

Berufsfachliche Kompetenzen zum Ende der Grundstufe in der Fachschule Bautechnik

Professional skills at the end of the basic level of the constructional engineering school

KURZFASSUNG: Der vorliegende Beitrag fokussiert die postsekundäre Berufsbildung in der Fachschule Bautechnik. Im Beitrag werden auf der Basis eines theoretischen Modells empirische Ergebnisse zur Modellierung der berufsfachlichen Kompetenz zum Ende der Grundstufe der Fachschule für Bautechnik mit der Vertiefungsrichtung Hochbautechnik vorgestellt. Die Befunde der repräsentativen Querschnittstudie in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern und Hessen deuten auf eine mehrdimensionale Struktur mit den Dimensionen Baustatik/Tragwerkslehre, Baukonstruktion/Bauphysik und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit hin. Die eingesetzten validierten Testinstrumente bilden die Bandbreite der Personenfähigkeit gut ab und dienen als operationale Basis für die Modellierung.

Schlagworte: Fachschule, Bautechnik, postsekundäre Berufsbildung, Kompetenzmessung, Weiterbildung

ABSTRACT: The following article focuses the post-secondary education in the constructional engineering school. Based on a theoretical model the contribution will present empirical results of the professional knowledge and ability at the end of the basic level of the constructional engineering school with specialization in building construction. The survey results of the cross-sectional study in the federal states of Baden-Württemberg, Bavaria and Hesse indicate a multidimensional structure including the dimensions structural design, building construction/building physics and the subject-specific problem-solving ability. The applied validated testing instruments display the spectrum of the personal abilities in a proper way and function as an operative basis for modelling.

Keywords: constructional engineering school, post-secondary education, skills measurements, further training

1 Ausgangslage

Während bei der Kompetenzforschung zur beruflichen Ausbildung in mehreren kaufmännischen und gewerblich-technischen Domänen inzwischen substanzielle Erkenntnisse zur Messung und Modellierung von berufsfachlichen Kompetenzen vorliegen (vgl. z.B. NICKOLAUS & SEEBER 2013) und auch im akademischen Bildungssektor erste empirische Forschungsbemühungen zur Kompetenzmessung und -modellierung konstatiert werden (vgl. z.B. ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA,

NICKOLAUS & BECK 2013; MUSEKAMP & SPÖTTL 2013; NICKOLAUS et al. 2013; BEHRENDT et al. 2015), steht die Kompetenzforschung zur postsekundären Berufsbildung an Fachschulen noch am Anfang (z. B. BIBER et al. 2010; FAZEKAS & FIELD 2013; ZINN & WYRWAL 2014a). Obwohl – begründet durch den zunehmenden Bedarf an qualifiziertem Fachpersonal, die Optimierung des Weiterbildungsverhaltens in der Baubranche und die Möglichkeit der Aufnahme einer akademischen Weiterbildung – ein grundlegendes Interesse an einem empirischen Erklärungs- und Beschreibungswissen zu den berufsfachlichen Kompetenzen von Fachschülern besteht, stellt sich die Datenbasis zur Weiterentwicklung, Professionalisierung und Standardisierung der postsekundären Berufsbildung an Fachschulen dünn dar (ZINN & WYRWAL 2014a). So stellen Biber et al. (2010) einen unzureichenden Wissensstand über die Qualität der Lehre und den vermittelten fachlichen Inhalten in der Fachschule fest. FAZEKAS und FIELD (2013, S. 10) konstatieren für die postsekundäre Berufsbildung: „Die Regelungen in Bezug auf die Qualität der Prüfungen unterscheiden sich deutlich innerhalb Deutschlands, und es gibt nur wenig Evidenz für die Einhaltung klarer Standards.“ Zusammenfassend wird eine mangelnde Evidenz zur Qualität der Ausbildung sowie eine fehlende Datenbasis über die wünschenswerten und tatsächlichen Kompetenzprofile der Absolventen von Fachschulen beklagt (ebd.). Angesichts dieser Ausgangslage interessiert im vorliegenden Beitrag die Frage nach dem strukturellen Aufbau des (sub-)domänenspezifischen Wissens von Schülerinnen und Schülern nach Abschluss der Grundstufe der Fachschule für Bautechnik mit der Vertiefungsrichtung Hochbautechnik. Hierzu wird im zweiten Abschnitt der spezifische Forschungsstand zu den Fachschulen und der beruflichen Kompetenzmodellierung im Überblick dargestellt. Im dritten Abschnitt sind die theoretischen Annahmen zu der in der Studie vorgenommenen Modellierung und die Forschungsziele beschrieben. Das Untersuchungsdesign wird im vierten Abschnitt und die Ergebnisse im fünften Abschnitt zusammengefasst, bevor am Ende eine Zusammenfassung und ein Ausblick erfolgen.

2 Überblick zum Forschungsstand

Vorliegende Studien zu technischen Fachschulen beschränken sich ausschließlich auf strukturelle und curriculare Aspekte in verschiedenen Berufsfeldern (z. B. BIBER et al. 2010; SCHAPER, SONNTAG & BENZ 1997). Neben Studien zu pädagogischen Handlungsprogrammen (z. B. BETZLER 2006) und zur Ausgestaltung von Lehr- und Lernprozessen (z. B. GRYWATSCH & HERING 2010; SELIG 2015) konnten auch Forschungsaktivitäten im Bezugsfeld des Übergangs zwischen der beruflichen und der akademischen Weiterbildung (z. B. FREITAG et al. 2011) ausgemacht werden (für einen weiteren Überblick siehe ZINN & WYRWAL 2014a). Darüber hinaus liegen deskriptive Arbeiten zu bildungsökonomischen und strukturellen Perspektiven der Fachschulen vor (z. B. FAZEKAS & FIELD 2013; PAHL 2010) sowie eine empirische Arbeit zur Fachschule Bautechnik, die das berufsfachliche Vorwissen und die persönlichen und beruflichen Voraussetzungen von Schülern bei Einmündung in die bautechnische Fach-

schule beschreibt (ZINN & WYRWAL 2014a). Die Ergebnisse dieser repräsentativen Querschnittstudie (N = 270) belegen, dass die Fachschüler mit deutlich heterogenen Voraussetzungen in die Weiterbildungsmaßnahme zum staatlich geprüften Techniker einmünden. Bei den befragten Schülern der Studie liegen differente Personenmerkmale, unterschiedliche Gründe zum Weiterbildungsinteresse, diverse berufliche Vorklassifizierungen sowie stark heterogene kognitive und mathematische Fähigkeiten bei Einmündung in die Fachschule vor. Zudem wurde in der Studie ein Erklärungsmodell für das fachspezifische Vorwissen generiert, bei dem sich das Vorwissen der Fachschüler zu Beginn der Fachschule primär durch die allgemeine kognitive Grundfähigkeit und die mathematischen Fähigkeiten erklären lässt. Das fachspezifische Interesse, die Berufserfahrung und das Alter der Fachschüler haben demnach keinen nennenswerten Einfluss auf die Erklärung des fachspezifischen Vorwissens (ebd.). In einer weiteren Arbeit zur Fachschule Bautechnik wurden zum einen Tätigkeitsbereiche von Bautechnikern analysiert, zum anderen länderspezifische Curricula (N = 10) der Fachschule Bautechnik im Hinblick auf ihre Kerninhalte ausgewertet (ZINN & WYRWAL 2014b). Die Studie zur Stellenanzeigenanalyse (N = 60) ergab, dass den Absolventen der Fachschule ein breites berufliches Aufgaben- und Tätigkeitsfeld¹ im Bauhaupt- und Baunebengewerbe bei Architektur- und Ingenieurgesellschaften, im öffentlichen Dienst und im Gebäude- und Facilitymanagement eröffnet wird und die Absolventen von Fachschulen partiell mit Meistern, Ingenieuren und Architekten im Bewerbungsverfahren in Konkurrenz stehen. Die Studie zur Analyse der länderspezifischen Curricula zeigt, dass länderübergreifend die Technische Mathematik, die Bauphysik, die (Hoch-) Baukonstruktion und die Baustatik/Tragwerkslehre Kerninhalte der Ausbildung in der Grundstufe der Fachschule Bautechnik mit Schwerpunkt Hochbau sind (ebd.). Nach unserem Kenntnisstand liegen derzeit für die Fachschule Bautechnik keine theoretischen und empirisch überprüften Strukturmodellierungen vor, die Aufschluss über die Kompetenzen und Kompetenzentwicklungen zulassen.

