschrieben.

3.2 Bildungsstandards und Dokumentenanalyse

Im Rahmen der Dokumentenanalysen wurden ausgehend von den curricularen Inhalten des Bildungsplans (MKJS 2004) diverse Schulcurricula von Schulen inhaltsanalytisch zur Ermittlung curricularer Kernbereiche des NwT-Unterrichts ausgewertet (Haller 2014). Der Bildungsplan NwT für die Mittelstufe fokussiert die drei übergreifenden Prinzipien: Ursache und Wirkung, Systemgedanke sowie Energieerhaltung und differenziert im Einzelnen die vier Betrachtungsbereiche: Mensch, Umwelt, Technik sowie Erde & Weltraum. Im Betrachtungsbereich Technik sollen die Schülerinnen und Schüler nach Abschluss der 10. Klassenstufe über folgende Kompetenzen verfügen: Möglichkeiten der Energienutzung analysieren und bewerten, Perspektiven der Energieversorgung der Zukunft nachvollziehen und bewerten, in einem biotechnischen Verfahren ein Produkt herstellen und verfahrenstechnische Parameter erfassen, ein Alltagsprodukt mittels eines chemietechnischen Verfahrens herstellen, die statische Konstruktion eines Bauwerkes erläutern, mechanische Konstruktions- und Funktionsprinzipien anwenden, Analogien zwischen technischen und natürlichen Systemen erkennen und beschreiben sowie Anwendungen der Nanotechnik und Informationstechnik kennen (MKJS 2004, S. 397-402). Ausgehend von den an technischen Verfahren, Prozessen und Konstrukten formulierten Kompetenzbereichen für den Betrachtungsbereich Technik haben sich in der Schulpraxis mehrere Themenbereiche etabliert.

Zudem wurden in der Dokumentenanalyse neben einer Prüfung einschlägiger Fachliteratur, die von Fachlehrkräften (n = 30) bereitgestellten Prüfungen und sonstigen schriftlichen Dokumente zum Fachunterricht (u. a. Unterrichtsreihen, Arbeitsaufgaben) im Hinblick auf zentrale schulcurriculare Kernbereiche ausgewertet. Im Rahmen einer umfangreichen Sichtung wurden verschiedene schulpraktische Dokumente (Prüfungen, Unterrichtsskizzen, Aufzeichnungen zu Lehrproben, schulische Curricula u. a.) inhaltsanalytisch ausgewertet (Haller 2014). Als zentrale Themenbereiche ergaben sich dabei: Automatisierungstechnik, Bautechnik, Erneuerbare Energien, Robotik, Schall- und Lärmtechnik sowie Wetter- und

Klimatechnik zu denen Items entwickelt wurden. Zur Gewährleistung der inhaltlichen Validität und im Kontext der schulpraktischen Behandlung der Themenbereiche umfassen die Testitems nicht rein technikwissenschaftliche Inhalte, vielmehr beinhalten die Items auch naturwissenschaftliche Bezugspunkte und kontextuelle Einkleidungen zu den weiteren Betrachtungsbereichen (s.o.). Eine trennscharfe Beschränkung auf den technikwissenschaftlichen Betrachtungsbereich würde dem intendierten interdisziplinären Ansatz des Fachs, den definierten Bildungsstandards und letztlich der Schulpraxis nicht gerecht. Für die Erprobungsstudie scheint daher auch die Analyse der Zusammenhänge der natur- und technikwissenschaftlichen Kompetenzen von Bedeutung.

3.3 Beschreibung der fachlichen Inhalte der entwickelten Tests

Die sechs entwickelten Tests beinhalten im Einzelnen folgende fachlichen Inhalte: (1.) Test Automatisierungstechnik: Motorsteuerung, Wirkungsweise von Schaltungselementen, Arbeits- und Steuerstromkreis, Grundbegriffe im Stromkreis, Einsatzbereiche von Sensoren, Öffnern, Schaltern und Tastern, Ohm'sches Gesetz, Anwendungsbereiche der mechanischen, chemischen und thermischen Verfahrenstechnik. (2.) Test Bautechnik, Schwerpunkt Brückenbautechnik: Baustoffe, Bemessung von Bauteilen, Beurteilung von Konstruktionen, Berechnung zu statischen Lastfällen und zweiseitiger Hebel. (3.) Test Erneuerbare Energien: Berechnung Energiebedarf, Photovoltaik, Solarthermie, Funktionsweise Pumpspeicherwerk, Bewertung von Energiewandlern, Wirkungsgrad und Bemessung einer Solaranlage. (4.) Test Robotik: Blockdiagramme, Steuerungsprinzip, Erläuterung der Funktionsweise von Programmen, Einsatzgebiete von Robotern, Sensoren und Regelkreis. (5.) Test Schall und Lärmtechnik: Grundbegriffe zum Schall, Schallausbreitung, Berechnung Schallpegel, Schwingungsbilder differenter Töne sowie Berechnung von Frequenzen und deren Beurteilung. (6.) Test Wetter und Klimatechnik: Strömungsmodell, Klimadiagramm, Luftdruck, Taupunkt, Tief- und Hochdruckgebiete, Wetterkarte und Treibhauseffekt.

