

Gschwendtner, Tobias; Geißel, Bernd; Nickolaus, Reinhold
**Modellierung beruflicher Fachkompetenz in der gewerblich-technischen
Grundbildung. Projekt Berufspädagogik**

*Klieme, Eckhard [Hrsg.]; Leutner, Detlev [Hrsg.]; Kenk, Martina [Hrsg.]: Kompetenzmodellierung.
Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes. Weinheim ;
Basel : Beltz 2010, S. 258-269. - (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 56)*

urn:nbn:de:0111-opus-34346

in Kooperation mit:

BELTZ

<http://www.beltz.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Kontakt:

peDOCS

Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Informationszentrum (IZ) Bildung

Schloßstr. 29, D-60486 Frankfurt am Main

eMail: pedocs@dipf.de

Internet: www.pedocs.de

Zeitschrift für Pädagogik · 56. Beiheft

Kompetenzmodellierung

Zwischenbilanz des DFG- Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes

Herausgegeben von

Eckhard Klieme, Detlev Leutner und Martina Kenk

BELTZ

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehsendung, im Magnettonverfahren oder auf ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen oder sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopie hergestellt werden. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens hergestellte oder genutzte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG Wort, Abteilung Wissenschaft, Goethestr. 49, 80336 München, bei der die einzelnen Zahlungsmodalitäten zu erfragen sind.

© 2010 Beltz Verlag · Weinheim und Basel
Herstellung: Lore Amann
Gesamtherstellung: Druckhaus „Thomas Müntzer“, Bad Langensalza
Printed in Germany
ISSN 0514-2717
Bestell-Nr. 41157

Inhaltsverzeichnis

Eckhard Klieme/Detlev Leutner/Martina Kenk
Kompetenzmodellierung. Eine aktuelle Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunkt-
programms. Einleitung zum Beiheft 9

Benő Csapó
Goals of Learning and the Organization of Knowledge 12

Mathematische Kompetenzen

Marianne Bayrhuber/Timo Leuders/Regina Bruder/Markus Wirtz
Projekt HEUREKO
Repräsentationswechsel beim Umgang mit Funktionen – Identifikation von
Kompetenzprofilen auf der Basis eines Kompetenzstrukturmodells 28

Andreas Frey/Nicki-Nils Seitz
Projekt MAT
Multidimensionale adaptive Kompetenzdiagnostik: Ergebnisse zur
Messeffizienz 40

*Nina Zeuch/Hanneke Geerlings/Heinz Holling/Wim J. van der Linden/
Jonas P. Bertling*
Projekt Regelgeleitete Itementwicklung
Regelgeleitete Konstruktion von statistischen Textaufgaben: Anwendung von
linear logistischen Testmodellen und Aufgabencloning 52

*Eckhard Klieme/Anika Bürgermeister/Birgit Harks/Werner Blum/Dominik Leiß/
Katrin Rakoczy*
Projekt Co²CA
Leistungsbeurteilung und Kompetenzmodellierung im Mathematikunterricht 64

Olga Kunina-Habenicht/Oliver Wilhelm/Franziska Matthes/André A. Rupp
Projekt Kognitive Diagnosemodelle
Kognitive Diagnosemodelle: Theoretisches Potential und methodische Probleme ... 75

Aiso Heinze

Review

Mathematische Kompetenz modellieren und diagnostizieren: Eine Diskussion der Forschungsprojekte des DFG-Schwerpunktprogramms „Kompetenzmodelle“ aus mathematikdidaktischer Sicht 86

Naturwissenschaftliche Kompetenzen

Tobias Viering/Hans E. Fischer/Knut Neumann

Projekt Physikalische Kompetenz

Die Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I 92

Renate Soellner/Stefan Huber/Norbert Lenartz/Georg Rudinger

Projekt Gesundheitskompetenz

Facetten der Gesundheitskompetenz – eine Expertenbefragung 104

Ilonca Hardy/Thilo Kleickmann/Susanne Koerber/Daniela Mayer/

Kornelia Möller/Judith Pollmeier/Knut Schwippert/Beate Sodian

Projekt Science – P

Die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter 115

Nina Roczen/Florian G. Kaiser/Franz X. Bogner

Projekt Umweltkompetenz

Umweltkompetenz – Modellierung, Entwicklung und Förderung 126

Ilka Parchmann

Review

Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften – Vielfalt ist wertvoll, aber nicht ohne ein gemeinsames Fundament 135

Sprachliche und Lesekompetenzen

Wolfgang Schnotz/Nele McElvany/Holger Horz/Sascha Schroeder/Mark Ullrich/

Jürgen Baumert/Axinja Hachfeld/Tobias Richter

Projekt BITE

Das BITE-Projekt: Integrative Verarbeitung von Bildern und Texten in der Sekundarstufe I 143

Tobias Dörfler/Stefanie Golke/Cordula Artelt

Projekt Dynamisches Testen

Dynamisches Testen der Lesekompetenz: Theoretische Grundlagen, Konzeption und Testentwicklung 154

<i>Thorsten Roick/Petra Stanat/Oliver Dickhäuser/Volker Frederking/ Christel Meier/Lydia Steinhauer</i>	
Projekt Literarästhetische Urteilskompetenz	
Strukturelle und kriteriale Validität der literarästhetischen Urteilskompetenz	165

<i>Hans Anand Pant/Simon P. Tiffin-Richards/Olaf Köller</i>	
Projekt Standard-Setting	
Standard-Setting für Kompetenztests im Large-Scale-Assessment	175

<i>Johannes Hartig/Jana Höhler</i>	
Projekt MIRT	
Modellierung von Kompetenzen mit mehrdimensionalen IRT-Modellen	189

<i>Albert Bremerich-Vos</i>	
Review	
Modellierung von Aspekten sprachlich-kultureller Kompetenz. Anmerkungen zu den Projektberichten	199

Fächerübergreifende Kompetenzen

<i>Ellen Gausmann/Sabina Eggert/Marcus Hasselhorn/Rainer Watermann/ Susanne Bögeholz</i>	
Projekt Bewertungskompetenz	
Wie verarbeiten Schüler/-innen Sachinformationen in Problem- und Entscheidungssituationen Nachhaltiger Entwicklung – Ein Beitrag zur Bewertungskompetenz	204

