

Berufsfachliche Kompetenzen am Ende der Grundbildung in bautechnischen Berufen

Modellierung und erzielte Leistungen in Abhängigkeit der angestrebten beruflichen Profile

KURZFASSUNG: In diesem Beitrag, der auf ein durch die DFG gefördertes Projekt¹ zurück geht, werden empirische Ergebnisse zur Modellierung berufsfachlicher Kompetenzen am Ende des ersten Ausbildungsjahres der bautechnischen Berufsgrundbildung vorgestellt. Da in die verschiedenen Bauberufe z. T. Jugendliche mit hoch unterschiedlichen Voraussetzungen einmünden, was sich nicht nur in den erreichten Schulabschlüssen sondern ebenso in den testbasiert erfassten kognitiven Voraussetzungen und sozialen Merkmalen niederschlägt (vgl. PETSCH/NORWIG/NICKOLAUS 2013), sind auch am Ende des ersten Ausbildungsjahres substantielle Varianzen des Leistungsspektrums zu erwarten. Die vorgestellten Ergebnisse bestätigen diese Annahme und machen deutlich, dass es trotz des gleichen Curriculums nicht gelingt, zu Beginn der Ausbildung bestehende Leistungsunterschiede auszugleichen. Strukturell bestätigt sich eine vierdimensionale Kompetenzstruktur, wobei enge Assoziationen zwischen dem fachspezifischen Wissen (Fachtheorie, Fachzeichnen, Fachrechnen) und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit beobachtet werden können.

ABSTRACT: This paper presents first empirical findings of a DFG sponsored project developing a competence model of professional competence in the building trades (after one year of training in full-time education). As is known from previous studies (see PETSCH/NORWIG/NICKOLAUS 2013) achievement and skills displayed by apprentices enrolling on an apprenticeship in the building trades vary widely across professions (carpenters, tilers, plasterers). Even though all apprentices are exposed to the same curriculum, the findings show that differences in achievement remain significant after one year of training. This holds true for all four dimensions of competence that are distinguished in the model presented here. Remarkably close associations are observed between the four dimensions (professional problem solving and building related technical knowledge, technical drawing, and basic technical mathematics).

1. Forschungsstand

Die im gewerblich technischen Bereich bisher vorgelegten Arbeiten zur Kompetenzmodellierung sind weitgehend auf Metall-, Elektro- und informationstechnische Berufe beschränkt. Im Baubereich liegen ausschließlich Modellierungsergebnisse für Tischler vor, die im Zuge der Ulme Studien entstanden (LEHMANN/SEEGER 2007) sowie eine auf den gleichen Beruf bezogene Qualifikationsarbeit (WYRWAL 2013), in der für das Ende des ersten Ausbildungsjahres von Tischlern ein Test zur Erfassung des Fachwissens generiert wurde.

Die in den BEST-Studien (vgl. NORWIG/PETSCH/NICKOLAUS 2013) im Anschluss an andere Domänen auch für Zimmerer, Mauerer, Fliesenleger und Stuckateure für die Berufsgrundbildung unterstellte Kompetenzstruktur, bildet ebenfalls die in anderen Domänen (s. u.) ausgewiesene Grundstruktur, bestehend aus dem Fachwissen

1 DFG NI606/7-1: Kompetenzmodellierung und Kompetenzentwicklung in der bautechnischen Berufsgrundbildung

und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit ab (NORWIG/PETSCH/NICKOLAUS 2010; PETSCH/NORWIG/NICKOLAUS 2011), ohne dass allerdings eine systematische empirische Überprüfung der Strukturannahmen vorgenommen wurde.

Die speziell im Zimmererbereich angesiedelten empirischen Studien (BÜNNING 2007; WÜLKER 2004), in welchen Leistungsdaten zur berufsfachlichen Kompetenz erhoben wurden, beschränkten sich als Interventionsstudien, in welchen differentielle Effekte methodischer Entscheidungen untersucht wurden, auf sehr schmale fachliche Ausschnitte und stellen keine Aussagen zur Güte der eingesetzten Instrumente bereit. Die Anlage der eingesetzten Tests lässt im Falle BÜNNINGS keine reliablen Ergebnisse erwarten, da in den einzelnen Subdimensionen z. T. nur mit einer Aufgabenstellung gearbeitet wurde. Die erhobenen Leistungsdaten bei WÜLKER gründen zwar auf einem größeren Aufgabenspektrum, beziehen sich jedoch ausschließlich auf das Schiften am gleichgeneigten Walmdach und damit auf lediglich einen der insgesamt 12 in den Lernfeldern der Fachstufe abgegrenzten Inhaltsbereiche.

1.1 Kompetenzstrukturmodelle

Die Arbeiten zur Kompetenzmodellierung und Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung sind in den letzten Jahren deutlich fortgeschritten. Nach den vorliegenden Studien, die primär für den kaufmännischen und den gewerblich-technischen Bereich vorgelegt wurden (z. B. ABELE u. a. 2012; ACHTENHAGEN/WINTHER 2009; GEISSEL 2008; GSCHWENDTNER 2008; LEHMANN/SEEBER 2007; NICKOLAUS u. a. 2010, 2011, 2012; ROSENDAHL/STRAKA 2011; SEEBER 2008, 2009; SEEBER/LEHMANN 2011; ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA/SEIDEL 2011; WINTHER/ACHTENHAGEN 2009; WINTHER 2010) zeichnet sich domänenübergreifend ab, dass im Bereich der Fachkompetenz² zumindest zwei Kompetenzdimensionen empirisch unterscheidbar sind: (1) eine Dimension, die konzeptuelles bzw. verstehensbasiertes (Fach-) Wissen abbildet und (2) eine Dimension für die Fähigkeit, dieses Wissen in problemhaltigen Anforderungssituationen zu aktualisieren, die sogenannte fachspezifische Problemlösefähigkeit. Als typisch erweisen sich bisher am Ende der Ausbildung Ausdifferenzierungen des Fachwissens in 3–6 Subdimensionen (ebd.). Die Tests zur Erfassung des Fachwissens wurden in den genannten Studien aus dem gewerblich-technischen Bereich zumeist so gestaltet, dass primär, allerdings nicht ausschließlich das nicht direkt handlungsbezogene fachsystematische Wissen im Sinne des CLARION-Modells (ABELE 2013; SUN 2006) erfasst wurde.³ Die fachspezifische Problemlösefähigkeit,

2 In den Arbeiten zur Modellierung berufsfachlicher Kompetenzen (z. B. ABELE u. a. 2012; ACHTENHAGEN/WINTHER 2009; GEISSEL 2008; GSCHWENDTNER 2008; LEHMANN/SEEBER 2007; NICKOLAUS u. a. 2010, 2011, 2012; ROSENDAHL/STRAKA 2011; SEEBER 2008, 2009; SEEBER/LEHMANN 2011; WINTHER/ACHTENHAGEN 2009; WINTHER 2010; ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA/SEIDEL 2011) beschränkte man sich sowohl im gewerblich-technischen als auch im kaufmännischen Bereich auf die Erfassung kognitiver Leistungsdispositionen und folgte (explizit oder auch implizit) dem u. a. von KLIEME/LEUTNER (2006) eingebrachten Vorschlag, motivationale und volitionale Momente zunächst auszugrenzen oder getrennt zu erfassen.

3 ABELE (2013) unterscheidet im Anschluss an SUN (2006) zwei Wissenssysteme, a) das handlungsbezogene und das nicht-handlungsbezogene Wissen, die jeweils in explizite und implizite Wissensbereiche ausdifferenziert und über das motivationale und metakognitive System aktualisiert werden. Das handlungsbezogene Wissenssystem bildet das direkt auf (berufliche) Handlungen bezogene Wissen ab, in expliziter Form z. B. in Wenn-Dann Regeln. Das nicht-handlungsbezogene

die sich auf handlungsbezogenes Wissen stützt, wurde über Simulationen von Arbeitsaufträgen erfasst (GSCHWENDTNER/ABELE/NICKOLAUS 2009; NICKOLAUS u. a. 2010, 2011, 2012; WINTHER/ACHTENHAGEN 2008, 2009; im Überblick auch SEEBER/NICKOLAUS 2010). Mit hoher Wahrscheinlichkeit lässt sich bei entsprechender Testgestaltung eine dritte Dimension für manuelle Fertigkeiten nachweisen, die in Bauberufen wie dem des Zimmerers, Maurers etc. nach wie vor bedeutsam sind, in dem hier beschriebenen Projekt jedoch zunächst unberücksichtigt bleiben.