Wie eingangs bereits erwähnt, liegen für die berufliche Ausbildung hingegen substanzielle Erkenntnisse zur Messung und Modellierung von berufsfachlichen Kompetenzen vor (vgl. z. B. NICKOLAUS & SEEGER 2013). In der beruflichen Bildung wird von Seiten der KMK eine umfassende Handlungskompetenz angestrebt, „verstanden als die Bereitschaft und Befähigung des Einzelnen, sich in beruflichen, gesellschaftlichen und privaten Situationen sachgerecht durchdacht sowie individuell und sozial verantwortlich zu verhalten“ (KMK 2011, S. 15). Im Kontext der umfassenden Begriffsbestimmung und den damit verbundenen bislang ungelösten konzeptuellen Schwierigkeiten (vgl. z. B. NICKOLAUS 2011) beschränkt sich die berufliche Kompetenzforschung vor allem auf die Erfassung des berufsfachlichen Wissens und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit als zentrale beobachtbare kognitive Leistungs-

1 Es werden Stellen im Holzbau, Stahlbau, Betonbau, Tiefbau, in der Vermessung und der Architektur ausgeschrieben, mit spezifischen Tätigkeitsanforderungen, die sich auf die Leistungsphasen der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI 2013), sowie auf die Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB 2012) beziehen (ZINN & WYRWAL 2014b).

merkmale (vgl. z.B. NICKOLAUS & SEEBER 2013). In den Forschungsbemühungen interessiert zum einen die empirische Differenzierung von Subdomänen des Fachwissens, zum anderen die Frage nach den Bedingungen, die zusätzlich zum berufsfachlichen Wissen als solchem erforderlich sind, damit das Fachwissen situationsspezifisch und angemessen aktiviert werden kann (vgl. z. B. KLIEME & HARTIG 2007). Letztlich soll es dem Individuum möglich werden, reale Anforderungssituationen situationspezifisch zu bewältigen. Nicht nur einmalig oder zufällig, sondern auf der Basis eines latenten Merkmals soll gewissermaßen garantiert werden, dass der Handelnde in variablen Situationen adäquate Handlungen generieren kann (ebd.).

Im Bereich der gewerblich-technischen Ausbildung liegen Modellierungsansätze zur Grundstufe Bautechnik (NICKOLAUS, PETSCH & NORWIG 2013), zu Schreibern (PITTICH 2013), Kfz-Mechatronikern (GSCHWENDTNER 2008; GSCHWENDTNER 2011; NICKOLAUS et al. 2012; SCHMIDT, NICKOLAUS & WEBER 2014), Mechatronikern (GÖNNENWEIN, NITZSCHKE & SCHNITZLER 2013) und Elektronikern für Energie- und Gebäudetechnik (GEISSEL 2008; NICKOLAUS et al. 2011) vor. Bei den Modellierungen erfolgt die Strukturierung des berufsspezifischen Wissens anhand von zentralen Inhaltsbereichen der einzelnen Domänen. Im Bereich der Bautechnik wird zum Ende des ersten Ausbildungsjahres empirisch eine vierdimensionale Kompetenzstruktur mit Fachzeichnen, Fachrechnen, Fachtheorie und fachspezifischer Problemlösefähigkeit festgestellt (NICKOLAUS, PETSCH & NORWIG 2013). In eigenen Forschungsarbeiten zeigt sich zu Beginn der Fachschulausbildung eine zweidimensionale Struktur des Fachwissens mit bautechnischen Grundlagen und der Fachtheorie Hochbau (ZINN & WYRWAL 2014a). Im akademischen Bereich unterstellen NICKOLAUS et al. (2013) für die Modellierung der Fachkompetenz im Grundstudium Maschinenbau und Bautechnik eine vierdimensionale Kompetenzstruktur mit der Höheren Mathematik, Technischen Mechanik, Werkstofftechnik und Konstruktionstechnik. Empirisch ergibt sich bei Studierenden der Ingenieurwissenschaften für die physikalisch-technische Eingangskompetenz eine dreidimensionale Kompetenzstruktur mit den Dimensionen Statik, Dynamik und Grundlagen (BEHRENDT et al. 2015).

Zusammenfassend lassen sich in der beruflichen Bildung domänenübergreifend zwei Dimensionen empirisch trennen, (1.) das konzeptuelle fachbezogene Wissen und (2.) die fachspezifische Problemlösefähigkeit, mit welcher das Wissen in unterschiedlichen, problemorientierten Situationen adäquat angewendet und transferiert werden kann (vgl. insbesondere NICKOLAUS & SEEBER 2013). Für den Ausbildungsverlauf lassen sich tätigkeitsbezogene und curriculare Verschmelzungen und Ausdifferenzierungen der fachlichen Kompetenzdimensionen feststellen sowie ein vom Berufssegment abhängiger Einfluss der Basiskompetenzen (ebd.). Die empirische Klärung der Fachkompetenzentwicklung innerhalb und über die Ausbildung hinweg steht noch am Anfang und kann bislang nur unzureichend erklärt werden (ebd.). Die Modellierung auf Basis kognitionspsychologischer Anforderungen wurde von GEISSEL (2008, S. 125) bei Elektronikern für Energie- und Gebäudetechnik erfolglos überprüft. Bei Schreibern unterstellt PITTICH (2013), dass das konzeptionelle Wissen eine ei-

gene kognitionspsychologische Wissensform darstellt, konstatiert aber enge Zusammenhänge zum deklarativen Wissen. Die vorliegenden Befunde zur Kompetenzmodellierung in der beruflichen und akademischen Bildung legen es nahe, auch in der postsekundären Berufsbildung eine Ausdifferenzierung entlang der domänenspezifischen curricularen Kerninhalte zu treffen, um die berufsfachlichen Kompetenzen der Fachschüler empirisch zu analysieren. Wie bereits in der Veröffentlichung von ZINN & WYRWAL (2014b) gezeigt, ist eine Ausdifferenzierung anhand von entsprechenden Tätigkeitsprofilen wenig zielführend, da auf Basis des breiten beruflichen Aufgaben- und Tätigkeitsfeldes und der Ausdifferenzierung innerhalb der Domäne (Hochbau, Tiefbau und Ausbau) eine Klassifizierung nicht möglich scheint. Im nächsten Abschnitt wird hierzu der gewählte theoretische Modellierungsansatz vorgestellt.

3 Theoretischer Modellierungsansatz

Die Ausdifferenzierung der unterstellten Wissensbereiche für die theoretische Modellierung der berufsfachlichen Kompetenz der Fachschule Bautechnik zum Ende der Grundstufe erfolgte ausschließlich über die fachwissenschaftlichen Inhalte der Vertiefungsrichtung Hochbautechnik. Für die theoretische Modellierung wurden die fachschulischen Curricula² der in der Erhebung einbezogenen Bundesländer Baden-Württemberg (BW), Bayern (BY) und Hessen (HE) auf zentrale Kernbereiche analysiert. Demnach liegen länderübergreifend die zentralen Inhaltsbereiche in der Baustatik/Tragwerkslehre, (Hoch-) Baukonstruktion, Bauphysik und der (technischen) Mathematik³. Mit den vorstehenden Inhalten werden rund 48 Prozent der curricularen hochbautechnischen Fachinhalte in allen drei einbezogenen Bundesländern abgedeckt. Da zur curricularen Analyse schon an anderer Stelle ausführlich berichtet wurde, wird für einen weiteren Überblick hierzu auf ZINN und WYRWAL (2014b) verwiesen. Im Anschluss an den Forschungsstand zur Modellierung im beruflichen Bereich und insbesondere der Modellierung im bautechnischen Bereich (NICKOLAUS, NORWIG & PETSCH 2013), wird davon ausgegangen, dass sich die Fachkompetenz

- 2 Während in den Bundesländern Baden-Württemberg und Bayern das Curricula einen traditionellen Unterricht in Form der Fächerauftrennung vorsieht, wird in Hessen bereits das Lernfeldkonzept impliziert. Es soll jedoch nicht verschwiegen werden, dass sich der Lernfeldansatz in der Fachschule noch im Anfangsstadium befindet. Lediglich in vier deutschen Bundesländern (Hamburg, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz) ist das Curriculum nach dem Lernfeldansatz aufgebaut, wobei nach Auskunft der in der Studie eingezogenen Fachlehrkräfte die Vermittlung der Inhalte noch nicht dem Lernfeldansatz idealtypisch entspricht. Vielmehr werden die Inhalte in der klassischen Fächerstruktur unterrichtet. Folglich können die Inhalte der Bereiche der Baustatik/Tragwerkslehre, (Hoch-) Baukonstruktion, Bauphysik und Mathematik auch in Hessen nachgewiesen werden und als erwartete Dimensionen in das fachspezifische Wissen eingehen. Somit wird eine mögliche Dimensionierung über die fünf Lernfelder des Lernfeldansatzes der fachschulischen Grundbildung auch aus testökonomischer Sicht ausgeschlossen.
- 3 Der Bereich der technischen Mathematik wird im Fächerkanon getrennt von fachlichen Inhalten vermittelt. Aus diesem Grund wurde bei der Testerstellung der technische Bereich ausgeklammert und es wurden nur die rein mathematischen Wissensfacetten in die Tests aufgenommen. Im Folgenden wird daher nur noch von der Mathematik gesprochen.

zum Ende der fachschulischen Grundbildung über die Dimensionen des Fachwissens und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit abbilden lässt. Unter der fachspezifischen Problemlösefähigkeit ist die adäquate Anwendung des übergreifenden Fachwissens in problembehafteten Anforderungssituationen gemeint. Ausschnitte des Fachwissens der Bereiche Baustatik/Tragwerkslehre, (Hoch-) Baukonstruktion, Bauphysik und Mathematik werden integrativ unter der Anwendung geeigneter Methoden in problemorientierten berufsfachlichen Aufgabenstellungen vermittelt und damit die berufspraktische Verzahnung der Fachinhalte erreicht.

Auf Basis dieser Vorüberlegungen gehen wir davon aus, die fachspezifische Kompetenz zum Ende des ersten Fachschuljahres mit den fünf theoretisch unterstellten Dimensionen (1.) Baustatik/Tragwerkslehre, (2.) (Hoch-) Baukonstruktion, (3.) Bauphysik, (4.) Mathematik und (5.) fachspezifische Problemlösefähigkeit modellieren zu können.