<i>Samuel Greiff/Joachim Funke</i>	
Projekt Dynamisches Problemlösen	
Systematische Erforschung komplexer Problemlösefähigkeit anhand minimal komplexer Systeme	216

<i>Klaus Lingel/Nora Neuenhaus/Cordula Artelt/Wolfgang Schneider</i>	
Projekt EWIKO	
Metakognitives Wissen in der Sekundarstufe: Konstruktion und Evaluation domänenspezifischer Messverfahren	228

<i>Jens Fleischer/Joachim Wirth/Stefan Rumann/Detlev Leutner</i>	
Projekt Problemlösen	
Strukturen fächerübergreifender und fachlicher Problemlösekompetenz – Analyse von Aufgabenprofilen	239

Melanie Schütte/Joachim Wirth/Detlev Leutner

Projekt Selbstregulationskompetenz

Selbstregulationskompetenz beim Lernen aus Sachtexten – Entwicklung und
Evaluation eines Kompetenzstrukturmodells 249

Tobias Gschwendtner/Bernd Geißel/Reinhold Nickolaus

Projekt Berufspädagogik

Modellierung beruflicher Fachkompetenz in der gewerblich-technischen
Grundbildung 258

Franziska Perels

Review

Modellierung und Messung fächerübergreifender Kompetenzen und ihre
Bedeutung für die Bildungsforschung. Kritische Reflexion der Projektbeiträge ... 270

Lehrerkompetenzen

Simone Bruder/Julia Klug/Silke Hertel/Bernhard Schmitz

Projekt Beratungskompetenz

Modellierung der Beratungskompetenz von Lehrkräften 274

Cornelia Gräsel/Sabine Krolak-Schwerdt/Ines Nölle/Thomas Hörstermann

Projekt Diagnostische Kompetenz

Diagnostische Kompetenz von Grundschullehrkräften bei der Erstellung der
Übergangsempfehlung: eine Analyse aus der Perspektive der sozialen
Urteilsbildung 286

Tina Seidel/Geraldine Blomberg/Kathleen Stürmer

Projekt OBSERVE

„OBSERVER“ – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung
der professionellen Wahrnehmung von Unterricht 296

Mareike Kunter

Review

Modellierung von Lehrerkompetenzen. Kommentierung der
Projektdarstellungen 307

Modellierung beruflicher Fachkompetenz in der gewerblich-technischen Grundbildung

Projekt Berufspädagogik¹

1. Vorbemerkungen

In der beruflichen Bildung ist der Anspruch weit verbreitet, berufliche Handlungskompetenz möglichst umfassend, d.h. auch unter Einschluss von Bereitschaften, Motivationen und Orientierungen zu modellieren, da nur so der Bezug zur beruflichen Performanz zu sichern sei. Dies spiegelt sich auch in den zahlreichen, in den beiden letzten Dekaden entstandenen hypothetischen Kompetenzstrukturmodellen, die z.B. aus Fach-, Human- und Sozialkompetenz zusammengesetzt sind (vgl. KMK 2007; Breuer 2006; Nickolaus 2008). Demgegenüber stehen bisher nur wenige Versuche, diese auf eine empirische Basis zu stellen. Ein Grund für diesen Kontrast ist sicherlich, dass berufliche Handlungskompetenz mannigfaltige handlungstheoretische Facetten berührt (vgl. Straka/Macke 2009), die eine Konstruktoperationalisierung schwierig werden lassen. Ein anderer Grund könnte die Erhebungssituation selbst sein: Der reale Arbeitsprozess als Ort beruflicher Performanz stößt an die Grenzen reliabler, objektiver und praktikabler Messungen (vgl. Gschwendtner/Abele/Nickolaus 2009). Umfassende Modellierungen werden wohl erst dann gelingen können, wenn dazu ein hinreichend theoretisches und empirisches Fundament innerhalb der relevanten Kompetenzdimensionen gelegt ist (vgl. Nickolaus 2008). Vor diesem Hintergrund beschränken wir uns in diesem Beitrag auf die Modellierung beruflicher Fachkompetenz als eine zentrale Facette beruflicher Handlungskompetenz. Die Daten zur beruflichen Fachkompetenz wurden in „simulierten“ Umwelten (paper-pencil Tests mit anwendungsorientierten, komplexen Aufgaben und computerbasierten Simulationen) für die Berufe Kfz-Mechatroniker/in und Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik im ersten Ausbildungsjahr (auch Grundbildung genannt) erhoben. Hinsichtlich der Wahl geeigneter Erhebungsinstrumente in der beruflichen Bildung ist auch die Frage interessant, inwiefern computersimulierte Umwelten valide Erhebungsarrangements für Leistungsabschätzungen in realen Arbeitsumwelten sein können (Befunde hierzu vgl. Gschwendtner/Abele/Nickolaus 2009; vgl. auch Abschnitt 5).

1 Diese Veröffentlichung wurde ermöglicht durch eine Sachbeihilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Kennz.: DFG Ni 606/3-1 (kooptiertes Projekt)) im Schwerpunktprogramm „Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen“ (SPP 1293).