Zur Struktur des Fachwissens: Im Verlauf des ersten Ausbildungsjahres konnten bei Kfz-Mechatronikern Verschmelzungsprozesse für das mechanische und elektrotechnische Grundlagenwissen von einer zwei- zu einer eindimensionalen Kompetenzstruktur dokumentiert werden (GSCHWENDTNER 2008). Vor dem Hintergrund des CLARION-Modells könnten diese Verschmelzungsprozesse auch als Übergang von einem nicht-handlungsbezogenen, fachlich strukturierten Wissen zu einem integrativen handlungsbezogenen Wissen gedeutet werden, der sich im Ausbildungsverlauf bzw. mit fortschreitender Berufserfahrung vollzieht. Für den Zeitraum nach der Grundbildung zeigten sich domänenübergreifend Ausdifferenzierungen des Fachwissens, die sich nun aber in Orientierung an den berufsfachlichen Strukturen (wie bspw. elektrotechnische Grundlagen, traditionelle Installationstechnik, Steuerungstechnik) vollziehen (vgl. GÖNNENWEIN/NITZSCHKE/SCHNITZLER 2012; GSCHWENDTNER 2011, NICKOLAUS u. a. 2011, 2012). Weitere dimensionale Ausdifferenzierungen des Fachwissens (z. B. deklaratives, prozedurales Wissen; mathematiklastiges vs. mathematikfreies Fachwissen), die zunächst durchaus plausibel scheinen, ließen sich im Bereich der gewerblich-technischen Berufsausbildung bisher nicht bestätigen (GEISSEL 2008; GSCHWENDTNER 2008; GSCHWENDTNER/ABELE/NICKOLAUS 2009). Dies könnte allerdings auch darauf zurückzuführen sein, dass nicht das handlungsbezogene Fachwissen sondern primär das nicht-handlungsbezogene, wenngleich handlungsrelevante fachsystematische Fachwissen erhoben wurde und sich dessen Struktur in der Kompetenzstruktur spiegelt.

In neuen Testzuschnitten, wie sie gegenwärtig im ASCOT Programm für Kfz-Mechatroniker, medizinische Fachangestellte und Pflegekräfte entwickelt werden, aber auch im hier im Mittelpunkt stehenden Projekt aus dem Bereich der bautechnischen Grundbildung (DFG NI 606 7-1) genutzt wurden, entstehen und entstanden Testformen, die eine Erfassung des handlungsbezogenen Fachwissens ermöglichen und damit prinzipiell einen Weg aufzeigen, die Frage zu klären, ob der Aufbau des handlungsbezogenen Fachwissens mit einer stärkeren Assoziierung bzw. Verschmelzung der zwar handlungsrelevanten, jedoch nicht direkt handlungsbezogenen (fachsystematischen) Wissensbereiche einhergeht.

Solche Verschmelzungsprozesse sind auch als Prozesse des (kognitiven) Fertigkeitserwerbs zu begreifen, der sich im Anschluss an ACKERMAN (1992) in drei (kognitive, assoziative, automatisierte) Phasen vollzieht. Vor allem in problemhaltigen Kontexten kann unterstellt werden, dass während der beruflichen Ausbildung die automatisierte Phase nicht erreicht wird und damit für die Leistungserstellung sowohl das handlungsbezogene als auch das nicht-handlungsbezogene Wissen aktualisiert werden muss. Dafür sprechen hohe latente Korrelationen (ca. 0,8) des nicht-handlungsbezogenen Wissens mit fachlichen Problemlöseleistungen, die

Wissen ist ein übergreifendes, fachsystematisches Wissen, das durchaus handlungsrelevant werden kann, jedoch situiert werden muss, um in Handlungen wirksam zu werden.

bisher im gewerblich-technischen Bereich für zwei Domänen dokumentiert wurden (GSCHWENDTNER/ABELE/NICKOLAUS 2009; NICKOLAUS u. a. 2011). Das schließt nicht aus, dass im Zuge der Bewältigung komplexer und problemhaltiger Anforderungen in einzelnen Handlungssequenzen auch auf automatisiertes Handlungswissen zurückgegriffen wird. Zu erwarten wäre, dass potentielle Subdimensionen des handlungsbezogenen Wissens eng assoziiert sind.

1.2 Anforderungen in den Bauberufen

Die vorliegenden Studien ermöglichen keine differenzierten Aussagen zu den Tätigkeitsanforderungen in den Bauberufen und den zu deren Bewältigung notwendigen Kompetenzen. Dokumentiert sind einerseits Entwicklungstrends im Neubaubereich, die durch den verstärkten Einsatz von Fertigteilen (z. B. Bauteile wie Decken etc.), die Verwendung gebrauchsfertiger bauchemischer Produkte (z. B. Fertigmörtel, Fertigbeton) und die Nutzung flexibler Gerüste und Schalungen gekennzeichnet sind (BÜNNING 2000, S. 35ff). Damit gehen verstärkt Wissensanforderungen im Bereich der Materialeigenschaften, Einsatzbedingungen der Abfolge von Arbeitsprozessen, Toleranzen, Systemeigenschaften etc. einher. Gleichzeitig wird allerdings betont, dass die traditionellen Fertigungsweisen nach wie vor relevant sind (ebd.). Wachsende Bedeutung kommt den Maßnahmen im Bestand zu, dem Erkennen und der Sanierung von Bauschäden, der Modernisierung, Dämmungen etc., die inzwischen etwa die gleiche Größenordnung wie jene im Neubaubereich erreicht haben (BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU 1996). Angemahnt werden dafür in verstärktem Maße auch gewerksübergreifende Kenntnisse und Fähigkeiten (im Überblick BÜNNING 2000). Als dominante berufsübergreifende Anforderungen (im Urteil der Beschäftigten) sind im Baubereich mathematische Fähigkeiten dokumentiert. Diese Anforderungen scheinen im Vergleich zu anderen Ausbildungsberufen insbesondere bei Bauzeichnern und Zimmerern, aber auch bei Fliesenlegern und Maurern überdurchschnittlich häufig vertreten (PARMENTIER 2001). Legt man die curricularen Anforderungen zugrunde, wie sie in den Ausbildungsordnungen und Lehrplänen dokumentiert sind (s. u.), so erhält man feiner ausdifferenzierte Anforderungsstrukturen, die für die Testentwicklung zentrale Bezugspunkte darstellen. Zu berücksichtigen sind in der Berufsgrundbildung für die Bauberufe sechs Lernfelder:

Lernfeld 1: Einrichten einer Baustelle, wobei neben den Arbeitsabläufen, Umgang mit Plänen, Flächenmanagement, Kenntnisse geometrischer Grundkonstruktionen auch Arbeitsschutz- und Unfallschutzvorkehrungen zu beachten sind.

Lernfeld 2: Erschließen und Gründen eines Bauwerks, mit Inhalten wie Herstellung der Baugrube, Fundamentarten, unterschiedliche Untergründe, Rohrleitungen, Fertigung zugehöriger Zeichnungen und Ermittlung von notwendigen Baustoffmengen.

Lernfeld 3: Mauern eines einschaligen Baukörpers, unter Einbezug von zu treffenden Entscheidungen über die einzusetzenden Baustoffe, der Berücksichtigung unterschiedlicher Mauerverbände, der Planung von Öffnungen und Bedarfsbestimmungen einschließlich Ausführungszeichnungen etc..

Lernfeld 4: Herstellen eines Stahlbetonteils, einschließlich der relevanten Planungsprozesse, unter Berücksichtigung relevanten Wissens zur Verarbeitung von Beton, Betonarten, Bewehrungen, der Konstruktion von Schalungen etc.

Lernfeld 5: Herstellen einer Holzkonstruktion, unter Berücksichtigung auftretender Kräfte, der Holzauswahl, Verbindungstechniken, Holzschutz, Verschnitt etc.