4 Forschungsdesign

4.1 Zielsetzung

Anknüpfend an den skizzierten Forschungsstand und die theoretische Modellierung⁴ sind mit der vorliegenden Studie folgende Zielsetzungen verbunden:

(1.) Entwicklung eines Instrumentariums zur Erfassung der berufsfachlichen Kompetenz zum Ende der Grundstufe in der Fachschule Bautechnik in der Vertiefungsrichtung Hochbautechnik zur validen Messung der vier (unterstellten) Subdimensionen sowie der fachspezifischen Problemlösefähigkeit und der adäquaten Abbildung der Personenfähigkeit.

(2.) Prüfung der Dimensionalität des berufsspezifischen Fachwissens zum Ende der Grundstufe in der Fachschule Bautechnik. Hierbei stellt sich im Besonderen die Frage, ob zum Ende der Grundstufe eine mehrdimensionale Struktur des Fachwissens empirisch belegt werden kann und sich diese anhand der analysierten inhaltlichen Anforderungsbereiche ausdifferenzieren lässt.

4 Für eine weitergehende Einordnung der vorliegenden Thematik und dessen berufspädagogisches Bedeutungsspektrum sei auf die im vorliegenden Publikationsorgan veröffentlichten Beiträge von ZINN und WYRWAL (2014a) sowie ZINN und WYRWAL (2014b) verwiesen.

4.2 Stichprobenbeschreibung

Die angeführten Ergebnisse basieren auf einer längsschnittlichen Erhebung⁵ im Zeitraum von September 2013 bis Dezember 2015 in Fachschulen für Bautechnik dreier Bundesländer (Baden-Württemberg, Bayern und Hessen), an welcher 17 Schulen mit insgesamt 428 Fachschülern teilnahmen. Die Generierung der Stichprobe erfolgte auf der Basis der freiwilligen Teilnahmezusage aller angefragten staatlichen Fachschulen in Baden-Württemberg, Bayern und Hessen und verteilte sich zum Ende der Grundstufe (Herbst 2014) wie folgt: Baden Württemberg (N = 156), Bayern (N = 203) und Hessen (N = 69). Auf Grundlage der Erhebungsquoten⁶ kann für die Bundesländer von einer repräsentativen Stichprobe ohne Verzerrungen ausgegangen werden. Um durchführungsökonomischen Ergebnisverzerrungen entgegenzuwirken, wurden in die Auswertung nur diejenigen Fachschülerinnen und Fachschüler aufgenommen, die sich für die Schwerpunktrichtung Hochbautechnik entschieden haben, die vollzeitliche Weiterbildung besuchen, die Testung nicht in Form von vorzeitigem Abbruch der Bearbeitung, durch zufälliges Ankreuzen oder Angabe von abstrusen Antworten verweigert haben.

4.3 Instrumentarium

Auf Basis der durchgeführten curricularen Analysen der Lehrpläne der Bundesländer und der durch Fachlehrkräfte an Fachschulen für Bautechnik zu Verfügung gestellten Beispielaufgaben, Klassenarbeitsaufgaben und Prüfungsaufgaben, die inhaltsanalytisch ausgewertet wurden, konnten Testitems zu den curricular überschneidenden Themenbereichen der fünf theoretisch angenommenen Dimensionen erstellt werden. Die Testinstrumente zur Erfassung der berufsfachlichen Kompetenz sind als Paper-Pencil-Tests ausgeführt und enthalten offene und geschlossene Items sowie Teilaufgaben in Hybridform. Um Motivationseffekten vorzubeugen, wurde eine Itemrotation durchgeführt. Bei der Entwicklung curricular valider Items erfolgte die Gewährleistung der inhaltlichen Validität über die curriculare Analyse der überschneidenden Kernbereiche der Fachschule Bautechnik in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bayern und Hessen. Bezüglich der Schwierigkeitsmerkmale der Items wurden folgende Indikatoren berücksichtigt, um eine ausreichende Varianz zu erreichen und der heterogenen Schülerschaft gerecht zu werden: (1.) Anzahl der notwendigen Lösungs-

- 5 Dieser Beitrag fokussiert die Ergebnisse der Zwischentestung, die zum Ende des ersten Fachschuljahres (Grundstufe), im Herbst 2014 in allen drei Bundesländern durchgeführt wurde. Die Befunde der Eingangstestung, sowie die Anlage der Studie können im Beitrag von ZINN und WYRWAL (2014a) nachgelesen werden. Die Abschlusstestung erfolgte im Zeitraum von Juni bis Dezember 2015.
- 6 Die Erhebungsquoten verteilen sich wie folgt auf die erhobenen Bundesländer: Baden-Württemberg 70 %, Bayern 90 % und Hessen 90 % und beziehen sich auf die vollzeitliche Weiterbildung. Fachschüler in Teilzeitform, sowie nichtstaatliche Einrichtungen wurden bei der Erhebung nicht berücksichtigt. Es bleibt daher ungeklärt, wie sich die Gesamtpopulation zusammensetzt.

schritte und abgebildeten Zusammenhänge, (2.) Vertrautheitsgrad der Problemstellung, (3.) Grad der dargestellten Veranschaulichung (keine Zeichnung/Abbildung), (4.) die mathematischen Ansprüche sowie (5.) die Hinweisgüte im (Bau-) Tabellenbuch.

Über ein anschließendes Expertenrating mit erfahrenen Fachlehrkräften ($N = 9$) aus den drei Bundesländern wurden die erstellten Items bezüglich des Schwierigkeitsgrads, der inhaltlichen Relevanz, der Praxisrelevanz und der Aufgabenverständlichkeit hin überprüft und die Anmerkungen und Korrekturen der Fachlehrkräfte berücksichtigt. Eine Pilotierung der erstellten Testinstrumente fand in jeweils einer Klasse der drei Bundesländer ($N = 62$) statt. Auf Grundlage der Pilotierungsergebnisse und auf Basis der Lehrerrückmeldungen wurden finale Testitems für den Bereich der Mathematik (25 Items), der Baustatik/Tragwerkslehre (19 Items), der (Hoch-) Baukonstruktion (25 Items), der Bauphysik (20 Items) und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit (23 Items) entwickelt und eingesetzt. Bei der Entwicklung der Items zur fachspezifischen Problemlösefähigkeit wurden Inhalte thematisiert, die dimensionsübergreifendes Wissen aus mindestens 2 Dimensionen aufgreifen und damit das Wissen, welches in den einzelnen Fächern vermittelt wird in fachübergreifender Form abfragen. Für einen Einblick in die verschiedenen Aufgabenstellungen werden in den Abbildungen 1 bis 5 pro angenommene Subdimension je eine Aufgabe aus dem empirisch gemessenen, mittleren Schwierigkeitsbereich dargestellt. Das abgebildete Beispielitem zur (Hoch-) Baukonstruktion verlangt die Erklärung eines Treppenlaufs, im Rahmen der Mathematik sollen die Nullstellen einer Gleichung bestimmt werden, in der Baustatik/Tragwerkslehre soll das System eines Einfeldträgers mit unterschiedlichen Lasten aufgezeichnet werden, wohingegen in der Bauphysik eine Aussage über die Einflüsse des Wärmeschutzes gefordert ist.

Aufgabe BK13

Was versteht man unter einem Treppenlauf?

- Bauteil einer Treppe bestehend aus Auftritt und Steigung.
- Der für die Treppe vorgesehene Raum.
- Treppengeländer als Schutzeinrichtung gegen Absturz.
- Ununterbrochene Folge von mindestens drei Treppenstufen zwischen zwei Ebenen.

Abb. 1 Beispielitem (Hoch-) Baukonstruktion



Aufgabe M3
Bestimmen Sie die Nullstellen $x_{1,2}$ der Gleichung.

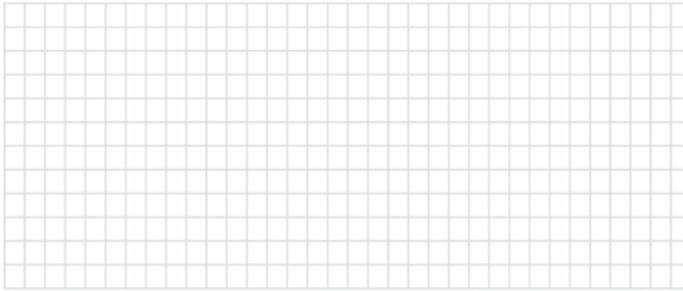
$$6x^2 + x - 15 = 0$$


Abb. 2 Beispielim Mathematik

Aufgabe T14
Ein statisch bestimmter Einfeldträger ohne Kragarm erhält eine Streckenlast $q = 10 \frac{kN}{m}$ sowie eine vertikale Einzellast von $F = 10 \text{ kN}$ am linken Auflager. Der Abstand der Auflager A-B beträgt 3,0 m. Zeichnen Sie eine Skizze des Systems und der Belastung.



Abb. 3 Beispielim Baustatik/Tragwerkslehre

Aufgabe BP3
Welcher dieser Aussagen stimmen Sie zu?

Je größer die Wärmeleitfähigkeit λ ist, desto größer ist die Wärmeleitung.

Je größer der Wärmedurchgangswiderstand R_T ist, desto besser ist die Wärmeabsorption.