2. Forschungsstand

In den empirisch ausgerichteten Arbeiten zur Kompetenzmodellierung im beruflichen Bereich wird meist auf eine horizontale und vertikale Differenzierung von Wissen zurückgegriffen. Horizontale Differenzierungen segmentieren meist unterschiedliche Wissensformen in Abhängigkeit angenommener kognitiver Repräsentiertheit (entweder bezogen auf ein kognitives Wissensmodell oder curriculare Zuschnitte). Vertikale Differenzierungen sollen dann innerhalb horizontaler Kategorien den Status der semantischen Differenzierung bzw. kognitiven Aktivitäten hierarchisieren. Dabei dienen bspw. modifizierte Lernzielklassifikationen im Anschluss an Bloom u.a. (1973) oder Anderson/Krathwohl (2001) zur vertikalen und z.B. Fortmüllers (1996) Arbeit zur horizontalen Differenzierung. Beispielhaft dafür steht das der Testkonstruktion in der Untersuchung von Leistungen, Motivation und Einstellungen in Abschlussklassen beruflicher Schulen (ULME III) zugrunde liegende Klassifikationsraster, in dem drei Dimensionen (Faktenwissen, Konzeptwissen, prozedurales Wissen) und drei Niveaus (Reproduktion, Anwendung, Reflektieren und Bewerten) konzeptionell unterschieden werden (vgl. Brand/Hofmeister/Tramm 2005; Lehmann/Seeber 2007). In den auf Basis probabilistischer Testtheorie generierten empirischen Modellbildungen ergaben sich in ULME im gewerblich-technischen Bereich durchgängig eindimensionale Modelle des Fachwissens.² Befriedigende Niveaumodelle, die zur Erklärung der Anforderungen einen Beitrag leisten könnten, wurden im gewerblich-technischen Bereich in ULME nicht erzielt. Im kaufmännischen Bereich ergaben sich partiell Hinweise auf eine bessere Passung eines zweidimensionalen Modells mit den Dimensionen „betriebs- und volkswirtschaftliche sowie rechtliche Aspekte“ und dem „Rechnungswesen“ (vgl. Seeber 2008, S. 80ff.). Für die Niveaumodellierung erweisen sich bei Seeber (2008) das Konzeptwissen (Struktur und Zusammenhangswissen), das prozedurale Wissen, die Verknüpfung beider Komponenten und lernfeldübergreifende Aufgaben als bedeutsam. Für die Fachleistungstests bei Einzelhandelskaufleuten erweist sich die Notwendigkeit der Anwendung mathematischer Strukturen und Algorithmen auf ökonomische Zusammenhänge als stärkster Prädiktor der Itemschwierigkeit. Weitere Beiträge erbringen das fachspezifische Begriffswissen und die kognitive Durchdringung ökonomischer Sachverhalte (Seeber 2007). Winther und Achtenhagen (2008) gehen im kaufmännischen Bereich konzeptionell von zwei Dimensionen kaufmännischen Wissens (economic literacy und numeracy) aus, die sie als Facetten einer verstehensbasierten Kompetenz ausweisen (vgl. Winther/Achtenhagen 2009). Sie können empirisch zeigen, dass sich Fachwissen („verstehensbasierte Kompetenz“) und fachspezifische Problemlösefähigkeit („handlungsbasierte Kompetenz“) günstiger in einem zweidimensionalen Modell darstellen lassen. Die Niveaumodellierung kommt bei Winther (2008) durch die inhaltliche Komplexität und Ansprüche an die funktionale Modellierung zustande.

2 Einschränkung sei darauf hingewiesen, dass in ULME aufgrund der geringen Fallzahlen nicht für alle einbezogenen gewerblich-technischen Ausbildungsberufe Skalierungen vorgelegt werden konnten.

3. Forschungsdesign

3.1 Zielsetzung der Untersuchung

Die Auswertungen unseres Forschungsprojekts zielten bisher darauf, die prädiktive Kraft kognitiver und motivational-affektiver Merkmale (fachspezifisches Vorwissen, IQ, Lesefähigkeit, allgemein-mathematische Kompetenz, motivationale Variablen) und spezifischer Lernumgebungen (Ausbildungsformen (dual, vollzeitschulisch), betriebliche Ausbildungsqualitäten und schulische Lehrformen) auf die Entwicklung berufsfachlicher Kompetenzen im ersten Ausbildungsjahr zu untersuchen (s. hierzu u.a. Nickolaus/Gschwendtner/Geißel 2008).

In diesem Beitrag gehen wir nun zusätzlich folgenden Fragen nach:

1. Lassen sich ähnlich zu den oben referierten Studien empirisch unterscheidbare Kompetenzdimensionen in der gewerblich-technischen Grundbildung (erstes Ausbildungsjahr) bei den Berufen Kfz-Mechatroniker/in und Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik aufzeigen?
2. Verändern sich etwaige Dimensionalitäten über das erste Ausbildungsjahr hinweg?
3. Welche Schwierigkeitsmerkmale erweisen sich zur Beschreibung verschiedener Anforderungsniveaus in den genannten technischen Berufen als relevant?

3.2 Stichprobenszusammensetzung und verwendete Instrumente

Die Stichprobe setzt sich aus 203 Auszubildenden aus 9 Elektroniker/innen-Klassen (5 Klassen der einjährigen Berufsfachschule, 4 Teilzeitklassen) und 286 Auszubildenden aus 11 Kfz-Mechatroniker/innen-Klassen (7 Klassen der einjährigen Berufsfachschule, 4 Teilzeitklassen) zusammen.

Die Testkonstruktion folgt dem Gedanken, dass sich berufsfachliche Kompetenzen konzeptionell in drei Ebenen aufspannen lassen: Deklaratives Fachwissen, prozedurales Fachwissen und fachspezifische Problemlösefähigkeit (vgl. Knöll 2007). Deklaratives Fachwissen kann auf einem Kontinuum abgebildet werden, das sich zwischen der Reproduktion einfachster Sachverhalte und Begründungen/Beurteilungen innerhalb komplexer Zusammenhänge abspielt. Prozedurales Fachwissen zeigt sich in der Anwendung deklarativen Wissens. Von Problemlösen kann bei Aufgaben die Rede sein, die zwar berufstypische Aufgaben sind, deren Neuigkeits- und Komplexitätsgrad jedoch vielfältigere mentale Prozesse aktiviert als dies bei deklarativen oder prozeduralen Aufgaben der Fall ist. Deklaratives und prozedurales Fachwissen wurde mit paper-pencil Tests erhoben, fachspezifische Problemlösefähigkeit bei den Kfz-Mechatroniker/innen im gleichen Format, bei den Elektroniker/innen mithilfe von computerbasierten Simulationen. Der Fachwissenstest wurde in einer nahezu identischen Version zu Beginn und am Ende des ersten Ausbildungsjahres eingesetzt, der Test zur

Erfassung der fachspezifischen Problemlösefähigkeit einmalig am Ende des erstens Ausbildungsjahres.