Lernfeld 6: Beschichten und Bekleiden eines Baukörpers einschließlich relevanter Kenntnisse über Putze, Estriche, Fliesen- und Plattenbeläge, Abdichtungen und Abdichtungsstoffe, Verlegeverfahren und Verlegepläne sowie Beschichtungsprinzipien (MKS BW 2005).

Die Übersicht über diese Lernfelder demonstriert bereits die relativ große Heterogenität der Anforderungen, die durch den Anspruch einer berufsfeldbreiten Berufsgrundbildung verursacht werden. Gemeinsam ist den Anforderungen über die verschiedenen Lernfelder hinweg, dass fachzeichnerische, fachrechnerische und fachtheoretischen Anforderungen relevant werden, die vor der Umstellung auf lernfeldbezogene Curricula eigenständige, jedoch auch vielfältig verknüpfte Fachstrukturen darstellten. Die oben kurz skizzierten arbeitswissenschaftlichen Befunde scheinen sich in der Berufsgrundbildung nicht direkt niederzuschlagen.

2. Ausgewählte Ziele des Projekts

Im Anschluss an den skizzierten Forschungsstand verfolgen wir mit diesem Projekt in einem ersten Schritt vier zentrale Ziele, von denen hier aufgrund des Projektstandes lediglich die ersten drei und diese auch nur in Ausschnitten dargestellt werden können. Projektziele sind:

1. Die Entwicklung eines Instruments zur Erfassung berufsfachlicher Kompetenz für die Grundstufe der bautechnischen Ausbildung (Ende 1. Ausbildungsjahr).
2. Die Entwicklung und Überprüfung eines Fachkompetenzmodells für die Grundstufe der bautechnischen Ausbildung (Ende 1. Ausbildungsjahr).
3. Die systematische Analyse der Zusammenhänge zwischen den potentiellen Subdimensionen des fachspezifischen Wissens (Fachtheorie, Fachzeichnen und Fachrechnen) bzw. dem fachspezifischen Wissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit.
4. Die Klärung von Effekten der Berufszugehörigkeit auf lernfeldspezifische Ausprägungen (bzw. Entwicklungen) der Motivation und Kompetenz in der Grundstufe.

3. Modellierung bautechnischer Fachkompetenz am Ende der Berufsgrundbildung

Modelliert wird die Fachkompetenz in zwei übergeordneten Dimensionen: (1) dem fachspezifischen Wissen, das sowohl deklaratives als auch prozedurales Fachwissen umfasst, und (2) der fachspezifischen „Problemlösefähigkeit“, d. h. der Fähigkeit, dieses Fachwissen in problemhaltigen Anforderungssituationen zu aktualisieren. Als zentraler inhaltlicher Bezugspunkt dienen die Curricula, die oben skizzierten Befunde zu den Tätigkeitsanforderungen werden ergänzend hinzugezogen. Die enge Orientierung am schulischen Curriculum scheint auch angezeigt, da in der bautechnischen Berufsgrundbildung in Baden-Württemberg die einjährige Berufsfachschule als Organisationsform vorherrscht.

Die fachspezifische Problemlösefähigkeit, die zugleich die Basis für die Operationalisierung der weiteren berufsfachlichen Kompetenzdimensionen darstellt, wurde

so modelliert, dass die zentralen Anforderungen der sechs Lernfelder abgebildet werden. Merkmal der problemhaltigen Aufgaben ist durchgängig die Anforderung berufsfachliche Problemstellungen unter Anwendung geeigneter Methoden bzw. Strategien zu bearbeiten, wobei sowohl fachtheoretisches Wissen als auch fachzeichnerische und fachrechnerische Fähigkeiten integrativ eingebracht werden müssen.

Das fachspezifische Wissen wird in der Testkonstruktion operationalisiert durch die (erwarteten) Subdimensionen des Fachwissens „Fachtheorie“, „Fachzeichnen“ und „Fachrechnen“, die vor dem Einsatz des Lernfeldkonzepts als Fächerstrukturierungen dienten und nach ersten Lehrplananalysen (vgl. KMK 1999) sowie den in den BEST-Studien vorgelegten Analyseergebnissen und den darauf bezogenen Lehrmaterialien (z. B. PETSCH/NORWIG 2012) immer noch je eigenständige Anforderungskontexte bilden.⁴ Die Abbildung dieser drei Subdimensionen erlaubt die zusätzliche empirische Überprüfung, ob die vormals als Fächerstrukturen angenommenen Bereiche Fachtheorie, Fachrechnen und Fachzeichnen als eigenständige Subdimensionen des fachspezifischen Wissens gelten können oder ob diese drei Facetten nicht nur in den handlungsorientierten Lernfeldaufgaben, sondern auch in den „Leistungsdispositionen“ der Schüler zu einer Dimension verschmelzen. Entwickelt wurden 22 Aufgaben zur Erfassung der „fachspezifischen Problemlösefähigkeit“⁵ und je 20–27 Items für die Dimensionen Fachtheorie, Fachzeichnen und Fachrechnen.

Im Einzelnen fanden folgende Schwierigkeitsindikatoren bei der Generierung der Testaufgaben Berücksichtigung⁶: die BLOOMSche Taxonomie, die Wissensvernetztheit, das curriculare Gewicht, die Hinweisgüte im Tabellenbuch, die Anzahl der Lösungsschritte und die mathematischen Anforderungen, insbesondere der Anspruch an die mathematische Modellierungsleistung der fachlichen Probleme. Analysen zu den Barrieren bzw. zu den Fehlerquellen bei der Aufgabenbearbeitung, die in den BEST-Studien durchgeführt wurden (PETSCH/NORWIG/NICKOLAUS 2011), konnten ebenfalls für die Variation der Aufgabenschwierigkeiten herangezogen werden. Die Sicherung inhaltlicher Validität wurde über eine systematische Orientierung an den Curricula vorgenommen.

- 4 Denkbar wäre im Hinblick auf die strukturelle Modellierung des berufsfachlichen Wissens vor dem skizzierten Hintergrund im ersten Ausbildungsjahr sowohl eine Modellierung in Orientierung an den einzelnen Lernfeldern als auch entlang der ehemaligen Fachstrukturen, die eine gemeinsame Klammer über die Lernfelder darzustellen scheinen. Eine Modellierung entlang von Lernfeldern hätte zur Konsequenz, dass bereits im ersten Ausbildungsjahr 6 Subdimensionen des Fachwissens und gegebenenfalls ebenso viele Subdimensionen der fachspezifischen Problemlösefähigkeit auszu-differenzieren wären, was erhebliche Folgeprobleme für valide und reliable Testgestaltungen nach sich zöge. Eine Modellierung in Orientierung an den ehemaligen Fachstrukturen bietet hingegen testökonomisch erhebliche Vorteile und lässt sich vor dem Hintergrund ihrer Klammerfunktion auch inhaltlich gut begründen. Wie die Modellierungsergebnisse von ROSENDAHL/STRAKA (2011) zeigen, sind Modellierungen entlang von spezifischen Anforderungssituationen, wie sie auch die Lernfelder darstellen, jedoch auch nicht auszuschließen.
- 5 Im Sinne DÖRNERs handelt es sich dabei nicht durchgängig um Problemstellungen, sondern eher um problemhaltige Aufgaben. Das nach DÖRNER notwendige Kriterium einer Barriere ist bei diesen problemhaltigen Aufgaben nur für einen Teil der Auszubildenden gegeben. Letztlich ist die Einlösung dieses Kriteriums nicht nur von der Anforderungscharakteristik sondern ebenso von den Voraussetzungen des jeweiligen Individuums abhängig und letztlich Ergebnis der Interaktion von Anforderungssituation und individuellen Fähigkeiten.
- 6 Einer systematischen Variation aller potentieller Schwierigkeitsprädiktoren sind mit der vorliegenden Itemzahl Grenzen gesetzt.