3.4 Expertenvalidierung und Pilotierung

Über ein anschließendes Expertenrating mit erfahrenen NwT-Fachleitern und Lehrkräften ($n = 25$) wurden die Items bezüglich des Schwierigkeitsgrads (Komplexität), der inhaltlichen Relevanz, der Praxisrelevanz und der Aufgabenverständlichkeit hin überprüft und die Anmerkungen und Korrekturen der Fachlehrkräfte in der Überarbeitung der Items berücksichtigt. Die Pilotierung der Testinstrumente fand in vier Schulen mit Schülerinnen und Schülern der Mittelstufe ($n = 82$) statt. Auf Grundlage der Basis der Lehrerrückmeldungen und der Pilotierungsergebnisse wurden finale Testitems für den Bereich der Automatisierungstechnik (11 Items), Bautechnik (13 Items), Erneuerbare Energien (14 Items), Robotik (13 Items), Schall- und Lärmtechnik (17 Items) sowie Wetter und Klimatechnik (11 Items), entwickelt und in einer größeren Stichprobe (siehe Abschnitt 4) erprobt. Die Tests sind als Paper-Pencil-Tests ausgeführt und enthalten offene und geschlossene Items sowie Teilaufgaben in Hybridform. Um Motivationseffekten vorzubeugen, wurde eine Itemrotation durchgeführt. Für einen Einblick in die Aufgabenstellungen werden in Abschnitt 4.3.1 pro

Test je eine Aufgabe aus dem empirisch gemessenen, mittleren Schwierigkeitsbereich dargestellt.

4 Anlage der Studie, Methode der Auswertung und Ergebnisse

4.1 Anlage der Erprobungsstudie

An der Erprobungsstudie nahmen über alle sechs Tests insgesamt $n = 666$ Schülerinnen und Schüler einer randomisierten Auswahl an allgemeinbildenden Gymnasien in Baden-Württemberg teil. Es beteiligten sich auf der Basis einer freiwilligen Teilnahme rund 38 Prozent Schülerinnen und 62 Prozent Schüler, die sich auf die Klassenstufen 8 bis 10 verteilen. Für die Erfassung der physikalischen Kompetenz der Schülerinnen und Schüler und der intendierten Analyse der Zusammenhänge zwischen physikalischen und technikkwissenschaftlichen Kompetenzen wurde ein Kurztest zum physikalischen Fachwissen in die Studie aufgenommen. Die Items entstammen aus einem erprobten Test der TIMS-Studie (Baumert et al. 1997) zur Erfassung der physikalischen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern zum mittleren Bildungsabschluss. Die Items ($n = 10$) beinhalten Inhalte zu: Gewichtskraft, Lichtstrahlen, Aggregatzustandsänderung, Magnetismus, Wirkungsgrad, Sonnenstrahlung, Zentrifugalkraft und Druck.

4.2 Methode der Auswertung

Die Auswertung der erhobenen Daten zum Fachwissen erfolgte mit der Software R (Package TAM). Da weder eine logische Abhängigkeit der Items noch eine einheitliche Itemschwierigkeit angenommen werden kann, wurde eine Rasch-Skalierung der Daten durchgeführt (Rost 2004, S. 115). Die Rasch-Modellierung erlaubt die Darstellung der Personenfähigkeiten und Itemschwierigkeiten auf einer gemeinsamen Skala. Dabei ist die Itemschwierigkeit als diejenige Ausprägung auf der Fähigkeitskala definiert, die erforderlich ist, um das Item mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 Prozent zu lösen (Moosbrugger 2012). Die Abhängigkeiten zwischen Personenfähigkeiten und Itemschwierigkeiten werden über die itemcharakteristischen Funktionen (ICF) beschrieben, indem die Personenfähigkeiten in Lösungswahrscheinlichkeiten für Items mit bestimmten Schwierigkeiten übertragen werden. Dabei gilt, dass die Personen, deren Fähigkeitswert die Schwierigkeit eines Items übersteigt, dieses Item mindestens mit einer 50 prozentigen Lösungswahrscheinlichkeit korrekt lösen können. Für die Personen mit niedrigeren fachspezifischen Fähigkeiten hingegen ist die Lösungswahrscheinlichkeit geringer. Im Rahmen der hier vorgenommenen Skalierung wurde der Nullpunkt der Skala als mittlere Personenfähigkeit festgelegt. Ein Item ist schwieriger als die durchschnittliche Personenfähigkeit, wenn die Schwierigkeit dieses Items größer Null ist. Werte kleiner Null indizieren leichtere Items. Der Großteil der Testitems der sechs Tests wird dichotom kodiert und ausgewertet. Darüber hinaus gibt es auch einige Items, für die eine Teilpunktvergabe erfolgt; weshalb hier auf das Partial-Credit-Model (PCM) zurückgegriffen wird (z. B. Rost 2004, S. 203). Das entscheidende Charakteristikum des PCM's besteht darin, dass es nicht nur eine ICF pro Item gibt, sondern so viele ICFs wie ein Item

Antwortkategorien aufweist. Für die gemeinsame Analyse von dichotomen und nicht dichotomen Testitems wird in das Package TAM der Software R die Option `irtmodel="PCM2"` als Parameter der Funktion `tam.mml` verwendet, was die Modellierung sowohl dichotomer als auch polytomer Formate innerhalb desselben Tests erlaubt.