Zur besseren Nachvollziehbarkeit, wie berufsfachliche Kompetenzen gemessen wurden, seien im Folgenden einige Ausschnitte aus den Instrumentarien und zwei Beispieltens vorgestellt.

Instrumente zur Erfassung deklarativen und prozeduralen Fachwissens

Die Tests für beide Berufe sind Eigenkonstruktionen im Anschluss an curriculare Analysen der Lernfelder 1 bis 4 der jeweiligen Rahmenlehrpläne und, soweit diese für die Grundstufe Relevanz annehmen, arbeitsprozessbezogene Merkmale von Facharbeit. Die endgültige Itemselektion erfolgte auf der Basis einer inhaltlichen Validierung durch Expert/innen der jeweiligen Berufe und durch Pilotierungen. Selektiert wurden bei den Kfz-Mechatroniker/innen 27 Items, davon 3 dichotome und 24 polytome (Cronbach's $\alpha = .84$), bei den Elektroniker/innen 14 dichotome und 7 polytome Items (Cronbach's $\alpha = .78$).

Ein Beispieltens aus dem Kraftfahrzeugmechatronikertest soll exemplarisch unseren Testzugang verdeutlichen. Den Schüler/innen wurde bspw. das untenstehende Motorschnittbild dargeboten (vgl. Abbildung 1), verbunden mit der Aufforderung, die Motorbauteile zu benennen. Im Anschluss daran wurde, stochastisch hiervon unabhängig, eine Frage nach dem Motortyp (Verbrennungs- und Einspritzverfahren) gestellt, wobei die Begründung dafür zu geben war, warum es sich um den vermuteten und nicht um einen anderen Motortyp handelt.³

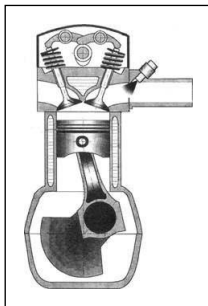


Abb. 1: *Schnittbild eines 4-Takt-Ottomotors mit indirekter Einspritzung*

3 Die Antwort erhält man nur durch ein wechselseitiges in Beziehung setzen von Informationen aus dem Bild, wobei eine Umdeutung einer „Fehlinformation“ vorgenommen werden muss: Die Abbildung enthält keine Zündkerze, was als Zeichen für einen Dieselmotor gedeutet werden kann, wenn nicht die Einspritzdüse, wie in der Abbildung dargestellt, im Ansaugkanal sitzen würde. Das heißt zum einen, dass es sich um eine indirekte Einspritzung handelt und als Verbrennungsprinzip dabei nur der Ottomotor in Frage kommt, da Dieselmotoren entweder direkt in den Brennraum einspritzen oder indirekt in einen dem Brennraum nebengelagerten Zusatzraum (Vorkammer, Wirbelkammer) und eben nicht in den Ansaugkanal. Dass die Zündkerze nicht in der Abbildung vorkommt, liegt allein an der Art und Weise der Schnittbildung.

Instrumente zur Erfassung fachspezifischer Problemlösefähigkeit

In technischen Systemen geht der eigentlichen Fehlerbehebung als notwendige Bedingung die Fehleranalyse voraus. Dabei kann der Ausgangspunkt einer Fehleranalyse als ein Hypothesengenerieren über die Wahrscheinlichkeit einer Fehlerursache u.a. in Abhängigkeit vom Problemcharakter und dem Komplexitätsgrad des technischen Systems angesehen werden. Diese Hypothesen können primär aus dem Fehlerbild und der Kenntnis der Systemzusammenhänge abgeleitet werden. Im Anschluss daran sind meist eine messtechnische Eingrenzung des Fehlers und dann der Tausch des entsprechenden Bauteils oder der Baugruppe notwendig. Der gesamte Prozess kann als Ausdruck der Problemlösefähigkeit angesehen werden. In unserer Untersuchung beschränken wir uns zum einen aus forschungspragmatischen Gründen, jedoch auch aufgrund des erfolgskritischen Status solcher Diagnoseleistungen auf die Fehleranalyse und verwenden dieses Wort synonym zu Problemlösen. Bis auf den Reparaturaspekt integrierten wir sämtliche obige Handlungssystematiken resp. Fehlersuchstrategien in unsere Tests.

Der Test für die Kfz-Mechatroniker/innen umfasste sechs Fehlfunktionen eines Autos im Bereich der Beleuchtungsanlage (Cronbach's $\alpha = .50$). Zum einen wurden die Auszubildenden anhand eines autospezifischen Stromlaufplans (hier sind sämtliche Verdrahtungen und Bauteile graphisch dargestellt) um ihre Einschätzung gebeten,

Beispielitem:
 Alle Beleuchtungseinheiten funktionieren einwandfrei bis auf die ausgefallenen Nebelscheinwerfer und die Anzeigenleuchte für das Warnlicht. In welchem Bereich des Stromlaufplans vermuten Sie am ehesten den Fehler?
 Begründen Sie Ihre Antwort!

Kennzeichen	Gerät	Kennzeichen	Gerät	Kennzeichen	Gerät
G1	Batterie	B1	Heiligenscheinregler	H19, H20	Blinkleuchte VL, HL
G2	Generator	B2	Instrumentenbeleuchtung	H21, H22	Blinkleuchte VR, HR
M1	Startermotor	E1, E3	Standlicht L, R	K1	Warnblitzrelais
P1	Kombi-Instrument mit Anzeigenleuchten	E2, E4	Schlussleuchte L, R	K2	Relais Nebelscheinwerfer
S1	Zünd-Stopp-Schalter	E5, E6	Abblendschaltrelais L, R	P1	Kombi-Instrument mit Anzeigenleuchten
		E7, E8	Karoscheinwerfer L, R	S2	Lichtschalter
		E9, E10	Karoscheinwerfer L, R	S3	Parklichtschalter
		E11	Instrumentenbeleuchtung	S4	Abblendschalter
		E12	Arbeitsbereichbeleuchtung	S5	Taster für Leuchtkegel
		E13, E14	Nebelscheinwerfer L, R	S6	Nebelschaltrelais
		E15	Nebelscheinwerfer	S7	Brummschalter
		H1	Anzeigenleuchte für Warnlicht	S8	Blinkerschalter
		H16, H17	Bremsleuchte L, R	S9	Warnlichtschalter
		H18	Bremsleuchte Mittel	S10	Hornrelais

Abb. 2: Beispielitem aus dem Test zur Erfassung fachspezifischer Problemlösefähigkeit bei Kfz-Mechatroniker/innen

welche(s) Bauteil(e) am wahrscheinlichsten defekt sein könnte(n) (s. hierzu das Beispieltem und den Stromlaufplan in Abbildung 2). Ferner wurde analog zur Praxis um einen messtechnischen Vorschlag gebeten, wie der Fehler gefunden werden könnte, wozu Messstellen, Messinstrumente und erwartete Messwerte zu spezifizieren waren.