Ausgehend von den Anforderungen der Aufgaben zur Erfassung der fachspezifischen Problemlösefähigkeit wurden Itemstämme für die Dimensionen des Fachwissens (Fachtheorie, Fachzeichnen und Fachrechnen) entwickelt, mit denen die notwendigen Teilleistungen zur Bewältigung der fachlichen Problemstellungen nochmals separat operationalisiert wurden, jedoch auch angestrebt wurde, die curricularen Anforderungen in den Wissensbereichen abzubilden. Diese analytische Trennung erbringt nicht nur aus messmethodischer sondern auch aus pädagogischer Perspektive einen hohen diagnostischen Vorteil und erlaubt Zusammenhangsanalysen zwischen den unterschiedlichen Subdimensionen Fachtheorie, Fachrechnen, Fachzeichnen sowie der fachspezifischen Problemlösefähigkeit.

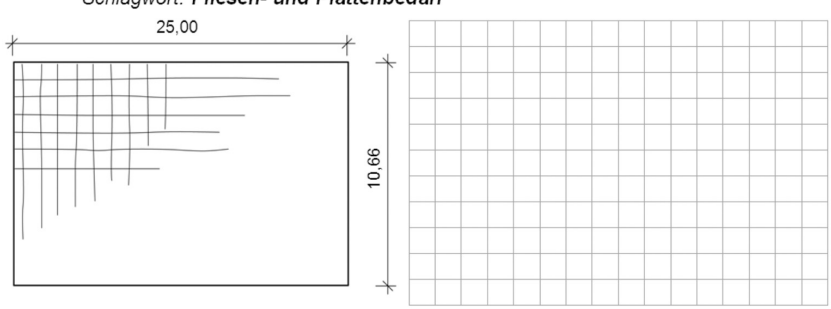
Um den Zuschnitt der Aufgaben zu den verschiedenen Dimensionen soweit es in diesem Beitrag möglich ist, transparent zu machen, seien im Folgenden Beispielaufgaben wiedergegeben. Die erste Abbildung (Abb. 1) repräsentiert eine Aufgabe aus der Dimension „fachspezifisches Problemlösen“, bei der die Ermittlung des Fliesenbedarfs (Lernfeld 6) die zentrale Anforderung darstellt. Der Grad der Komplexität bzw. die Offenheit der Problemsituation wurde aufgrund des zum Teil gering ausgeprägten Leistungsniveaus der Jugendlichen (vgl. NORWIG/PETSCH/NICKOLAUS 2013; PETSCH/NORWIG/NICKOLAUS 2013) bewusst niedrig gehalten.

Aufgabe 14

Der Boden des dargestellten Schwimmbeckens ist zu fliesen. Das Koordinierungsmaß für die Fliesen beträgt 15 cm x 15 cm. Ermittle den Fliesenbedarf (in Stück) für den Boden des Schwimmbeckens. Den Verschnitt musst du **nicht** berücksichtigen.

Hinweis: Für die Lösung der Aufgabe brauchst du das Tabellenbuch!

Schlagwort: Fliesen- und Plattenbedarf



Es werden Stück Fliesen benötigt

Abb. 1: Beispielaufgabe aus dem Test für das fachspezifische Problemlösen

Die Aufgaben aus der Dimension Fachwissen folgen ebenfalls den curricularen Zielsetzungen der Grundstufe und bilden gleichzeitig, die in den fachlichen Problemlöseaufgaben enthaltenen Teilleistungen ab: In der Subdimension Fachzeichnen (vgl. Abb. 2) wäre dies bezogen auf die obige Problemlöseaufgabe die Anforderung „Bemaßung lesen“, im Fachrechnen (vgl. Abb. 3) die „Flächenberechnung“ und in der Fachtheorie (vgl. Abb. 4) das „Verständnis zum Koordinierungsmaß“. Empirisch handelt es sich im Falle der Problemlöseaufgabe um eine mittelschwere, beim

Fachzeichnen und Fachrechnen um sehr leichte und bei der Fachtheorie um eine sehr schwere Aufgabe.

Aufgabe 3

Lies die gesuchten Längen aus der Zeichnung und schreibe sie in die Kästen. Gib alle Längen in **Metern** an.

Seite a ist m lang.

Seite b ist m lang.

Seite c ist m lang.

Abb. 2: Beispielaufgabe aus dem Test zum Fachzeichnen

Aufgabe 9

Das Rechteck ist 3,26 cm lang und 7,78 cm breit. Berechne die Fläche des Rechtecks.

Die Fläche des Rechtecks beträgt cm².

Abb. 3: Beispielaufgabe aus dem Test zum Fachrechnen

Aufgabe 26

Ergänze den folgenden Text (je freie Textstelle nur ein Wort).

Bei Fliesen und Platten werden **Koordinierungsmaß** und **Werkmaß** unterschieden. Das Koordinierungsmaß setzt sich aus dem Werkmaß und _____ zusammen. Um zu planen, wie Fliesen oder Platten verlegt werden, ist es günstiger, mit dem _____ -maß zu arbeiten.

Abb. 4: Beispielaufgabe aus dem Test zur Fachtheorie

4. Stichprobe

Die bautechnische Grundbildung ist über alle 16 Ausbildungsberufe der Bauwirtschaft curricular identisch, inhaltliche Berufsspezialisierungen finden erst im zweiten und dritten Lehrjahr in der dualen Ausbildung statt. In Baden-Württemberg, wo die Untersuchung durchgeführt wurde, ist das erste Ausbildungsjahr vorwiegend vollzeitschulisch in Form der einjährigen Berufsfachschule gestaltet. Da die sechs Lernfelder der Grundbildung nur einen Ausschnitt aus den jeweiligen Berufsspektren abbilden, werden die Auszubildenden (z. B. Zimmerer) auch mit „berufsfremden“ Inhalten (z. B. Lernfeld 3, „Mauern eines einschaligen Baukörpers“) konfrontiert. Einbezogen wurden in die Untersuchung mit den Berufen Zimmerer, Fliesenleger und Stuckateure lediglich drei der Ausbildungsberufe der Bauwirtschaft, wobei mit diesen Berufen bereits ein heterogenes Leistungsspektrum abgebildet werden kann. Insbesondere die Zimmerer heben sich in dieser Untersuchungsgruppe deutlich von den beiden anderen Berufen ab und erreichen nach den vorliegenden Studien nahezu das Niveau der Bautechnikerinnen, bei welchen relativ große Anteile über eine Hochschulzugangsberechtigung verfügen (NORWIG/PETSCH/NICKOLAUS 2010).

Die Erhebungen für die Modellierung des Fachkompetenztests (mit den Subtests fachspezifisches Wissen und fachspezifisches Problemlösen) zum Ende des ersten Lehrjahres wurden im Juni 2012 als Pilotierungsstudie durchgeführt.⁷ Aufgrund des Umfangs der Tests wurden für jede Klasse 2 Testtermine angesetzt, bei Schülerzahlen >15 wurden die Klassen geteilt, um eine hinreichende Konzentration und Bearbeitungsqualität der Tests zu sichern. Einbezogen wurden Schüler der genannten Ausbildungsberufe Zimmerer, Fliesenleger und Stuckateure, die Stichprobe umfasst 10 Klassen mit $N = 178$ Schülern, wobei auf beide Berufsgruppen (Zimmerer vs. Fliesenleger/Stuckateure) jeweils 5 Klassen mit $N_{Zi} = 100$ und $N_{Fl/St} = 78$ Schüler entfielen.

5. Ergebnisse

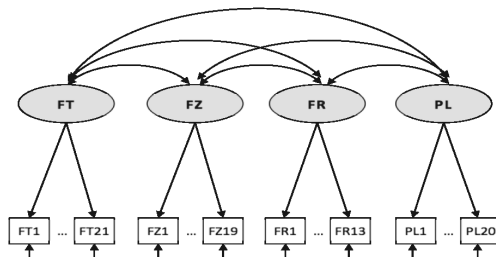
Vorgestellt werden im Folgenden Ergebnisse zur Kompetenzstruktur, zu den erfolgten Skalierungen in den verschiedenen Dimensionen und zu den Unterschieden der erzielten Leistungen in Abhängigkeit von den Berufszugehörigkeiten.