Um die Aufgabenparameter unabhängig von Personenparametern zu schätzen, wurde die Marginale Maximum-Likelihood-Schätzung (MML) durchgeführt. Dabei wird eine marginale Verteilung für die Personenparameter angenommen, um sie aus der gemeinsamen Likelihood-Schätzung heraus zu integrieren (vgl. z. B. Strobl 2015, S. 34). Es wird hier die Normalverteilung angenommen, da sie für die Beschreibung des populationsübergreifenden, kompetenzbezogenen latenten Merkmals am besten geeignet scheint. Die beobachtete Varianz der MML-Schätzungen ist die Varianz der geschätzten Personenparameter.

Um eine Aussage darüber zu treffen, ob ein Item personenübergreifend zum gewählten Messmodell passt, werden die Infit-Statistiken angewendet. Als Kennwerte der Infit-Statistiken werden gewichtete Mean-Squares (WMNSQ) berechnet. Es handelt sich dabei um die gewichteten Abweichungsquadrate zwischen erwarteten und beobachteten Lösungshäufigkeiten je nach Itemschwierigkeit und Personenfähigkeit. Der Erwartungswert von WMNSQ liegt bei 1. In diesem Fall liegt ein perfekter Fit vor. Wenn der WMNSQ kleiner 1 ist, streut die empirische Verteilung der Lösungshäufigkeiten weniger als erwartet. Werte größer 1 weisen auf einen flacheren Verlauf der beobachteten ICF hin im Vergleich zu den theoretisch erwarteten ICF. Für einen akzeptablen Itemfit sollte der WMNSQ innerhalb des Intervalls $0,75 \leq \text{WMNSQ} \leq 1,33$ liegen (Adams & Khoo 1996; Bond & Fox 2001).

Die Messgenauigkeit eines Items wird anhand der Trennschärfe beurteilt. Dazu wird eine punktbiseriale Korrelation der Itemantworten mit dem Weighted-Likelihood-Personenschätzer (WLE) ermittelt (Kiefer et al. 2017). Dieser gibt die Korrelation dichotomer Testitems mit deren Gesamtscore der Scala an. Ist die punktbiseriale Korrelation hoch, dann ist die Wahrscheinlichkeit ein spezifisches Item richtig zu lösen für eine Person mit einer hohen Fähigkeit höher, als für eine Person mit einer geringen Fähigkeit.

Die übergeordnete Messgenauigkeit der Skala wird mittels EAP / PV - Reliabilität (expected a posteriori) und WLE-Reliabilität (Weighted-Likelihood-Estimates) ermittelt. Die Werte beider Reliabilitäten liegen standardmäßig zwischen 0 und 1 und können im Hinblick auf die Größenordnung mit Cronbachs Alpha aus der klassischen Testtheorie verglichen werden (Rost 2004). Die Personenfähigkeiten und Aufgabenschwierigkeiten der Tests werden mit Hilfe der Wright Map (Wilson 2004) dargestellt. Die Wright Map stellt Personen und Aufgaben einander gegenüber. Die Personenfähigkeiten, deren Werte EAP-Schätzer der Personenparameter repräsentieren, sind über ein Histogramm beschrieben, wobei die mittlere Personenfähigkeit den Nullpunkt auf der Logit-Skala darstellt. Die Itemparameter, die ebenfalls in Logits angegeben werden, sind ihrer Schwierigkeiten nach entlang der Y-Achse angeordnet und variieren in der Regel zwischen -3 (sehr leichte Items bzw. Kategorien) und +3 (sehr schwere Items bzw. Kategorien). Zum Schluss wird für alle sechs Tests die Dimensionalität geprüft, wobei bei den Tests eine Eindimensionalität unterstellt wird. Zur Prüfung wird das eindimensionale Modell mit einem zweidimensionalen mixed coefficients multinomial logit model (Adams & Wu 2007) verglichen. Als Modellvergleichsmaß wird

Akaike's Information Criterion (AIC) herangezogen. Ist das AIC-Kriterium eines zweidimensionalen Modells kleiner als die AIC eines eindimensionalen Modells, so kann davon ausgegangen werden, dass die Items aus diesem Test unterschiedliche Fähigkeitsdimensionen repräsentieren (ebd., Jordan 2013, S. 102).

4.3 Ergebnisse

In den folgenden Unterkapiteln werden die Rasch-Modell-basierten Schätzungen der Item- und Personenparameter der Tests Automatisierungstechnik, Bautechnik, Erneuerbare Energien, Robotik, Schall- und Lärmtechnik sowie Wetter- und Klimatechnik detailliert beschrieben. Dabei werden jeweils pro Fachwissenstest die Infit-Statistiken, Trennschärfen und Reliabilitäten aufgezeigt. Zudem wird zu jedem Test ein Beispielitem aus dem mittleren Fähigkeitsniveau dargestellt. Anschließend werden über die Zusammenhänge zwischen dem beobachteten physikalischen Wissen und dem technikspezifischen Fachwissen berichtet sowie die Dimensionalität der Tests überprüft.