Bei den Elektroniker/innen waren die Messinstrumente zum Zeitpunkt der Datenerhebung aufgrund von Synergieeffekten aus Vorstudien etwas fortgeschrittener. Hier wurde die computerbasierte Simulation MILAS verwendet (vgl. Gschwendtner/Geißel/Nickolaus 2007), bei der mithilfe von authentischen Arbeitsaufträgen vier Fehlerfälle in zwei elektrotechnischen Systemen (Kochplatte und Wechselschaltung) interaktiv zu analysieren waren (Cronbach's $\alpha = .53$) (s. zur Realisierung der Simulation Abbildung 3). Zusätzlich wurden auch Daten zur Messstrategie erhoben.

Die niedrigen Reliabilitäten der Tests zur Erfassung fachspezifischer Problemlösefähigkeit werden weniger über sehr niedrige oder gar negative Trennschärfen der einzelnen Fehlerfälle moderiert (part-whole Korrelationen bewegen sich bei den Kfz-Mechatroniker/innen zwischen $r = .22$ und $r = .44$ und bei den Elektroniker/innen zwischen $r = .22$ und $r = .37$) als vielmehr durch die relativ geringe Itemanzahl der Problemlösefähigkeitsskala und der relativ geringen Interkorrelationen der Fehlerfälle ($r \sim .20$; Ausnahme ist ein Korrelationswert von $r = .46$) und dies gleichgültig, ob mit Rangdaten (Spearman's Rho) oder binär kodierten Daten (Phi) ausgewertet wird.⁴

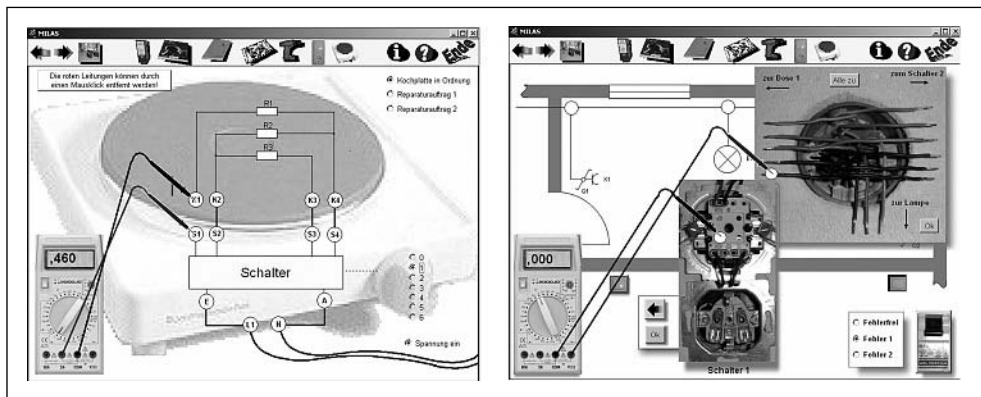


Abb. 3: Die Systeme Kochplatte (links) und Wechselschaltung (rechts) zur Erfassung fachspezifischer Problemlösefähigkeit bei Elektroniker/innen

4 Unreliable Problemlösefähigkeitsskalen sind ein nicht selten auftretender Befund (s. hierzu z.B. Süß 1996) und inhaltlich mitverursacht durch die Heterogenität dessen, was man unterschätzend im Singular Realität nennt. Wu (2004) macht in diesem Zusammenhang deutlich: „Uni-dimensionality is only a theoretical notion. In reality, there is no such thing as uni-dimensionality, only the degree of uni-dimensionality.“ Niedrige Interkorrelationen zwischen Problemfällen können zusätzlich auch eine Frage der verwendeten Korrelationsansätze sein. So zeigen tetrachorische Ansätze i.d. Regel höhere Zusammenhänge an als die hier verwendeten klassischen Verfahren (Rho, Phi).

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Strukturmodellierungen bei den Kfz-Mechatroniker/innen

Im Anschluss an die analytische Wissensdimensionierung von Fortmüller (1996) und der curricular-inhaltlichen Ausrichtung der Handlungs- und Fachsystematiken können verschiedene kognitive Repräsentationsmodelle von Fachkompetenz vermutet werden:

- Ein 1-dimensionales Modell aller Fachwissensitems.
- Ein 2-dimensionales Modell im Anschluss an Fortmüller (1996). Dieses wäre ein Fachwissensstrukturmodell aus einer deklarativen und einer prozeduralen Dimension.
- Ein 2-dimensionales Modell im Anschluss an die Handlungs- und Fachsystematiken. Die eine Dimension wäre durch Items genuin fahrzeugmechanischen Inhalts gebildet, die andere durch elektrotechnische Inhalte.
- Ein 4-dimensionales Kombinationsmodell. Die vier Dimensionen würden sich durch Aufgaben abbilden lassen, die (1) deklarativ-fahrzeugmechanische, (2) deklarativ-elektrotechnische, (3) prozedural-fahrzeugmechanische und (4) prozedural-elektrotechnische Inhalte repräsentieren.

Die insgesamt 3 möglichen Mehrdimensionalitäten für den Wissenstest wurden zur eindimensionalen Skalierung vergleichend gerechnet. Alle Modellvergleiche auf Basis der Devianzunterschiede, Itemstatistiken, Skalierungen und Korrelationen wurden mit ConQuest (vgl. Wu/Adams/Wilson 1998) gerechnet.