5.1 Dimensionalitätsprüfung

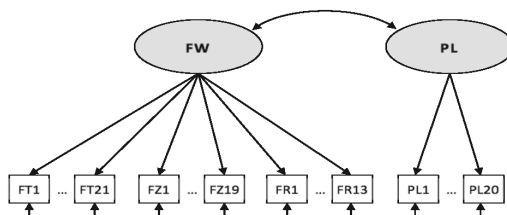
Vor der IRT-Skalierung der Testdaten wurde die Dimensionalität des Konstrukts „bautechnische Fachkompetenz“ mittels unterschiedlicher Modellberechnungen in Mplus untersucht; gerechnet wurden folgende drei Modelle:

7 Die Haupterhebungen fanden zu Beginn und am Ende des Schuljahres 2012/13 mit einer größeren Stichprobe sowie einem erweiterten Instrumenteneinsatz statt (erhoben wurde hier bspw. auch die kognitiven Grundfähigkeiten, motivationale Ausprägungen und Qualitätsmerkmale des Unterrichts).

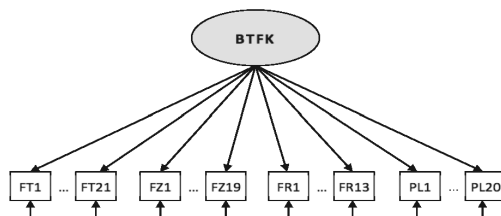
- 1) Das hypothetisch angenommene vierdimensionale Modell mit den Dimensionen fachspezifische Problemlösefähigkeit, Fachtheorie, Fachzeichnen und Fachrechnen,



- 2) ein zweidimensionales Modell, mit den Dimensionen fachspezifische Problemlösefähigkeit und fachspezifisches Wissen und



- 3) ein eindimensionales Modell mit der Dimension bautechnische Fachkompetenz.



Das zwei- und das eindimensionale Modell sind aus schrittweisen Vereinfachungen der ursprünglichen Modellvorstellung entstanden und würden bei einer besseren Passung für kognitive Verschmelzungsprozesse zwischen den Dimensionen bautechnischer Fachkompetenz sprechen.

Als Schätzer bei den Modellberechnungen wurde der WLSMV (robust weighted least squares) verwendet, der für konfirmatorische Faktorenanalysen mit kategorialen bzw. dichotomen Daten sowohl von MUTHÉN/MUTHÉN (2012) als auch von FINNEY/DISTEFANO (2006) empfohlen wird.

Die Fitstatistiken (vgl. Tab. 1) zeigen, dass gemessen am exakten Modellfit das ein- und zweidimensionale Modell keine akzeptable Passung auf die Daten ($p = 0,004$) aufweisen und auch das vierdimensionale Modell knapp unterhalb der Signifikanzgrenze von $p = ,01$ liegt. Bezogen auf die gängigen komparativen Fit-Indizes CFI und TLI (auch NNFI) liegen die drei betrachteten Modelle zwar allesamt

unterhalb der Grenze von ,95 (Hu/BENTLER 1998), FINNEY/DiSTEFANO (2006) empfehlen bei kategorialen Daten allerdings ohnehin, „Goodness-of-fit-Indizes“ wie RMSEA und WRMR zu inspizieren. Während alle drei Modelle hinsichtlich des RMSEA einen guten Modellfit ($RMSEA \leq ,05$) aufweisen (BROWNE/CUDECK 1993), erfüllt im Falle des WRMR einzig das vierdimensionale Modell das in der Literatur angegebene Kriterium ($WRMR < 1,0$ nach FINNEY/DiSTEFANO 2006 und YU 2002).

Tab. 1: Fitstatistiken der unterschiedlichen Modelle

Dim.	N	χ^2 -Teststatistik			Fit-Indizes			
		χ^2	df	p	CFI	TLI	RMSEA	WRMR
4 dim.-Modell	178	163,48	123	0,009	0,932	0,938	0,043	0,990
2 dim.-Modell	178	169,84	124	0,004	0,923	0,930	0,046	1,006
1 dim.-Modell	178	170,50	124	0,004	0,922	0,929	0,046	1,008

Zusammenfassend sprechen die Fitstatistiken damit für eine, wenn auch nur geringfügig bessere Passung des vierdimensionalen Modells. Die durchgeführten χ^2 -Differenztests (ASPAROUHOV/MUTHEN 2006) bestätigen diese Annahme: Der zwischen ein- und vierdimensionalem Modell durchgeführte χ^2 -Differenztest wird ebenso signifikant ($p = ,000$) wie der χ^2 -Differenztest zwischen zwei- und vierdimensionalem Modell ($p = ,000$), d. h. das vierdimensionale Modells passt tatsächlich vergleichsweise besser auf die beobachteten Daten und bildet daher die Basis für die folgenden Betrachtungen.

5.2 Zusammenhänge zwischen den Dimensionen

Die latenten bivariaten Korrelationen (vgl. Tab. 2) weisen auf starke Zusammenhänge zwischen den vier Dimensionen hin, wobei die Dimensionen des fachspezifischen Wissens (Fachtheorie, Fachzeichnen, Fachrechnen) untereinander weniger hoch korrelieren als mit der fachspezifischen Problemlösefähigkeit. Erklärbar scheint dieser Befund durch die Testkonstruktion bzw. die dahinterliegenden Anforderungsstrukturen (s. o.): Um die Testaufgaben zur fachspezifischen Problemlösefähigkeit erfolgreich zu lösen, müssen die Auszubildenden auf ihre Fähigkeiten im Fachwissen zurückgreifen, d. h. diese stellen die notwendigen Bearbeitungsgrundlagen dar, die je nach Problemsituation unterschiedlich kombiniert und auf den jeweiligen beruflichen Kontext angewendet werden müssen.

Der größte Zusammenhang ergibt sich zwischen der Fähigkeit im Fachrechnen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit, was gut auf den vorwiegend technisch-mathematischen Charakter der Problemstellungen innerhalb der Grundstufe zurückgeführt werden kann. In den Fachstufen treten neben den mathematisch akzentuierten auch stärker darstellend-konstruktive Probleme hinzu, was zu einem abweichenden Korrelationsmuster führen dürfte.

Tab. 2: Latente Korrelationen zwischen den Dimensionen des 4-dim. Modells

Dim.	Fachzeichnen	Fachrechnen	Fachtheorie
Fachrechnen	0,79***		
Fachtheorie	0,84***	0,76***	
Fachspez. Problemlösefähigkeit	0,87***	0,91***	0,87***

5.3 IRT-Skalierung

Für jede der vier Dimensionen bautechnischer Fachkompetenz wurde mit ConQuest eine Skalierung nach den Kriterien des einparametrischen, eindimensionalen Rasch-modells vorgenommen, wobei nicht Rasch-konforme Items jeweils ausgeschlossen wurden.⁸

In einem weiteren Schritt wurde für jede der vier Dimensionen die Annahme der Eindimensionalität geprüft. Hierzu wurden vergleichende Modelltests durchgeführt, wobei die eindimensionalen mit theoretisch plausiblen mehrdimensionalen Modellen verglichen wurden.

Für die Dimensionen Fachtheorie, Fachrechnen und fachspezifische Problemlösefähigkeit stellen die eindimensionalen Lösungen innerhalb unserer Testzuschnitte und der vergleichend betrachteten Mehrdimensionalitäten die geeignetsten Modelle dar.⁹ Unterschiedliche Anforderungskontexte wie deklaratives vs. prozedurales Wissen (Fachtheorie), Rechen- vs. Textaufgaben (Fachrechnen) sowie verschiedene Anforderungskombinationen aus Fachtheorie, -rechnen, -zeichnen (Problemlösen) bilden keine eigenen Dimensionen ab.

Für die Dimension Fachzeichnen ergibt der Modelltest eine bessere Passung für eine zweidimensionale Lösung, bei der zwischen mathematischen (Umgang mit Maßstäben und Maßzahlen) und eher darstellenden Anforderungskontexten (Lesen von Schraffuren, Schnittzeichnungen und Grundrissen) unterschieden wird. Allerdings führt die geringe Itemanzahl je Dimension zu erhöhten Schätzfehlern, so dass die eindimensionale Lösung zunächst bevorzugt wird.