4.3.1 Testskalierung

Test: Automatisierungstechnik

Der Wright Map in Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass die Aufgabenschwierigkeiten überwiegend in der Mitte der Logit-Achse angeordnet sind und dadurch tendenziell den mittleren Personenfähigkeiten entsprechen, was für eine allgemein gute Passung der Daten auf das Modell gilt. Die mittlere Aufgabenschwierigkeit beträgt 0.543 Logits, was demnach darauf hindeutet, dass die unteren Leistungsbereiche leicht dominieren und einzelne Aufgaben tendenziell zu schwierig waren. Die EAP- und WLE-Reliabilitäten haben verhältnismäßig niedrige Werte: $Rel(EAP) = 0.663$ und $Rel(WLE) = 0.573$. Die Aufgaben decken nicht den gesamten Kompetenzbereich der Stichprobe ($n = 100$) ab. Die Personenfähigkeiten streuen bis zu 3 Logits, während die Aufgabenschwierigkeiten 1.8 Logits nicht übersteigen. Die ermittelten Infit-Werte liegen zwischen 0.85 und 1.15 und sprechen dafür, dass die Items generell über alle Personen hinweg zum gewählten Messmodell passen. Die Trennschärfen der einzelnen Items liegen zwischen 0.37 und 0.62 und zeigen eine gute Messgenauigkeit der Items.

Test: Erneuerbare Energien

Der Test Erneuerbare Energien zeigt eine akzeptable Passung an die Stichprobe. Die Reliabilitäten betragen: $Rel(EAP) = 0.717$ und $Rel(WLE) = 0.669$. Die Infit- Werte liegen zwischen 0.85 und 1.2, und sprechen für eine gute Aufgabenpassung zum gewählten Messmodell. Die Trennschärfen liegen im guten bis exzellenten Bereich von 0.316 bis 0.616. Die mittlere Aufgabenschwierigkeit bezüglich der Stichprobe ($n = 105$) beträgt 0.548 Logits, somit waren die Aufgaben tendenziell etwas zu schwierig für die Stichprobe. Die Ergebnisse sind auch hier anhand der Wright Map in Abbildung 5 dargestellt.

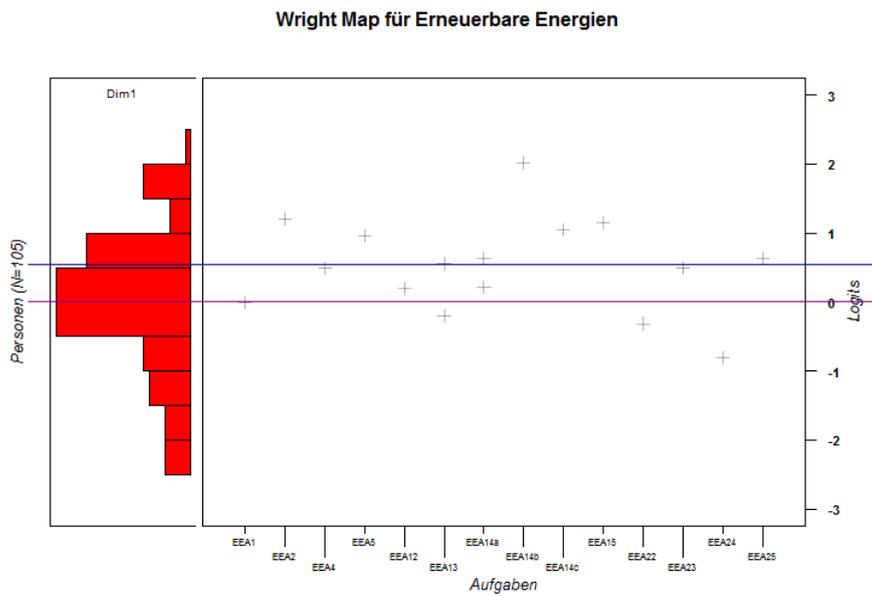


Abbildung 5: Darstellung der Wright Map für den Test Erneuerbare Energien

Aufgabe 13:
Bei der Solarthermie und den Solarzellen ist die Speicherung der gewonnenen Energie unterschiedlich. Beschreibe jeweils, wie die jeweilige Speicherung in einem Haus aussehen könnte.

Solarthermie / Solarkollektor	
Solarzelle / Photovoltaik	

Abbildung 6: Item EA13 zum Test Erneuerbare Energien

Test: Schall- und Lärmtechnik

Der Test Schall- und Lärmtechnik zeigt eine gute Passung an die gewählte Stichprobe (n = 156). Die Kennwerte der Reliabilität betragen hohe, vergleichbare Werte $Rel(EAP) = .684$ und $Rel(WLE) = 0.638$. Die Infit-Werte liegen zwischen 0.80 und 1.15 und sprechen damit für eine gute Aufgabenpassung zum gewählten Messmodell. Die Trennschärfen liegen im exzellenten Bereich von 0.377 bis 0.627. Die mittlere Aufgabenschwierigkeit bezüglich der Stichprobe (n = 156) beträgt 0.246 Logits, was darauf hindeutet, dass einzelne Aufgaben zu schwierig für die Stichprobe waren. Die Personenfähigkeiten und Aufgabenschwierigkeiten sind in Abbildung 9 dargestellt.