Am Messzeitpunkt zum Ende der Grundbildung korrelieren die modellierten Mehrdimensionalitäten latent sehr hoch um $r = .9$. Die mehrdimensionalen Modellierungen besitzen zudem höhere Modellabweichungen (Devianzen) als die eindimensionale Modellierung. Die Unterschiede sind, geprüft mittels einer Chi-Quadrat-Verteilung der entsprechenden Freiheitsgrade, durchgängig signifikant ($p < .000$). Damit passt ein eindimensionales Fachkompetenzmodell besser zu den Daten als ein konkurrierendes mehrdimensionales Modell.

Am Messzeitpunkt zu Beginn der Ausbildung spricht die gleiche Devianzstatistik für eine signifikant ($p < .000$) günstigere Passung eines 2-dimensionalen Modells, das aus den Dimensionen fahrzeugmechanisches und elektrotechnisches Fachwissen gebildet wird. Die beiden Dimensionen korrelieren latent mit $r = .75$. Diese Befunde deuten darauf hin, dass es plausibel erscheint, dass sich in Folge berufsschulischer Lernwege mittels komplexer, thematisch vernetzter Lernfeldaufgaben die zu Ausbildungsbeginn vorherrschenden zwei Dimensionen während des ersten Ausbildungsjahres zu einer Dimension verdichten.

Auch wenn das Testformat zur Erfassung der fachspezifischen Problemlösefähigkeit ohne Animation und Simulation technischer Systeme auskam und auf ein paper-pencil Format zurückgegriffen wurde, konnte die latente Korrelation von $r = .76$ und die bessere Passung eines zweidimensionalen Modells zwischen Fachwissen und fachspezifi-

scher Problemlösefähigkeit zeigen, dass zwei separierbare Kompetenzfacetten erfasst wurden (vgl. dazu ausführlich Gschwendtner 2008). Jedoch war es aufgrund der geringen Anzahl von sechs Problemfällen nicht möglich, eine eigenständige und reliable Berichtsskala zu generieren.⁵

4.2 Strukturmodellierungen bei den Elektroniker/innen für Energie- und Gebäudetechnik

Als mögliche Dimensionen wurden hier vor dem Hintergrund der eingangs vorgestellten Befundlagen und des im Vergleich zu den Kfz-Mechatroniker/innen anderen Inhaltszuschnitts vergleichend gerechnet:

- Ein 1-dimensionales Modell aller Fachwissensitems.
- Analog zu den Kfz-Mechatroniker/innen ein 2-dimensionales Modell im Anschluss an Fortmüller (1996).
- Ein 2-dimensionales Modell, das die Kategorien Aufgaben mit und ohne mathematische Operationen beinhaltet.

Die Modelle wurden sequentiell gerechnet, wobei auch hier das eindimensionale Fachwissensmodell die beste Passung erzielte. Bei Einbezug der Daten zur fachspezifischen Problemlösefähigkeit deutet sich ebenso wie bei den Kfz-Mechatroniker/innen eine bessere Passung eines zweidimensionalen Modells, bestehend aus Fachwissen und fachspezifische Problemlösefähigkeit an.

4.3 Niveaumodellierungen in beiden Berufen

Im Anschluss an eigene (vgl. Gschwendtner/Geißel/Nickolaus 2007; Nickolaus/Gschwendtner/Knöll 2006) und andere Vorarbeiten (vgl. Hartig 2007; Hartig/Jude 2007; Seeber 2007; Seeber 2008) wurden die Items post-hoc mit folgenden Schwierigkeitsmerkmalen bewertet:

- Vertrautheit aus der Sekundarstufe 1
- Hinweisgüte des Tabellenbuches⁶

5 Bestandteil des Fachwissenstests waren auch elektrotechnische Inhalte, die im Test zur fachspezifischen Problemlösefähigkeit benötigt wurden. Latente Korrelationen stellen messfehlerbereinigte Zusammenhänge dar. Hierbei wird der Zusammenhang um die Messungenauigkeit (Unreliabilität) der korrelierten Tests korrigiert (vgl. Lord/Novick 1968). Somit können auch Korrelationen unreliabler Skalen vorgenommen werden.

6 Das Tabellenbuch stellt in der gewerblich-technischen Ausbildung ein Hilfsmittel im Sinne eines Nachschlagewerks von Formeln, Kennwerten und Informationen zur Funktionsweise ganzer Baugruppen dar. Der Einsatz ist gewöhnlich auch bei Klassenarbeiten und bei den Ab-

- Bloomsche Taxonomie
- „Wissensvernetztheit“: Struktureigenschaften des erforderlichen Wissens (Einzelheiten, Zusammenhänge, Systemwissen)
- Anzahl der notwendigen Lösungsschritte
- Modellierungsnotwendigkeit: Müssen (Teil-)Funktionen technischer Elemente erschlossen werden?
- Wissensart (deklarativ/prozedural)

Die Niveaubildung wurde im Anschluss an Hartig (vgl. 2007) durchgeführt. Dabei wurden die Aufgaben einer Analyse mittels der oben genannten Kriterien unterzogen. Für die z.T. dummykodierte Schwierigkeitsbestimmenden Aufgabenmerkmale wurde anschließend eine Regressionsanalyse vorgenommen, die nach dem Verfahren der schrittweisen Regression (abhängige Variable Itemschwierigkeit) bei einem Signifikanzniveau von $p < .05$ ausgeführt wurde. Im Falle der Kfz-Mechatroniker/innen wurde die Bloomsche Taxonomie (44,9% Varianzaufklärung), die Wissensvernetztheit (5,3%) und die Vertrautheit aus der Sekundarstufe 1 (2,1%), im Falle der Elektroniker/innen die Hinweisgüte des Tabellenbuches (39,6%) und die Bloomsche Taxonomie (14,8%) in die Modellbildung aufgenommen. Substantielle Korrelationen mit den Itemschwierigkeiten weisen jedoch auch weitere Merkmale auf, wie im Falle der Elektroniker/innen z.B. die Anzahl der Lösungsschritte, Modellierungsnotwendigkeiten und die Vertrautheit aus der Sekundarstufe 1.