Für die Pilotierungsstudie ist die Güte der vier gebildeten Skalen sowohl hinsichtlich der Passung der Items zur jeweiligen Skala als auch bezogen auf die realisierte Varianz bereits als zufriedenstellend einzuschätzen (vgl. Tab. 3). Weitere Optimierungen scheinen allerdings angezeigt; die EAP/PV Reliabilität der einzelnen Skalen ist mit Werten von ,62 bis ,66 noch relativ gering, was zum einen auf den Ausschluss von Items, aber auch auf die relativ heterogenen Inhalte der einzelnen Skalen zurückzuführen ist.

Die abgebildeten Wright Maps (Tab. 4; Darstellungen aus Platzgründen gedreht) verdeutlichen, dass die Skalen teilweise bereits recht gut mit den gemessenen Personenfähigkeiten korrespondieren, d. h. die Anforderungen bereits vergleichsweise passend auf die Zielgruppe abgestimmt werden konnten; insbesondere gilt dies für die Skalen „Fachtheorie“ und „fachspezifische Problemlösefähigkeit“.

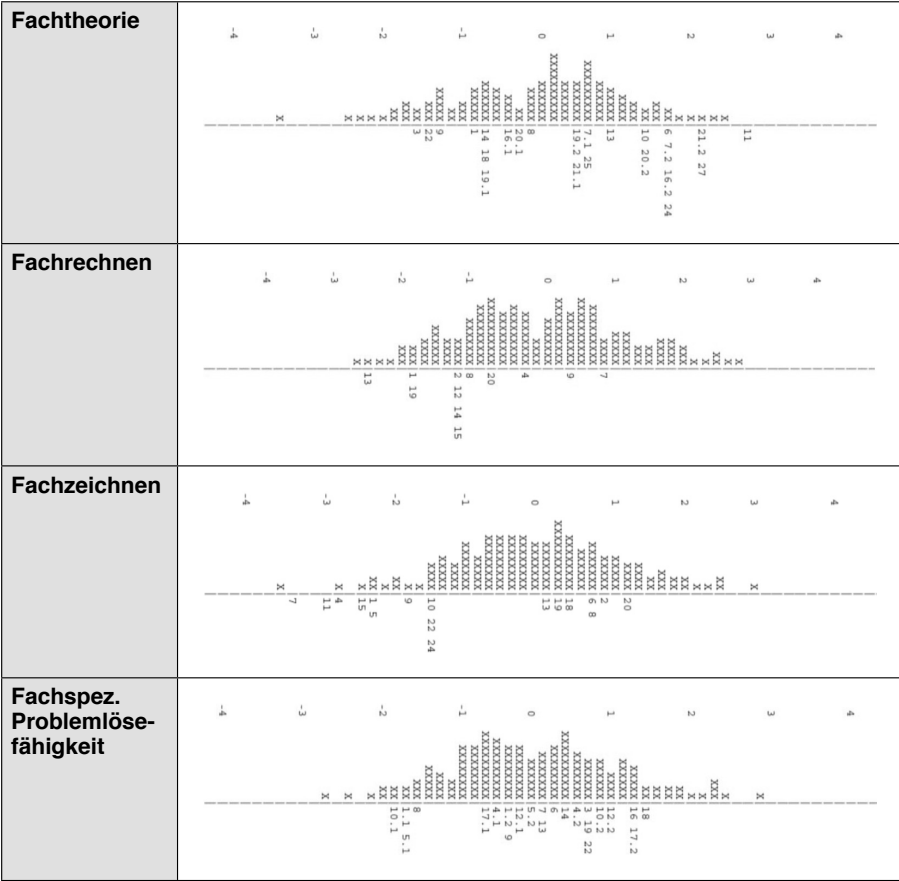
8 Je Dimension wurden folgende Kriterien geprüft: (1) Geordnete Reihenfolge der Schwellenparameter bei Partial-Credit-Items, (2) ausreichende Part-Whole-Korrelationen der Items, (3) Homogenität des Weighted-Mean-Square, (4) Personenhomogenität sowie schließlich (5) Personenhomogenität hinsichtlich unterschiedlicher Berufsgruppen (geprüft durch DIF-Analyse).

9 Zum Vergleich der verschiedenen ein- und mehrdimensionalen Modelle wurden der AIC, BIC und CAIC als Informationskriterien herangezogen.

Tab. 3: Übersicht zu den Item- bzw. Skalenkennwerten für die vier Dimensionen

		Fachtheorie	Fachrechnen	Fachzeichnen	Fachspez. Problemlösefähigkeit
Anzahl der Items		24	12	17	23
Part-whole-Korrelation	Min.	,30	,39	,35	,33
	Max.	,74	,61	,55	,66
wMNSQ	Min.	0,81	0,90	0,85	0,87
	Max.	1,19	1,16	1,17	1,18
T-Wert	Min.	-2,5	-0,7	-0,9	-1,4
	Max.	1,8	1,6	1,6	1,3
EAP/PV Reliabilität		.62	.63	.62	.66
Varianz		1.27	1,5	1,41	1,17

Tab. 4: Wright Maps der vier Skalen (Abtragung der Item- und Personenparameter auf der Logit-Skala)



Die Skalen zum Fachrechnen und Fachzeichnen weisen vermehrt Aufgaben im unteren Fähigkeitsbereich auf, so dass über leistungstärkere Schüler in diesen Dimensionen weniger präzise Aussagen getroffen werden können. Dies spiegelt sich auch in den Standardfehlern der Personenparameter wider, die am oberen Rand der Logit-Skala in den Dimensionen Fachrechnen und Fachzeichnen deutlich höher sind (Fachrechnen: $,63 \leq SE_{WLE} \leq 1,60$; Fachzeichnen: $,60 \leq SE_{WLE} \leq 1,55$) als in den anderen beiden Dimensionen (Fachtheorie: $,46 \leq SE_{WLE} \leq ,91$; Fachspez. Problemlösen: $,49 \leq SE_{WLE} \leq ,97$).

5.4 Vergleich der beteiligten Berufsgruppen

Bei zwei Skalen, dem Fachrechnen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit, sowie z. T. auch bei der Skala der Fachtheorie zeigen sich zweigipflige Verteilungen, die bereits auf die zwei unterschiedlich leistungsfähigen Berufsgruppen (Zimmerer bzw. Fliesenleger/Stuckateure) hinweisen. Bestätigt wird dies durch die in allen Dimensionen hochsignifikanten Mittelwertsunterschiede,¹⁰ wobei die Fliesenleger/Stuckateure erwartungsgemäß erheblich schwächere Fähigkeitswerte erreichen als die deutlich stärkeren Zimmerer (vgl. Tab. 5). Besonders groß ist der Leistungsunterschied im Bereich der Fachtheorie ($d = 1,09$), in dem die Zimmerer gegenüber den Fliesenlegern/Stuckateuren einen deutlichen Wissensvorsprung aufweisen, der sich im Rahmen einer Standardabweichung bewegt. Geringer fallen die Unterschiede dagegen im Fachrechnen aus. Bemerkenswert ist auch die durchgängig höhere Streuung, d. h. die besonders stark ausgeprägte Leistungsheterogenität in der schwächeren Berufsgruppe. Ganz ähnliche Befunde hatten sich bereits in den BEST-Studien (NORWIG/PETSCH/NICKOLAUS 2010 sowie PETSCH/NORWIG/NICKOLAUS 2013) gezeigt, was insgesamt für die Qualität der erhobenen Daten spricht.

Tab. 5: T-Tests zum Vergleich der beiden Berufsgruppen in den Kompetenzdimensionen

Dimension	Beruf	N	M	SD	T	df	Sig.	d
Fachtheorie	Fliesenleger/ Stuckateure	66	-,68	1,28	-6,55	104	,000	1,09
	Zimmerer	92	,50	,84				
Fachrechnen	Fliesenleger/ Stuckateure	69	-,47	1,31	-4,07	160	,000	,65
	Zimmerer	93	,36	1,28				
Fachzeichnen	Fliesenleger/ Stuckateure	64	-,54	1,44	-4,41	147	,000	,72
	Zimmerer	85	,39	1,14				
Fachspez. Problemlöse- fähigkeit	Fliesenleger/ Stuckateure	62	-,45	1,07	-4,19	142	,000	,70
	Zimmerer	82	,29	1,04				

¹⁰ Basis für die Gruppenvergleiche bilden die WLE-Personenschätzer. Da v. a. in den Dimensionen Fachrechnen und Fachzeichnen die Standardfehler der WLE-Werte im oberen Skalenbereich hoch sind, ist allerdings mit Verzerrungen zu rechnen.

