STEPHAN ABELE

Modellierung und Entwicklung berufsfachlicher Kompetenz in der gewerblich-technischen Ausbildung

Empirische Berufsbildungsforschung 1

Franz Steiner Verlag

1

Stephan Abele

Modellierung und Entwicklung berufsfachlicher Kompetenz in der gewerblich-technischen Ausbildung

Empirische Berufsbildungsforschung

Herausgegeben von Reinhold Nickolaus,

Niclas Schaper, Susan Seeber und Stefan C. Wolter

Band 1

STEPHAN ABELE

Modellierung und Entwicklung berufsfachlicher Kompetenz in der gewerblich-technischen Ausbildung

Franz Steiner Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist unzulässig und strafbar.
Zugl. Dissertation der Universität Stuttgart, D 93
© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2014
Druck: Offsetdruck Bokor, Bad Tölz
Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier.
Printed in Germany.
ISBN 978-3-515-10650-4 (Print)
ISBN 978-3-515-10755-6 (E-Book)

VORWORT

Mit der hier vorgelegten Arbeit zur Modellierung und Entwicklung berufsfachlicher Kompetenz in der gewerblich-technischen Ausbildung trägt Herr Abele in bemerkenswerter Weise zum Erkenntnisfortschritt bei. Die theoretische Orientierung ist interdisziplinär angelegt und geeignet, die kontroversen Debatten zur Modellierung berufsfachlicher Kompetenz gleich mehrfach voranzubringen. Das gilt z.B. für die Erschließung des CLARION-Modells für die berufspädagogische Debatten, die Ausführungen zur Inklusion oder Exklusion metakognitiver und motivationaler Momente, die zu berücksichtigenden Anforderungen und die relevanten lerntheoretischen Grundlagen des Wissens- und Fertigkeitserwerbs. Besonders hilfreich sind auch die sorgfältigen Klärungen der den Theorien jeweils zugrundeliegenden empirischen Basen. Der empirische Teil bietet eine Teilstudie zur Diskriminierbarkeit berufsfachlicher Kompetenzen zu anderen psychologischen Konstrukten (Intelligenz, mathematische Basiskompetenzen, sprachliche Basiskompetenzen, Interesse am erlernten Ausbildungsberuf) und Analysen zur Binnenstruktur sowie zwei Teilstudien zur Relevanz zentraler Determinanten berufsfachlicher Kompetenz. Der Einbezug unterschiedlicher Datensätze ermöglicht nicht nur domänenübergreifende Analysen, sondern eröffnet auch Optionen, die Tragfähigkeit der einzelnen Operationalisierungen kritisch zu reflektieren.

Mit den vorgelegten Analysen und den auf dieser Basis generierten Modellierungen zur Struktur und Entwicklung berufsfachlicher Kompetenz eröffnen sich zahlreiche Forschungsperspektiven. Das gilt z.B. für die Frage, ob in den kognitiven Leistungsmaßen bereits zentrale nicht-kognitive Merkmale wie z.B. die Motivation inkorporiert sind, oder für die strukturellen Entwicklungen berufsfachlicher Kompetenz, die bisher kaum in den Blick kamen.

Die interdisziplinär ausgerichtete Arbeit zeigt in beeindruckender Weise auch die Potentiale, die mit einem solchen Zugang verbunden sind. Dass die Berufsbildungsforschung als interdisziplinäres Forschungsfeld zu begreifen ist, ist vermutlich unstrittig. Gleichwohl sind Arbeiten viel zu selten, in welchen eine integrative Verknüpfung der unterschiedlichen disziplinären Zugänge erfolgt. Die herausragende und ertragreiche Umsetzung dieses Anspruchs, prädestiniert diese Arbeit dafür, als erster Band der neu gegründeten Reihe „Empirische Berufsbildungsforschung“ zu erscheinen.

Stuttgart, 12. November 2013

Reinhold Nickolaus

WORTE DES DANKES

Glücklich, stolz und erleichtert schreibe ich diese letzten Zeilen meiner Doktorarbeit. Viele Stunden habe ich in dieses Projekt investiert. Aber mir ist sehr bewusst, dass die vorliegende Arbeit nicht nur das Resultat meines eigenen Tuns ist. In vielfältiger Weise wurde ich dabei unterstützt.

Ohne meinen Doktorvater Professor Dr. Reinhold Nickolaus wäre diese Arbeit überhaupt nicht entstanden. Meine anfängliche Skepsis gegenüber quantitativ-empirischer Forschung hat ihn, obwohl er ein überzeugter Vertreter dieses Forschungszugangs ist, nicht daran gehindert, mich einzustellen. Diese Offenheit hat es mir ermöglicht, mich von meinen Vorurteilen zu befreien und diesen Zugang sehr schätzen zu lernen. Als äußerst förderlich empfand ich zudem das von ihm uneingeschränkt gelebte Prinzip „offene Tür“ und seine Offenheit für andere Sicht- und Denkweisen. Mit seinem pragmatischen und zielorientierten Blick auf die Dinge nahm er außerdem immer wieder unnötigen Druck von mir.

Sehr gefreut hat mich, dass Professor Dr. Klaus Beck das Zweitgutachten meiner Doktorarbeit übernahm. Von seinen Anregungen habe ich viel gelernt. Nicht selten stellte ich mir beim Lesen seines Gutachtens die Frage, wie es möglich ist, einen wissenschaftlichen Text auf so wertschätzende und zugleich so entwicklungsförderliche Art zu besprechen. Zweifellos hat die vorliegende Arbeit von seinem Gutachten profitiert. Als ebenso wertvoll empfinde ich die neuen wissenschaftlichen Horizonte, die mir seine Anmerkungen eröffnet haben.

Der Datenzugang stellt einen neuralgischen Punkt quantitativ-empirischer Forschungsarbeiten dar. Dass ich bei meinen Auswertungen auf eine breite Datenbasis zurückgreifen konnte, ist das Verdienst der Audi AG und dort insbesondere von Herrn Faber und Frau Sturm sowie der Innung des Kraftfahrzeuggewerbes Region Stuttgart.

Besonders beim wissenschaftlichen Schreiben besteht die Gefahr, einen kryptischen und unnötig detaillierten Text zu produzieren, den allenfalls hartgesottene Insider verstehen können. Falls es hier gelang, einen verständlichen und gut strukturierten Text vorzulegen, liegt dies v. a. auch an meiner Kollegin und Freundin Kerstin Norwig. Mit einzigartiger Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit hat sie sich auch durch „steile“ Textabschnitte gearbeitet und unermüdlich auf strukturelle Schwächen, inhaltliche und logische Brüche sowie unnötige Textpassagen hingewiesen. Dass ich mich auf sie verlassen konnte, hat mich enorm entlastet.

Bei der Lektüre komplizierter Texte und der Auseinandersetzung mit verwickelten Problemen „tappte“ ich gelegentlich im Dunkeln. In solchen Situationen hat meine Kollegin Dr. Anke Treutlein mit ihrer Hilfsbereitschaft und ihren scharfsichtigen sowie problemfokussierten Anmerkungen oftmals für „Licht“ gesorgt. Wichtige fachliche Unterstützung erfuhr ich auch von meinen Kollegen Dr. Astrid Diener und Thomas Trzebiatowski. Bei der Formatierung des Manuskripts hat mir Christoph Hindersinn einen wichtigen Dienst erwiesen.

Ein wichtiger Ausgleich zu meiner geistigen Arbeit waren die anregenden Diskussionen und Gespräche mit meinem Freund und Kollegen Dr. Martin Kenner. Sein „ganzheitlicher“ Blick auf das Leben hat mich häufig geerdet. Ohne das Studienprojekt, in dem ich als Student mitarbeitete und das er als Dozent initiierte und betreute, wäre ich vielleicht gar nicht in der Abteilung für Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik der Universität Stuttgart „gelandet“. Als sehr bereichernd erlebte ich zudem die Gespräche mit meinem Kollegen Dr. Felix Walker.

Niemand hat meine Promotionszeit so intensiv begleitet wie meine Partnerin Kristin. Es ist nur schwer zu beschreiben, was mir ihr Vertrauen, ihre Liebe, ihr Verständnis und ihre Geduld in dieser Zeit gegeben haben. Möglicherweise hätte ich den gelegentlich unüberwindbar scheinenden „Promotions-Berg“ nicht erklimmen können, wenn nicht sie an meiner Seite gewesen wäre. Ihr gilt mein großer und tiefer Dank!

Abschließend möchte ich allen, die mich bei meinem Promotionsprojekt unterstützt haben, herzlich danken!

Stuttgart, 14. November 2013

Stephan Abele

„Aber das Wahrscheinliche ist noch nicht das Wirkliche. Wenn ich sage, daß es morgen wahrscheinlich regnet, braucht es morgen doch nicht zu regnen. In dieser Welt ist der Gedanke mit der Wahrheit nicht identisch. Wir hätten es sonst in vielem leichter, Samuel. Zwischen dem Gedanken und der Wirklichkeit steht immer noch das Abenteuer dieses Daseins, und das wollen wir nun denn in Gottes Namen bestehen.“ (Friedrich Dürrenmatt, *Der Verdacht*)

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 5
Worte des Dankes 7
Inhaltsverzeichnis 11

1 Fragestellung und Aufbau der Arbeit 17

2 Begriffliche Annäherung an berufsfachliche Kompetenz 21
2.1 Wissenschaftstheoretische Standortbestimmung 21
2.2 Ausgewählte Vorstellungen zum Kompetenzbegriff und zur beruflichen Handlungskompetenz 23
2.3 Entwicklung einer empirisch zugänglichen Arbeitsdefinition 26
2.4 Diskussion 28

3 Psychologische Modellierung berufsfachlichen Handelns 30
3.1 Theoretischer Modellierungsansatz: Vorzüge moderner kognitiver Architekturen 30
3.2 CLARION: Ein Ansatz zur Modellierung berufsfachlichen Handelns 31
3.2.1 Ausgewählte Grundannahmen 31
3.2.2 Überblick über Struktur und Funktionsweise der kognitiven Architektur 33
3.2.3 Rolle des handlungsbezogenen Wissenssystems 35
3.2.4 Rolle des nicht handlungsbezogenen Wissenssystems 36
3.2.5 Rolle des motivationalen und metakognitiven Systems 37
3.2.6 Empirische Fundierung 38
3.3 Zusammenfassung 45

4 Personenbezogene Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz 47
4.1 Metakognition und Motivation: Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz? 47
4.1.1 Explizites Wissen 48
4.1.2 Repräsentation und Abruf 49
4.1.3 Funktion 50
4.1.4 Faktenwissen, Verständniswissen und Strategiewissen 52
4.1.5 Empirische Fundierung 52
4.2 Implizites Wissen 53
4.2.1 Repräsentation und Arten impliziten Wissens 53
4.2.2 Implizite Handlungsstrukturen, prozedurales Wissen und Fertigkeit 54
4.2.3 Aktivierung von Fertigkeiten 54
4.2.4 Unterschiede zwischen Fertigkeit und Strategiewissen 56

4.2.5 Empirische Fundierung 56
4.3 Konsequenzen für die Diagnostik berufsfachlicher Kompetenz 57
4.4 Ausgewählte Befunde aus dem berufsbildenden Forschungskontext und Forschungsbedarf 58
4.5 Zusammenfassung 60

5 Anforderungsbezogene Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz 61
5.1 Inhaltsbereich und Tätigkeitsbereich 61
5.2 Kognitive und motorische Anforderungen 63
5.3 Ausgewählte Befunde aus dem berufsbildenden Forschungskontext und Forschungsbedarf 64
5.4 Zusammenfassung 65

6 Lerntheoretische Grundlagen der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung 67
6.1 Wissenserwerb 67
6.2 Fertigkeitserwerb 69
6.3 Idealtypische Phasen der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung 71
6.4 Berufsfachliche Kompetenzentwicklung 72
6.4.1 … in konsistenten Tätigkeitsbereichen 72
6.4.2 … in inkonsistenten Tätigkeitsbereichen 73
6.5 Konsequenzen für die Diagnostik und Modellierung berufsfachlicher Kompetenz 74
6.6 Empirische Fundierung 75
6.7 Zusammenfassung 79

7 Theorien zur Entwicklung berufsfachlichen Wissens 80
7.1 Investmenttheorie: Entwicklung kristalliner Intelligenz 80
7.2 PPIK-Theorie: Entwicklung domänenspezifischen Wissens 84
7.3 Empirische Fundierung 88
7.4 Zusammenfassendes Modell zur Entwicklung berufsfachlichen Wissens 93

8 Theorien zur Entwicklung berufsfachlicher Fertigkeiten 97
8.1 Drei-Phasen-Theorie: Entwicklung motorischer Fertigkeiten 97
8.1.1 Theoretische Grundlagen 97
8.1.2 Phasen und Determinanten der Entwicklung motorischer Fertigkeiten 100
8.1.3 Verlauf der Fähigkeit-Performanz-Korrelation während des Fertigkeitserwerbs 101
8.1.4 Empirische Fundierung 103
8.1.5 Zusammenfassung 107
8.2 Vier-Quellen-Theorie: Entwicklung kognitiver Fertigkeiten 108
8.2.1 Überblick über die Theorie 108
8.2.2 Bedeutung der Verarbeitungskapazität 110
8.2.3 Bedeutung der Verarbeitungsgeschwindigkeit 113

8.2.4 Bedeutung des Wissens ... 113
8.2.5 Bedeutung der Fertigkeiten ... 114
8.2.6 Empirische Fundierung ... 114
8.2.7 Zusammenfassung ... 120
8.3 Zusammenfassendes Modell zur Entwicklung berufsfachlicher Fertigkeiten ... 120

9 Befunde aus berufsbildenden Forschungskontexten zur Bedeutung ausgewählter Determinanten ... 124
9.1 Exkurs: Metaanalytischer Ansatz der Validitätsgeneralisierung ... 124
9.1.1 Ausgangsproblematik und Lösungsansatz ... 125
9.1.2 Methodenartefakte als Erklärung divergierender prognostischer Validitäten ... 127
9.1.3 Moderatoren als Erklärung divergierender prognostischer Validitäten ... 130
9.1.4 Validitätsgeneralisierung ... 132
9.1.5 Diskussion ... 133
9.2 Intelligenz als Determinante der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ... 135
9.2.1 Bedeutung allgemeiner Intelligenz ... 135
9.2.2 Einfluss des Ausbildungsberufs und der Anforderungskomplexität ... 138
9.2.3 Einfluss des Validierungskriteriums ... 140
9.2.4 Einfluss des verwendeten Intelligenztests ... 142
9.2.5 Zusammenfassung und Forschungsbedarf ... 143
9.3 Psychomotorische Fähigkeit und Wahrnehmungsfähigkeit als Determinanten der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ... 144
9.4 Spezifische kognitive Fähigkeiten als Determinanten der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ... 145
9.5 Mathematische und sprachliche Basiskompetenzen als Determinanten der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ... 147
9.6 Berufsspezifische Basiskompetenz als Determinante der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ... 149
9.7 Allgemein bildender Schulerfolg als Determinante der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ... 150

10 Untersuchungsmodelle zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ... 153

11 Studie 1: Modellierung berufsfachlicher Kompetenz ... 160
11.1 Hypothesen ... 160
11.2 Methode ... 163
11.2.1 Datenherkunft und Untersuchungsdesign ... 163
11.2.2 Stichproben ... 164
11.2.3 Erhebungsinstrumente und verwendete Maße ... 168
11.2.4 Grundlagen der Hypothesenprüfung und Prüfstrategie ... 175

11.3 Ergebnisse ... 184
11.3.1 Bereichsspezifische Modellierung berufsfachlichen Wissens und berufsfachlicher Fertigkeit ... 184
11.3.2 Bereichsübergreifende Modellierung berufsfachlichen Wissens und berufsfachlicher Fertigkeit ... 190
11.3.3 Divergente Validität berufsfachlichen Wissens und berufsfachlicher Fertigkeit ... 193
11.3.4 Divergente Validität berufsfachlicher Kompetenz zu anderen Konstrukten ... 196
11.4 Diskussion ... 201
11.4.1 Berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit: Homogene Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz? ... 201
11.4.2 Berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit: Eigenständige und eng assoziierte Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz? ... 207
11.4.3 Berufsfachliche Kompetenz: Ein eigenständiges Konstrukt? ... 209

12 Studie 2: Selektive Prüfung des Modells zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ... 213
12.1 Hypothesen ... 213
12.1.1 Empirisches Verhältnis ausgewählter Determinanten zur berufsfachlichen Kompetenz ... 213
12.1.2 Einfluss zentraler Determinanten auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung ... 214
12.1.3 Differenzieller Einfluss zentraler Determinanten auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung ... 218
12.1.4 Erklärungsmodell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ... 218
12.2 Methode ... 218
12.2.1 Datenherkunft und Untersuchungsdesign ... 218
12.2.2 Stichprobe ... 219
12.2.3 Erhebungsinstrumente und verwendete Maße ... 220
12.2.4 Grundlagen der Hypothesenprüfung und Prüfstrategie ... 222
12.3 Ergebnisse ... 225
12.3.1 Voranalyse: Liegen eingeschränkte Leistungsvarianzen vor? ... 225
12.3.2 Korrelationen zwischen den Determinanten und berufsfachlicher Kompetenz ... 228
12.3.3 Direkte und indirekte Effekte der Determinanten ... 232
12.3.4 Differenzielle Effekte der Determinanten ... 257
12.3.5 Erklärungsmodell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ... 257
12.4 Diskussion ... 259
12.4.1 Zum Verhältnis der einbezogenen Determinanten zur berufsfachlichen Kompetenz ... 259
12.4.2 Zur Bedeutung der einbezogenen Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung ... 263