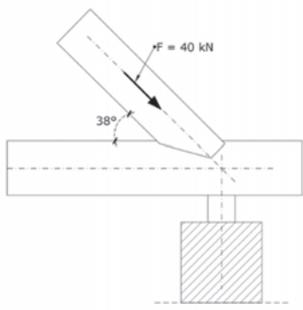
Je größer der U-Wert ist, desto weniger Wärmeenergie wird durch das Bauteil gelassen.

Je größer der Wärmedurchlasswiderstand R ist, desto schlechter ist die Wärmedämmeigenschaft.

Abb. 4 Beispielim Bauphysik

Das Beispielitem zur fachspezifischen Problemlösefähigkeit repräsentiert eine problemorientierte Aufgabenstellung, bei welcher die Horizontalkraft eines Deckenbalkens unter Anwendung von Fachwissenselementen der Baustatik/Tragwerkslehre, der (Hoch-) Baukonstruktion und der Mathematik zu bestimmen ist.

Aufgabe P12
Im Sparrenfuß kommen 40 kN Belastung an und werden weiter geleitet. Ermitteln Sie die Horizontalkraft im Deckenbalken.



Die Horizontalkraft des Deckenbalkens beträgt _____ kN.

Abb. 5 Beispielitem fachspezifische Problemlösefähigkeit

Die vierstündige Testerhebung fand im Rahmen des regulären Fachunterrichts zu Beginn des zweiten Fachschuljahres statt. Aus Objektivitätsgründen wurde die Testerhebung in jeder Klasse mittels eines standardisierten Testleiterskripts von angeleiteten Testleitern durchgeführt. Während der Testung auftretende Fragen und Unstimmigkeiten wurden protokolliert und in den folgenden Testungen kongruent behandelt. Den Schülern standen ein (Bau-) Tabellenbuch sowie ein nicht programmierbarer Taschenrechner zur Lösung der Testaufgaben zur Verfügung. Allen Probanden wurden die gesamten Testinstrumente in unveränderter Form vorgelegt, so dass ein *missing by design* ausgeschlossen ist. Ebenso hatten die Probanden genügend Zeit zur Bearbeitung, so dass *missing by not reached* ebenfalls ausgeschlossen werden konnte.

5 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse gliedert sich in die Beschreibung der Skalierung der Tests (Abschnitt 5.1) und die Überprüfung der Dimensionalität sowie der Analyse der Zusammenhänge zwischen den Dimensionen (Abschnitt 5.2).

5.1 IRT-Skalierung

Die fünf Subdimensionen zur Analyse der berufsfachlichen Kompetenz zum Ende der Grundstufe wurden mit der Software ConQuest 3.01 (ADAMS, WU & WILSON 2012) nach den Kriterien des einparametrischen, eindimensionalen⁷ Rasch-Modells skaliert, welches sich auf Grundlage der Stichprobengröße und des Vorwissens im gewerblich-technischen Bereich als hinreichendes Modell zur Darstellung der berufsfachlichen Kompetenzen erweist. Der zentrale Vorteil der Rasch-Modellierung ist die Verortung von Personenfähigkeiten und Itemschwierigkeiten auf einer gemeinsamen Skala, um Aussagen über die Personen- und Itemschwierigkeit machen zu können (WU & ADAMS 2007). Um einen Ausschluss der nicht Rasch-konformen Items zu erreichen, wurden für jeden Test (bzw. jede Dimension) die folgenden Kriterien⁸ überprüft (MOOSBRUGGER & KELAVA 2007; WU & ADAMS 2007): (1.) geordnete Reihenfolge der Schwellenparameter bei Partial-Credit-Items, (2.) ausreichende Part-Whole-Korrelationen⁹ der Items ($r_{it} \geq .25$), (3.) $0.8 < WMNSQ^{10} < 1.2$, (4.) Homogenität des Weighted-Mean-Square ($T \leq 1.9$), (5.) die Durchführung von DIF-Analysen zur Prüfung der Personenhomogenität bezüglich der Beteiligung von Probanden aus unterschiedlichen Bundesländern und abschließend (6.) die Kontrolle der Personenhomogenität über den Mediansplit.

Zudem wurden die polytomen Items gemäß MASTERS (1982) als Partial-Credit-Items in Form von Stepschwierigkeiten in die Itemparametrisierung integriert, wodurch vereinzelte (Pseudo-)Items entstanden. Über das so erreichte erweiterte Rasch-Modell als Partial-Credit-Modell ist es möglich, Teilpunkte in die Aufgabenbewertungen einfließen zu lassen und diese über Schwellenparameter zu berücksichtigen. Durch die Auswertung mit Modellen der probabilistischen Testtheorie werden die Schwierigkeitsparameter der Items mit den jeweiligen Personenfähigkeiten auf einer Skala abgetragen (ROST 2004; WILSON 2005). Da neben der Testgüte auch über diese Veröffentlichung hinaus eine Aussage über die Personenfähigkeit einzelner Probanden getätigt werden soll, sind sowohl die EAP als auch die WLE-Werte angeben. Die EAP-Werte lassen Rückschlüsse auf Testebene zu, wohingegen der Perso-

7 Um mehrdimensionale Modelle zuverlässig abschätzen und reliable Ergebnisse darstellen zu können, bedarf es eines N im vierstelligen Bereich, um durch die Mehrdimensionalität auch dem Zuwachs an diagnostischen Informationen gerecht zu werden (vgl. HARTIG und HÖHLER 2010).

8 Zur Berechnung der einzelnen Parameter greift ConQuest 3.01 auf die Standardschätzmethode MML zurück (LUC und ADAMS 2013).

9 In Ausnahmefällen wurden Items mit einer Part-Whole-Korrelation von $r_{it} \geq .20$ ebenfalls in die Skalierung eingeschlossen, sofern eine curriculare Wichtigkeit bestätigt werden konnte.

10 Bei den Itemfit-Werten werden als Ausschlusskriterium unterschiedliche Grenzwerte angegeben und in der empirischen Forschung angewandt. Die Wahl des Grenzwertes ist, ebenso wie t-Statistik, abhängig von der Stichprobengröße. Mit steigendem N nähert sich der WMNSQ-Wert dem Wert 1 an (WU, 1997). DRANEY und WILSON (2008) empfehlen Items mit Itemfit-Werten zwischen 0.75 und 1.33 im Modell zu belassen. Innerhalb der PISA-Studien (mit einem vierstelligen N) werden WMNSQ-Werte im Bereich zwischen 0.80 und 1.20 als gute Itemfits in die Auswertung mit aufgenommen. Durch die Stichprobengröße von N = 428 scheint die Grenze von PISA mehr als ausreichend zu sein und wird von ADAMS (2002) empfohlen.

nenparameterschätzer WLE eine Aussage auf Probandenebene tätigt und hier nur der Vollständigkeit halber angeführt wird (WALTER & ROST 2011). Das Übereinstimmen der beiden Werte ist ein weiterer Indikator für die Passung des Instruments auf die entsprechenden Probanden(-gruppen).

Abhängig von der geringen Itemanzahl und der Stichprobengröße, verbunden mit der hohen Anzahl an Dimensionen, wurden die fünf Dimensionen der berufsfachlichen Kompetenz jeweils eindimensional skaliert, da es ansonsten durch die mangelnde Itemdichte zu erheblichen Schätzfehlern bei mehrdimensionalen Modellen kommen kann (URBAN & MAYERL 2013).

Die Item- und Skalenkennwerte für die fünf Dimensionen (1.) Baustatik/Tragwerkslehre, (2.) (Hoch-) Baukonstruktion, (3.) Bauphysik, (4.) Mathematik und (5.) fachspezifische Problemlösefähigkeit zeigen zufriedenstellende Ergebnisse. Die Zusammenlegung der angenommenen Dimensionen (Hoch-) Baukonstruktion und Bauphysik begründet sich aus den hohen inhaltlichen Überschneidungen und werden in diesem Falle ergänzend zusammen skaliert. Neben der Item-Rest-Korrelation¹¹ (0.20 bis 0.53) liegen auch die INFIT-Werte (WMNSQ), die die Abweichung zwischen beobachteten und erwarteten Antworten abbilden, innerhalb des vorgegebenen Bereiches mit Werten von 0.84 bis 1.12. An den Weighted-Mean-Square- (WMNSQ)-Werten ist ablesbar, inwiefern bei Gültigkeit des Rasch-Modells erwartete und empirisch beobachtete Antworthäufigkeiten eines Items voneinander abweichen, wobei der Erwartungswert für einen idealen Fit bei eins liegt. Sowohl die EAP/PV- als auch die WLE-Reliabilitäten liegen im akzeptablen bis sehr guten Bereich von .69 bis .83, die Varianz scheint optimierungsbedürftig. Der Standardfehler für die Itemschwierigkeitsparameter, der die Über- bzw. Unterschätzung der Parameter anzeigt, ist als unauffällig anzusehen, der Grenzbereich der T-Werte und damit die Itemhomogenität ist gegeben.