6. Diskussion

Die vorgelegten Ergebnisse zeigen, dass die integrative Verarbeitung der fachtheoretischen, fachzeichnerischen und fachrechnerischen Anforderungen am Ende der Grundbildung relativ weit fortgeschritten ist. Das wird insbesondere in den engen Assoziationen der einzelnen Subdimensionen des Fachwissens mit der fachspezifischen Problemlösefähigkeit deutlich. Dabei bleibt zu berücksichtigen, dass die Testaufgaben für die Erfassung der Komponenten des Fachwissens in engem Bezug zu den Problemlöseaufgaben entwickelt und damit bereits ein stark handlungsorientiertes Partialwissen erhoben wurde. Von erheblichem Interesse wäre in künftigen Untersuchungen, ob diese Assoziation auch abhängig ist von der Vertrautheit beruflicher Handlungssituationen. So könnte man z. B. annehmen, dass in häufig vorkommenden Handlungssituationen engere Zusammenhänge zwischen den Subdimensionen beobachtet werden können als in Anforderungssituationen, die relativ selten auftreten. Zudem wäre zu prüfen, ob die Testgestaltung strukturell relevant wird. Zu vermuten wäre beispielsweise, dass eine Testgestaltung, in der das nicht-handlungsbezogene fachsystematische Wissen abgebildet wird, zu schwächeren Zusammenhängen zwischen den Subdimensionen führt. Notwendig wäre zur Prüfung dieser Fragen die Variation des Handlungsbezugs und des Vertrautheitsgrades des Fachwissens. Damit wären Entwicklungen fachlicher Kompetenzen nicht nur im Sinne einer graduellen Weiterentwicklung, sondern als strukturelle Entwicklungsprozesse beschreibbar.

Die im Lernfeldkonzept angestrebte integrative Verarbeitung der verschiedenen Wissensbasen ist wohl vor allem dann zu erwarten, wenn die Notwendigkeit einer integrativen Verarbeitung in hinreichender Häufigkeit gegeben ist. Das dürfte vor allem dann der Fall sein, wenn diese integrativen Verarbeitungsprozesse nicht nur im schulischen Kontext eingefordert, sondern auch in betrieblichen Anforderungssituationen notwendig werden. Dass ein erheblicher Anteil der Auszubildenden auch in einem lernfeldbezogenen Unterricht deutlich hinter den curricularen Ansprüchen zurück bleibt, bestätigt sich in den oben präsentierten Daten (vor allem bezogen auf Fachtheorie und fachspezifische Problemlösefähigkeit) wie in vorausgegangenen Studien (z. B. GEISSEL 2008; GSCHWENDTNER 2008; 2011; LEHMANN/SEEBER 2007; NICKOLAUS u. a. 2011, 2012) erneut. Mit den beiden BEST-Studien liegen für die bautechnische Berufsgrundbildung allerdings auch Ergebnisse vor, die eindrucksvoll Effekte eines kombinierten Strategietrainings auf die Fachkompetenzentwicklung zeigen, das ergänzend zum Lernfeldunterricht implementiert wurde und sich vom Lernfeldunterricht u. a. durch systematische Strategietrainings- und intensivere Übungsphasen unterscheidet (NORWIG/PETSCH/NICKOLAUS 2010; PETSCH/NORWIG/NICKOLAUS 2011; PETSCH/NORWIG/NICKOLAUS 2013). Bemerkenswert scheint die besonders enge Assoziation der fachspezifischen Problemlösefähigkeit mit mathematischen Kompetenzen, was auch im Einklang mit den Befunden zu mathematischen Anforderungen in bautechnischen Berufen steht (PARMENTIER 2001). Denkbar wäre allerdings auch, dass in den mathematischen Fähigkeiten fachübergreifende metakognitive Fähigkeiten und motivationale Orientierungen, die in komplexeren Anforderungen generell bedeutsam werden, besonders gut abgebildet sind. Dafür sprechen z. B. die Ergebnisse von GEISSEL u. a. (2013). Zu berücksichtigen ist in diesem Kontext allerdings auch das spezifische Konstruktionsprinzip der Problemlöseaufgaben,

das durch die Notwendigkeit einer integrativen Verarbeitung fachtheoretischer, fachzeichnerischer und fachrechnerischer Anforderungen gekennzeichnet war.

Erwartungskonform sind die Ergebnisse zu den Leistungsunterschieden zwischen den beiden Berufsgruppen. Dass solche Leistungsdifferenzen bei entsprechender Förderung jedoch auch deutlich reduziert werden können, zeigen ebenfalls die BEST-Studien, die vor allem im Bereich des fachspezifischen Problemlösens besonders starke Effekte erbrachten (NORWIG/PETSCH/NICKOLAUS 2010; PETSCH/NORWIG/NICKOLAUS 2011; PETSCH/NORWIG/NICKOLAUS 2013).

Literatur

- ABELE, S./GREIFF, S./GSCHWENDTNER, T./WÜSTENBERG, S./NICKOLAUS, R./NITZSCHKE, A./FUNKE, J.: Die Bedeutung übergreifender kognitiver Determinanten für die Bewältigung beruflicher Anforderungen – Untersuchung am Beispiel Dynamischen und Technischen Problemlösens. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 15 (2), S. 363–391.
- ABELE, S. (2013): Modellierung und Entwicklung berufsfachlicher Kompetenz in der gewerblich-technischen Ausbildung. Stuttgart (Dissertationsschrift).
- ACHTENHAGEN, F./WINTHER, E. (2009): Konstruktvalidität von Simulationsaufgaben: Computergestützte Messung berufsfachlicher Kompetenz – am Beispiel der Ausbildung von Industriekaufleuten. Bericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- ACKERMAN, P.-L. (1992): Predicting individual differences in complex skill acquisition: Dynamics of ability determinants, in: Journal of Applied Psychology, 77 (5), S. 598–614.
- ASPAROUHOV, T./MUTHEN, B. O. (2006): Robust Chi Square Difference Testing with Mean and Variance Adjusted Test Statistics. Mplus Web Notes: No. 10. Abrufbar unter: <http://www.statmodel.com/download/webnotes/webnote10.pdf> (05.07.2013).
- BROWNE, M. W./CUDECK, R. (1993): Alternative ways of assessing model fit. In: K. A. BOLLEN/J. S. LONG (Hrsg.): Testing structural equation models. Newbury Park, CA: Sage, S. 136–162.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR RAUMORDNUNG, BAUWESEN UND STÄDTEBAU (Hrsg.) (1996): Dritter Bericht über Schäden an Gebäuden. Bonn.
- BÜNNING, F. (2007): Experimentierendes Lernen in der Bau- und Holztechnik. Entwicklung eines fachdidaktisch begründeten Experimentalkonzepts als Grundlage für die Realisierung eines handlungsorientierten Unterrichts für die Berufsfelder der Bau- und Holztechnik. Magdeburg (Habilitationsschrift).
- BÜNNING, F. (2000): Konsequenzen aus dem Wandel berufsförmiger Facharbeit für die Qualifizierung von Facharbeitern und Gesellen in handwerklichen Baugewerken im europäischen Bereich. Hamburg.
- FINNEY, S. J./DI STEFANO, C. (2006): Non-normal and Categorical data in structural equation modeling. In: G. R. HANCOCK/R. O. MUELLER (Hrsg.): Structural equation modeling: a second course. Greenwich, Connecticut: Information Age Publishing, S. 269–314.
- GEISSEL, B. (2008): Ein Kompetenzmodell für die elektrotechnische Grundbildung: Kriteriumsorientierte Interpretation von Leistungsdaten. In: R. NICKOLAUS/H. SCHANZ (Hrsg.): Didaktik gewerblich-technischer Berufsbildung. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, S. 121–142.
- GEISSEL, B./NICKOLAUS, R./ȘTEFĂNICĂ, F./HÄRTIG, H./NEUMANN, K. (2013): Die Relevanz mathematischer und naturwissenschaftlicher Kompetenzen für die fachliche Kompetenzentwicklung in gewerblich-technischen Berufen. In: R. NICKOLAUS/J. RETELSDORF/E. WINTHER/O. KÖLLER (Hrsg.): Mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenzen in der beruflichen Erstausbildung. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Beiheft 26, S. 39–65.
- GÖNNENWEIN, A./NITZSCHKE, A./SCHNITZLER, A. (2011): Fachkompetenzfassung in der gewerblichen Ausbildung am Beispiel des Ausbildungsberufs Mechatroniker/-in. Entwicklung psychometrischer Fachtests. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis – BWP, 5, S. 14–18.