12.4.3 Zur differenziellen Bedeutung der einbezogenen Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung ... 273
12.4.4 Zusammenfassendes Modell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ... 274

13 Studie 3: Selektive Prüfung der Modelle zur erwerbsphasenspezifischen Bedeutung ausgewählter Determinanten ... 277
13.1 Hypothesen ... 277
13.2 Methode ... 278
13.2.1 Datenherkunft und Untersuchungsdesign ... 278
13.2.2 Stichprobe ... 278
13.2.3 Erhebungsinstrumente und verwendete Maße ... 279
13.2.4 Grundlagen der Hypothesenprüfung und Prüfstrategie ... 280
13.3 Ergebnisse ... 282
13.3.1 Effekt berufsfachlichen Wissens auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung ... 282
13.3.2 Effekt fluider Intelligenz auf die intraindividuelle berufsfachliche Wissensentwicklung ... 286
13.4 Diskussion ... 288
13.4.1 Berufsfachliches Wissen als Hauptdeterminante der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung und vielschichtiger Mediator ... 288
13.4.2 Zur entwicklungsspezifischen Bedeutung fluider Intelligenz für die berufsfachliche Wissensentwicklung ... 289

14 Gesamtdiskussion ... 292
14.1 Zur Modellierung und Entwicklung berufsfachlicher Kompetenz gewonnene Erkenntnisse ... 292
14.2 Implikationen für die berufsfachliche Kompetenzdiagnostik und Kompetenzmodellierung ... 295
14.2.1 Was erfassen Arbeitsproben? ... 295
14.2.2 Berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit: Mehr als kognitive Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz ... 296
14.3 Implikationen für die Personalauswahl ... 297
14.4 Didaktische Implikationen ... 298
14.4.1 Diagnostik von Lernbarrieren und darauf abgestimmte pädagogische Maßnahmen ... 298
14.4.2 Erwerbsphasenspezifische Förderung ... 298
14.5 Grenzen der Untersuchung und neue Fragen ... 299
14.5.1 Methodische Grenzen ... 299
14.5.2 Kompetenzdimensionen und Determinanten ... 301
14.5.3 Lerntheoretische Annahme zum Kompetenzerwerb ... 302
14.5.4 Auswahl der Determinanten ... 303
14.6 Forschungsperspektiven ... 303
14.6.1 Berufsfachliche Kompetenzmodellierung ... 303
14.6.2 Modellierung der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ... 304

14.6.3 Modellierung der erwerbsphasenspezifischen Bedeutung ausgewählter Determinanten 304
14.6.4 Schlussbemerkungen 305

15 Literaturverzeichnis 306

Anhang 319
Weitere Befunde zur Studie 1 319
Weitere Befunde zur Studie 2 325
Weitere Befunde zur Studie 3 330

1 FRAGESTELLUNG UND AUFBAU DER ARBEIT

Thema und Forschungsbedarf

Die Entwicklung berufsfachlicher Kompetenzen ist ein Kernthema der beruflichen Bildung. Berufsfachliche Kompetenzen entwickeln sich abhängig von individuellen Voraussetzungen, der Qualität beruflicher Lehr-Lern-Prozesse und konkreten beruflichen Anforderungen. Selbst wenn nur der Einfluss individueller Voraussetzungen auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung betrachtet wird, gerät ein hinreichend komplexes Forschungsfeld in den Blick. Individuelle Voraussetzungen spiegeln genetische Dispositionen sowie vorschulische, allgemein bildende und insbesondere berufsbildende Lernerfahrungen. Deren Bedeutung kann wiederum abhängig von didaktisch-methodischen Entscheidungen, von beruflichen Anforderungen und vom individuellen Entwicklungsstand variieren. Nur einige individuelle Voraussetzungen können im Rahmen der beruflichen Bildung beeinflusst werden, bei einer Untersuchung der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung sollten aber möglichst alle oder wenigstens die zentralen Voraussetzungen berücksichtigt werden.

In jüngster Vergangenheit wurde häufiger untersucht, welche Relevanz verschiedenen individuellen Voraussetzungen für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung zukommt (Nickolaus, Geißel, Abele & Nitzschke, 2011b; Nickolaus, Rosendahl, Gschwendtner, Geißel & Straka, 2010; Seeber & Lehmann, 2011). Dabei wurde ein wichtiger Erkenntnisfortschritt erzielt. Aufgrund des Pioniercharakters dieser Studien konnten Erklärungsmodelle aber nur bedingt theoriegeleitet entwickelt werden. Auch gegenwärtig ist keine Theorie verfügbar, mit der die entdeckten Befundmuster besser verstanden und erklärt werden können und die einen größeren Ausschnitt der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung zusammenhängend abbildet (Nickolaus, 2011; Nickolaus, Beck & Dubs, 2010).

Aus wissenschaftlicher Sicht wäre eine bessere theoretische Durchdringung der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung aber dringend erforderlich, weil nur so das zentrale Ziel empirischer Forschung – zumindest schrittweise – erreicht werden kann: Die Prüfung, ob zwischen „objektsprachlichen Annahmen“ und empirischen Befunden eine „Isomorphie“ besteht (Beck, 2000, S. 23) und damit, ob und welche theoretischen Vorstellungen empirisch tragen. Ferner minimiert eine stärkere Theorieorientierung das Risiko isolierter Forschungsarbeiten (Beck, 1990). Wie wichtig solche Theorien auch aus einer praktischen Sicht sind, verdeutlicht das folgende Beispiel: Von professionellen Lehrer/-innen wird oft gefordert, dass sie bei ihren didaktischen Entscheidungen auch Theorien zur fachlichen Kompetenzentwicklung heranziehen (Helmke, 2010). Lehrer/-innen an beruflichen Schulen sollen demnach auf etwas zurückgreifen, das allenfalls in sehr rudimentärer Form existiert. Dieser

Anspruch kann seitens der Lehrkräfte nicht befriedigend eingelöst werden. Vielmehr ist hier die Wissenschaft gefordert, derartige Theorien bereitzustellen und empirisch abzusichern.

Vor diesem Hintergrund besteht eine wichtige Aufgabe der Berufsbildungsforschung in der Genese belastbarer Theorien zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung. Unweigerlich ist damit auch die Frage verbunden, was unter berufsfachlicher Kompetenz verstanden wird. Damit ist ebenfalls ein komplexes Forschungsfeld angesprochen, in dem bereits wichtige Erkenntnisse vorliegen (z. B. Nickolaus, 2011; Winther, 2010). Wie die aktuelle Forschungsinitiative ASCOT[1] verdeutlicht, sind aber auch hier noch viele Fragen offen. Insofern kann auch bei der Modellierung berufsfachlicher Kompetenz auf keine empirisch abgesicherte und etablierte Theorie zurückgegriffen werden.

Forschungsfragen

Das Hauptziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, das angesprochene Theoriedefizit abzumildern, wobei der Fokus auf der gewerblich-technischen Ausbildung liegt. Im Kern geht es darum, belastbare Antworten auf die folgenden Forschungsfragen zu finden:

1. Wie kann berufsfachliche Kompetenz in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen theoretisch und empirisch fundiert modelliert werden?

2. Wie entwickeln sich berufsfachliche Kompetenzen in der gewerblich-technischen Ausbildung?

Wie bereits erwähnt, umreißen diese Fragen zwei sehr komplexe Forschungsfelder. Sowohl aus forschungsmethodischen (Popper, 2005a) als auch aus pragmatischen Gründen ist es sinnvoll, die Komplexität zu reduzieren und nur Ausschnitte dieser Forschungsfelder zu berücksichtigen. Dementsprechend erfolgt bei der Modellierung der berufsfachlichen Kompetenz eine Konzentration auf zentrale Dimensionen. Im Hinblick auf die Kompetenzentwicklung werden einige Entwicklungslinien skizziert und untersucht, inwiefern ausgewählte Anforderungscharakteristika diese Entwicklung beeinflussen. In einer entwicklungspsychologischen Perspektive wird ferner analysiert, welche Bedeutung ausgewählte psychologische Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung haben, in welcher Phase sich diese Determinanten herausbilden und ob deren Bedeutung abhängig vom individuellen Entwicklungsstand variiert.

1 Im Rahmen der vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) finanzierten Forschungsinitiative ASCOT wird untersucht, wie berufliche Kompetenzen in verschiedenen Ausbildungsberufen technologieorientiert sowie reliabel und valide erfasst werden können.

Gliederung der Arbeit

Um die Forschungsfragen zu klären, werden zunächst theoretische Vorstellungen zur Modellierung und Entwicklung berufsfachlicher Kompetenz präsentiert (Theorieteil) und anschließend empirisch geprüft (empirischer Teil). Im Theorieteil erfolgt zuerst eine Darstellung gängiger Positionen zur berufsfachlichen Kompetenz. Darauf aufbauend wird eine empirisch zugängliche Arbeitsdefinition berufsfachlicher Kompetenz entwickelt (vgl. Kapitel 2). Zur weiteren begrifflichen Präzisierung dieser Arbeitsdefinition wird im nächsten Schritt eine ausschnitthafte psychologische Modellierung berufsfachlichen Handelns vorgenommen (vgl. Kapitel 3). Dabei geraten verschiedene komplexe psychische Personenmerkmale in den Blick, die als personenbezogene Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz bezeichnet werden. In Kapitel 4 werden zwei dieser Dimensionen, nämlich Wissen und Fertigkeit, einer tiefergehenden theoretischen Klärung unterzogen. In einem nächsten Schritt gilt es, auch wichtige anforderungsspezifische Dimensionen der berufsfachlichen Kompetenz einzuführen (vgl. Kapitel 5). An diese begrifflichen Klärungen schließen sich lerntheoretische Ausführungen dazu an, wie berufsfachliche Kompetenzen erworben werden, welche Erwerbsphasen zu unterscheiden sind und welche Kompetenzdimensionen sich in welchen Erwerbsphasen besonders entwickeln (vgl. Kapitel 6). Nachdem diese lerntheoretischen Grundlagen gelegt wurden, rücken Theorien in den Fokus, die sich mit der berufsfachlichen Wissens- (vgl. Kapitel 7) und Fertigkeitsentwicklung beschäftigen (vgl. Kapitel 8). Ob und inwieweit die dabei gesammelten Erkenntnisse auf den berufsbildenden Kontext und insbesondere auf die gewerblich-technische Ausbildung übertragbar sind, wird anhand einer Sichtung einschlägiger Befunde der Berufsbildungsforschung untersucht (vgl. Kapitel 9). Der Theorieteil endet mit der Präsentation einiger Untersuchungsmodelle zur Entwicklung berufsfachlicher Kompetenzen, die einerseits der Zusammenfassung dienen und andererseits Weiterentwicklungen und eine Anpassung an die hier verfolgten Fragestellungen darstellen (vgl. Kapitel 10).

Der empirische Teil der Arbeit umfasst drei Studien. In der ersten Studie geht es um die Validierung des entwickelten berufsfachlichen Kompetenz-verständnisses (vgl. Kapitel 11). Die zweite Studie beschäftigt sich mit der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung. Hier werden Ausschnitte eines Modells geprüft, das aus den theoretischen Analysen resultiert und zentrale psychologische Determinanten der Kompetenzentwicklung sowie Aussagen zur entwicklungspsychologischen Bedeutung dieser Determinanten enthält (vgl. Kapitel 12). Schließlich werden in der dritten Studie ausgewählte Annahmen eines Modells geprüft, das ebenfalls auf dem Theorieteil basiert und Aussagen zur erwerbsphasenspezifischen Bedeutung ausgewählter Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung enthält (vgl. Kapitel 13). Das darauf folgende Kapitel 14 dient der Beantwortung der Forschungsfragen. Dazu werden die Befunde der einzelnen Studien zusammengeführt und um wichtige Erkenntnisse des Theorieteils ergänzt. In diesem Kontext wird auch diskutiert, welche Konsequenzen sich aus der vorliegenden Arbeit für die Modellierung berufsfachlicher Kompetenz, für die Personalauswahl und für didaktische Entscheidungen ergeben. Ferner kommen Grenzen der Untersuchung und neue

Forschungsperspektiven zur Sprache. Einige Schlussbemerkungen runden die Arbeit ab (vgl. Kapitel 14.6.4).

2 BEGRIFFLICHE ANNÄHERUNG AN BERUFSFACHLICHE KOMPETENZ

Das Hauptziel des vorliegenden Abschnitts besteht darin, eine empirisch prüfbare Arbeitsdefinition berufsfachlicher Kompetenz zu erarbeiten. Ein solches Vorhaben ist ohne eine Auseinandersetzung mit dem Begriff der beruflichen Handlungskompetenz kaum möglich; denn berufsfachliche Kompetenz wird in der Literatur meist nicht separat, sondern als ein Aspekt der beruflichen Handlungskompetenz betrachtet und in Bezug zu dieser übergeordneten Kategorie diskutiert. Außerdem ist bei einer Definition berufsfachlicher Kompetenz Rechenschaft darüber abzulegen, welche Vorstellungen und Ansprüche mit dem Kompetenzbegriff verbunden sind; denn nur von daher lässt sich beurteilen, inwieweit die hier gewählte Definition geläufigen Positionen gerecht wird. Bevor jedoch die Begriffe „Kompetenz", „berufliche Handlungskompetenz" und „berufsfachliche Kompetenz" diskutiert werden, werden vorab zwei wissenschaftliche Traditionen skizziert, deren Grundposition das Verständnis der erwähnten Begriffe maßgeblich beeinflusst.

2.1 WISSENSCHAFTSTHEORETISCHE STANDORTBESTIMMUNG

In den berufspädagogischen Debatten über das rechte Verständnis des Kompetenzbegriffs können grob zwei verschiedene Strömungen unterschieden werden: Im Zentrum der eher geisteswissenschaftlich orientierten Strömung steht die Absicht, historische und/oder moderne pädagogische Ideen auf die aktuelle gesellschaftliche Situation zu beziehen und davon ausgehend den Kompetenzbegriff zu bestimmen. In dieser als metaphysisch deklarierbaren Tradition (Popper, 2005b) kommt es v. a. darauf an, die Gemeinsamkeiten, Unterschiede und Konsequenzen verschiedener Bildungsideen zu reflektieren, deren Vorzüge zu benennen und integrativ zu verarbeiten. Positiv werden in dieser Tradition meist Bildungsideen bewertet, die einem normativ festgelegten idealen Menschenbild entsprechen. Empirische Forschungsarbeiten betrachten den Kompetenzbegriff hingegen konsequent vor dem Hintergrund des Erfahrbaren, der Realität.

In Anlehnung an Popper (2005b) besteht das zentrale Merkmal empirischer Forschung bzw. des kritisch-rationalen Ansatzes (Beck, 2006) darin, dass getroffene Aussagen bzw. empirische Hypothesen an der Realität scheitern können, wogegen dies für metaphysische Aussagen nicht gilt. Damit lassen sich beide wissenschaftliche Aussagetypen bzw. Vorgehensweisen forschungslogisch anhand des Abgrenzungskriteriums der empirischen Falsifizierbarkeit unterscheiden: Während empirische Hypothesen prinzipiell empirisch falsifizierbar sind, trifft dies auf metaphysische Hypothesen nicht zu. Metaphysische Aussagen können auf der Basis

der hermeneutischen Methode beurteilt und bewertet werden, sie sind forschungslogisch aber nicht auf ihre empirische Prüfung hin angelegt. Dagegen bildet die empirische Prüfung einen zentralen Bestandteil des kritisch-rationalen Ansatzes. Damit wird dem zentralen Kriterium wissenschaftlichen Arbeitens, nämlich der Forderung nach intersubjektiv prüfbaren Aussagen, Rechnung getragen.

Hier wird davon ausgegangen, dass mit berufsfachlicher Kompetenz ein empirisch zugänglicher Gegenstand bezeichnet wird. Dementsprechend stehen bei den weiteren begrifflichen Klärungen die Fragen im Zentrum, ob und inwieweit mögliche Definitionen empirischen Untersuchungen dienlich sind. Der große erkenntnistheoretische Vorteil dieses Vorgehens besteht darin, dass dadurch die im Weiteren entwickelten Forschungshypothesen empirisch geprüft werden können und damit die Chance steigt, nicht den eigenen Erwartungen und Wünschen zu erliegen, sondern der *Wahrheit* einen Schritt näher zu kommen. Zudem verlangt diese Vorgehensweise, dass die eingangs erwähnten, noch relativ abstrakten Forschungsfragen in konkrete Forschungshypothesen überführt werden, wodurch sich die theoretische und praktische Relevanz der hier erzielten Erkenntnisse erhöhen dürfte. Da empirische Hypothesen aber prinzipiell nicht verifizierbar sind, haben die so gewonnenen Erkenntnisse natürlich nur einen vorläufigen Charakter (Popper, 2005b).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Definition berufsfachlicher Kompetenz sowohl vor dem Hintergrund einer geisteswissenschaftlichen als auch einer kritisch-rationalen Forschungstradition erfolgen kann. Ein wichtiges Ziel dieser Arbeit besteht in der Prüfung ausgewählter Forschungshypothesen zur berufsfachlichen Kompetenz. Die Voraussetzung dieser Hypothesenprüfung ist, dass das theoretische Konstrukt „berufsfachliche Kompetenz“ empirisch erfassbar ist, d. h. operationalisiert werden kann. Damit ist klar, dass hier bei der Begriffsklärung der kritisch-rationalen Tradition gefolgt wird. Bei dieser Klärung müssen konkrete sowie empirisch klar „fassbare“ Kompetenzvorstellungen entwickelt werden.