Die Personenhomogenität wurde über eine DIF-Analyse (Differential Item Functioning) und dem Mediansplit der WLE-Personenfähigkeit überprüft. Die DIF-Analyse vergleicht das Antwortverhalten bei gleicher Personenfähigkeit bezogen auf die unterschiedlichen Bundesländer über verschiedene Subgruppen hinweg (STROBL 2012) und wurde zur Absicherung mittels zweier unterschiedlicher Analysen betrachtet. Zum einen sollten die betrachteten Estimates der Gruppenunterschiede nicht größer als 0.5 logits sein, zum anderen wurde überprüft, ob der geschätzte DIF nicht doppelt so groß oder größer ist wie der ausgegebene Standardfehler. Nach diesen Analyse-kriterien konnten bei vereinzelt Items über alle fünf Dimensionen hinweg einzelne DIF-Effekte zum Nachteil der hessischen Schüler extrahiert werden. Da in Hessen im Vergleich zu den beiden anderen Bundesländern deutlich weniger Probanden getestet

11 Die Trennschärfenwerte liegen unterhalb den in der Literatur üblicherweise empfohlenen Wert von $r_{it} \geq 0,4$ (vgl. z. B. MOOSBRUGGER & KELAVA 2007, S. 86) und können gemäß der Kriterien von ROST 2004 durch eine Überarbeitung partiell erhöht werden. Im Rahmen der Fachkompetenzmodellierung ist der empfohlene Grenzwert nicht durchgängig einzuhalten, wie auch in anderen Studien konstatiert wird (vgl. z. B. GROSS et al. 2014; NICKOLAUS, PETSCH & NORWIG 2013); vielmehr verweisen MOOSBRUGGER & KELAVA 2007 auf die Berücksichtigung der Validität und die Reliabilitätswerte.

Tab. 1: Item- und Skalenkennwerte der fünf Dimensionen

	N an Items	Item-Rest Korrelation		wMNSQ		T-Wert		EAP/PV Rel.	WLE Rel.	Var.
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.			
Mathematik	18	0.25	0.53	0.84	1.12	-2.8	2.2	.75	.74	0.70
Baustatik/Tragwerkslehre	17	0.25	0.44	0.93	1.07	-2.0	1.7	.74	.72	0.88
Baukonstruktion	18	0.20	0.41	0.93	1.08	-1.4	1.2	.71	.71	0.47
Bauphysik	18	0.20	0.42	0.94	1.07	-1.2	1.2	.72	.69	0.57
Baukonstruktion/Bauphysik	36	0.20	0.42	0.92	1.09	-1.5	1.2	.83	.82	0.46
Fachspezifische PLF	21	0.20	0.42	0.92	1.11	-1.0	1.3	.70	.67	0.93

werden konnten, scheint diese singuläre Analyse nicht unproblematisch und möglicherweise messfehlerbehaftet zu sein. Die Ergebnisse der Expertenbefragungen zeigen hingegen keine auffälligen Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern, ebenso beinhalteten die Testinstrumente ausschließlich Inhalte aus den curricularen Schnittmengen der Bundesländer. Es bleibt ungeklärt, in welcher Weise allgemeines und fachliches Vorwissen einen Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenz der Fachschüler haben (vgl. WINTHER 2011). Daher wurde zusätzlich zur DIF-Analyse der Mediansplit der WLE-Personenfähigkeit einbezogen. Anhand des Medians der WLE-Personenfähigkeit teilte man den Datensatz in zwei Stichproben, skalierte diese separat und untersuchte die gewonnenen Itemparameterwerte auf Korrelationen. Mittels eines grafischen Modelltests in Form von Streudiagrammen wurde überprüft, ob die einzelnen Itemparameter in beiden Teilstichproben jeweils kongruent ausfallen. Korrelationswerte von größer ~ 0.9 zeigen sehr gute Personenhomogenitäten auf. Der Mediansplit kann DIF-Effekte nicht belegen, es ist von homogenen Personenfähigkeiten mit folgenden Korrelationen gemäß des Mediansplits auszugehen: Mathe ($r = .935$; $p \leq .01$); Baustatik/Tragwerkslehre ($r = .941$; $p \leq .01$); Baukonstruktion ($r = .984$; $p \leq .01$); Bauphysik ($r = .885$; $p \leq .01$) und fachspezifische Problemlösefähigkeit ($r = .929$; $p \leq .01$) sowie Baukonstruktion/Bauphysik ($r = .973$; $p \leq .01$).

Der Abbildung 6 sind die geschätzten Wrightmaps der theoretisch angenommenen Dimensionen zu entnehmen. Demnach können die eingesetzten Tests die Bandbreite der Personenfähigkeiten gut abbilden, d. h. die extrahierten Fachinhalte abgebildet in den fünf Dimensionen passen gut auf das Anforderungsniveau und die Fähigkeiten der untersuchten Fachschüler. Betrachtet man die mittlere Itemschwierigkeit verteilen sich diese wie folgt auf die Skalen: Mathematik = 0.297, Baustatik/Tragwerkslehre = -0.076,

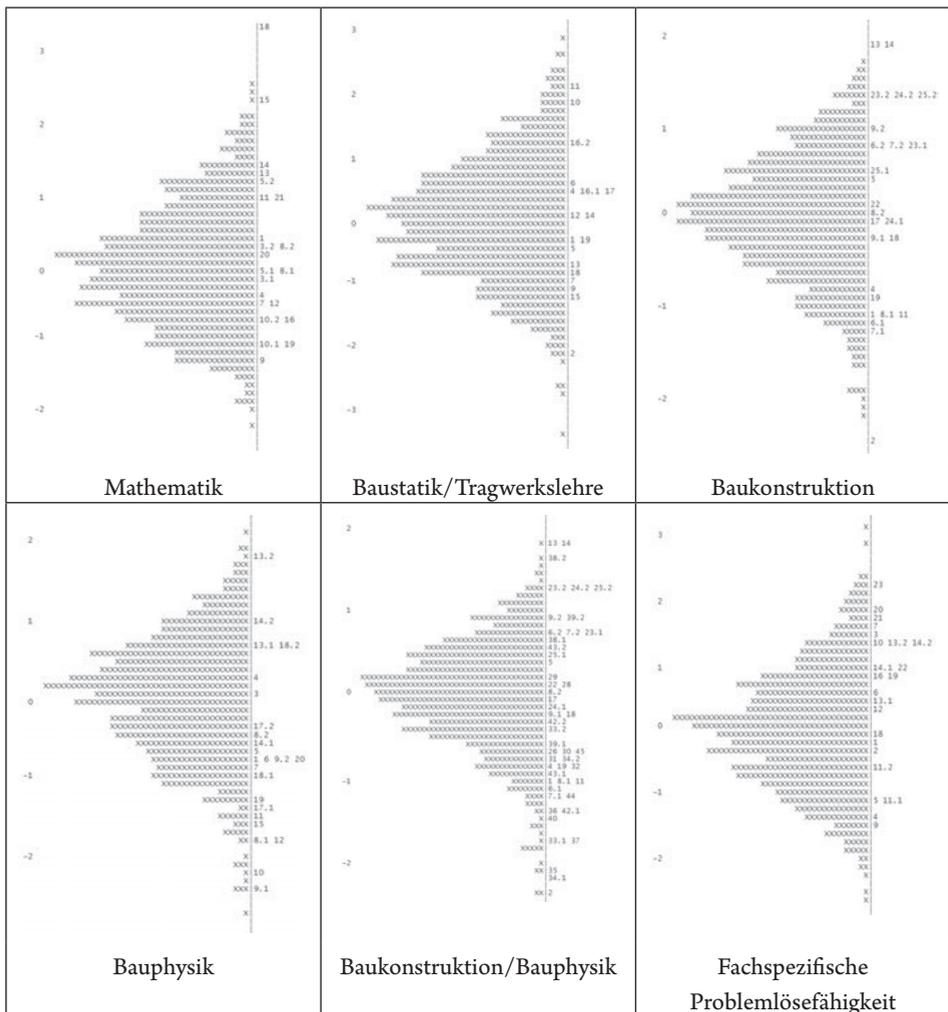


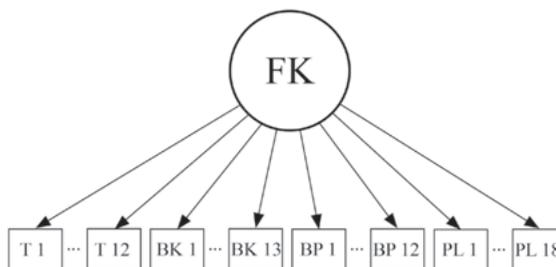
Abb. 6 Wrightmaps der theoretisch angenommenen Dimensionen

Baukonstruktion = -0.001, Bauphysik = -0.696, fachspezifische Problemlösefähigkeit = 0.464 und Baukonstruktion/Bauphysik = -0.309. Leicht optimierungsbedürftig scheint im Test Bauphysik das untere Schwierigkeitssegment, in welches die Einbindung weiterer Items wünschenswert ist, wohingegen das mittlere und obere Schwierigkeitssegment dimensionsübergreifend gut bis befriedigend abgedeckt wird. Zusammenfassend bestätigen die Ergebnisse der Skalierung der Daten eine reliable Messung in den Skalen mittels der überprüften einzelnen Items. Die Inhaltsvalidität und kriterienbezogene Validität wurde über die curriculare Analyse sowie über die Experteneinschätzungen abgesichert und löst gemeinsam mit der Skalierung und der anschließend dargestellten Dimensionierung eine valide Messung der Konstrukte ein.