Bemerkenswert ist der Befund, dass, ähnlich wie in ULME III, die oberen Niveaus, die zugleich das curriculare Anspruchsniveau repräsentierten, nur von einem sehr kleinen Anteil der Auszubildenden erreicht werden (vgl. ausführlicher in Geißel 2008; Gschwendtner 2008; Nickolaus/Gschwendtner/Geißel 2008).

5. Zusammenfassung und Ausblick

Wir konnten erstens zeigen, dass Fachwissen bei beiden gewerblich-technischen Berufen am Ende der Grundstufe nicht weiter in Wissensformen oder curriculare Inhalte subdimensioniert werden kann, wie dies in anderen Studien anhand anderer Berufe dargestellt werden konnte. Wir konnten zweitens zeigen, dass Fachwissen und dessen Anwendung, die fachspezifische Problemlösefähigkeit zwar relativ hoch miteinander korrelieren, diese Konstrukte jedoch als eigenständig aufzufassen sind und sich damit in der Tat zwei Facetten beruflicher Fachkompetenz darstellen lassen. Wir konnten drittens zeigen, dass sich bei den Kraftfahrzeugmechatroniker/innen die am Anfang der Ausbildung noch bestehenden zwei Wissensdimensionen (fahrzeugmechanisches und elektro-

schlussprüfungen (Teil 1 und Teil 2) zur Nutzung erlaubt. Es ist davon auszugehen, dass das Tabellenbuch in Abhängigkeit der Rezeption bzw. Rezeptionskompetenzen einen nicht unerheblichen Beitrag zur Lösungswahrscheinlichkeit erbringt. Dies erklärt den differenzierten Zugriff innerhalb dreier Unterkategorien des Grades der zur Informationsaufnahme aus dem Tabellenbuch notwendigen symbolischen Enkodierung (explizit und ohne symbolische Rekodierung rezipierbar, explizit nicht wörtlich kodiert, implizit kodiert).

technisches Fachwissen) während des ersten Ausbildungsjahres zu einer Dimension verdichten, was als „kognitive Integrationsleistung“ der Ausbildung verstanden werden kann. Viertens konnten wir zeigen, dass die einbezogenen Schwierigkeitsmerkmale immerhin ca. 50% der Itemschwierigkeitsvarianz erklären können. Gleichzeitig sind wir jedoch von einer dezidierten Beschreibung, gleichsam einer präzisen und interindividuell nutzbaren Anleitung für Itementwicklungen, noch ein Stück entfernt. Hierfür dient u.a. auch das bereits angelaufene Folgeprojekt (DFG Ni-606/6-1). Dabei werden in Orientierung an den gewonnenen Erkenntnissen zu den Schwierigkeitsmerkmalen systematisch Testversionen zur Erfassung des Fachwissens und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit am Ausbildungsende entwickelt und damit u.a. der Ausbildungserfolg modelliert. Ergänzend wird der Frage nachgegangen, welche Zusammenhänge zwischen allgemeiner (dynamischer) Problemlösefähigkeit (mit dem MicroDYN-Ansatz (vgl. Greiff/Funke 2009) erhoben) und fachspezifischer Problemlösefähigkeit bestehen. Verwiesen sei abschließend auf eine im Kfz-Bereich durchgeführte Studie, die klären sollte, inwieweit die Testleistungen von Auszubildenden in realen mit jenen in computersimulierten Arbeitsproben zusammenhängen. Die Ergebnisse der Studie (vgl. Gschwendtner/Abele/Nickolaus 2009) weisen die Simulationsaufgaben als valide aus, d.h. der Aufgabenlösung realer und simulierter Arbeitsproben unterliegt die gleiche latente Fähigkeitsstruktur und ergänzend dazu unterscheiden sich die Itemschwierigkeiten zwischen den Testmodi nur minimal. Die Erweiterung dieses Testansatzes ist ebenso Gegenstand des Folgeprojekts und weiterer Publikationen.

Literatur

- Anderson, L.W./Krathwohl, D.R. (2001): A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing. New York u.a.: Longman.
- Bloom, B.S./Engelhart, M.D./Furst, E.J./Hill, W.H./Krathwohl, D.R. (1973): Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich. Weinheim/Basel: Beltz.
- Brand, W./Hofmeister, W./Tramm, T. (2005): Auf dem Weg zu einem Kompetenzstufenmodell für die berufliche Bildung – Erfahrung aus dem Projekt ULME. In: *bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik* 8. http://www.bwpat.de/ausgabe8/brand_etal_bwpat8.shtml. [14.04.2009].
- Breuer, K. (2006): Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung – eine Zwischenbilanz. In: *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* 102, S. 194–210.
- Fortmüller, R. (1996): Wissenschaftsorientierung und Praxisbezug als komplementäre Prinzipien lernpsychologisch fundierter Lehr-Lern-Arrangements. In: Fortmüller, R./Aff, J. (Hrsg.): *Wissenschaftsorientierung und Praxisbezug in der Didaktik der Ökonomie*. Festschrift Wilfried Schneider. Wien: Manz Schulbuch, S. 372–400.
- Geißel, B. (2008): Ein Kompetenzmodell für die elektrotechnische Grundbildung: Kriteriumsorientierte Interpretation von Leistungsdaten. In: Nickolaus, R./Schanz, H. (Hrsg.) (2008): *Didaktik der gewerblich-technischen Berufsbildung*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, S. 121–142.
- Greiff, S./Funke, J. (2009). Measuring complex problem solving – The MicroDYN approach. In: Scheuermann, F. (Hrsg.): *The transition to computer-based assessment – Lessons learned from large-scale surveys and implications for testing*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. http://www.psychologie.uni-heidelberg.de/ae/allg/mitarb/jf/Greiff&Funke_2009_LuxPaper.pdf [03.05.2010].