Im Folgenden werden trotz der Entscheidung für eine empirische Herangehensweise sowohl metaphysische als auch empirische Positionen berücksichtigt. Anhand der eher metaphysischen Arbeiten werden zunächst kursorisch einige zum Kompetenzbegriff und zur beruflichen Handlungskompetenz vorherrschende Vorstellungen präsentiert. Anschließend wird überlegt, inwiefern die normative und geisteswissenschaftliche Begriffsdefinition einer empirischen Untersuchung Orientierung geben kann. Auf Basis dieser Überlegungen und unter Berücksichtigung empirischer Argumente wird eine erste, noch relativ allgemeine Arbeitsdefinition berufsfachlicher Kompetenz gegeben. Schließlich wird diskutiert, inwieweit diese Arbeitsdefinition im Einklang mit gängigen Vorstellungen steht. Da zum Thema beruflicher Handlungskompetenz eine Fülle von Literatur vorliegt (z. B. Baethge et al., 2006; Breuer, 2006; Klieme & Hartig, 2007; Seeber & Nickolaus, 2010), werden hier nur ausgewählte Aspekte berücksichtigt.

2.2 AUSGEWÄHLTE VORSTELLUNGEN ZUM KOMPETENZBEGRIFF UND ZUR BERUFLICHEN HANDLUNGSKOMPETENZ

Mit der Einführung des *Kompetenz*begriffs in die Linguistik reagierte Noam Chomsky auf behavioristische Ansätze, die sich bei der Erforschung der Sprache auf die Sprachperformanz, d. h. auf *wahrnehmbare* Laute und Satzmuster beschränkten (Klieme & Hartig, 2007). Dieser Begriffseinführung liegt die Kritik an einer verengten behavioristischen Sichtweise zugrunde, die Lernen als das Resultat von Konditionierungsprozessen und Handeln als die Folge erworbener Reiz-Reaktions-Muster auffasst. Im Gegensatz zum Behaviorismus vertritt Chomsky die Auffassung, dass die menschliche Sprache und sprachliche Erwerbsprozesse besser verstanden werden können, wenn das der Sprache zugrunde liegende kognitive System von Sprachwissen und -können in den Blick genommen wird. Für dieses System führt er den Begriff „Sprachkompetenz" ein und er nimmt an, dass Sprachkompetenz die Grundlage für konkretes Sprechen darstellt (ebd.). Damit vollzieht er eine Trennung zwischen beobachtbarem Sprechverhalten (Sprachperformanz) und den internen Bedingungen des Sprechens (Sprachkompetenz). In den Arbeiten Chomskys geht es darum, die Elemente zu identifizieren, welche die menschliche Sprache grundsätzlich ermöglichen; Fragen nach der Erfassung interindividueller sprachlicher Kompetenzunterschiede spielen dabei keine bedeutende Rolle (ebd.). (*1. Vorstellung: Kompetenzen sind psychologische Voraussetzungen, die Performanz (Verhalten) ermöglichen, aber nicht mit dieser identisch sind.*)

In der funktional-psychologischen Tradition wird der Kompetenzbegriff v. a. vor dem Hintergrund des Handlungskontexts reflektiert (ebd.). Das Hauptaugenmerk liegt hierbei auf der Frage, welche internen Bedingungen gegeben sein müssen, damit eine Person in einem *bestimmten* Kontext erfolgreich handelt. Im Vergleich zur Position Chomskys wird also nicht nach grundsätzlichen menschlichen Fähigkeiten (wie z. B. der Fähigkeit zu sprechen), sondern nach den individuellen internen Bedingungen gefragt, die situationsspezifischem Handeln zugrunde liegen. Die Kompetenz einer Person kann daher nur vor dem Hintergrund konkreter Anforderungen beurteilt werden. Da sich Kompetenzen auf die Bewältigung spezifischer Anforderungen beziehen, werden in dem genannten Forschungsparadigma die Annahmen vertreten, dass Kompetenzen erworben sind, nicht zur menschlichen Grundausstattung gehören und dass Individuen unterschiedliche Kompetenzausprägungen aufweisen können (Hartig & Klieme, 2006). (*2. Vorstellung: Kompetenzen beziehen sich auf spezifische Anforderungen, sind erworben und repräsentieren ein differenzielles Konstrukt.*)

In der erziehungswissenschaftlichen Debatte verbinden sich bildungstheoretische und emanzipatorische Ideen mit dem Kompetenzbegriff: Kompetent ist, wer zentrale Kulturtechniken erlernt hat (materiale Bildung), seine Umwelt anhand des Erlernten hinterfragen (emanzipatorisches Bildungsideal) und verändern bzw. mitgestalten (formale Bildung) kann. Demnach besteht das oberste Ziel pädagogischer Prozesse in der Ermöglichung individueller Mündigkeit, die als Basis von *Handlungskompetenz* angesehen wird (Klieme & Hartig, 2007). Den Vorstellungen Heinrich Roths zufolge können Menschen nur dann mündig handeln, wenn sie über

ausreichende Selbst-, Sach- und Sozialkompetenz verfügen (Seeber & Nickolaus, 2010). Im Hinblick auf die internen Bedingungen umfasst dieses breite Kompetenzverständnis sowohl kognitive als auch affektiv-motivationale Dispositionen (Hartig & Klieme, 2006). (*3. Vorstellung: Handlungskompetenz ermöglicht individuelle Mündigkeit und umfasst Selbst-, Sach- und Sozialkompetenz sowie kognitive und affektiv-motivationale Dispositionen.*)

Viele berufspädagogische Arbeiten zur semantischen Klärung *beruflicher Handlungskompetenz* basieren auf dem von Heinrich Roth vertretenen Begriffsverständnis (z. B. Seeber & Nickolaus, 2010, Baethge et al., 2006). In einem vielzitierten Artikel schreibt Bader: „ … [B]erufliche Handlungskompetenz [meint] die Fähigkeit und Bereitschaft des Menschen, in beruflichen Situationen sach- und fachgerecht, persönlich durchdacht und in gesellschaftlicher Verantwortung zu handeln“ (Bader, 1989, S. 75). Festzustellen ist aber auch, dass mit der Einführung des Begriffs „berufliche Handlungskompetenz“ in die Berufs- und Wirtschaftspädagogik im Vergleich zur Position Roths ein noch umfassenderes Begriffsverständnis etabliert wurde. Dazu sei nochmals Bader (1989) angeführt, für den berufliche Handlungskompetenz auch die Aspekte „eigenverantwortliches Planen“, „Durchführen“ und „Kontrollieren“, d. h. seinem Verständnis nach eine vollständige Handlung umfasst. Einer analytischen Trennung dieses umfassenden Kompetenzbegriffs in Einzelkomponenten (Sach-, Selbst-, Sozialkompetenz) gesteht er in bestimmten Situationen zwar einen gewissen Sinn zu, zugleich betont er die Wichtigkeit, diese Komponenten nicht isoliert zu untersuchen. Denn „sie bedingen einander und lassen sich nicht scharf trennen“ (S. 75). Als handlungskompetent kann demnach nur gelten, wer die interne Voraussetzung und Bereitschaft besitzt, berufliche Tätigkeiten sozial- und eigenverantwortlich sowie sach- und fachgerecht zu planen, durchzuführen und zu kontrollieren. Auf dieser Basis lässt sich die in berufspädagogischen Kontexten häufiger anzutreffende Forderung verstehen, dass berufliche Handlungskompetenz nur ganzheitlich erfasst werden kann (z. B. Klieme & Hartig, 2007). In diesem (ganzheitlichen) Sinne kann eine Kompetenzdiagnostik nur dann aussagekräftig sein, wenn sie zugleich die Handlungsplanung, -durchführung und -kontrolle sowie Sach-, Selbst- und Sozialkompetenzen berücksichtigt. Eine isolierte Diagnostik einzelner Kompetenzkomponenten ist demzufolge nicht (oder zumindest wenig) aussagekräftig.

Eine ebenfalls sehr umfassende Interpretation beruflicher Handlungskompetenz erfolgt im Rahmen des KOMET-Projekts (Rauner, Haasler, Heinemann & Grollmann, 2009). Inwieweit eine Person beruflich kompetent ist, wird in KOMET auf der Basis von acht Kriterien (Umweltverträglichkeit, Kreativität der Lösungen, Sozialverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit, Gebrauchswertorientierung, Geschäfts- und Arbeitsprozessorientierung, Funktionalität und Anschaulichkeit/Präsentation) beurteilt. Außerdem wird unterstellt, dass sich der individuelle Kompetenzstand dadurch ausdrückt, auf welchem von drei Kompetenzniveaus (funktionelle Kompetenz, konzeptuelle/prozessuale Kompetenz, ganzheitliche Gestaltungskompetenz) eine Person verortet ist, wobei sich prozessuale Kompetenz oft auf die Beherrschung vollständiger Arbeits- und Kernarbeitsprozesse bezieht (Spöttl, Becker

& Musekamp, 2011). Als Basis des angesprochenen Modells dient die gestaltungsorientierte Didaktik Rauners (Rauner, Grollmann & Martens, 2007), die auf normativen und bildungstheoretischen Überlegungen und Vorstellungen fußt.

Ein berufspädagogisches Kompetenzkonzept, das eher an lerntheoretische und kognitionspsychologische Überlegungen anknüpft, legen Straka und Macke (2010a) vor. Anhand eines begrifflich-kategorialen Rahmens für das Handeln und seine Bedingungen definieren sie Kompetenz als „Einheit von Kenntnis und Wissen über Sachen, Andere und sich selbst, motorischen, kognitiven Handlungsdispositionen und Orientierungsdispositionen wie Motiven, Emotiven sowie Werten" (Straka & Macke, 2010b, S. 447). Den Autoren liegt in besonderer Weise daran, dass die Einführung des Kompetenzbegriffs nur dann Sinn macht, wenn damit mehr gemeint ist als Fähigkeit und Fertigkeit. Angesichts der angeführten berufs- und wirtschaftspädagogischen Positionen ist die oben genannte Vorstellung zur beruflichen Handlungskompetenz zu modifizieren. (*4. Vorstellung: Berufliche Handlungskompetenz besteht aus vielen Teilfacetten (Selbst-, Sach- und Sozialkompetenz, Motiven, Emotionen, motorischen und kognitiven Handlungsdispositionen usw.), bezieht sich auf vollständige Handlungen sowie Arbeitsprozesse und kann nur ganzheitlich verstanden und erfasst werden.*)

Die skizzierten holistischen Positionen lösen eine Auffassung ab, wonach es in beruflichen Bildungsprozessen in erster Linie auf die Ausbildung *qualifizierter* Facharbeiter ankommt, welche v. a. die Bedürfnisse des Arbeitsmarkts und die beruflichen Anforderungen erfüllen sollen (z. B. Knöll, 2007). Von daher kann die Einführung des Kompetenzbegriffs als Erweiterung des Qualifikationsbegriffs betrachtet werden: Während von Qualifikation v. a. dort die Rede ist, wo Personen berufliche Aufgaben bewältigen können, umfasst der Kompetenzbegriff auch Aspekte wie subjektive Entwicklungs- und Entfaltungsansprüche sowie soziale Verantwortung (z. B. Rauner et al., 2009; Seeber & Nickolaus, 2010). In diesem Sinne besteht zwischen Kompetenz und beruflicher Mündigkeit (z. B. Jungkunz, 1995) ein enges Verhältnis. Als beruflich mündig ist eine Person zu bezeichnen, die über berufliche Handlungskompetenz verfügt, was bedeutet, dass sie nicht nur den gestellten fachlichen Anforderungen gerecht wird, sondern sich als Individuum in den Arbeitsprozess und in soziale Beziehungen reflektiert einbringen kann. (*5. Vorstellung: Berufliche Handlungskompetenz impliziert berufliche Mündigkeit.*)

Bereits diese knappen Ausführungen verdeutlichen, wie viele normative und theoretische Ansprüche mit beruflicher Handlungskompetenz assoziiert werden. Weitgehende Einigkeit scheint dahingehend zu bestehen, dass mit beruflicher Handlungskompetenz die berufliche Handlungsqualität in den Fokus rückt (Baethge et al., 2006). Damit gerät berufliches *Können* ins Zentrum der Kompetenzdiskussion und es liegt nahe, berufliche Handlungskompetenz als interne Bedingung aufzufassen, die beruflichem *Können* zugrunde liegt. Diese begriffliche Festlegung kann – zumindest teilweise – als Reflex auf die Diskussionen zum „trägen" Wissen verstanden werden (Renkl, 1996; Knöll, 2007; Pätzold, 2006). (*6. Vorstellung: Berufliche Handlungskompetenz stellt die Grundlage beruflichen Könnens dar.*)

Sicherlich könnten die präsentierten Vorstellungen zum Kompetenzbegriff und zur beruflichen Handlungskompetenz weiter ausdifferenziert und ergänzt werden. Wie sich zeigen wird, reichen die vorgetragenen Positionen für die hier geführte Argumentation allerdings aus.

2.3 ENTWICKLUNG EINER EMPIRISCH ZUGÄNGLICHEN ARBEITSDEFINITION

Ein Großteil der Vorstellungen, die zur beruflichen Handlungskompetenz vorgetragen wurden, erklärt sich am besten vor dem Hintergrund metaphysischer, d. h. bildungstheoretischer und -politischer Positionen. Wie bereits erwähnt, wird hier dem kritisch-rationalen Ansatz gefolgt und damit davon ausgegangen, dass mit Kompetenz reale Sachverhalte bezeichnet werden. Mit Kompetenz sind Ausschnitte der Realität angesprochen; oft enthalten Kompetenzdefinitionen auch Aussagen über die Realität. Entsprechend geht es bei der weiteren theoretischen Klärung des Kompetenzbegriffs v. a. auch darum, ob und wie ein spezifisches Kompetenzverständnis operationalisiert werden kann. Die bislang präsentierten Kompetenzvorstellungen sind also dahingehend zu prüfen, ob sie empirisch zugänglich sind.

Im Konstrukt „berufliche Handlungskompetenz“ werden einerseits verschiedene Facetten wie Motivation, Sozial-, Sachkompetenz usw. unterschieden, andererseits wird betont, dass Handlungskompetenz nur als Ganzes angemessen verstanden werden kann. Diese normative Forderung mündet oft in die Vorstellung, berufliche Handlungskompetenz nur ganzheitlich, d. h. immer als Ausdruck aller Facetten und in kompletten Handlungsvollzügen diagnostizieren zu können. Damit wird prinzipiell ausgeschlossen, die mit dem Kompetenzbegriff einhergehenden Annahmen empirisch zu prüfen: Wenn Handlungskompetenz nur ganzheitlich erfasst werden darf, d. h. eine Operationalisierung und Diagnostik einzelner Facetten nicht zulässig ist, kann nicht geprüft werden, ob und in welchen beruflichen Situationen bspw. Sozial-, Personal- und Sachkompetenz tatsächlich relevant sind. Die Forderung der ganzheitlichen Erfassung kann mit Albert (1972) als ein Versuch aufgefasst werden, das Konstrukt „berufliche Handlungskompetenz“ gegen empirische Untersuchungen zu immunisieren.

Ein weiteres Argument gegen die ganzheitliche Erfassung beruflicher Kompetenzen ergibt sich aus der Beschaffenheit konkreter Testaufgaben. Aufgabenstellungen basieren immer auf konkreten Situationen und Anforderungen, deren erfolgreiche Bewältigung spezifische Kompetenzen voraussetzen. Eine holistische Kompetenzdiagnostik, die unbenommen konkreter Anforderungen immer das Erfüllen bestimmter Kriterien voraussetzt, kann nicht qualitativ hochwertig sein: In vielen Fällen dürfte bspw. die technische Fehleranalyse keine sozialen Anforderungen stellen, wohingegen für den Umgang mit Konflikten am Arbeitsplatz technische Fähigkeiten weitgehend bedeutungslos sind. Würden bei der technischen Fehleranalyse trotzdem generell Aspekte wie Sozialverträglichkeit mitbewertet, ist zum einen mit einer unfairen Testung zu rechnen. Denn nur in Ausnahmefällen wäre den

Probanden aufgrund der Aufgabenstellung klar, dass sie bei der Aufgabenbearbeitung auch mehr oder weniger nahe liegende soziale Aspekte mitberücksichtigen sollen. Angesichts des gegenwärtigen Forschungsstands ist zum anderen davon auszugehen, dass bspw. die fachlichen Leistungen und soziale Kompetenzen empirisch unterscheidbare Dimensionen darstellen (z. B. Asendorpf, 2007). Wer also sozial kompetent ist, ist nicht zwangsläufig fachlich kompetent und umgekehrt. Eine ganzheitliche Kompetenzdiagnostik bewertet jede Leistung anhand desselben Sets von Kriterien. Eine Zusammenfassung von Aufgaben, die eher soziale Kompetenzen erfordern, und Aufgaben, die eher fachliche Leistungen erfordern, führt nicht zu konsistenten Antwortmustern, d. h. reliablen Leistungsmaßen. Eine holistische Kompetenzdiagnostik gerät also in starken Konflikt mit Testgütekriterien und kann eine empirische Prüfung postulierter Annahmen im Einzelfall unmöglich machen. Auf überzeugende Weise wird dieses Argument von aktuellen Studien zur Erfassung berufsfachlicher Kompetenzen untermauert, in denen es trotz der Konzentration auf einen schmalen Ausschnitt berufsfachlicher Kompetenz nicht gelingt, vollständig zufriedenstellende Skalenreliablitäten zu erreichen (Gschwendtner, 2011; Gschwendtner, Abele & Nickolaus, 2009; Nickolaus et al., 2011b). Auf die Risiken breiter Konstruktdefinitionen weist auch Kane in seinem Aufsatz zur Messfehlertheorie hin: „The more broadly defined constructs tend to be more useful, but they also involve more inferential risk and uncertainty“ (Kane, 2010, S. 32). Insofern ist mit Blick auf die verschiedenen Facetten der beruflichen Handlungskompetenz eine separate Operationalisierung und Erfassung einzelner Kompetenzfacetten ratsam. Falls Dimensionalitätsprüfungen zeigen, dass verschiedene Facetten dasselbe Konstrukt abbilden, ist anschließend eine empirisch begründete Zusammenfassung dieser Facetten möglich. Natürlich ist die Validität der dabei entstehenden Konstrukte wiederum einer Prüfung zu unterziehen. Die empirische Forschung kann dem Prinzip der Ganzheitlichkeit demnach nur durch die mühevolle Arbeit nachkommen, die Vielzahl postulierter Facetten separat zu operationalisieren und die damit verbundenen Hypothesen schrittweise empirisch zu prüfen. Perspektivisch kann ein solches Vorgehen in umfassende Kompetenzprofile münden, die subjektspezifische Angaben zu verschiedenen Facetten beruflicher Handlungskompetenz enthalten. Insgesamt betrachtet scheidet gegenwärtig eine ganzheitliche Kompetenzdiagnostik aber sowohl aus Gründen der Immunisierung als auch aus Gründen der Reliabilität sowie Fairness heterogener Tests aus (vgl. dazu auch die Einschätzung von Hartig & Klieme, 2006).