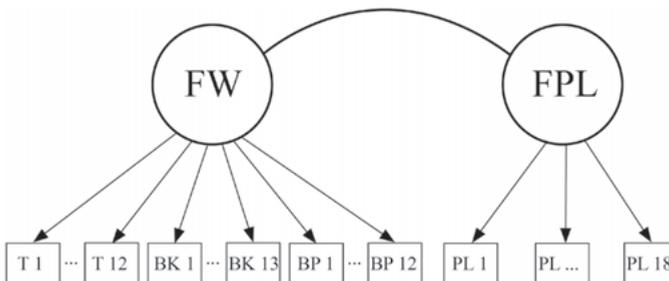
5.2 Dimensionalitätsprüfung und Zusammenhänge

Zur Prüfung der Dimensionalität und Analyse der Zusammenhänge werden unterschiedliche theoretisch begründbare Modelle angenommen, die empirisch über verschiedene Kennwerte der Modellpassung mit der Software MPlus 7 auf deren Güte hin überprüft werden. Vor dem Hintergrund dessen, dass der Test Mathematik rein mathematisches Wissen und mathematische Fähigkeiten prüft und für spätere Analysen zur Entwicklung und Erklärung der fachlichen Kompetenzen skaliert wurde, ist dieser Bereich nicht in die fachwissenschaftliche Dimensionierung auf Querschnittsebene einbezogen worden. Die Zusammenlegung der angenommenen Dimensionen Baukonstruktion und Bauphysik im Modell c) wird durch die enge inhaltliche thematische Überschneidung der nicht immer getrennt voneinander unterrichteten Fächer begründet, die innerhalb des Curriculums gut sichtbar werden. Die Korrelationswerte unterstreichen diese Annahme, wonach zwischen der Baukonstruktion und der Bauphysik mit $r = .591$ eine hohe Korrelation nach Pearson nachweisbar ist. Die Korrelationswerte zwischen den anderen Dimensionen schwanken zwischen $.322 < r > .561$ wonach insgesamt zwischen den vier Dimensionen mittlere bis hohe signifikante Korrelationsausprägungen festzustellen sind. Im Folgenden wurden die nachstehenden Modelle analysiert:

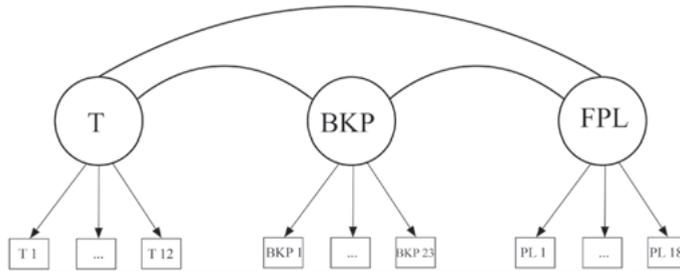
a) Ein eindimensionales Modell der fachspezifischen Kompetenz, bestehend aus allen berufsfachlichen Items:



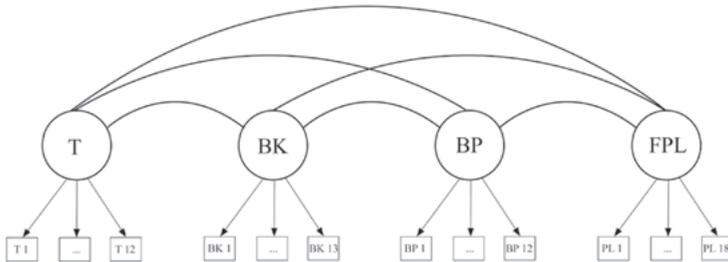
b) Ein zweidimensionales Modell, mit den beiden Dimensionen fachspezifisches Wissen und fachspezifische Problemlösefähigkeit:



c) Ein dreidimensionales Modell, mit den Dimensionen Baustatik/Tragwerkslehre, Baukonstruktion/Bauphysik und fachspezifische Problemlösefähigkeit:



d) Ein vierdimensionales Modell mit den Dimensionen Baustatik/Tragwerkslehre, Baukonstruktion, Bauphysik und fachspezifische Problemlösefähigkeit:



Zur empirischen Modellberechnung der Dimensionalität wurde auf den WLSMV-Schätzer („weighted least squares estimator with standard errors and mean- and variance adjusted chi-square test statistic“) zurückgegriffen, der im Rahmen der konfirmatorischen Faktorenanalyse von kategorialen und dichotomen Items präferiert wird (FINNEY & DISTEFANO 2006; MUTHEN & MUTHEN 2012).

Die in Tabelle 2 abgebildeten Fitstatistiken der vier geschätzten und im späteren Verlauf gegenübergestellten Modelle zeigen, dass lediglich das dreidimensionale Modell eine akzeptable Passung auf die vorliegenden Daten aufweist. Zwar wird der χ^2 -Wert¹² in allen vier Modellen signifikant, jedoch ist das Verhältnis des χ^2 -Werts zu den Freiheitsgraden, welches unter 2.0 liegen sollte (FINNEY & DISTEFANO 2006), in allen Modellen als positiv anzusehen. Bezüglich der Anpassungsmaße CFI und TLL, die das Schätzergebnis mit einem Nullmodell vergleichen, liegen zwar alle spezifizierten Modelle unter dem empfohlenen Grenzwert von .95 (HU & BENTLER 1998; URBAN & MAYERL 2013), jedoch empfehlen FINNEY & DISTEFANO (2006) bei ka-

12 Die Signifikanz des χ^2 -Werts darf nicht überinterpretiert werden. Vor dem Hintergrund der großen Stichprobe und der Stichprobenheterogenität ist es keine Seltenheit, dass der Wert signifikant wird. URBAN & MAYERL (2013) empfehlen darüber hinaus die Verwendung zweier weiterer Anpassungsmaße wie dem CFI, dem RMSEA-Index oder dem RMSR-Index.

Tab. 2: Fitstatistiken der 4 berechneten Modelle

Dimensionen	N	χ^2 -Teststatistik				Fit-Indizes			
		χ^2	df	χ^2/df	p	CFI	TLI	RMSEA	WRMR
Modell 1D	434	1810	1430	1.27	0.000	0.860	0.855	0.028	1.119
Modell 2D	434	1760	1429	1.23	0.000	0.878	0.873	0.027	1.092
Modell 3D	434	1533	1322	1.16	0.000	0.920	0.917	0.023	1.024
Modell 4D	434	1704	1424	1.20	0.000	0.897	0.892	0.025	1.062

tegorialen Daten die „Goodness-of-fit-Indizes“ wie den RMSEA-Wert zu inspizieren. Das von EID, GOLLWITZER & SCHMITT (2010) und RAYKOV & MARCOULIDES (2006) nahe gelegte Maß der Untergrenze (CFI und TLI > .90) wird lediglich beim dreidimensionalen Modell erreicht. Der RMSEA-Wert lässt erkennen, wie stark die tatsächlichen Modellschätzung vom Fit einer perfekten Modellschätzung verschieden ist. Der Grenzwert von <.05 wird in allen Modellen eingehalten (EID, GOLLWITZER & SCHMITT 2010). Der WRMR-Wert (Grenzwert 1.0 nach FINNEY & DISTEFANO 2006) weist nur im dreidimensionalen Modell einen nahezu akzeptablen Fitwert auf. Da bei der Verwendung des WLSMV-Schätzers keine Modellvergleichsindikatoren ausgegeben werden, wird bei den Modellvergleichen auf den χ^2 -Differenztest zurückgegriffen (ASPAROUHOV & MUTHEN 2006). Der χ^2 -Vergleich zwischen den vier Modellen fällt jeweils hoch signifikant zugunsten des letztgenannten Modells aus (siehe Tabelle 3). Zusammenfassend passt das dreidimensionale Modell am besten auf die beobachteten Daten und bildet daher die berufsfachliche Kompetenz der Fachschüler zum Ende der Grundstufe am besten ab, was durch die Fitindizes und die χ^2 -Statistik bestätigt wird.

Tab. 3: χ^2 -Modellvergleich der endogenen Variablen

Modellvergleiche	χ^2 -Modellvergleich		
	$\Delta\chi^2$	Δdf	p
Modell 1D – Modell 2D	50	1	0.000
Modell 1D – Modell 3D	277	108	0.000
Modell 1D – Modell 4D	106	6	0.000
Modell 2D – Modell 3D	227	107	0.000
Modell 2D – Modell 4D	56	5	0.000
Modell 4D – Modell 3D	171	102	0.000

Die Fitstatistiken der unterschiedlichen Modelle beruhen auf den vorab erstellten Messmodelle jeder potentiellen Dimension, die in Tabelle 4 dargestellt sind. Die Betrachtung der dargestellten Fitindizes zeigen akzeptable bis gute Messmodelle der fünf theoretisch modellierten Dimensionen.