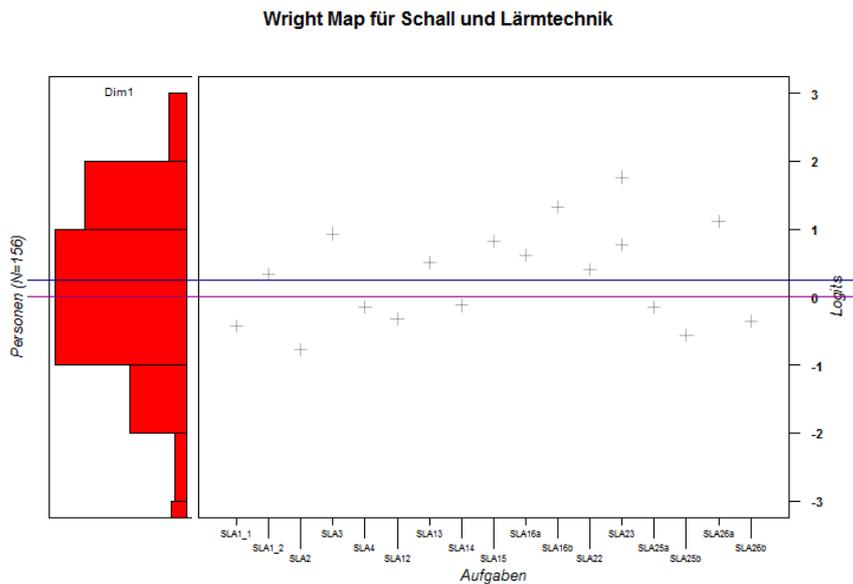


Abbildung 9: Darstellung der Wright Map für den Test Schall und Lärmtechnik

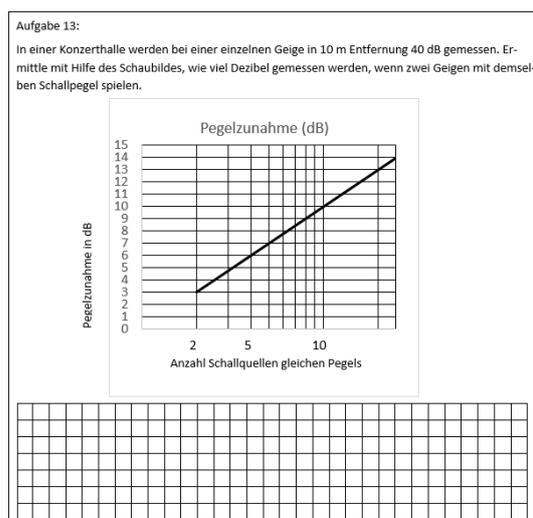


Abbildung 10: Item SLA13 zum Test Schall- und Lärmtechnik

4.3.2 Analyse des Zusammenhangs von physikalischem Wissen und dem Fachwissen in den Tests

Bei der Analyse von Zusammenhängen zwischen dem erhobenen physikalischen und dem technikspezifischen Fachwissen wurde, neben den WLE-Schätzer für die sechs Tests, für jede Person der WLE-Schätzer des physikalischen Wissenstest bestimmt. Anhand dieser Schätzungen wurden die latenten Pearsons Produkt-Moment-Korrelationen berechnet. Dabei fallen alle Korrelationen erwartungskonform positiv aus (Tabelle 1).

Test	Korrelation (r)
Automatisierungstechnik	0.789
Bautechnik	0.320
Erneuerbare Energien	0.527
Robotik	0.466
Schall und Lärmtechnik	0.606
Wetter und Klimatechnik	0.613

Tabelle 1: Pearsons Produkt-Moment-Korrelation zwischen physikalischem und technikspezifischem Fachwissen; alle Korrelationswerte: $p < 0.0001$

4.3.3 Analyse der Dimensionalität

Bei der Dimensionalitätsprüfung wird das unterstellte eindimensionale Modell mit einem zweidimensionalen mixed coefficients multinominal logit Modell verglichen (s.o.) für jeden einzelnen Test verglichen. Wie in Tabelle 2 dargestellt, sind die berechneten AICs in allen sechs Tests für ein eindimensionales Modell niedriger als für ein zweidimensionales Modell. Das eindimensionale Modell zeigt damit für alle Tests die beste Passung.

Test	AIC (1-Dim)	AIC (2-Dim)
Automatisierungstechnik	1298	1322
Bautechnik	1979	2005
Erneuerbare Energien	2245	2300
Robotik	1323	1374
Schall- und Lärmtechnik	3248	3516
Wetter- und Klimatechnik	1478	1516

Tabelle 2: Vergleich zwischen 1-Dim und 2-Dim-Modell

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Beitrag wurden die Entwicklung, Pilotierung und Erprobung eines Testinstrumentariums zur Erfassung zentraler Facetten des fachspezifischen Wissens in den Bereichen Automatisierungstechnik, Bautechnik, Erneuerbare Energien, Robotik, Schall- und Lärmtechnik sowie Wetter- und Klimatechnik für die Mittelstufe im gymnasialen Fach Naturwissenschaft und Technik (NwT) beschrieben. Sowohl für die Reliabilität als auch für die inhaltliche Validität und die kriteriumsorientierte (diskriminante) Validität konnte in den einzelnen Entwicklungs- und Erprobungsschritten eine Evidenz für die sechs Tests hergestellt werden. Die WLE- und