Aus den genannten Gründen bietet es sich in der vorliegenden Arbeit an, sich bei der Definition *berufsfachlicher Kompetenz* auf den Aspekt der *Sachkompetenz* zu beschränken. Bader (1989) definiert „Sachkompetenz als die Fähigkeit und Bereitschaft, Aufgabenstellungen selbstständig, fachlich richtig, methodengeleitet zu bearbeiten und das Ergebnis zu beurteilen“ (S. 75). In Anlehnung an dieses Zitat stellt berufsfachliche Kompetenz die Grundlage qualitätvollen berufsfachlichen Handelns dar, wobei die Handlungsqualität insbesondere davon abhängt, ob berufliche Anforderungen selbstständig, fachlich richtig und methodengeleitet bewältig sowie fachliche Ergebnisse angemessen beurteilt werden können.

Vor dem Hintergrund dieser Definition und der bisherigen Ausführungen wird berufsfachliche Kompetenz hier als Teil beruflicher Handlungskompetenz und differenzielles Konstrukt sowie als erwerbbare und anforderungsbezogene Disposition aufgefasst, die qualitätvolles berufliches Handeln ermöglicht. Im Lichte dieser Arbeitsdefinition stellt berufsfachliche Kompetenz eine komplexe psychische Disposition dar.

In Anlehnung an Straka und Macke (2010b) können personenbezogene und anforderungsbezogene Dimensionen der berufsfachlichen Kompetenz unterschieden werden. Zu den personenbezogenen Dimensionen gehören verschiedene psychische Eigenschaften (z. B. Wissen und Motivation), zu den anforderungsspezifischen Dimensionen die Gegebenheiten außerhalb der handelnden Person. Bevor in den nächsten Kapiteln geklärt wird, welche Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz hier explizit berücksichtigt werden, wird die vorgelegte Arbeitsdefinition kurz diskutiert.

2.4 DISKUSSION

Im Vergleich zum Anspruch einer ganzheitlichen Kompetenzauffassung mag die vorgelegte berufsfachliche Kompetenzdefinition enttäuschen, denn sie beinhaltet explizit weder Sozial- und Personalkompetenzen noch generell Kriterien wie Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit, Kreativität, Arbeitsprozessorientierung usw. Die Exklusion dieser Aspekte erfolgt auf Grundlage des kritischen Rationalismus, der einen echten Erkenntnisfortschritt dort gegeben sieht, wo theoretisch unterschiedene Konstrukte auch separat operationalisiert werden können. Erst dadurch können mit diesen Konstrukten assoziierte Hypothesen empirisch geprüft werden. Ganzheitliche Kompetenzdefinitionen, welche die gleichzeitige Operationalisierung aller postulierten Kompetenzfacetten verlangen, verhindern solche differenzierten empirischen Untersuchungen. Demzufolge ist einer Anreicherung des berufsfachlichen Kompetenzbegriffs mit den genannten Aspekten (Sozial- und Personalkompetenz, Umweltverträglichkeit usw.) diagnostisch nur durch eine differenzierte Operationalisierung beizukommen, was aus pragmatischen Gründen hier nicht geleistet werden kann. Zudem wurde bereits zu Beginn darauf hingewiesen, dass eine Problemreduktion auch aus forschungsmethodischen Gründen ratsam ist (Popper, 2005b). Prinzipiell können aber Aspekte wie bspw. Umweltverträglichkeit in die gewählte Definition integriert werden.

Vorgeworfen werden könnte dem favorisierten Kompetenzverständnis, dass Aspekte der beruflichen Mündigkeit nicht konsequenter aufgegriffen werden. Dem ist allerdings entgegenzuhalten, dass berufsfachliche Kompetenz sicherlich eine zentrale Voraussetzung für berufliche Mündigkeit darstellt. Um die berufliche Mündigkeit einer Person bestimmen zu können, müssten neben berufsfachlicher Kompetenz aber weitere Kompetenzfacetten (wie z. B. deren Kritikfähigkeit oder gesellschaftliches Engagement) berücksichtigt werden. Über welche weitere, d. h. über berufsfachliche Kompetenz hinausgehende psychische Vorrausetzungen eine

beruflich mündige Person verfügen muss, ist gegenwärtig unklar. Damit bleibt festzuhalten, dass durch die Beschränkung auf berufsfachliche Kompetenz zwar einerseits einige Aspekte der beruflichen Mündigkeit nicht explizit fokussiert werden, andererseits wird jedoch ein noch hinreichend komplexes und heterogenes Phänomen empirisch klarer fassbar, das auch einen wichtigen Bestandteil beruflicher Mündigkeit repräsentiert.

Mit der getroffenen definitorischen Entscheidung zieht man sich auch die Kritik von Straka und Macke (2010b) zu, die ein deutlich weiter gefasstes Kompetenzverständnis vorlegen und aus deren Sicht bspw. die stärkere Betonung des Kontext- und des Handlungsbezugs nicht ausreicht, um die Einführung des Kompetenzbegriffs zu rechtfertigen. Allerdings kann die von Straka und Macke geführte Argumentation hier nur schwer genutzt werden, denn die Autoren betonen zwar, dass auch ein holistisches Kompetenzkonstrukt einer empirischen Validierung offen steht, allerdings bleibt die Grundlage dieser Aussage unklar: Der Leser erfährt weder konkret, wie eine umfassende Operationalisierung aussehen könnte noch werden zur Fundierung der Aussage Beispiele anderer empirischer Forschungsbereiche angeführt. Wichtig ist jedoch die von den Autoren eingeführte regulative Idee, den holistischen Kompetenzbegriff als „ultimate goal“ im Blick zu behalten (Straka & Macke, 2010b, S. 447). Die vorgelegte Arbeitsdefinition ermöglicht einen wichtigen Schritt in Richtung dieses Ziels, das vermutlich nur zu erreichen ist, wenn einzelne Kompetenzdimensionen separat operationalisiert sowie Dimensionsprüfungen durchgeführt werden und allmählich ein facettenreiches, anforderungsspezifisches und empirisch geprüftes Modell berufsfachlicher Kompetenz entsteht. Hier wird letztlich die Position vertreten, dass die Fokussierung auf konkrete Anforderungen und berufliches Handeln die Einführung des Kompetenzbegriffs legitimiert, denn dadurch geraten berufliches Können und konkretes Handeln in den Fokus, wovon nicht zuletzt didaktische und diagnostische Prozesse profitieren können.

3 PSYCHOLOGISCHE MODELLIERUNG BERUFSFACHLICHEN HANDELNS

Bislang wurde berufsfachliche Kompetenz relativ allgemein als psychische Voraussetzung erfolgreichen berufsfachlichen Handelns bezeichnet. Offen blieb, welche personenbezogenen Dimensionen mit berufsfachlicher Kompetenz angesprochen sind. Diese Frage kann nur dann geklärt werden, wenn die psychischen Prozesse verstanden werden, die berufsfachlichem Handeln zugrunde liegen. Entsprechend zielt das folgende Kapitel darauf ab, die angesprochenen Prozesse theoriegeleitetet und empirisch fundiert zu modellieren, wobei nur ausgewählte Aspekte berücksichtigt werden. Dabei wird thematisiert, welche psychischen Systeme in berufsfachliches Handeln involviert sind, welche spezifische Rolle diese Systeme spielen und wie diese Systeme interagieren. Zunächst gilt die Aufmerksamkeit allerdings der Frage, welcher theoretische Ansatz zur psychologischen Modellierung berufsfachlichen Handelns herangezogen wird.

3.1 THEORETISCHER MODELLIERUNGSANSATZ: VORZÜGE MODERNER KOGNITIVER ARCHITEKTUREN

Fachliches Handeln wird in der Berufsbildungsforschung oft auf Basis der Handlungsregulationstheorie modelliert (z. B. Schelten, 1995). Im Rahmen dieser Theorie, die von großem heuristischem Wert sein kann, werden jedoch weder unbewusste psychische noch motivationale Aspekte des Handelns berücksichtigt (Schelten, 2009). Wie sich zeigen wird (vgl. Kapitel 3.2), spielen diese Aspekte aber im Hinblick auf berufliches Handeln eine beachtenswerte Rolle. Daher wird hier auf einen anderen Modellierungsansatz zurückgegriffen.

Gelegentlich wird im berufsbildenden Kontext auch auf kognitive Architekturen zurückgegriffen (z. B. Fortmüller, 1997; Gruber, 1999; Winther, 2010). Kognitive Architekturen stellen Computerprogramme dar, die auf Basis kognitionspsychologischer und lerntheoretischer Erkenntnisse entwickelt wurden, und darauf abzielen, menschliches Handeln aus einer psychologischen Perspektive zu modellieren. Insbesondere die folgenden Punkte sprechen für den Rückgriff auf kognitive Architekturen: (1) Die computerbasierte Modellierung realen Handelns erfordert, Befunde (hoch-)spezialisierter Forschungsarbeiten vor dem Hintergrund menschlichen Handelns zu einem funktionsfähigen Ganzen zusammenzufügen. (2) Der Vergleich computersimulierter Daten mit konkretem Probandenverhalten ermöglicht eine systematische empirische Prüfung der mit der Theorie verbundenen Hypothesen. (3) Bei hoher Übereinstimmung der computerbasierten und empirischen Daten

können differenzierte Analysen der computersimulierten Arbeitsschritte auch Hinweise dazu liefern, wie „reale“ Probanden bei der Bearbeitung bestimmter Aufgaben vorgehen.

Bei Gigerenzer (2008) findet sich ein oft gegenüber kognitiven Architekturen geäußerter Kritikpunkt, wonach menschliches und „maschinelles“ Handeln grundsätzlich nicht gleichzusetzen sind. Im Wesentlichen bezieht sich diese Kritik auf ein Defizit, das in neueren Architekturen ausgeräumt wurde: Ältere kognitive Architekturen, wie sie bspw. im Rahmen des Ansatzes zum *General Problem Solver* entstanden, greifen bei der Handlungsmodellierung überwiegend auf allgemeine Heuristiken zurück (Funke, 2003; Gruber, 1994). In modernen kognitiven Architekturen, wie CLARION, spielt spezifisches Wissen dagegen eine zentrale Rolle.

3.2 CLARION: EIN ANSATZ ZUR MODELLIERUNG BERUFSFACHLICHEN HANDELNS

Die Abkürzung CLARION (*connectionist learning with adaptive rule induction online*) steht für eine kognitive Architektur und die integrative Modellierung der menschlichen Kognition und daraus resultierenden Handelns (z. B. Sun, 2002, 2003; Sun, Sluszarz & Terry, 2005). Die Grundauffassung von CLARION besteht darin, dass Kognition nur im Kontext von Umweltfaktoren und Motivation richtig verstanden werden kann: Kognition nimmt eine Mittlerfunktion zwischen Umwelt und subjektiver Motivation ein, indem sie die Verarbeitung umweltlicher Gegebenheiten ermöglicht und somit für die Erfüllung eigener Ziele und Bedürfnisse nutzbar macht (Sun, 2007). Bei der folgenden Darstellung von CLARION wird nur dort explizit auf Literatur verwiesen, wo nicht aus Sun (2003) zitiert wird.

3.2.1 Ausgewählte Grundannahmen

Für ein besseres Verständnis werden zu Beginn einige konstruktionsleitende Annahmen von CLARION erläutert.

Handeln als Resultat unbewusster und bewusster psychischer Vorgänge

Die Grundannahme von CLARION ist, dass menschliches Handeln prinzipiell sowohl auf unbewussten als auch auf bewussten psychischen Vorgängen basiert, wobei explizites und implizites Wissen eine wichtige Rolle spielen.

Implizites und explizites Wissen

Mit der Unterscheidung zwischen explizitem und implizitem Wissen integriert CLARION Befunde verschiedener Experimentalstudien, bei denen Probandenleistungen nur unzureichend mit explizierbarem Wissen erklärt werden konnten. Die Dissoziation von explizitem Wissen und Probandenleistung wird üblicherweise damit begründet, dass unbewusstes, d. h. implizites, aber handlungsrelevantes Wissen erworben worden war. Typischerweise wird implizites Wissen mit künstlichen Grammatiklern-, seriellen Reaktionszeit- und komplexen Prozesssteuerungsaufgaben untersucht (Sun, 2002). Am Beispiel von Reaktionszeitaufgaben lässt sich das Phänomen impliziten Wissens gut veranschaulichen: Bei seriellen Reaktionszeitaufgaben müssen Probanden schnellstmöglich auf sequentiell dargebotene Stimuli reagieren. Die Versuchsanordnung besteht für gewöhnlich aus mehreren Tasten und Lichtern. Die Probanden erhalten den Auftrag, eine Taste zu drücken, wenn das zugehörige Licht leuchtet. Zunächst bekommen die Versuchsteilnehmer zufällige Lichterfolgen zur Bearbeitung präsentiert, nach Abschluss der Übungsphase werden zufällige *und* regelmäßige Sequenzen vorgegeben. Charakteristisch für diesen Aufgabentyp ist einerseits, dass die Probanden die regelmäßigen Sequenzen mit zunehmendem Übungsumfang schneller bearbeiten können als die zufälligen, andererseits ist die regelmäßige Lichterfolge den Probanden nicht bewusst. Ähnlich wie bei künstlichen Grammatikaufgaben, bei denen Probanden mit fortschreitender Übung die grammatikalische Korrektheit dargebotener Symbolreihen besser beurteilen, die dahinterliegenden Regeln aber nicht benennen können, wurde hier implizites Wissen erworben.

Ein wesentlicher definitorischer Unterschied zwischen explizitem und implizitem Wissen liegt in der kognitiven Zugänglichkeit beider Wissensarten: Explizites Wissen ist dem menschlichen Bewusstsein ohne größere kognitive Anstrengung zugänglich, während implizites Wissen unbewusst ist und nur indirekt über Transformationsprozesse bewusst gemacht werden kann (Sun, Zhang, Sluszarz & Mathews, 2007b). Für die Unterscheidung von explizitem und implizitem Wissen ist folglich wichtig, was unter Bewusstsein verstanden wird. Damit gerät ein sehr komplexes Phänomen in den Blick, das hier nur anhand einer zielorientierten Arbeitsdefinition beschrieben werden kann. Roth (2003) spricht dann von Bewusstsein, wenn eine Person einen *Zustand wahrnimmt* und wenn sie diesen *Zustand verbalisieren* kann. Wenn über bestimmte Wahrnehmungen gesprochen werden kann, bedeutet dies auch, dass ihnen *Sinn* und *Bedeutung* beigemessen wird (Damassio, 2011). Vor diesem Hintergrund wird hier von explizitem Wissen gesprochen, wenn über *mentale Repräsentationen sinnvoll gesprochen* werden kann. *Mental repräsentierte Informationen* wie bspw. innere Bilder, Gefühle, Gerüche, unverarbeitete Gedanken- oder Sprachfetzen, die *nicht verbalisierbar* sind, werden dagegen als implizites Wissen bezeichnet. Unterstellt wird, dass dieses Wissen handlungsrelevant sein kann, obwohl es nicht bewusst zugänglich ist.

Auf der Basis expliziten Wissens bearbeitete Aufgaben erfordern analytisches und regelhaftes Vorgehen und werden oft mit einer geringen Fehlerquote gelöst. Die Verwendung impliziten Wissens birgt dagegen ein größeres Fehlerrisiko und

entspricht intuitivem Vorgehen (Sun, Mathews & Lane, 2007a). Implizite Aufgabenbearbeitung kann als Vorgang gedacht werden, bei dem die aktuelle Situation zu einer direkten Aktivierung unbewusster Wissensstrukturen führt, die relevante Informationen enthalten. Am Beispiel der oben besprochenen Reaktionszeitaufgaben bedeutet dies, dass auf eine bekannte Lichterfolge direkt und unbewusst mit dem Drücken bestimmter Tastenkombinationen geantwortet wird.