- Gschwendtner, T. (2008): Ein Kompetenzmodell für die kraftfahrzeugtechnische Grundbildung. In: Nickolaus, R./Schanz, H. (Hrsg.) (2008): Didaktik der gewerblich-technischen Berufsbildung. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, S. 103–120.
- Gschwendtner, T./Abele, S./Nickolaus, R. (2009): Computersimulierte Arbeitsproben: Eine Validierungsstudie am Beispiel der Fehlerdiagnoseleistungen von Kfz-Mechatronikern. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 105, S. 557–578.
- Gschwendtner, T./Geißel, B./Nickolaus, R. (2007): Förderung und Entwicklung der Fehleranalysefähigkeit in der Grundstufe der elektrotechnischen Ausbildung. In: bwp@ Berufs- und Wirtschaftspädagogik 13. http://www.bwpat.de/ausgabe13/gschwendtner_etal_bwpat13.pdf. [01.04.2009].
- Hartig, J. (2007): Skalierung und Definition von Kompetenzniveaus. In: Beck, B./Klieme, E. (Hrsg.): Sprachliche Kompetenzen. Konzepte und Messung. DESI-Studie. Weinheim/Basel: Beltz, S. 83–99.
- Hartig, J./Jude, N. (2007): Empirische Erfassung von Kompetenzen und psychometrische Kompetenzmodelle. In: Hartig, J./Klieme E. (Hrsg.): Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik. Eine Expertise im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Bonn (Bildungsforschung: Bd. 20), S. 17–36.
- KMK-Sekretariat der Kultusministerkonferenz. (Hrsg.) (2007): Referat Berufliche Bildung und Weiterbildung. Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2007/2007_09_01-Handreich-RLpl-Berufsschule.pdf. [15.08.2009].
- Knöll, B. (2007): Differenzielle Effekte von methodischen Entscheidungen und Organisationsformen beruflicher Grundbildung auf die Kompetenz- und Motivationsentwicklung in der gewerblich-technischen Erstausbildung. Eine empirische Untersuchung in der Grundausbildung von Elektroinstallateuren. Aachen: Shaker, Stuttgart, Univ., Diss. (Stuttgarter Beiträge zur Berufs- und Wirtschaftspädagogik; Bd. 30).
- Lehmann, R./Seeber, S. (2007): Untersuchungen von Leistungen, Motivation und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler in den Abschlussklassen der Berufsschlussklassen der Berufsschulen (ULME III). Hamburg: Behörde für Bildung und Sport.
- Lord, F.M./Novick, M.R. (1968): Statistical theories of mental test scores. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Nickolaus, R. (2008): Vorstellungen zur Modellierung beruflicher Handlungskompetenz und erste Versuche zu ihrer empirischen Prüfung. In: Nickolaus, R./Schanz, H. (Hrsg.) (2008): Didaktik der gewerblich-technischen Berufsbildung. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren, S. 87–102.
- Nickolaus, R./Gschwendtner, T./Geißel, B. (2008): Entwicklung und Modellierung beruflicher Fachkompetenz in der gewerblich-technischen Grundbildung. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 104, S. 48–73.
- Nickolaus, R./Gschwendtner, T./Knöll, B. (2006): Handlungsorientierte Unterrichtskonzepte als Schlüssel zur Bewältigung problemhaltiger Aufgaben? In: Minnameier, G./Wuttke, E. (Hrsg.): Berufs- und wirtschaftspädagogische Grundlagenforschung. Festschrift für Klaus Beck. Frankfurt a.M. u.a.: Peter Lang, S. 209–224.
- Nickolaus, R./Schanz, H. (Hrsg.) (2008): Didaktik der gewerblich-technischen Berufsbildung. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Seeber, S. (2007): Zur Anforderungsstruktur eines Fachleistungstests für Auszubildende des Berufs Einzelhandelskaufmann/Einzelhandelskauffrau. In: Münck, D./Van Buer, J./Breuer, K./Deißinger, T. (Hrsg.): Hundert Jahre kaufmännische Ausbildung in Berlin. Berlin: Opladen, S. 184–193.

- Seeber, S. (2008): Ansätze zur Modellierung beruflicher Fachkompetenz in kaufmännischen Ausbildungsberufen. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 104, S. 74–97.
- Straka, G.A./Macke, G. (2009): Neue Einsichten in Lehren, Lernen und Kompetenz. Bremen: Institut Technik und Bildung (ITB), Universität Bremen (ITB Forschungsberichte 40/2009). <http://elib.suub.uni-bremen.de/ip/docs/00010417.pdf> [10.03.2010].
- Süß, H.-M. (1996): Intelligenz, Wissen und Problemlösen. Kognitive Voraussetzungen für erfolgreiches Handeln bei computersimulierten Problemen. Göttingen u.a.: Hogrefe.
- Winther, E. (2008): Kompetenztests für die kaufmännische Erstausbildung. Vortrag anlässlich der AEPF-Tagung in Kiel.
- Winther, E./Achtenhagen, F. (2008): Kompetenzstrukturmodell für die kaufmännische Bildung. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 104, S. 511–538.
- Winther, E./Achtenhagen, F. (2009): Skalen und Stufen kaufmännischer Kompetenz. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 105, S. 521–556.
- Wu, M.L. (2004): Item Response Modelling with ConQuest. MPI Summer School. (Vortrag).
- Wu, M.L./Adams, R.J./Wilson, M.R. (1998): ACER ConQuest. Generalised Item Response Modelling Software. Melbourne: Acer Press.

Anschrift der Autoren

Dipl.-Gwl. Tobias Gschwendtner, Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft und Psychologie, Abteilung Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik, Geschwister-Scholl-Straße 24D, D-70174 Stuttgart
E-Mail: gschwendtner@bwt.uni-stuttgart.de

Prof. Dr. phil. Bernd Geißel, Pädagogische Hochschule Ludwigsburg, Institut für Naturwissenschaften und Technik, Abteilung Technik, Reuteallee 46, D-71634 Ludwigsburg
E-Mail: geissel@ph-ludwigsburg.de

Prof. Dr. phil. habil. Reinhold Nickolaus, Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft und Psychologie, Abteilung Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik, Geschwister-Scholl-Straße 24D, D-70174 Stuttgart
E-Mail: nickolaus@bwt.uni-stuttgart.de