EAP-Reliabilitäten weisen überwiegend akzeptable bis gute Kennwerte auf. Die inhaltliche Validität der Testinstrumente wurde durch die umfangreiche Dokumentenanalyse und den Einbezug der Expertenbefragung der NwT-Fachleiter und Lehrkräfte sichergestellt. Dennoch sind die Ergebnisse insofern limitiert, als dass die Fachwissenstests begrenzte fachliche Inhalte zu den fokussierten technischen Bereichen umfassen und die Testitems partiell nicht das gesamte Spektrum der Personenfähigkeit abdecken. Ein Optimierungsbedarf bei Items besteht bei den beiden Tests Automatisierungstechnik und Bautechnik. Hier sollten weitere testspezifische Aufgaben unter Berücksichtigung der Schwierigkeitsniveaus ergänzt werden, um die Personenfähigkeiten in der gesamten Bandbreite besser erheben zu können. Für die diskriminante Validität der Tests sprechen die mittleren Korrelationen zwischen dem erhobenen physikalischen und technischen Wissen. Diese Zusammenhänge scheinen plausibel vor dem Hintergrund der Annahme, dass sich die technischen Kompetenzen nicht völlig von den physikalischen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler und dem intendierten interdisziplinären Ansatz in NwT trennen lassen. Dennoch belegen die Korrelationswerte zwischen dem physikalischen Wissen und dem Fachwissen in den Bereichen Automatisierungstechnik, Bautechnik, Erneuerbare Energien, Robotik, Schall- und Lärmtechnik sowie Wetter- und Klimatechnik eine zufriedenstellende Abgrenzung zwischen den einzelnen Konstrukten. Die Befunde der Erprobung belegen insgesamt eine Evidenz der Tests für die Erfassung zentraler technikwissenschaftlicher Teilkompetenzen im Bezugsfeld des NwT-Unterrichts der gymnasialen Mittelstufe. Die Tests wurden bei mehreren Teilstichproben an den in der Erhebung einbezogenen Schulen in den Klassenstufen 8 bis 10 eingesetzt. Unklar ist, inwiefern sich das entwickelte Instrumentarium bzw. eine geeignete Auswahl der Items auch nach Abschluss der Mittelstufe vielseitig einsetzen lässt. Mit einer angemessenen Auswahl der erprobten Items der sechs Tests und unter Berücksichtigung der üblicherweise zu Verfügung gestellten Testzeiten an den Schulen soll deswegen im Ausblick ein unterstelltes „übergreifendes“ fachspezifisches NwT-Wissen nach Abschluss der Mittelstufe im Rahmen einer Querschnittstudie untersucht werden. Das Forschungsdesiderat bezieht sich damit auf die Generierung eines Beschreibungswissens zum Stand des allgemein technischen Wissens im Fach NwT nach Abschluss der Mittelstufe. Darüber hinaus besteht die Fragestellung, ob mit der Einführung des neuen Bildungsplans NwT (MKJS 2016), in dem eine explizite Kompetenzorientierung über inhalts- und prozessbezogene Kompetenzbereiche intendiert ist, sich nach deren Umsetzung auch ein verändertes Kompetenzprofil im Vergleich zur Umsetzung des Bildungsplans 2004 (MKJS 2004) aufzeigen lässt. Zudem wäre ein Vergleich des allgemein technischen Bildungsstands von Schülerinnen und Schülern im Bezugsfeld der länderspezifischen und fachspezifischen Voraussetzungen interessant. Ein länderübergreifendes Bildungsmonitoring würde ein systematisches Beschreibungswissen zum allgemein technischen Bildungsstand von Schülerinnen und Schülern liefern und könnte begründete Hinweise zur Optimierung der allgemein technischen Grundbildung von Jugendlichen in Deutschland bereitstellen.

Literatur

- AAAS [American Association for the Advancement of Science] (Ed.) (1994). *Benchmarks for Science Literacy*. Oxford: University Press.
- Adams, R. J., & Khoo, S. (1996). *Quest: The interactive test analysis system*. Camberwell: Australian Council for Educational Research.
- Adams, R. J. & Wu, M. L. (2007). The mixed-coefficient multinomial logit model: A generalized form of Rasch model. In M. v. & C. H. Carstensen (Eds.): *Multivariate and mixture distribution Rasch models, extensions and applications (57-76)*, Springer Verlag.
- Autorengruppe Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Technik Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen Technik (2013). Herausgegeben vom Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), http://www.Standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SII/tc/GOST_Technik_Endfassung.pdf, Stand vom 22.08.2014.
- Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M., Clausen, M., Hosenfeld, I., Neubrand, J., Patjens, S., Jungclaus, H. & Günther, W. (Hrsg.) (1997). *Testaufgaben Naturwissenschaften. TIMSS 7./8. Klasse (Population 2)*. Berlin: IEA TIMSS-Germany.
- Buhr, R. & Hartmann, E. A. (Hrsg.) (2008). *Technische Bildung für Alle. Ein vernachlässigtes Schlüsselement der Innovationspolitik*. Institut für Innovation und Technik. Berlin: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin.
- Bond, T. G., & Fox, C. M. (2013). *Applying the Rasch Model: Fundamental Measurement in the Human Sciences, Second Edition*. Psychology Press.
- De Vries, M. (2012). Teaching for scientific and technological literacy - an international comparison. In U. Pfenning & O. Renn (Hrsg.), *Wissenschafts- und Technikbildung auf dem Prüfstand. Zum Fachkräftemangel und zur Attraktivität der MINT-Bildung und -Berufe im europäischen Vergleich*. Baden-Baden: Nomos. 93-110.
- Duismann, G. H. & Meschenmoser, H. (2009). Technisches Verständnis als arbeitsrelevante Basiskompetenz. Empirische Befunde zur Kompetenzdiagnostik technischer Grundbildung. In *Qualität Technischer Bildung. Kompetenzmodelle und Kompetenzdiagnostik. Schriften zur Arbeit-Beruf-Bildung, Bd. 3*, 104-125.
- Eggert, S. & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz – Teilkompetenz "Bewerten, Entscheiden und Reflektieren" für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 177-197.
- Euler, M. (2008). Situation und Maßnahmen zur Förderung der technischen Bildung in der Schule. In R. Buhr & E. A. Hartmann (Hrsg.), *Technische Bildung für Alle*. Institut für Innovation und Technik. Berlin: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH., 67-104.
- 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.