3.2.2 Überblick über Struktur und Funktionsweise der kognitiven Architektur

In CLARION wird zwischen handlungsbezogenem und nicht handlungsbezogenem Wissen unterschieden. Analog dazu findet die separate Modellierung eines *handlungsbezogenen Wissenssystems* (HBS) und eines *nicht handlungsbezogenen Wissenssystems* (NHBS) statt (vgl. Abbildung 1).

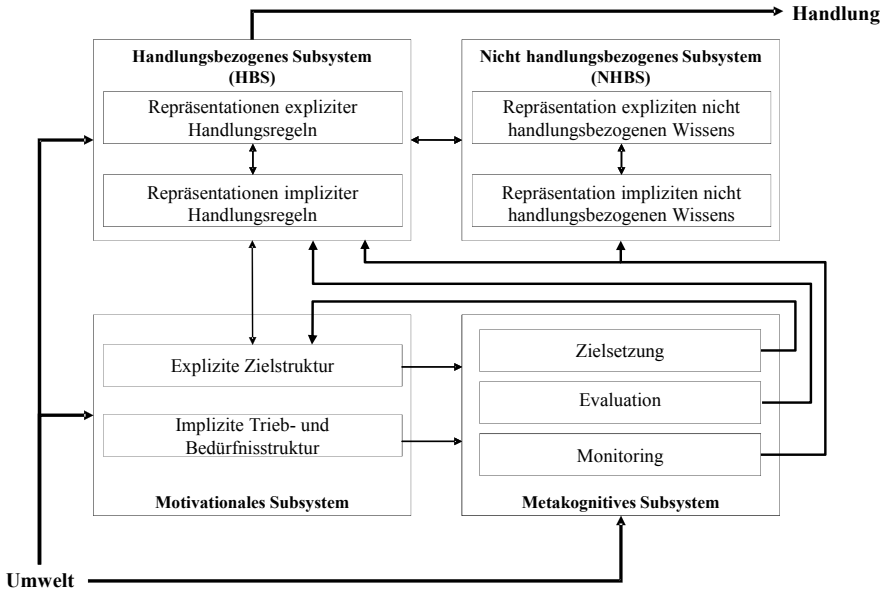


Abbildung 1: Struktur der kognitiven Architektur CLARION (in Anlehnung an Sun, 2006)

Sowohl handlungsbezogenes als auch nicht handlungsbezogenes Wissen kann in expliziter und impliziter Form vorliegen, weshalb die beiden Wissenssysteme (HBS und NHBS) jeweils zwei Module umfassen. Während das handlungsbezogene Wissenssystem im Wesentlichen für mentale oder die Umwelt betreffende Operationen und die Repräsentation von Handlungswissen verantwortlich ist, dient das NHBS der Speicherung statischen Wissens, d. h. von Wissen ohne direkten Handlungsbezug. CLARION beinhaltet zudem zwei Supervisionssysteme: Erstens, das *motivationale System*, das subjektive Bedürfnis-, Trieb- und Zielstrukturen repräsentiert,

und zweitens, das *metakognitive System*, dessen Aufgabe in der Zielsetzung, Evaluation und im Monitoring geistiger Prozesse besteht. Auch in den beiden Supervisionssystemen können sowohl bewusste als auch unbewusste Prozesse ablaufen.
Eine erste Vorstellung dazu, wie die Systeme interagieren und ein Handlungsvorgang mit CLARION modelliert werden kann, vermitteln die folgenden, mit Blick auf Abbildung 1 gemachten Ausführungen. Bei diesen Ausführungen wird davon ausgegangen, dass eine bestimmte Aufgabe zu bearbeiten ist.

1. *Zielfindung*: Zunächst wird die zu bearbeitende Aufgabe (*Umwelt*) wahrgenommen und vor dem Hintergrund externer und interner Informationen ein Handlungsziel ermittelt. Für die Setzung des Handlungsziels kombiniert das metakognitive System (*Zielsetzung*) Informationen zur aktuellen Bedürfnislage (*implizite Trieb- und Bedürfnisstruktur*) sowie aus der Umwelt stammende Zielinformationen. Falls der *explizite Zielspeicher* des motivationalen Systems ebenfalls relevante Informationen enthält, fließen auch diese in die Zielfindung ein. Relevante explizite Zielinformationen liegen z. B. vor, wenn das handlungsbezogene Wissenssystem (HBS) dem Zielspeicher ein wichtiges Unterziel für den nächsten Arbeitsschritt übergeben hat. Das metakognitive Modul trifft abhängig von allen zielrelevanten Informationen die Entscheidung, welches Ziel in der gegenwärtigen Situation verfolgt wird und übergibt dieses Ziel dem expliziten Zielspeicher (motivationales System).

2. *Handlung*: Der explizite Zielspeicher motiviert das *handlungsbezogene Wissenssystem* dazu, nach zielgerechten Handlungsoptionen zu suchen. Im handlungsbezogenen Wissenssystem wird unter Berücksichtigung der Zielsetzung und weiterer Inputinformationen zunächst parallel im expliziten und impliziten Modul (obere und untere Ebene des HBS) nach geeigneten Handlungsoptionen gesucht und anschließend die geeignetste der gefundenen Optionen ausgeführt. Sofern die Aufgabenstellung auch statisches Wissen erfordert, wird auch das NHBS einbezogen. Hierbei können analog zum handlungsbezogenen Wissenssystem sowohl implizite als auch explizite Wissensbestände eine Rolle spielen.

3. *Prozessüberwachung und -evaluation*: Nachdem der Handlungsschritt vollzogen wurde, überprüft das metakognitive System, inwieweit die Handlung der Zielerreichung dient (*Evaluation*), und es spielt dem handlungsbezogenen Wissenssystem relevante Verstärkungs- oder Abschwächungsinformationen für den Wissensaufbau zu. Dem metakognitiven System obliegt zudem das *Monitoring* (Überwachung) des Gesamtprozesses, wobei das handlungsbezogene Wissenssystem die Steuerfunktion zumindest teilweise übernehmen kann, wenn die Zielstellung klar ist und entsprechendes aufgabenspezifisches Handlungswissen vorliegt. Nicht zuletzt daran lässt sich die Relevanz des handlungsbezogenen Wissenssystems und der dort repräsentierten Handlungsmöglichkeiten erkennen.

3.2.3 Rolle des handlungsbezogenen Wissenssystems

Die Entscheidung für verschiedene interne oder externe, d. h. auf die Umwelt gerichtete Handlungen ist eine wesentliche Aufgabe des handlungsbezogenen Wissenssystems. Dabei wird sowohl auf *explizite Handlungsregeln* als auch auf *implizite Handlungsstrukturen* zurückgegriffen. Implizite Entscheidungen werden im unteren Modul des HBS getroffen (in Abbildung 1 als Repräsentationen impliziter Handlungsstrukturen bezeichnet), explizite Entscheidungen werden im oberen Modul des HBS gefällt (in Abbildung 1 als Repräsentationen expliziter Handlungsregeln bezeichnet).

Konkrete Handlungsoptionen werden innerhalb des oberen und unteren Moduls und unter Berücksichtigung der motivationalen Informationen sowie des Arbeitsgedächtniseintrags[1] ausgewählt.[2] Im unteren Modul werden abhängig von diesem Input *implizite Handlungsstrukturen* aktiviert, die eine adäquate Reaktion auf die vorliegende Situation in Aussicht stellen. In CLARION liegen für jede Handlungsmöglichkeit Qualitätsparameter vor, die anzeigen, wie nützlich eine Handlung bisher in bestimmten Situationen war. Die Qualitätsparameter sind das Ergebnis impliziter Lernprozesse, die darauf ausgerichtet sind, Handeln unter dem Gesichtspunkt der Erfolgsmaximierung zu optimieren. Damit leiten Nützlichkeitsbewertungen den Handlungsprozess: Ausgeführt wird immer die implizite Handlungsstruktur, die als am nützlichsten eingeschätzt wird. Was im Einzelfall als nützlich empfunden wird, hängt von der Zielsetzung ab, die wiederum in Abhängigkeit von der subjektiven Motivationsstruktur, externem Feedback und der gestellten Aufgabe bestimmt wird. Da in CLARION unterstellt wird, dass menschliche Handlungen auch zufälligen Schwankungen unterliegen, wird zudem ein Störfaktor berücksichtigt, dessen Bedeutung mit zunehmender Routine geringer wird. Aus dem impliziten Entscheidungsprozess resultieren prinzipiell drei verschiedene Handlungen: Erstens können Handlungen auf die Umwelt gerichtet sein (z. B. wenn eine Zahl notiert wird), zweitens können sich Handlungen auf die Löschung bzw. die Aktivierung von Informationen im Arbeitsgedächtnis beziehen (z. B. wenn eine andere Zahl aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen wird) und drittens kann nach Abarbeitung eines Ziels die Handlung darin bestehen, ein Folgeziel zu setzen (z. B. wenn nach dem Notieren einer Zahl eine andere Zahl notiert werden soll).

Analog zum impliziten Handeln aktivieren die aktuellen Statusinformationen auch verschiedene, zur Situation passende *explizite Handlungsregeln*. Zwischen dem Input und den expliziten Handlungsregeln findet ein Abgleich statt; im Falle

1 Das Arbeitsgedächtnis enthält bspw. sensorische Informationen oder Informationen des nicht handlungsbezogenen Subsystems. Auf die Rolle des Arbeitsgedächtnis innerhalb des CLARION-Ansatzes wird hier nicht eingegangen: Zum einen ist dies für ein Verständnis der kommenden Ausführungen nicht nötig, zum anderen stimmen die theoretischen Vorstellungen zum Arbeitsgedächtnis größtenteils mit dem in Kapitel 8.2.2 ausführlich dargestellten Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley überein (Sun, 2003).

2 Es sei darauf hingewiesen, dass in CLARION – im Unterschied zu anderen kognitiven Architekturen wie z. B. ACT-R (Anderson et al., 2004) – die Rolle des motorischen Subsystems nicht thematisiert wird.

einer ausreichenden Übereinstimmung werden bestimmte Regeln und damit bestimmte Handlungsoptionen aktiviert. Welche Regel Anwendung findet, ergibt sich aus dem Vergleich der Erfolgswahrscheinlichkeiten aller aktivierten Regeln. Die Erfolgswahrscheinlichkeit einer Regel beschreibt, wie häufig die Anwendung einer Regel in vorangegangenen ähnlichen Situationen zum Erfolg, d. h. zu einem subjektiv befriedigenden Handlungsresultat geführt hat. Auch hier bestimmen also Nützlichkeitsüberlegungen die Auswahl einer Handlungsoption und auch hier beziehen sich getroffene Handlungsentscheidungen auf die Umwelt, das Arbeitsgedächtnis oder die Aktualisierung der Zielinformation. Im Unterschied zu impliziten Handlungsstrukturen wird bei der Auswahl expliziter Handlungsregeln jedoch eine bewusste, d. h. überlegte Entscheidung getroffen.

Nachdem beide Module jeweils unabhängig voneinander eine Auswahl der aussichtsreichsten Handlungsoption getroffen haben, werden die Ergebnisse beider Ebenen kombiniert. Diese Kombination kann auf unterschiedliche Arten erfolgen: Je nachdem, ob der Aufgabenzuschnitt und das Lernsetting eher implizite oder explizite Handlungen begünstigen, werden die Ausgaben des unteren bzw. oberen Moduls bevorzugt. Falls die situativen Rahmenbedingungen beide Ebenen gleichermaßen ansprechen, erhalten weder die impliziten Handlungsstrukturen noch die expliziten Handlungsregeln Vorrang und die Handlungsentscheidung erfolgt auf Basis einer integrativen Verarbeitung von impliziten und expliziten Nützlichkeitsbewertungen.

Vor diesem Hintergrund und unter Berücksichtigung der anderen Systeme lässt sich der Handlungsvorgang vereinfachend wie folgt beschreiben: Zunächst wird die aktuelle Situation erfasst, dann treffen das untere und obere Modul unabhängig voneinander auf Basis modulimmanenter Informationen eine Handlungsentscheidung, anschließend werden die Ergebnisse beider Module kombiniert. Falls es das metakognitive System zulässt, wird die ausgewählte Handlungsoption realisiert, wodurch eine neue Situation entsteht. Ein vom metakognitiven System durchgeführter Vergleich der neuen und der vergangenen Situation steuert den im expliziten und impliziten Handlungsmodul ablaufenden Lernprozess. Dieser Zyklus wiederholt sich solange bis die zu bewältigende Aufgabe erledigt ist (Sun, 2007). In diesen Handlungsprozess ist häufig auch das nicht handlungsbezogene Wissenssystem einbezogen.

3.2.4 Rolle des nicht handlungsbezogenen Wissenssystems

Das nicht handlungsbezogene Wissenssystem (NHBS) steht oft unter der Kontrolle des handlungsbezogenen Wissenssystems und ist für die Speicherung und Bereitstellung von statischem Wissen verantwortlich, das zur Bewältigung fachlicher Aufgaben wie z. B. Lesen oder fachspezifischem Problemlösen benötigt wird. *Implizites statisches Wissen* ist im unteren Modul des NHBS repräsentiert (in Abbildung 1, S. 33 als Repräsentation impliziten statischen Wissens bezeichnet), *explizites statisches Wissen* hingegen im oberen Modul des NHBS (in Abbildung 1, S. 33 als Repräsentation expliziten statischen Wissens bezeichnet).

Auf statisches Wissen wird typischerweise zurückgegriffen, wenn kein Handlungswissen zur Bewältigung aktueller Anforderungen verfügbar ist. In diesem Fall wird das statische Wissen aktiviert, das am besten zur aktuellen Anforderung passt. Falls ausschließlich implizites statisches Wissen vorliegt, wird dieses rasch und unbewusst aktiviert. Falls explizites statisches Wissen verfügbar ist, kann es bewusst in die Überlegungen einbezogen werden. Mit der Aktivierung statischen Wissens wird i. d. R. das Ziel verfolgt, neues und geeignetes Handlungswissen zu entwickeln, was oft auf der Basis wissensbasierter Urteile und/oder wissensbasierter Schlussfolgerungen geschieht.

Sun (2003) unterscheidet u. a. die folgenden beiden Formen wissensbasierter Schlussfolgerungen: (1) *forward chaining* und (2) Analogieschließen. Beide Formen werden zwar vom handlungsbezogenen und metakognitiven System initiiert und unterstützt, schwerpunktmäßig laufen sie aber im nicht handlungsbezogenen Wissenssystem ab.

(1) Beim *forward chaining* und bewusster Informationsverarbeitung werden explizite Wissensbestände gedanklich „durchschritten", um nach Antworten auf eine Frage zu suchen. Dieser Vorgang sei anhand des folgenden Beispiels illustriert (Sun & Zhang, 2006, S. 4): Gewusst wird, dass alle Pflanzen von einer bestimmten Schädlingsart befallen werden und dass Rosen Pflanzen sind. Bisher noch unbekannt ist, ob Rosen von der genannten Schädlingsart befallen werden. Die zu beantwortende Frage lautet also: Werden Rosen von einer bestimmten Schädlingsart befallen? Um diese Frage zu beantworten, wird auf das nicht handlungsbezogene Wissenssystem zurückgegriffen. Zunächst „übergibt" das handlungsbezogene Wissenssystem das Konzept „Rose" dem nicht handlungsbezogenen Wissenssystem, wodurch dieses Konzept im NHBS aktiviert wird. Damit werden auch alle anderen mit diesem Konzept assoziierten Konzepte angeregt. Im vorliegenden Fall führt dies zur Aktivierung des Konzepts „Pflanze", was mit der Erkenntnis einhergeht, dass Rosen Pflanzen sind. Mit dem Konzept „Pflanze" ist auch die Information verbunden, dass alle Pflanzen für die bettreffende Schädlingsart anfällig sind, und daraus geschlossen, dass auch bei Rosen mit einem Schädlingsbefall zu rechnen ist, wodurch die Frage beantwortet werden kann. (2) Bei Analogieschlüssen reicht eine partielle Übereinstimmung von wahrgenommenen und aktivierten Konzepten aus. Etwa könnte ein dargebotener Apfel auch das Konzept „Birne" aktivieren, was den Umfang möglicher Folgerungen erweitert: Durch die Aktivierung ähnlicher Konzepte ist das Denken nicht auf die aktuelle Situation begrenzt, sondern es können auch weitere Informationen in die Überlegungen einbezogen werden.

3.2.5 Rolle des motivationalen und metakognitiven Systems

Das motivationale System speist sowohl implizite (*implizite Trieb- und Bedürfnisstruktur*) als auch explizite Zielinformationen (*expliziter Zielspeicher*) in den kognitiven Verarbeitungsprozess ein (vgl. Abbildung 1, S. 33). Angeborene und im Laufe der persönlichen Entwicklung entstandene individuelle Triebstrukturen und Bedürfnisse stellen implizite Antriebe dar (elementare Bedürfnisse wie z. B. Essen,

Gefahrenvermeidung, Sexualität oder soziale Einbindung). Explizite Ziele werden vom handlungsbezogenen Wissenssystem und/oder vom metakognitiven System festgelegt und ergeben sich bspw. aus einer konkreten Aufgabenstellung. Das motivationale System liefert die Grundlage für Entscheidungen wie z. B., welche Ziele sind individuell wertvoll und daher erstrebenswert und welche Rückmeldung wird als befriedigend und motivierend empfunden. Damit stellt das motivationale System wichtige Informationen dazu zur Verfügung, welche Handlung ausgeführt werden soll.