- GSCHWENDTNER, T./ABELE, S./NICKOLAUS, R. (2009): Computersimulierte Arbeitsproben: Eine Validierungsstudie am Beispiel der Fehlerdiagnoseleistung von KFZ-Mechatronikern. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 105 (4), S. 557–578.
- GSCHWENDTNER, T. (2008): Raschbasierte Modellierung berufsfachlicher Kompetenz in der Grundbildung von KraftfahrzeugmechatronikerInnen. In: K., BREUER/T., DEISSINGER/D., MÜNK (Hrsg.): Probleme und Perspektiven der Berufs- und Wirtschaftspädagogik aus nationaler und internationaler Sicht. Opladen: Budrich, S. 21–30.
- 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: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Beiheft 25, S. 55–76.
- 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./LEUTNER, D. (2006): Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Antrag an die DFG auf Einrichtung eines Schwerpunktprogramms.
- KMK (1999) (Hrsg.): Rahmenlehrpläne für die Berufsausbildung in der Bauwirtschaft. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 5. Februar 1999. Abrufbar unter: <http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rfp/Zimmerer.pdf> (05.07.2013).
- LEHMANN, R./SEEBER, S. (2007): Untersuchungen von Leistungen, Motivation und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler in den Abschlussklassen der Berufsschulen (ULME III). Behörde für Bildung und Sport, Hamburg.
- MUTHÉN, L. K./MUTHÉN, B. O. (2012): Mplus – Statistical Analysis With Latent Variables. User's Guide. Seventh Edition. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén. Abrufbar unter: http://www.statmodel.com/download/usersguide/Mplus%20user%20guide%20Ver_7_r6_web.pdf (05.07.2013).
- MKS BW (2005): Bildungsplan für die einjährige gewerbliche Berufsfachschule, Heft 1 Bautechnik.
- NICKOLAUS, R./ROSENDAHL, J./GSCHWENDTNER, T./GEISSEL, B./STRAKA, G. A. (2010): Erklärungsmodelle zur Kompetenz- und Motivationsentwicklung bei Bankkaufleuten, Kfz-Mechatronikern und Elektronikern. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), Beiheft 23, S. 73–87.
- 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: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Beiheft 25, S. 77–94.
- NICKOLAUS, R./ABELE, S./GSCHWENDTNER, T./NITZSCHKE, A./GREIFF, S. (2012): Fachspezifische Problemlösefähigkeit in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen – Modellierung, erreichte Niveaus und relevante Einflussfaktoren. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 108 (2), S. 243–272.
- NORWIG, K./PETSCH, C./NICKOLAUS, R. (2010): Förderung lernschwacher Auszubildender – Effekte des berufsbezogenen Strategietrainings (BEST) auf die Entwicklung der bautechnischen Fachkompetenz. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 106 (2), S. 220–239.
- NORWIG, K./PETSCH, C./NICKOLAUS, R. (2013): Improving the Professional Competence of low-achieving Apprentices: How to use Diagnostics for successful Training. In: K. BECK/O. ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA (Hrsg.): From Diagnostics to Learning Success. Proceedings in Vocational Education and Training. Rotterdam: Sense Publishers, S. 169–182.
- PARMENTIER, K. (2001): Fachkräfte in anerkannten Ausbildungsberufen – Verbleib nach der Ausbildung, Tätigkeitsschwerpunkte, Kenntnisse und Anforderungen am Arbeitsplatz. In: W. DOSTAL/K. PARMENTIER/H. PLICHT/A. RAUCH/F. SCHREYER (Hrsg.): Wandel der Erwerbsarbeit: Qualifikationsverwertung in sich verändernden Arbeitsstrukturen. Nürnberg:

- Bundesanstalt für Arbeit (Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung; BeitrAB. 246), S. 31–70.
- PETSCH, C./NORWIG, K./NICKOLAUS, R. (2011): (Wie) Können Auszubildende aus Fehlern lernen? Eine empirische Interventionsstudie in der Grundstufe Bautechnik. In: R. NICKOLAUS/G. PÄTZOLD (Hrsg.): Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), Beiheft 25, S. 129–146.
- PETSCH, C./NORWIG, K. (2012): Berufsbezogenes Strategietraining BEST. Grundlagen und unterrichtliche Umsetzung. H-12/31.0. Stuttgart: Landesinstitut für Schulentwicklung.
- PETSCH, C./NORWIG, K./NICKOLAUS, R. (2013): Die Förderung leistungsschwächerer Jugendlicher in der beruflichen Bildung – Förderansätze und ihre Effekte. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft (zur Veröffentlichung angenommen).
- ROSENDAHL, J./STRAKA, G.A. (2011): Kompetenzmodellierung zur wirtschaftlichen Fachkompetenz angehender Bankkaufleute. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 107 (2), S. 190–217. SEEBER, S. (2008): Ansätze zur Modellierung beruflicher Fachkompetenz in kaufmännischen Ausbildungsberufen. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 104 (1), S. 74–97.
- SEEBER, S. (2009): Ökonomisches Verständnis. In: R. LEHMANN/E. HOFFMANN (Hrsg.): BELLA: Berliner Erhebung der Lernausgangslagen arbeitsrelevanter Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit Förderbedarf „Lernen“. Münster: Waxmann, S. 197–208.
- SEEBER, S./NICKOLAUS, R. (2010): Kompetenzmodelle und Kompetenzentwicklung in der beruflichen Bildung. In: R. NICKOLAUS/G. PÄTZOLD/H. REINISCH/T. TRAMM (Hrsg.): Handbuch Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 389–390.
- SEEBER, S./LEHMAN, R. (2011): Determinanten der Fachkompetenz in ausgewählten gewerblich-technischen Berufen. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), Beiheft 25, S. 95–111.
- SUN, R. (2006): The CLARION Cognitive Architecture: Extending Cognitive Modeling to Social Simulation. In: R. SUN (Hrsg.): Cognition and Multi-Agent Interaction. Cambridge University Press: New York, S. 79–102.
- WINTHER, E. (2010): Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung. Bielefeld: wbv.
- WINTHER, E./ACHTENHAGEN, F. (2008): Kompetenzstrukturmodell für die kaufmännische Bildung – Adaptierbare Forschungslinien und theoretische Ausgestaltung. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 104 (4), S. 511–538.
- WINTHER, E./ACHTENHAGEN, F. (2009): Skalen und Stufen kaufmännischer Kompetenz. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW), 105 (4), S. 521–556.
- WÜLKER, W. (2004): Differenzielle Effekte von Unterrichtskonzeptionsformen in der gewerblichen Erstausbildung in Zimmererklassen – eine empirische Studie. Hannover (Dissertationsschrift). Aachen: Shaker.
- WYRWAL, M. (2013): Erstellung und Pilotierung eines Tests zur Erfassung des Fachwissens von Tischler/-innen zum Ende des ersten Ausbildungsjahres. Stuttgart (Diplomarbeit).
- YU, C.-Y. (2002): Evaluating Cutoff Criteria of Model Fit Indices for Latent Variable Models with Binary and Continuous Outcomes. Dissertation. University of California, Los Angeles. Abrufbar unter: <http://www.statmodel.com/download/Yudissertation.pdf> (05.07.2013).

Anschrift der AutorInnen: Reinhold Nickolaus, Cordula Petsch, Kerstin Norwig, Geschwister-Scholl-Str. 24D, 70174 Stuttgart, nickolaus@bwt.uni-stuttgart.de, petsch@bwt.uni-stuttgart.de, norwig@bwt.uni-stuttgart.de