Tab. 4: Messmodelle der theoretisch modellierten Dimensionen

Dimension	N	N an Items	χ^2 -Teststatistik				Fit-Indizes			
			χ^2	df	χ^2/df	p	CFI	TLI	RMSEA	WRMR
Baustatik/ Tragwerkslehre	422	12	106.99	54	1.98	0.000	0.902	0.881	0.062	1.067
Baukonstruktion	424	13	64.05	65	0.99	0.510	1.000	1.003	0.028	0.738
Bauphysik	423	12	88.34	54	1.64	0.000	0.916	0.898	0.053	0.952
Baukonstruktion/ Bauphysik	427	25	336.56	252	1.34	0.000	0.924	0.917	0.019	0.974
Fachsp. PLF	428	18	139.53	135	1.03	0.377	0.994	0.993	0.025	0.826

Die dargelegten empirischen Aspekte der Dimensionierung betrachtend, bildet das dreidimensionale Modell bestehend aus den vorab geprüften Dimensionen der Baustatik/Tragwerkslehre, Baukonstruktion/Bauphysik und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit die berufsfachliche Kompetenz am besten ab. Mit der empirisch belegten Modellierung lassen sich Aussagen über die Kompetenzstruktur sowie über die Beziehung von Aufgabenschwierigkeit und Personenfähigkeit nach Ende des ersten Fachschuljahres treffen. Die empirisch belegte mehrdimensionale Modellierung lässt Aussagen über schwierigkeitsbestimmende Merkmale zu, die zur inhaltlichen Interpretation von Kompetenzausprägungen relevant sind.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Mit der vorliegenden Studie war die Zielsetzung verbunden, ein valides Instrumentarium zur Erfassung der berufsfachlichen Kompetenz zum Ende der Grundstufe in der Fachschule Bautechnik in der Vertiefungsrichtung Hochbautechnik zu entwickeln, um eine Prüfung der Dimensionalität des berufsspezifischen Fachwissens zum Ende der Grundstufe in der Fachschule Bautechnik durchzuführen und um die Personenfähigkeit der Fachschüler adäquat abbilden zu können. Für die Begründung des Instrumentariums wurden curriculare und praxisrelevante Items zu den fünf unterstellten Dimensionen Mathematik, Baustatik/Tragwerkslehre, Baukonstruktion, Bauphysik und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit gemeinsam mit fachschulischen Experten entwickelt und anhand einer repräsentativen Stichprobe empirisch überprüft. Die Fit-Werte der einzelnen Messmodelle sind gut bis befriedigend. Bei der Prüfung der Mehrdimensionalität wurde zuerst von einem vierdimensionalen Modell ausgegangen, dass sich jedoch empirisch nicht bestätigte. Auf der Basis der Ergebnisse der weiteren Modellvergleiche und aus inhaltlichen Gesichtspunkten, die insbesondere in der unterstellten bereichsübergreifenden Vermittlung begründet sind, liegt die beste Passung der empirischen Daten beim dreidimensionalen Modell vor, bei dem Baukonstruktion und Bauphysik zu einer Dimension zusammengefasst sind. Das dreidimensionale Modell weist akzeptable Fit-Werte auf und beinhaltet die zwei fach-

wissenschaftlichen Dimensionen Baustatik/Tragwerkslehre, Baukonstruktion/Bauphysik sowie die fachspezifische Problemlösefähigkeit. Alle drei Dimensionen lassen sich anhand der analysierten inhaltlichen Anforderungsbereiche und der curricularen Überschneidungspunkte empirisch anhand der Messmodelle gut ausdifferenzieren.

Trotz aller Forschungsbemühungen wird die durchgeführte Studie von Limitationen begleitet. Aufgrund der breiten fachschulischen Angebote, kombiniert mit den möglichen curricularen Scherpunktsetzungen, wurden nur Fachschüler der staatlichen Fachschulen in Vollzeitform mit der Schwerpunktrichtung Hochbautechnik berücksichtigt. Aus testökonomischen Gründen konnte eine Erhebung nur in 3 Bundesländern, mit der Schwerpunktsetzung grundlegender fachwissenschaftlicher Inhalte, realisiert werden. Curriculare Schwierigkeiten treten aufgrund der begrenzten Anzahl an länderübergreifenden Lerninhalten auf, was auf die uneinheitlichen didaktischen Ansätze der Länder zurückzuführen ist.

Vor dem Hintergrund der in der Fachschule intendierten integrativen Vermittlung bautechnischer Kompetenzen im Bezugfeld von Theorie und Praxis, der hohen vorliegenden Heterogenität der beruflichen Qualifizierungen der Fachschüler (ZINN & WYRWAL 2014a) und der zwischen den beteiligten Bundesländern umgesetzten differierenden didaktischen Ansätze (Lernfeldkonzept vs. klassischer Fächeransatz) (ZINN & WYRWAL 2014b) bleibt offen, wie die Entwicklung des Grads der Verschmelzung oder die Ausdifferenzierung der Subdimensionen über den weiteren Fachschulverlauf hinweg erfolgen wird. Ausblickend sollen daher in einer weitergehenden Studie mit der gleichen Stichprobenzusammenstellung die Struktur der berufsfachlichen Kompetenz zum Ende der Fachschule analysiert werden. In einer längsschnittlichen Betrachtung der berufsfachlichen Kompetenz(-entwicklung) sollen hierbei insbesondere auch die Einflüsse der ausgeprägt heterogenen beruflichen Qualifikationen (s. o.), die möglichen länderspezifischen Kompetenzprofile näher betrachtet und relevante Prädiktoren für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung herausgearbeitet werden.

7 Literatur

- ADAMS, R. (2002): Sealing PISA cognitive data. In: ADAMS, R. & WU, M. (Hrsg.). PISA 200 technical report. Paris: OECD, S. 99–108.
- ADAMS, R., WU, M. & WILSON, M. (2012): ConQuest. Camberwell, Australia: Australian Council for Educational Research.
- ASPAROUHOV, T. & MUTHÉN, B. (2006): Mplus Web Notes: No. 10. May 26, 2006, Online: [http://www.statmodel.com/examples/webnote.shtml/\(16.06.2016\)](http://www.statmodel.com/examples/webnote.shtml/(16.06.2016)).
- BEHRENDT, S., DAMMANN, E., STEFANICA, F. & NICKOLAUS, R. (2015): Physical-technical prior competencies of engineering students. In: Empirical Research in Vocational Education 2015, 7:2.
- BEHRENDT, S., DAMMANN, E., STEFANICA, F. & NICKOLAUS, R. (2016): Die prädiktive Kraft ausgewählter Qualitätsmerkmale im ingenieurwissenschaftlichen Grundstudium. In: Unterrichtswissenschaft 44 (1), S. 55–72.
- BETZLER, J. (2006): Vergleich zwischen schülerzentriertem und lehrerzentriertem Unterricht an einer Fachschule für Technik. Die berufsbildende Schule. 58 (2), S. 56–60.

- BIBER, J., HARTMANN, M., POCH, J. & SCHIRMER, W. (2010): Techniker Ausbildung in Deutschland – ein immer noch unterschätztes Kleinod in der deutschen Bildungslandschaft: Das Berufsbild „Staatlich geprüfter Techniker/Staatlich geprüfte Technikerin“ als Basis zur Lehrplanelentwicklung für die Fachschulausbildung. In: Die berufsbildende Schule. 62 (11), S. 319–324.
- DRANEY, K. & WILSON, M. (2008): Constructing Measures. The BEAR Assessment System. Workshop im Rahmen der Fortbildungswoche des DFG-Schwerpunktprogramms „Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen“ in Jena (11.04.2008).
- EID, M., GOLLWITZER, M. & SCHMITT, M. (2010): Statistik und Forschungsmethoden. Weinheim: Beltz.
- FAZEKAS, M. & FIELD, S. (2013): A Skills beyond School Review of Germany, OECD Reviews of Vocational Education and Training. OECD Publishing. Online: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264202146> (28-09-2013).
- FINNEY, S. J. & DISTEFANO, C. (2006): Nonnormal and categorical data in structural equation models. In: HANCOCK, G. R. & MUELLER, R. O. (Eds.). A second course in structural equation modeling. Greenwich, CT: Information Age, S. 269–314.
- FREITAG, W. K., HARTMANN, E. A., LOROFF, C., STAMM-RIEMER, I., VÖLK, D. & BUHR, R. (Hrsg.) (2011): Gestaltungsfeld Anrechnung. Hochschulische und berufliche Bildung im Wandel. Münster/New York/München/Berlin: Waxmann.
- GEISSEL, B. (2008): Ein Kompetenzmodell für die elektrotechnische Grundbildung: Kriteriumsorientierte Interpretation von Leistungsdaten. In: NICKOLAUS, R. & SCHANZ, H. (Hrsg.): Didaktik der gewerblichen Berufsbildung. Konzeptionelle Entwürfe und empirische Befunde. Diskussion Berufsbildung; Bd. 9. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 121–141.
- GROSS, M., OPHOFF, J., SCHLADITZ, S., LEHRMANN, K. & WIRTZ, J. (2014): Evidenzorientierung in bildungswissenschaftlichen Studiengängen. In: DROSSEL, K., STRIETHOLT, R. & BOS, W. (Hrsg.). Empirische Bildungsforschung und evidenzbasierte Reformen im Bildungswesen. Münster/New York: Waxmann.
- GRYWATSCH, M. & HERING, W. (2010): Der Schwerpunkt „Regenerative Energien“ an der Fachschule für Technik: Gestaltungsbeispiele auf der Grundlage betrieblicher und schulischer Kooperation. Lernen und Lehren. 25 (100), S. 177–181.
- GÖNNENWEIN, A., NITZSCHKE, A. & SCHNITZLER, A. (2011): Fachkompetenz erfassung in der gewerblichen Ausbildung am Beispiel des Ausbildungsberufs Mechatroniker/in. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis, 40 (5), S. 14–18.
- GSCHWENDTNER, T., ABELE, S. & NICKOLAUS, R. (2009): Computersimulierte Arbeitsproben: Eine Validierungsstudie am Beispiel der Fehlerdiagnoseleistung von KFZ-Mechatronikern. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 105 (4), S. 557–578.
- GSCHWENDTNER, T. (2008): Ein Kompetenzmodell für die kraftfahrzeugtechnische Grundbildung. In: Nickolaus, R. (Hrsg.): Didaktik der gewerblich-technischen Berufsbildung. Konzeptionelle Entwürfe und empirische Befunde. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 103–119.
- GSCHWENDTNER, T. (2011): Die Ausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker im Längsschnitt. Analysen zur Struktur von Fachkompetenz am Ende der Ausbildung und Erklärung von Fachkompetenzentwicklungen über die Ausbildungszeit. In: NICKOLAUS, R. & PÄTZOLD, G. (Hrsg.): Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung. Stuttgart: Steiner, Beiheft 25, Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), S. 55–76.
- HARTIG, J. & HÖHLER, J. (2010): Modellierung von Kompetenzen mit mehrdimensionalen IRT-Modellen. Projekt MIRT. In: KLIEME, E., LEUTNER, D. & KENK, M. (Hrsg.): Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes. Weinheim und Basel: Beltz, 56. Beiheft, Zeitschrift für Pädagogik, S. 189–198.