Für das metakognitive System sind sowohl die impliziten als auch expliziten Zielinformationen des motivationalen Systems relevant, denn aus diesen ermittelt es in Kombination mit aktuellen sensorischen Informationen die aktuelle handlungsleitende *Zielsetzung*. Die gesetzten Ziele werden vom metakognitiven System im expliziten Zielspeicher (motivationales System) abgelegt und erreichen von dort aus das handlungsbezogene Wissenssystem. Für das Aufrechterhalten und Unterbrechen kognitiver Prozesse im handlungsbezogenen und nicht handlungsbezogenen Wissenssystem sind interne Bewertungen sowie externe Belohnungen relevant. Letztlich können aber auch externe Stimuli nur vor dem Hintergrund interner Bedürfnisse (die im motivationalen System repräsentiert sind) bewertet werden. Das *Evaluationsmodul* übernimmt die Aufgabe der Lernverstärkung und kognitiven Überwachung. Technisch gesprochen meldet es dem handlungsbezogenen und nicht handlungsbezogenen Wissenssystem Werte zurück, die z. B. zu einer Verfestigung oder einer Abschwächung bestimmter Handlungsweisen führen. Das *Monitoringmodul* ist u. a. für die Aufmerksamkeitssteuerung, die Auswahl eines Lernmechanismus (z. B. explizit oder implizit) bzw. einer kognitiven Strategie (z. B. *forward chaining*) verantwortlich. Die Entscheidung, ob bei der Bewältigung bestimmter Aufgaben implizite und/oder explizite Denkprozesse angestoßen werden, basiert u. a. auf der Art der Aufgabe und dem Routinegrad. Routinetätigkeiten laufen meist rasch und unbewusst ab. Inwieweit und wie genau das metakognitive System die beiden Wissenssysteme tatsächlich beeinflusst, kann nur vor dem Hintergrund individueller Voraussetzungen und der gestellten Aufgabe entschieden werden (Sun, 2007). Generell stellt das metakognitive System die zentrale Überwachungseinheit des Denkprozesses dar.

3.2.6 Empirische Fundierung

Zur empirischen Fundierung von CLARION werden neurowissenschaftliche Befunde und Ergebnisse aus Simulationsstudien[3] herangezogen.

3 In Simulationsstudien wird Probanden eine Lernaufgabe vorgegeben, deren Lösungsquoten und -zeiten werden dokumentiert und anschließend mit simulierten Daten verglichen. Die simulierten Daten entstammen einer kognitiven Architektur, anhand derer menschliches Lernen mathematisch modelliert wird. Kritisiert wird daran gelegentlich, dass nicht alle Parameter der kognitiven Architektur a priori festgelegt werden, sondern einige Parameter mit den empirischen Probandendaten geschätzt werden. Dieses Vorgehen sei tautologisch und würde prinzipiell zu einer guten Passung der realen und simulierten Daten führen (Sun, 2009a diskutiert den

Simulationsstudien

Intensiv wurde CLARION im Rahmen von Simulationsstudien untersucht. In solchen Studien werden Ergebnisse aus Experimentalstudien mit Ergebnissen verglichen, die anhand von CLARION simuliert wurden. Falls CLARION reales Probandenverhalten gut simulieren kann, spricht dies für die empirische Tragfähigkeit des Ansatzes. Der große Vorteil von Simulationsstudien besteht darin, dass die empirische Belastbarkeit des Ansatzes nicht anhand von Einzelbefunden, sondern in einem integrativen Ansatz untersucht wird. Zwei dieser Simulationsstudien werden im Folgenden besprochen.

(1) Sun et al. (2007b) griffen in ihrer Studie auf Ergebnisse von Stanley, Mathews, Buss und Kotler-Cope (1989) zurück. Bei Stanley et al. (1989) mussten Probanden durch die Eingabe bestimmte Werte (Input) dynamische Systeme steuern. Das *erste* System simulierte das Verhalten einer Person und antwortete auf den von einem Probanden eingegebenen Input (12 verschiedene Stufen: sehr unhöflich bis liebenswert) mit einer bestimmten Reaktion (ebenfalls 12 verschiedene Stufen: sehr unhöflich bis liebenswert). Das Antwortverhalten (P) der „computersimulierten" Person hing vom vorhergehenden Output (P_1), dem aktuell erzeugten Input (W) und einer Störgröße (N) ab ($P=2*W-P_1+N$). Im *zweiten* System „Zuckerfabrik" mussten die Versuchsteilnehmer über die Eingabe der Anzahl der Arbeitskräfte (W: 100, 200…1200) eine bestimmte Produktionsmenge (P: 1000, 2000…12000) erzeugen. Für dieses System galt derselbe funktionale Zusammenhang ($P=2*W-P_1+N$).

Experimentalstudie: An der Experimentalstudie von Stanley et al. (1989) nahmen mehrere Gruppen teil, die sich hinsichtlich der erhaltenen Instruktionen unterschieden. Hier sind ausschließlich die folgenden vier Gruppen von Interesse: Die *Kontrollgruppe* steuerte beide Systeme („computersimulierte" Person und Zuckerfabrik) nur auf der Grundlage einführender Hinweise. Eine Gruppe (*Heuristikgruppe*) erhielt den Auftrag, eine Heuristik anzuwenden, der zufolge der Input ungefähr zwischen aktuellem und angestrebtem Output (Zielgröße) liegen sollte. Der *Memorierungsgruppe* wurden vorab 12 korrekte Input-Output-Paare vorgelegt, die *Verbalisierungsgruppe* musste das eigene Vorgehen nach jedem Durchgang explizieren. Ein Durchgang bestand aus 10 Versuchen; insgesamt wurden 20 Durchgänge durchlaufen, also 200 Versuche absolviert.

Wenn der Proband einen Output erreichte, der eine Stufe über oder unter der Zielvorgabe lag, wurde der Versuch als erfolgreich gewertet. Für die statistischen Analysen wurde für jede Gruppe der Mittelwert der je Durchgang erfolgreichen Versuche berechnet. Stanley et al. (1989) fanden heraus, dass die Kontrollgruppe signifikant schlechter abschnitt als die Verbalisierungsgruppe, die Memorierungsgruppe und die Heuristikgruppe, und zwar sowohl im System „Zuckerfabrik" als auch im System „computersimulierte" Person (vgl. Tabelle 1 links). Die allgemein

Validierungsansatz kognitiver Architekturen ausführlich). Dagegen betonen Anderson et al. (2004), dass auch die a posteriori Parameterschätzung anhand experimentell gewonnener Daten nicht zwangsläufig zu einer guten Passung führt (Anderson et al., 2004).

höhere Steuerleistung der Versuchsteilnehmer im Falle der „computersimulierten" Person erklärten Sun et al. (2007b) über in sozialen Kontexten erworbenes Vorwissen.

Tabelle 1: Die Ergebnisse der Experimentalstudie von Stanley et al. (1989) und der Simulationsstudie von Sun et al. (2007b)

Probandenverhalten			**Ergebnisse des CLARION Modells**		
Experimental-gruppen	Zuckerfabrik	Computersimulierte Person	Experimental-gruppen	Zuckerfabrik	Computersimulierte Person
Kontrollgruppe	1.97	2.85	Kontrollgruppe	1.92	2.62
Verbalisierungs-gruppe	2.57	3.57	Verbalisierungs-gruppe	2.77	4.01
Memorierungs-gruppe	4.63	5.33	Memorierungs-gruppe	4.45	5.45
Heuristikgruppe	4.00	5.91	Heuristikgruppe	4.80	5.65

Mittlere quadratische Abweichungen			
Lernmechanismen	Gesamt	Zuckerfabrik	Computersimulierte Person
IDN + RER + IRL	0.113	0.178	0.048

Simulation: Für die Simulation des Probandenverhaltens mit CLARION wurde ausschließlich das handlungsbezogene Subsystem herangezogen. Das Feedback generierte CLARION in Abhängigkeit vom Abstand zwischen erzieltem und erwünschtem Output. Komplette Übereinstimmungen und einstufige Abweichungen führten zu maximalen Verstärkungen, größere Abstände gingen mit graduell abnehmenden Verstärkungen einher. Darüber hinaus wurde das Computersystem dazu befähigt, relevante Inputgrößen (z. B. die zu erzielende Outputgröße, Informationen zu vorhergehenden Outputs sowie dem aktuellen Output) einzulesen und entsprechend der Aufgaben 12 Outputvarianten zu erzeugen (z. B. sehr unhöflich bis liebenswert). Die Repräsentation des Inputs und des Outputs auf der unteren Ebene erfolgte mithilfe eines implicit decision network (IDN). Dieses künstliche Netz wurde ausschließlich auf Basis des Inputs, des erzeugten Outputs und des Feedbacks optimiert; es wurde also implizites Lernen simuliert. Außerdem wurden zwei explizite Lernarten, nämlich Bottom-up-Lernen (rule extraction refinement, RER) und hypothesengetriebenes Lernen (independent rule learning, IRL) berücksichtigt.

Um die Ergebnisse des Experiments simulieren zu können, mussten der kognitiven Architektur verschiedene Informationen und Parameterwerte vorgegeben werden. Die Mehrzahl der Parameter wurde über die verschiedenen Bedingungen hinweg konstant gehalten, einige Parameter variierten allerdings in Abhängigkeit von den Lernbedingungen der Gruppen. Die expliziten Einführungen, die alle Gruppen, also auch die *Kontrollgruppe*, erhielten, wurden in Computersprache transformiert und jeweils im oberen Modul des handlungsbezogenen Subsystems a priori implementiert. Die Simulation des Verhaltens der *Verbalisierungsgruppe* ging mit der Annahme einher, dass die Explikation des eigenen Verhaltens eine intensivere Informationsverarbeitung im oberen Modul des handlungsbezogenen Subsystems, also explizites Lernen anregte. Dieser Annahme wurde CLARION

durch die gezielte Manipulation der Parameter gerecht, die das Ausmaß expliziten Lernens regeln. Durch gezielte Parametersetzung wurde CLARION also dazu gebracht, während des Lernens verstärkt explizite Handlungsregeln zu erwerben. Für die *Memorierungsgruppe* erfolgte eine a priori Programmierung der 12 Beispiele im „expliziten" Modul des handlungsbezogenen Subsystems, für die Simulation der *Heuristikgruppe* wurde die Heuristik im oberen Modul „einprogrammiert". Entsprechend der Annahme, dass bei der Steuerung der „computersimulierten" Person Vorerfahrungen eine Rolle spielen, wurde der Simulation bei dieser Aufgabe ein Lernzyklus vorangestellt. D. h. das System verfügte im Falle der „computersimulierten" Person ebenso wie die Probanden im Experiment über spezifisches Vorwissen.

Ergebnisse: Wie die rechte Seite von Tabelle 1 (S. 40) zeigt, lagen die simulierten und experimentell ermittelten Ergebnisse nahe beieinander. Die simulierten Ergebnisse der Kontroll- und der anderen Gruppen unterschieden sich wie auch im Experiment von Stanley et al. (1989) signifikant voneinander. Bei Einbezug aller Lernmechanismen (IDN, RER, IRL) ist den simulierten Daten angesichts der mittleren quadratischen Abweichungen (*mean squared error*, *MSE*) ein guter Fit zu attestieren (*MSE*=0.113).

Um die Qualität des Modells besser beurteilen zu können, führten Sun et al. (2007b) eine getrennte Analyse der expliziten Lernvorgänge durch. Dabei wurden zwei Teilmodelle generiert, die beide implizites Lernen vorsahen, jeweils aber nur auf einen expliziten Lernmodus zurückgriffen: In einem Modell wurde *implicit decision network* (IDN) und *rule extraction refinement* (RER) realisiert, im anderem Modell dagegen *implicit decision network* (IDN) und *idependent rule learning* (IRL).

Der untere Teil von Tabelle 2 zeigt, dass beide Modelle zu sehr unterschiedlichen Resultaten führten. IDN und IRL erzielten eine weit bessere Datenpassung als IDN und RER. Die Ergebnisse verdeutlichen die Überlegenheit des Hypothesentestens (IRL) bzw. expliziten Lernens gegenüber der Extraktion impliziten Wissens (RER) bzw. Bottom-up-Lernens. Im Unterschied zum Gesamtmodell, das alle drei Lernarten enthält und mit einer mittleren quadratischen Abweichung von *MSE*=0.113 (vgl. Tabelle 1) einhergeht, nähern IDN und RER die Daten vergleichsweise schlecht an (*MSE*=1.231). IDN und IRL erzielen hingegen mit einem *MSE*-Wert von 0.384 bereits eine beachtliche Passung. Weitere die Setzung der verschiedenen Parameter und die Modellbildungsstrategie betreffende Analysen bestätigen jedoch die bereits gewonnene Erkenntnis: Alle drei Lernmechanismen zusammen approximieren die empirischen Daten am besten.

Tabelle 2: Ergebnisse der Untersuchung des Einflusses diverser expliziter Lernmechanismen

Simulierte Ergebnisse (IDN + RER)		
Experimental-gruppen	Zuckerfabrik	Computersimulierte Person
Kontrollgruppe	1.55	1.89
Verbalisierungs-gruppe	1.60	1.95
Memorierungs-gruppe	3.77	4.15
Heuristikgruppe	4.08	4.45

Simulierte Ergebnisse (IDN + IRL)		
Experimental-gruppen	Zuckerfabrik	Computersimulierte Person
Kontrollgruppe	2.10	2.65
Verbalisierungs-gruppe	3.45	4.68
Memorierungs-gruppe	4.71	5.80
Heuristikgruppe	5.06	6.29

Mittlere quadratische Abweichungen			
Lernmechanismen	Gesamt	Zuckerfabrik	Computersimulierte Person
IDN + RER	1.231	0.466	1.996
IDN + IRL	0.384	0.485	0.283

(2) Im Fokus der Studie von Sun, Merrill und Peterson (2001) steht Bottom-up-Lernen. In dieser Untersuchung mussten Probanden ein virtuelles Schiff unbeschädigt durch ein Minenfeld navigieren. Bei der Steuerung des Schiffs waren Entscheidungen darüber zu treffen, mit welcher Geschwindigkeit das Schiff in welche Richtung gesteuert wird. Dabei waren verschiedene Informationen zu berücksichtigen (z. B. Treibstoffvorrat, Abstand zum angestrebten Ziel, der gegenwärtige Kurs usw.). Im Erfolgsfall gelang es den Probanden, das Schiff schadlos durch das Minenfeld zum vorgegebenen Zielpunkt zu manövrieren.

Experimentalstudie: Auch hier wurden die Versuchsteilnehmer in Gruppen unterschiedlicher Lernbedingungen eingeteilt: Beim *Standardtraining* absolvierten die Probanden an fünf aufeinander folgenden Tagen jeweils fünf Übungsdurchgänge. Das *Verbalisierungstraining* basierte auf denselben Bedingungen, zusätzlich erhielten die Probanden den Auftrag, auf der Grundlage gefilmter persönlicher Versuche das eigene Verhalten im Anschluss an einen Durchgang zu reflektieren und zu explizieren. Eine intensivere Explikation des eigenen Vorgehens verlangte das *Überverbalisierungstraining*. Dort mussten die Probanden *jeden* Versuch auf Basis einer Videoeinspielung reflektieren und kommentieren. Ob die zeitgleiche Ausführung zweier Aufgaben einen Einfluss auf den Lernerfolg hat, war Gegenstand des *Dual-Task-Trainings*. Hier hatten die Probanden bei der Präsentation eines Begriffs zu entscheiden, ob das präsentierte Beispiel einer vorgegebenen Kategorie angehört, während sie gleichzeitig an der Navigationsaufgabe arbeiteten. Der fünfte Trainingszuschnitt diente der Untersuchung des Lerntransfers. Die Probanden des *Transfertrainings* navigierten solange Schiffe durch ein reduziertes Minenfeld (30 anstatt 60 Minen) bis sie bei zwei aufeinander folgenden Durchgängen eine Erfolgsquote von 80% erreichten. Anschließend bearbeiteten sie die Aufgabe unter Normalbedingungen (60 Minen). Zwei Gruppen durchliefen das Transfertraining: Die *erste* Gruppe lernte unter Standard-, die *zweite* Gruppe unter Dual-Task-Bedingungen.

Den experimentellen Settings unterlagen die folgenden Hypothesen: (1) Beim *Verbalisierungstraining* wurde davon ausgegangen, dass die Explikation und Reflektion zu einer Intensivierung expliziten Lernens führt und das Bearbeiten der Navigationsaufgabe begünstigt. (2) Für das intensive Reflektieren und Besprechen aller Versuche im *Überverbalisierungstraining* wurde eine so starke Aktivierung expliziten Lernens angenommen, dass implizites Lernen dadurch gestört wird und sich der Lernprozess verlangsamt. (3) Bei der *dualen Lernsituation* wurde eine Unterdrückung expliziten Lernens und somit eine schlechtere Performanz erwartet. (4) Derselbe Effekt sollte bei der *Transfergruppe* beobachtbar sein, die unter Dual-Task-Bedingungen trainierte. Bei dieser Gruppe wurde unterstellt, dass aufgrund einer Überlastung expliziten Lernens (fast) nur implizit gelernt wird und schlechtere Transferleistungen erbracht werden als bei der Transfergruppe, die unter Standardbedingungen trainierte. Explizitem Wissen wurde also eine höhere Flexibilität und Transferfähigkeit unterstellt als implizitem Wissen.

Simulation: Auch hier wurden die Lernmechanismen IDN, RER und IRL berücksichtigt. Im Gegensatz zu der oben erwähnten Studien wurde dem Model hier keinerlei Wissen a priori vorgegeben: Das Model generierte Wissen ausschließlich aus dem Umgang mit der Aufgabe.