- Gerstner, S. (2006). Eine empirische Studie zum Einsatz von schülerzentrierten Unterrichtsmethoden im Natur- und Technik-Unterricht zum Thema „Wasser – Grundlage des Lebens“. Dissertation Universität Bayreuth.
- Haller, I. (2014). Konzipierung und Pilotierung eines Testinstruments zur Erfassung der fachspezifischen Kompetenzen im Fach Naturwissenschaft und Technik. Universität Stuttgart, Wissenschaftliche Arbeit.
- Hartmann, E. (2008). Bildungsstandards für das Fach Technik. Empfehlungen des Vereins Deutscher Ingenieure. Unterricht: Arbeit + Technik. Heft 35, 45-48.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141-158.
- Höpken, G., Osterkamp, S. & Reich, G. (Hrsg.) (2003). Standards für eine allgemeine technische Bildung – Band 1, Inhalte technischer Bildung. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag.
- Höpken, G., Osterkamp, S. & Reich, G. (Hrsg.) (2004). Standards für eine allgemeine technische Bildung – Band 2, Wie man die Qualität technischer Bildung verbessert. Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag.
- ITEA (International Technology Education Association) (Ed.) (2003). *Advancing Excellence in Technological Literacy: Student Assessment, Professional Development, and Program Standards*. International Technology Education Association, Reston VA
- ITEA (International Technology Education Association) (Ed.) (2007). *Standards for Technological Literacy – Content for the Study of Technology*. Third Edition. International Technology Education Association, Reston VA.
- Jordan, A.-K. (2013). Empirische Validierung eines Kompetenzmodells für das Fach Musik: Teilkompetenz „Musik wahrnehmen und kontextualisieren“. Waxmann Verlag.
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135-153.
- Kiefer, T., Robitzsch, A., & Wu, M. (2017). TAM: Test Analysis Modules (Version 1.99999-31), <https://cran.r-project.org/web/packages/TAM/index.html>, Stand vom 31.05.2017.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H. J. (2003). *Expertise Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards*. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.).
- KMK [Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland] (Hrsg.) (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.

- KMK [Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland] (Hrsg.) (2005b). Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.
- KMK [Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland] (Hrsg.) (2005c). Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.
- Knigge, J. (2011). Modellbasierte Entwicklung und Analyse von Testaufgaben zur Erfassung der Kompetenz „Musik wahrnehmen und kontextualisieren“. Münster: LIT Verlag.
- Kobow, I. (2015). Entwicklung und Validierung eines Testinstrumentes zur Erfassung der Kommunikationskompetenz im Fach Chemie. Berlin: Logos Verlag.
- Köller, O. (2008). Bildungsstandards – Verfahren und Kriterien bei der Entwicklung von Messinstrumenten. Zeitschrift für Pädagogik, 54, 163-173.
- Kulgemeyer, C. (2010). Physikalische Kommunikationskompetenz. Modellierung und Diagnostik, Berlin: Logos.
- Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2009). Kommunikationskompetenz in der Physik: Zur Entwicklung eines domänenspezifischen Kommunikationsbegriffs. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15, 131-153.
- Mayer, (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), Theorien in der Biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden (177-186). Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Meier, B. (2009). Entwicklung und Erprobung von Aufgaben zur technischen Bildung in Qualität Technischer Bildung. In W. E. Theuerkauf, H. Meschenmoser, B. Meier & H. Zöllner (Hrsg.), Qualität Technischer Bildung Kompetenzmodelle und Kompetenzdiagnostik (93-103). Berlin: Machmit-Verlag.
- Meschenmoser, H. (2009). Nationale und internationale Kompetenzbereichs- und Kompetenzstufenmodelle zur technischen Allgemeinbildung. In W. E. Theuerkauf, H. Meschenmoser, B. Meier & H. Zöllner (Hrsg.), Qualität Technischer Bildung Kompetenzmodelle und Kompetenzdiagnostik (11-37). Berlin: Machmit-Verlag.
- MKJS [Ministerium für Kultus, Jugend und Sport] (2004). Bildungsstandards für Naturwissenschaft und Technik (Profilfach) Gymnasium – Klasse 10, Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.), http://www.bildung-staerkt-menschen.de/service/downloads/Bildungsstandards/Gym/Gym_NwT_profil_bs.pdf, Stand vom 06.04.2017.
- MKJS [Ministerium für Kultus, Jugend und Sport] (2016). Fachplan Naturwissenschaft und Technik (NwT) - Profilmfach. Heft Nr. 38, Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.). Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag.
- Mokhonko, S., Ștefănică, F. & Nickolaus, R. (2014). NwT-Unterricht: Herausforderungen bei der Einführung eines neuen Faches im Spiegel einer aktuellen Bestandsaufnahme. Journal of Technical Education (JOTED) 2(1), 102-128.

- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2011). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Springer-Verlag.
- Neumann, K., Kauertz, A., Lau, A., Notarp, H., & Fischer, H. E. (2007). Die Modellierung physikalischer Kompetenz und ihrer Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 125-143.
- Parchmann, I., Bündler, W., Demuth, R., Freienberg, J., Klüter, R. & Ralle, B. (2006). Lernlinien zur Verknüpfung von Kontextlernen und Kompetenzentwicklung. *CHEMKON* 13(3), 124-131.
- Parchmann, I. (2007). Basiskonzepte – Ein geeignetes Strukturierungselement für den Chemieunterricht? *NiU Chemie* 100+101/18, 6-10.
- Ramseier, E., Labudde, P. & Adamina, M (2011). Validierung des Kompetenzmodells HarmoS Naturwissenschaften: Fazite und Deifizite. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, Jg. 17.
- Rehm, M., Bündler, W., Haas, T., Buck, P., Labudde, P., Brovelli, D., Østergaard, E., Rittersbacher, C., Wilhelm, M., Genseberger, R. & Svoboda, G. (2008). Legitimationen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs Science. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*. Jg. 14, 99-124.
- Rossouw, A., Hacker, M. & de Vries, M. J. (2011). Concepts and Contexts in Engineering and Technology Education: An International and Interdisciplinary Delphi Study. *International Journal of Technical and Design Education* Vol. 21, 409-424.
- Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie - Testkonstruktion* (2., vollst. überarb. u. erw. Auflage 2004). Bern: Huber, Bern.
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, Jg. 12.
- Stemmann, J. & Lang, M. (2014). Theoretische Konzeption einer allgemeinen technischen Problemlösefähigkeit und Möglichkeiten ihrer Diagnose. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 2(1), 80-101.
- Strobl, C. (2015). *Das Rasch-Modell: Eine verständliche Einführung für Studium und Praxis*. Mering: Rainer Hampp Verlag.
- Terzer, E., Hartig, J., & Upmeier zu Belzen, A. (2013). Systematische Konstruktion eines Tests zu Modellkompetenz im Biologieunterricht unter Berücksichtigung von Gütekriterien Developing systematically a test of model competence in biology education taking account of quality criteria. *ZfDN*, 19, 51-76, http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/19_Terzer.pdf, Stand vom 31.05.2017
- Theuerkauf, W. E. (2009). Voraussetzungen zur Erfassung von Kompetenzen und Standards der technischen Bildung in der allgemeinbildenden Schule. In W. E. Theuerkauf, H. Meschenmoser, B. Meier & H. Zöllner (Hrsg.), *Qualität Technischer Bildung Kompetenzmodelle und Kompetenzdiagnostik* (78-92). Berlin: Machmit-Verlag.

- Theuerkauf, W. E., Meschenmoser, H., Meier, B. & Zöllner, H. (Hrsg.) (2009). *Qualität Technischer Bildung Kompetenzmodelle und Kompetenzdiagnostik*. Berlin: Machmit-Verlag.
- Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 18, 201-227.
- VDI [Verein Deutscher Ingenieure] (Hrsg.) (2007). *Bildungsstandards Technik für den Mittleren Schulabschluss*, VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf.
- Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. & Kirschner, S. (2016). Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, Jg. 22, 25-41.
- Walpuski, M., Kampa, N., Kauertz, A. & Wellnitz, N. (2008). Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 61(6), 323-326.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (17-31). Weinheim und Basel: Beltz.
- Wilson, M. (2004). *Constructing Measures: An Item Response Modeling Approach*. Routledge.
- Zinn, B. (2013). *Überzeugungen zu Wissen und Wissenserwerb von Auszubildenden – Empirische Untersuchungen zu den epistemologischen Überzeugungen von Lernenden*. Münster: Waxmann.
- Zinn, B. (2014). Technische Allgemeinbildung – Bedeutungsspektrum, Bildungsstandards und Forschungsperspektiven. *Journal of Technical Education (JOTED)*, Jg. 2(2), 24-47.
- Zinn, B. (2016). Naturwissenschaftliche und technische Grundbildung im Kontext beruflicher Bildung. In G. Graube, & I. Mammes, (Hrsg.): *Gesellschaft im Wandel – Interdisziplinäres Denken im natur- und technikwissenschaftlichen Unterricht* (196-208). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Zinn, B., Latzel, M. & Ariali, S. (2017). *Bericht zur Evaluation des Schulversuchs Naturwissenschaft und Technik (NwT) in den Jahrgangsstufen – zweistündig*. (Universität Stuttgart)

Autoren

Univ.-Prof. Dr. phil. habil. Bernd Zinn

Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft, Lehrstuhl für Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik (BPT)

Azenbergstraße 12, 70174 Stuttgart

zinn@ife.uni-stuttgart.de

Mira Latzel, Dipl.-Biologin

Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft, Lehrstuhl für Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik (BPT)

Azenbergstraße 12, 70174 Stuttgart

latzel@ife.uni-stuttgart.de

Sunita Ariali, Dipl.-Psychologin

Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft, Lehrstuhl für Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik (BPT)

Azenbergstraße 12, 70174 Stuttgart

ariali@ife.uni-stuttgart.de

Zitieren dieses Beitrages:

Zinn, B., Latzel, M. & Ariali, S. (2017). Entwicklung und Erprobung eines Instruments zur Erfassung allgemein technischen Wissens im Fach Naturwissenschaft und Technik. *Journal of Technical Education (JOTED)*, Jg. 5 (Heft 1), S. 76-99.