- HOAI-VERORDNUNG (2013): Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen. Online: http://www.hoai.de/online/HOAI_2013/HOAI_2013.php (29.08.2014).
- HU, L. & BENTLER, P. M. (1998): Fit indices in covariance structure analysis: Sensitivity to underparameterized model misspecification. In: *Psychological methods*, 3 (4), S. 424–453.
- KLIEME, E. & HARTIG, D. (2007): Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik, Bonn/Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- KMK (2011): Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz (KMK) für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. Online: http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2011/2011_09_23_GEP-Handreichung.pdf (21.07.2016).
- LUC, L. & ADAMS, R. (2013): Evaluate Rasch item parameter recovery in MML and JML estimations by ACER ConQuest. Camberwell, Australia: University of Melbourne & Australian Council for Educational Research.
- MASTERS, G. N. (1982): A rasch model for partial credit scoring. In: *Psychometrika* 47 (2), S. 149–174.
- MOOSBRUGGER, H. & KELAVA, A. (Hrsg.) (2007): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag Heidelberg.
- MUSEKAMP, F. & SPÖTTL, G. (2013): Formatives Assessment fachlicher Kompetenzen von angehenden Ingenieuren – Validierung eines Kompetenzmodells für die Technische Mechanik im Inhaltsbereich Statik, Lehrerbildung auf dem Prüfstand, S. 151–176.
- MUTHÉN, L. K. & MUTHÉN, B. O. (2012): Mplus – Statistic Analysis With Latent Variables. User's Guide. Seventh Edition. Los Angeles, CA: MUTHÉN & MUTHÉN. Online: http://www.statmodel.com/download/userguide/Mplus%20user%20guide%20Ver_7_r6_web.pdf (14.06.2016).
- NICKOLAUS, R. (2011): Die Erfassung fachlicher Kompetenzen und ihrer Entwicklungen in der beruflichen Bildung – Forschungsstand und Perspektiven. In ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA, O. (Hrsg.), Stationen empirischer Bildungsforschung – Traditionslinien und Perspektiven. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 331–351.
- NICKOLAUS, R., ABELE, S., GSCHWENDTNER, T., NITZSCHKE, A. & GREIF, S. (2012): Fachspezifische Problemlösefähigkeit in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen – Modellierung. Erreichte Niveaus und relevante Einflussfaktoren. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW)*, 108 (2), S. 243–272.
- NICKOLAUS, R., BEHRENDT, S., DAMMANN, E., ȘTEFĂNICĂ, F. & HEINZE, A. (2013): Theoretische Modellierung ausgewählter ingenieurwissenschaftlicher Kompetenzen. In: ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA, O., NICKOLAUS, R. & BECK, K. (Hrsg.): Kompetenzmodellierung und Kompetenzmessung bei Studierenden der Wirtschaftswissenschaften und der Ingenieurwissenschaften (Lehrerbildung auf dem Prüfstand, Sonderheft). Landau: Verlag Empirische Pädagogik, S. 150–176.
- NICKOLAUS, R., GEISSEL, B., ABELE, S. & NITZSCHKE, A. (2011): Fachkompetenzmodellierung und Fachkompetenzentwicklung bei Elektronikern für Energie- und Gebäudetechnik im Verlauf der Ausbildung. Ausgewählte Ergebnisse einer Längsschnittstudie. In: NICKOLAUS, R. (Hrsg.): Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung. Stuttgart: Steiner, S. 77–94.
- NICKOLAUS, R., PETSCH, & C NORWIG, K. (2013): Berufsfachliche Kompetenzen am Ende der Grundbildung in bautechnischen Berufen. Modellierung und erzielte Leistungen in Abhängigkeit der angestrebten beruflichen Profile. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW)*, 109 (4), S. 538–555.

- NICKOLAUS, R. & SEEBER, S. (2013): Berufliche Kompetenzen: Modellierungen und diagnostische Verfahren. In: FREY, A./LISSMANN, U. & SCHWARZ, B. (Hrsg.): Handbuch berufspädagogischer Diagnostik, S. 166–195.
- PITTICH, D. (2013): Diagnostik fachlich-methodischer Kompetenzen. Dissertationsschrift, TU Darmstadt.
- PAHL, J. P. (2010): Fachschule. Praxis und Theorie einer beruflichen Weiterbildungseinrichtung. Bielefeld: Bertelsmann.
- RAYKOV, T. & MARCOULIDES, G. A. (2006): A first course in structural equation modeling. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- ROST, J. (2004): Lehrbuch Testtheorie-Testkonstruktion. Bern u. a.: Huber.
- SCHAPER, N., SONNTAG, K. & BENZ, D. (1997): Anforderungsanalysen bei Technikertätigkeiten in modernen Arbeitsstrukturen zur Optimierung eines Fachschulcurriculums. Zeitschrift für Arbeitswissenschaften. 51(1), S. 47–55.
- SCHMIDT, T., NICKOLAUS, R. & WEBER, W. (2014): Modellierung und Entwicklung des fachsystematischen und handlungsbezogenen Fachwissens von Kfz-Mechatronikern. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 110 (4), S. 549–574.
- SELIG, R. (2015): Auswirkungen innerer Differenzierung auf die Lernleistung und Motivation im Englischunterricht. Stuttgart (Dissertationsschrift).
- STROBL, C. (2012): Das Rasch-Modell. Eine verständliche Einführung für Studium und Praxis. 2. erw. Aufl., Mering: Hampp.
- URBAN, D. & MAYERL, J. (2013): Strukturgleichungsmodellierung. Ein Ratgeber für die Praxis. Wiesbaden: Springer VS.
- VOB [Vergabe und Vertragsordnung für Bauleistungen] (2012): DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.). Online: [http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/BauenUndWohnen/vob_2012_a.pdf?__blob=publicationFile\(03.10.2014\)](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/BauenUndWohnen/vob_2012_a.pdf?__blob=publicationFile(03.10.2014)).
- WALTER, O. & ROST, J. (2011): Psychometrische Grundlagen von Large Scale Assessments. In: HORNEKE, L. (Hrsg.): Methoden der psychologischen Diagnostik. Göttingen u. a.: Verlag für Psychologie, Hogrefe, S. 87–149.
- WINTHER, E. (2011): Das ist doch nicht fair! – Mehrdimensionalität und Testfairness in kaufmännischen Assessments. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 107 (2), S. 218–238.
- WILSON, M. (2005): Constructing Measures. An Item Response Modeling Approach. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- WU, M. (1997): The development and application of a fit test for use with generalized item response model. Masters of Education Dissertation. University of Melbourne.
- WU, M. & ADAMS, R. (2007): Applying the Rasch model to psycho-social measurement. A practical approach. Melbourne.
- ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA, O., NICKOLAUS, R. & BECK, K. (Hrsg.) (2013): Kompetenzmodellierung und Kompetenzmessung bei Studierenden der Wirtschaftswissenschaften und der Ingenieurwissenschaften (Lehrerbildung auf dem Prüfstand, Sonderheft). Landau: Verlag Empirische Pädagogik.
- ZINN, B. & WYRWAL, M. (2014a): Ein empirisches Erklärungsmodell zum fachspezifischen Wissen von Schülern bei Einmündung in die bautechnische Fachschule. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 110 (4), S. 529–548.
- ZINN, B. & WYRWAL, M. (2014b): Konzeption eines theoretischen Modells zu ausgewählten Kompetenzen von Technikern der Fachschule Bautechnik. Journal of Technical Education (JO-TED), Jg. 2 (2), S. 115–135.

ZINN, B. (2012): Ein ingenieurwissenschaftliches Studium von beruflich qualifizierten Studierenden – Chancen und Risiken. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 108 (2), S. 273–290.

PROF. DR. BERND ZINN

Institut für Erziehungswissenschaft (IfE), Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt
Technikdidaktik (BPT), Azenbergstraße 12, 70174 Stuttgart

DIPL.-GWL. MATTHIAS WYRWAL

Institut für Erziehungswissenschaft (IfE), Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt
Technikdidaktik (BPT), Azenbergstraße 12, 70174 Stuttgart



This material is under copyright. Any use outside of the narrow boundaries
of copyright law is illegal and may be prosecuted.

This applies in particular to copies, translations, microfilming
as well as storage and processing in electronic systems.

© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2017