Ergebnisse: Im Anschluss an die Simulation konnte bei keiner der untersuchten Gruppen ein signifikanter Unterschied zwischen den simulierten und den realen Ergebnissen festgestellt werden. Die Ergebnisse der simulierten und realen Daten korrelieren je nach Trainingsart (Standard-, Verbalisierungstraining usw.) zwischen r=.82 und r=.91. Wie erwartet, erzielten die Probanden der *Dual-Task-Bedingung* schlechtere Steuerleistungen als die Probanden des *Standardtrainings*. Die Unterdrückung expliziten Lernens behinderte offensichtlich Lernen. Ebenfalls im Sinne der Erwartung beeinträchtigte die *Dual-Task-Bedingung* den Transfer, was für die Relevanz expliziten Wissens im Hinblick auf Transferleistungen spricht. Erwartungskonform fielen die Steuerleistungen bei der *Verbalisierungsgruppe* besser aus als bei der Standardgruppe. Verbalisierung, d. h. der Aufbau expliziten Wissens unterstützte demzufolge das Beherrschen der Aufgabe. *Überverbalisierung* führte demgegenüber zu deutlich schlechteren Leistungen. Zurückgeführt wurde dieser Effekt auf die Behinderung impliziten Lernens aufgrund einer starken Konzentration auf explizites Lernen. Damit bestätigt dieses Ergebnis die Bedeutung impliziten Lernens für die Aufgabe.

Die Ergebnisse beider Simulationsstudien unterstreichen die Relevanz expliziten und impliziten Wissens für fachliches Handeln und die empirische Tragfähigkeit von CLARION. Weitere Studien, die sich mit dem metakognitiven (Sun, Zhang & Mathews, 2006), dem motivationalen (Sun, 2009a) und dem nicht handlungsbezogenen System (Sun & Zhang, 2006) beschäftigen, bestätigen diese Einschätzung.

Neurowissenschaftliche Befunde zu den postulierten Systemen

In CLARION wird zwischen einem *handlungsbezogenen* und einem *nicht handlungsbezogenen Wissenssystem* unterschieden. Die gesichtete Literatur liefert allerdings keine empirischen Gründe, ein Gedächtnissystem für handlungsbezogenes und eines für nicht handlungsbezogenes Wissen anzunehmen. Neurowissenschaftliche Befunde deuten eher darauf hin, zwischen einem expliziten und einem impliziten[4] Gedächtnis zu unterscheiden (Roth, 2003; Markowitsch, 2009). Einiges spricht dafür, dass das explizite Gedächtnis, das hirnanatomisch mit dem medialen (inneren) Teil des temporalen Cortex und dort insbesondere mit dem Hippocampus in Verbindung gebracht wird (Anderson et al., 2004), der Speicherort expliziten Wissens ist (Anderson, 2007). Angesichts dessen wird im Weiteren davon ausgegangen, dass sowohl explizite Handlungsregeln als auch explizites statisches Wissen im expliziten Gedächtnis abgelegt sind und dass beide Wissensarten vernetzt sein können. Implizites Wissen ist dagegen im impliziten Gedächtnis abgelegt, das sich wahrscheinlich auf verschiedene und auf andere Hirnregionen bezieht als das explizite Gedächtnis (Roth, 2003). Implizite Handlungsstrukturen scheinen hirnanatomisch in einem engen Verhältnis zu den Basalganglien zu stehen (z. B. Markowitsch, 2009).

Im Anschluss an Roth (2006) hängen motivationale Zustände besonders von Prozessen ab, die unbewusst und im limbischen System ablaufen. Das *motivationale System* liefert auf Basis komplexer Bewertungsprozesse Informationen dazu, ob eine Handlung durchgeführt werden soll oder nicht. Wie mit CLARION angenommen, ist ein wichtiges Entscheidungsmoment, wie hoch die zu erwartende Belohnung eingeschätzt wird. Zudem wirken bewusste Zielstellungen auf den Handlungsprozess ein (Roth, 2003).

Besondere Bedeutung für bewusste metakognitive Vorgänge kommen wahrscheinlich dem präfrontalen Cortex zu, der oft mit dem Arbeitsgedächtnis, genauer, der zentralen Exekutive (vgl. Kapitel 8.2.2) in Zusammenhang gebracht wird (Stern, Grabner & Schumacher, 2007). Verantwortlich ist dieses Hirnareal u. a. für die Auswahl eines Ziels im Falle widerstreitender expliziter Ziele (Zielsetzung), die Bewertung von Handlungssituationen (Evaluation) sowie die Aufmerksamkeitssteuerung (Monitoring) (ebd.). Damit übernimmt es weitgehend dieselben Aufgaben wie das in CLARION postulierte *metakognitive System*. Vor diesem Hintergrund können die zum präfrontalen Cortex vorliegenden Befunde als empirische Fundierung des in CLARION angenommenen bewussten metakognitiven Systems betrachtet werden. In unbewusste metakognitive Vorgänge sind subcortikale (unbewusst arbeitende) Regionen wie bspw. die Basalganglien involviert (Roth, 2003). Zusammengenommen rechtfertigen neurowissenschaftliche Erkenntnisse also die mit CLARION vertretene Hypothese, dass es sich beim *Motivations-* und *Metakognitionssystem* um handlungsrelevante, abgrenzbare und bewusst sowie unbewusst

4 Die genannten Gedächtnistypen werden in der Literatur häufig auch deklaratives (explizites) und prozedurales (implizites) Gedächtnis genannt (z. B. Markowitsch, 2009; Roth, 2003).

arbeitende Systeme handelt, wobei beide Systeme untereinander und mit anderen Systemen vernetzt sind.

3.3 ZUSAMMENFASSUNG

Gezeigt hat sich, dass fachliches Handeln ein Interaktionsprodukt verschiedener psychischer Systeme ist, wobei dem *metakognitiven* und *motivationalen* System sowie dem *expliziten* und *impliziten Gedächtnis* besondere Bedeutung zukommt.

Das *metakognitive System* ist sowohl für bewusste als auch unbewusste kognitive Steuervorgänge verantwortlich. Diese Steuervorgänge beziehen sich auf die Festlegung von Handlungszielen, die Evaluation von Handlungssituationen und -resultaten sowie das Monitoring kognitiver Prozesse, das insbesondere die Aufmerksamkeitsteuerung betrifft. Für viele bewusste metakognitive Vorgänge scheint der präfrontale Cortex verantwortlich zu sein, ein Hirnareal, das oft auch mit der zentralen Exekutive in Verbindung gebracht wird. Von daher kann die zentrale Exekutive als Teil des metakognitiven Systems betrachtet werden.

Das *motivationale System* speist sowohl unbewusste als auch bewusste Zielinformationen in den Handlungsprozess ein. Die Motive werden anhand von bewussten und unbewussten Belohnungserwartungen festgelegt, wobei die unbewussten Bewertungsprozesse v. a. im limbischen System ablaufen.

Im *impliziten Gedächtnis* ist Wissen abgelegt, das nicht verbalisierbar und nicht bewusst zugänglich ist.[5] Implizites Wissen besteht aus implizitem statischem Wissen, d. h. Wissen ohne direkten Handlungsbezug, und impliziten Handlungsstrukturen, d. h. Wissen mit direktem Handlungsbezug.

Dagegen ist im *expliziten Gedächtnis* Wissen abgelegt, das verbalisiert und bewusst aktiviert werden kann. Explizites Wissen besteht ebenfalls aus Wissen mit und ohne Handlungsbezug, d. h. e*xplizitem statischem Wissen* und e*xpliziten Handlungsregeln*. Explizites statisches Wissen und explizite Handlungsregeln sind im selben Gedächtnissystem gespeichert und können untereinander vernetzt sein.

Vor dem Hintergrund der referierten Erkenntnisse werden abschließend zentrale psychische Vorgänge skizziert, die berufsfachlichem Handeln zugrunde liegen: *Berufsfachliches Handeln* findet auf Basis des im *expliziten* und *impliziten Gedächtnis* hinterlegten berufsfachlichen Handlungswissens statt. Ob die Handlung auf explizitem oder implizitem Handlungswissen basiert, hängt von der Verfügbarkeit ab. Falls für eine Handlungssituation sowohl explizite Handlungsregeln als auch implizite Handlungsstrukturen vorliegen, entscheiden explizite und/oder implizite Nützlichkeitsbewertungen über die Ausführung einer konkreten Handlung. Dasselbe gilt in Situationen, in denen mehrere explizite Handlungsregeln oder mehrere implizite Handlungsstrukturen parallel existieren. Die Bewertung der Nützlichkeit findet u. a. vor dem Hintergrund des angestrebten Ziels statt und wird vom *metakognitiven System* vorgenommen. Ferner ist das metakognitive System für die

5 Wie in Kapitel 3.2.1 dargestellt, kann implizites Wissen aber über Transformationsprozesse bewusst gemacht werden (Sun et al., 2007b).

Zielsetzung und die Kontrolle des Gesamtprozesses zuständig, wobei im Falle geübter Aufgaben die Prozesssteuerung größtenteils auf berufsfachlichem Handlungswissen basieren dürfte. Das *motivationale System* beeinflusst den beschriebenen Vorgang, indem es entscheidende Informationen dazu liefert, welches Ziel aktuell verfolgt werden soll. Liegen für die Erreichung des gesetzten Ziels weder geeignete explizite Handlungsregeln noch implizite Handlungsstrukturen vor, wird, sofern vorhanden, auf berufsfachliches statisches Wissen zurückgegriffen. Explizites statisches Wissen hilft bei der bewussten Interpretation der aktuellen Handlungssituation und ermöglicht auf Basis wissensbasierter Schlussfolgerungen das Entwickeln neuer expliziter Handlungsregeln und somit wissensbasiertes Handeln in unbekannten Situationen. Implizites statisches Wissen kann den Handlungsprozess ebenfalls beeinflussen, nämlich z. B. dann, wenn unbewusst (intuitiv) eine bestimmte explizite Handlungsregel angewandt wird. Verallgemeinernd kann festgehalten werden, dass das motivationale und metakognitive System eher den Handlungsrahmen setzen, wogegen sich das Wissen auf die Bewältigung konkreter Anforderungen bezieht.

4 PERSONENBEZOGENE DIMENSIONEN BERUFSFACHLICHER KOMPETENZ

Im vorigen Kapitel wurden wichtige psychologische Grundlagen berufsfachlichen Handelns erarbeitet. Im Anschluss an die dabei gewonnenen Erkenntnisse wird im Weiteren geklärt, auf welche psychischen Merkmale sich berufsfachliche Kompetenz bezieht, oder anders ausgedrückt: welche personenbezogenen Dimensionen berufsfachliche Kompetenz umfasst.

4.1 METAKOGNITION UND MOTIVATION: DIMENSIONEN BERUFSFACHLICHER KOMPETENZ?

Wie sich gezeigt hat, resultiert fachliches Handeln aus einem komplexen Zusammenspiels des impliziten und expliziten Gedächtnisses sowie des metakognitiven und motivationalen Systems. Jedes dieser Systeme übernimmt während des Handlungsvorgangs bestimmte Aufgaben, die mehr oder weniger zieldienlich erfüllt sein können. Es ist davon auszugehen, dass es – trotz vielfältiger Interaktionen – bezogen auf die einzelnen psychischen Systeme interindividuelle Differenzen gibt und dass daraus auch interindividuelle Handlungsunterschiede resultieren. Vor diesem Hintergrund wäre denkbar, sowohl Motivation und Metakognition als auch implizites und explizites Wissen als personenbezogene Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz aufzufassen.

Metakognitive Voraussetzungen beziehen sich auf die Auswahl geeigneter Ziele sowie die Evaluation und das Monitoring kognitiver Prozesse, also auf Steuervorgänge, die in (nahezu) allen Handlungskontexten relevant sind (vgl. Kapitel 3.2). Die Qualität solcher *allgemeinen* Steuervorgänge scheint in beachtlichem Umfang von *genetischen* Voraussetzungen abzuhängen (Neubauer & Stern, 2007; Stern et al., 2007). Von daher kann das theoretische Konstrukt „metakognitive Voraussetzungen“ nicht dazu dienen, den berufsfachlichen Kompetenzbegriff zu präzisieren. Denn in Kapitel 2.3 wurde postuliert, dass berufsfachliche Kompetenz als *anforderungsbezogene* und *erworbene* Disposition aufgefasst wird. Im Zusammenhang mit metakognitiven Voraussetzungen wird im Weiteren nicht von Kompetenz, sondern von Fähigkeit gesprochen. Fähigkeiten zeichnen sich im Vergleich zu Kompetenz durch einen geringeren Kontextbezug (Häcker, 2004), durch eine größere zeitliche Stabilität, durch eine größere Abhängigkeit von physiologischen Voraussetzungen und damit auch durch eine größere Nähe zu genetischen Dispositionen aus.

Motivationale Voraussetzungen werden häufig als Teil berufsfachlicher Kompetenz betrachtet (vgl. Kapitel 2.2). In einer pragmatischen Perspektive bereitet dieses Verständnis insofern Probleme, als gegenwärtig unklar ist, wie berufsfachliche

Motivation diagnostiziert werden kann. Zum einen können motivationale und kognitive Aspekte integrativ, d. h. mit *einer* Skala erfasst werden. Da aber bspw. Wissen und Motivation theoretisch und empirisch unterscheidbare Konstrukte sind (z. B. Asendorpf, 2007), ist zu bezweifeln, dass auf diese Weise hinreichend homogene, d. h. reliable Skalen entstehen (Kane, 2010). Möglicherweise zeigen aktuelle Forschungsarbeiten belastbare Wege auf, wie dieses Problem überwunden werden kann (Sembill, Rausch & Kögler, in Druck). Zum anderen ist denkbar, Motivation isoliert, d. h. mit einer eigenständigen Skala zu erfassen. Dieses Vorgehen basiert auf der Vorstellung, dass die berufsfachliche Motivation eine eigenständige Dimension berufsfachlicher Kompetenz darstellt, was bislang aber kaum untersucht wurde. Oftmals wird auch davon ausgegangen, dass die Motivation bezogen auf bestimmte berufliche Anforderungen oder Anforderungsklassen (z. B. einen beruflichen Tätigkeitsbereich) variiert. Die Befunde von Nickolaus, Abele, Gschwendtner, Nitzschke und Greiff (2012) lassen diesbezüglich aber Zweifel aufkommen: Obwohl Motivation in der angesprochenen Studie mit einem Test erhoben wurde, der v. a. die anforderungsspezifische Motivation (State-Komponente) erfasst, waren die interindividuellen motivationalen Voraussetzungen situationsübergreifend erstaunlich stabil. Offen ist also, ob die individuelle Motivation in Abhängigkeit von bestimmten beruflichen Anforderungen beachtenswert variiert oder ob sie eher stabil ist. Vor diesem Hintergrund kann keine empirisch gut begründete Entscheidung darüber getroffen werden, ob die berufsfachliche Motivation als anforderungsbezogene Disposition und somit im Sinne der vorgelegten Definition als eine Komponente berufsfachlicher Kompetenz aufzufassen ist. Unklar ist auch, in welchem Verhältnis berufsfachliche Motivation zu kognitiven Kompetenzdimensionen steht und damit, ob und wie bspw. Motivation und Wissen gemeinsam empirisch modelliert werden können. Aufgrund der erwähnten bislang ungelösten Probleme wird die Motivation im Weiteren nicht explizit berücksichtigt. Implizit spielt sie aber auch hier eine Rolle, da Kompetenzmaße meist auch motivationale Voraussetzungen spiegeln (z. B. Asendorpf, 2007).

Zusammenfassend ist also festzuhalten, dass Metakognition hier nicht als Teil berufsfachlicher Kompetenz betrachtet und die Motivation aus pragmatischen Gründen bei den weiteren Ausführungen nicht mehr explizit berücksichtigt wird. Diese Entscheidung schafft insofern Freiraum, als die verbleibenden Kompetenzdimensionen eingehender studiert werden können.

4.1.1 Explizites Wissen

Die Ausführungen zu CLARION haben gezeigt, dass explizites Wissen eine wichtige Grundlage berufsfachlichen Handelns ist. Wenn im Folgenden ausgeführt wird, wie explizites Wissen mental repräsentiert ist, wie es aktiviert wird und welche Arten von explizitem Wissen unterschieden werden können, wird meist auf die ACT-R (*Adaptive Control of Thought-Rational*) Theorie zurückgegriffen (Anderson, 2007). Um Missverständnisse zu vermeiden, sei erwähnt, dass das, was hier explizites Wissen heißt, im Rahmen von ACT-R deklaratives Wissen genannt wird.

4.1.2 Repräsentation und Abruf

Explizites Wissen liegt mental in Form von Chunks vor, die analytisch isolierbare sinnhafte Elemente des expliziten Wissensbestands repräsentieren (Anderson, 1996). Abbildung 2 zeigt anhand eines einfachen Beispiels, wie Chunks modelliert werden können (Anderson, 2007).

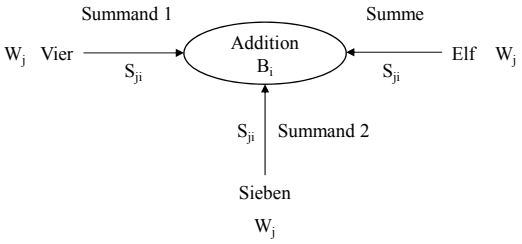


Abbildung 2: Modell zur Repräsentation eines Chunks (in Anlehnung an Anderson, 2007)

Der dargestellte Chunk (i) repräsentiert den Gedächtnisinhalt, dass die Addition von vier und sieben elf ergibt. Aktiviert wird dieser Chunk u. a., wenn das aktuelle Ziel darin besteht, folgende Gleichung zu lösen: 4+7=?. Ob die Lösung aber tatsächlich generiert werden kann, hängt von den bisherigen Lernerfahrungen ab. Im Anschluss an die Ergebnisse psychologischer und neurowissenschaftlicher Untersuchungen nimmt Anderson (2007) an, dass sich die Aktivierungswahrscheinlichkeit eines Chunks mathematisch modellieren lässt. Bei der mathematischen Bestimmung der Aktivierungswahrscheinlichkeit spielt die *base-level activation* (B_i) eine wichtige Rolle. Die *base-level activation* resultiert daraus, wie oft ein Chunk insgesamt erinnert wurde, wann er letztmalig erinnert wurde und wie schnell er vergessen wird. Mit einer reduzierten Erinnerungsleistung ist zu rechnen, wenn einzelne Elemente mit mehreren Chunks verbunden sind. In solchen Fällen aktiviert ein wahrgenommener Reiz mehrere Chunks, wodurch die Aktivierungswahrscheinlichkeit eines bestimmten Chunks sinkt. Ferner ist für die mathematische Bestimmung der Aktivierungswahrscheinlichkeit relevant, wie stark die einzelnen Chunkelemente assoziiert sind (S_{ij}). Falls bspw. die oben abgebildete Additionseinheit sehr gut bekannt ist, d.h. die einzelnen Chunkelemente eine sehr enge Verbindung aufweisen, erhöht das Auftreten der Zahl „4“ das Erinnern der beiden anderen Zahlen beträchtlich. Schließlich hängt die Aktivierungswahrscheinlichkeit auch davon ab, wie aufmerksam ein Element in einer Situation wahrgenommen wird (W_j). Letztlich wird in einer bestimmten Situation der Chunk mit dem höchsten Aktivierungslevel abgerufen, wobei „Rauschen“ dazu führen kann, dass in identischen Situationen unterschiedliche Chunks aktiviert werden.

Chunks können mit weiteren Chunks in Verbindung stehen. Bei Verbindungen mehrere Chunks wird von einem Chunk-Netzwerk (auch: semantisches Netz, Anderson, 2000) gesprochen, wobei die Chunks Knotenpunkte dieses expliziten Netzwerks sind. Ein aus der Elektrotechnik stammendes Chunk-Netzwerk könnte bspw. aus den folgenden hierarchisch geordneten und assoziierten Chunks bestehen:

elektrotechnische Messung (Kategorie) – Multimeter (dient elektrotechnischen Messungen) – Widerstandsmessung (Funktion des Multimeters) – Ohm (physikalische Einheit der Widerstandsmessung) usw. Je stärker Chunks eines Netzwerks assoziiert sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass bei Aktivierung eines Chunks auch seine Assoziationspartner aktiviert werden.

Explizite Handlungsregeln entsprechen formal Wenn-Dann-Regeln, d. h. Verbindungen zwischen Handlungssituationen (Wenn-Komponente) und Handlungsoptionen (Dann-Komponente), die bewusst verfügbare Informationen dazu enthalten, wie in einer bestimmten Situation gehandelt werden kann. Mental korrespondieren explizite Handlungsregeln mit Chunks, wobei zwischen Chunks zu unterscheiden ist, die den Bedingungsteil (Wenn-Komponente) und den Aktionsteil (Dann-Komponente) einer expliziten Handlungsregel repräsentieren. Im Falle einer expliziten Handlung würde bspw. der Klang einer Glocke bewusst so interpretiert, dass die Arbeit niedergelegt und die Mittagspause begonnen werden kann. Dieser Vorgang ist nur möglich, wenn sinnvolle Interpretationsmöglichkeiten des Glockenklangs verfügbar sind.

Auch explizite Handlungsregeln können untereinander vernetzt sein: Im Falle linearer Verknüpfungen liegt eine Handlungssequenz vor; komplexere Verknüpfungen entsprechen eher einem mental repräsentierten Handlungsraum. Mentale Handlungsräume sind dadurch gekennzeichnet, dass im Gegensatz zu Handlungssequenzen für eine Situation (Wenn-Komponente) unterschiedliche Handlungsmöglichkeiten (Dann-Komponenten) verfügbar sind. Mentale Handlungssequenzen und -räume können bewusst „durchschritten“ werden. In komplexeren Chunknetzwerken, die auch explizite Handlungsregeln beinhalten, können mehrere Handlungsabläufe und -kontexte enkodiert sein. Diese reichhaltigen expliziten Wissensstrukturen erlauben es, Handlungsoptionen und Handlungsumgebungen vor dem „geistigen“ Auge ablaufen zu lassen und dadurch situationsadäquat zu handeln. Natürlich können sich diese Wissensstrukturen auch auf externe Abläufe beziehen; dann stehen nicht eigenes Handeln, sondern bspw. technische Abläufe im Vordergrund. Solche komplexen und dynamischen Wissensstrukturen werden auch Script genannt (z. B. Gruber, 1999).

4.1.3 Funktion

Ob und welche Chunks aktiviert werden, ist nicht direkt steuerbar, sondern hängt von den Lernerfahrungen ab: Wie bereits erwähnt, wird der Abruf einer Wissenseinheit u. a. dadurch bestimmt, wie oft ein Chunk bisher aktiviert wurde, wie stark die wahrgenommenen Elemente miteinander assoziiert sind und wann ein Wissenselement letztmalig benötigt wurde. Diese Parameter lassen sich evolutionspsychologisch so interpretieren, dass oft verwendete Wissenseinheiten und die Erinnerung von häufig gemeinsam auftretenden Umweltstimuli besonders lebensrelevant sind. Die gemeinsame Abspeicherung assoziierter Umweltstimuli dient der Internalisierung der Lebensumwelt und schafft die Möglichkeit, die Umwelt zu imaginieren und kognitiv zu manipulieren. Anderson (2007) bemerkt dazu: „… [H]uman

[explicit] memory reflects the statistics of the environment“ (S. 107). Auch das Vergessen ungenutzter Wissenseinheiten kann evolutionspsychologisch betrachtet vorteilhaft sein: Für die zügige Anpassung an neue Lebensumwelten kann es günstig sein, weit zurückliegendes und daher aktuell nicht besonders hilfreiches Wissen zu vergessen. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass der Wissensabruf letztlich impliziten Regeln folgt, die sich direkten bewussten Manipulationen entziehen, sich im Hinblick auf die Lebensbewältigung aber als besonders hilfreich herauskristallisiert haben. In diesem Kontext sei darauf hingewiesen, dass zwar die Aktivierung expliziten Wissens implizit erfolgt, der Abruf aber bewusst, bspw. durch Aufmerksamkeitsfokussierung, beeinflusst werden kann.

Chunks können auch dann aktiviert werden, wenn nicht alle, sondern nur *ein* korrespondierender Hinweisreiz wahrgenommen wird (Anderson, 2007). Da explizites Wissen sprachlich kodiert ist, kann der Wissensabruf zudem relativ unabhängig von der ursprünglichen Lernsituation erfolgen. Diese Flexibilität expliziten Wissens wird bspw. „greifbar“, wenn Vergangenes erinnert und die Erinnerung nachträglich zur Beantwortung verschiedener Fragestellungen genutzt wird. So kann das in einem bestimmten Kontext und vor dem Hintergrund einer bestimmten Problemstellung erlernte Ohm’sche Gesetz, prinzipiell auch in anderen Kontexten abgerufen und angewandt werden.

Wie bereits erwähnt, entstehen durch die Verknüpfungen von Chunks Chunk-Netzwerke. Je stärker Chunks untereinander verknüpft sind, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass bei der Aktivierung eines Chunks auch dessen Assoziationspartner aktiv sind. So können durch die Aktivierung des gut bekannten Konzepts „Multimeter“ Konzepte wie „Widerstandsprüfung“, „Ohm“ usw. aktiviert werden. Die Besonderheit eines Chunk-Netzwerks besteht darin, dass es gedanklich, d. h. bewusst „durchschritten“ werden kann, wobei v. a. die Verbindungsstärken zwischen den Chunks darüber entscheiden, ob und welche weiteren Chunks aktiviert werden. Chunk-Netzwerke können folglich komplexe Erfahrungen widerspiegeln und ermöglichen differenziertes Handeln. So kann etwa ein spezifischer Stimulus zur Aktivierung eines Chunk-Netzwerks führen, d. h. die Wahrnehmung der aktuellen Situation aktiviert weitere einschlägige Erfahrungen. Dies ermöglicht differenziertes Erfassen von Situationen und damit auch differenziertes Handeln. Denn durch die aktuelle Situation werden nicht nur die mit der Situation korrespondierenden Chunks, sondern auch andere Chunks desselben Netzwerks aktiviert, wodurch Vorstellungen und Handlungsoptionen ins Bewusstsein dringen können, die (weit) über die wahrgenommene Situation hinausgehen. Praktisch wird dies in einer Situation greifbar, in der für ein Problem keine impliziten Handlungsstrukturen oder explizite Handlungsregeln vorliegen, auf Basis expliziten statischen Wissens aber passende Erfahrungen verfügbar werden, die wiederum mit konkreten Handlungsoptionen assoziiert sind.

4.1.4 Faktenwissen, Verständniswissen und Strategiewissen

Explizites Wissen kann in Form von Chunks, Chunk-Netzwerken und verknüpfter Bedingungs- und Aktionschunks (explizite Handlungsregeln) repräsentiert sein. Diesen Repräsentationsarten können drei Wissensarten zugeordnet werden: (1) *Faktenwissen* ist in einzelnen isolierten Chunks enkodiert und enthält Informationen wie z. B.: Ein Multimeter ist ein elektrotechnisches Messgerät. (2) *Verständniswissen* ist in Chunk-Netzwerken abgelegt und stellt vernetztes Wissen dar. Dieses Wissen korrespondiert typischerweise mit organisierten Wissensstrukturen, die z.B. Informationen enthalten wie: eine Widerstandsprüfung kann mit einem Multimeter durchgeführt werden, ein Multimeter ist ein elektrotechnisches Messgerät, Messgeräte dienen der Bestimmung physikalischer Größen usw. und ermöglicht ein umfassendes Verständnis von Begriffen, Zusammenhängen und Systemen (Anderson, 2007). (3) *Strategien* entsprechen expliziten Handlungsregeln und weisen die Struktur von Wenn-Dann-Regeln auf (z. B.*:* Wenn der Widerstand einer elektrischen Leitung zu messen ist, dann verwende ein Multimeter). Inhaltlich betrachtet enthalten explizite Handlungsregeln bewusst verfügbare Informationen dazu, wie in einer bestimmten Situation gehandelt werden kann.

Die beschriebenen Wissensarten stellen bewusst zugängliches Langzeitwissen dar, sind im expliziten Gedächtnis abgelegt und basieren auf Chunks, die – zumindest sofern sie sich auf denselben Inhaltsbereich beziehen – häufig untereinander vernetzt sind. Insofern können die erwähnten Wissensarten zwar analytisch getrennt, aber nur schwer (wenn überhaupt) unabhängig voneinander erfasst werden.

4.1.5 Empirische Fundierung

Als empirisch gut gesichert kann gelten, dass die Abrufwahrscheinlichkeit expliziten Wissens davon abhängt, wie häufig es bisher verwendet wurde und wie stark aktuell Wahrgenommenes mit der Erinnerung assoziiert ist (z. B. Anderson, 1996; Hasselhorn & Gold, 2009). Eine verminderte Erinnerungsleistung wurde festgestellt, wenn ein wahrgenommener Reiz mit mehreren Chunks verbunden ist (Anderson, 2007) oder wenn Chunks längere Zeit nicht aktiviert wurden (z. B. Lefrançois, 2006). Chunk-Netzwerke zeichnen sich meist durch eine bestimmte (z. B. hierarchische) Organisation und dadurch aus, dass die Aktivierung eines Chunks in der Regel zur Aktivierung benachbarter Elemente führt (z. B. Baddeley, Eysenck & Anderson, 2009). Obwohl Vorstellungen zur Funktion von Chunk-Netzwerken einen wichtigen Bestandteil vieler kognitionspsychologischer Theorien darstellen, weisen Baddeley et al. (2009) diesbezüglich auch auf offene Fragen hin, die sich allerdings auf sehr differenzierte Analysen und spezifische Aspekte beziehen, die hier nicht relevant sind. Im Hinblick auf die Flexibilität bzw. die Bedeutung des expliziten Wissens für den Transfer sei nochmals auf die Studie von Sun et al. (2001) verwiesen. Dort zeigte sich, dass eine Behinderung des expliziten Wissenserwerbs einen negativen Einfluss auf den Lerntransfer hat.

4.2 IMPLIZITES WISSEN

Eine weitere Dimension berufsfachlicher Kompetenz ist implizites Wissen, wobei hier eine besondere Form impliziten Wissens im Vordergrund steht. Bevor auf diese eingegangen wird, werden einige generelle Anmerkungen zum impliziten Wissen vorausgeschickt.

4.2.1 Repräsentation und Arten impliziten Wissens

Im Gegensatz zu explizitem Wissen ist implizites Wissen nicht in Chunks enkodiert. Vielmehr dürfte implizites Wissen in einfachen mentalen Einheiten abgelegt sein, die untereinander vernetzt sein können (Sun, 2002). In diesen Einheiten sind einzelne Reize der Lernumwelt enkodiert, die direkt und unverarbeitet im Gedächtnis abgelegt wurden. Implizite Wissensstrukturen resultieren aus unbewussten Lernvorgängen und enthalten bedeutungsfreie, d. h. nicht sprachbasierte Informationen.

Implizites statisches Wissen liegt bspw. vor, wenn ein Fahrzeuggeräusch als „komisch" empfunden wird, ohne dass dies näher beschrieben oder erklärt werden kann. Dennoch kann dieses „komische" Geräusch zu dem intuitiven Urteil führen, dass mit dem Fahrzeug irgendetwas nicht stimmt und dass es genauer inspiziert werden muss. Dieses intuitive Urteil, dessen Ausgangsbasis ein „komisches" Gefühl ist, kann bspw. darin gründen, dass in der Vergangenheit Motorgeräusche unbewusst wahrgenommen wurden und dabei eine implizite Repräsentation dieser Geräusche entstand. Da das aktuell wahrgenommene und das implizit repräsentierte Motorgeräusch Gemeinsamkeiten aufweisen, wird die implizite Repräsentation in der aktuellen Situation aktiviert. Allerdings enthält diese implizite Repräsentation auch Elemente, die nicht mit dem wahrgenommenen Geräusch übereinstimmen, weshalb sich das „komische" Gefühl einstellt. Abstrakter lässt sich der dargestellte Vorgang wie folgt beschreiben: Durch die häufige und unbewusste Konfrontation mit einer spezifischen Situation entsteht implizites statisches Wissen. Falls künftig eine ähnliche Situationen eintritt, wird dieses implizite Wissen aktiviert, wodurch auch Informationen aktiviert werden können, die über die wahrgenommene Situation hinausgehen. Dieser „Informationsüberschuss" ermöglicht ein intuitives Urteil.

Auch *implizite Handlungsstrukturen*[1] sind in einfachen Einheiten enkodiert, die als Knoten impliziter Wissensstrukturen gedacht werden können. Zu unterscheiden ist zwischen Knoten, die den Bedingungsteil (Bedingungsknoten) einer impliziten Handlungsstruktur markieren, und Knoten, die den Handlungsteil (Handlungsknoten) einer Handlungsstruktur ausmachen (Allison, 2011). Implizite Handlungsstrukturen entstehen bspw., wenn bestimmte Umweltreize häufig gemeinsam wahrgenommen und verknüpft intern enkodiert werden. So beginnt der Pawlowsche

1 Zur Erinnerung sei erwähnt, dass der Begriff „implizite Handlungsstruktur" in Kapitel 3.2.3 (S. 39) eingeführt wurde.

Hund nach der Konditionierung beim Ertönen einer Glocke automatisch zu speicheln. Der spontane Speichelfluss setzt kein Verständnis des Vorgangs, sondern lediglich das Auftreten eines Reizes voraus. Anhand dieses Beispiels lassen sich implizite Handlungen folgendermaßen denken: Der Glockenklang (Input) aktiviert die Bedingungsknoten einer impliziten Handlungsstruktur, dadurch werden auch die Handlungsknoten der Struktur aktiviert, die wiederum über andere Verbindungen im Organismus den Speichelfluss erzeugen (Output). Eine andere Form impliziter Handlungsstrukturen liegt vor, wenn über bewusstes Üben allmählich Routinen entstehen und irgendwann unbewusst und nahezu reflexartig gehandelt wird (vgl. dazu die Ausführungen in Kapitel 6.2). Implizite Handlungsstrukturen umfassen folglich einerseits Handlungsstrukturen, die durch reines implizites Lernen (z. B. Konditionierung) entstanden sind, und andererseits Handlungsstrukturen, die aus bewusstem Üben resultieren.

4.2.2 Implizite Handlungsstrukturen, prozedurales Wissen und Fertigkeit

Implizite Handlungsstrukturen können durch inzidentelles oder intentionales Lernen erworben werden (Sun, 2002). Implizite Handlungsstrukturen, die aus intentionalen Lernprozessen resultieren,[2] werden im Rahmen der ACT-R Theorie prozedurales Wissen genannt (Anderson, 2007). Problematisch ist dies insofern, als unter prozeduralem Wissen andernorts Wissen verstanden wird, das bewusst zugängliche Informationen dazu bereithält, wie und womit etwas getan wird (z. B. Schelten, 2009 oder Tenberg, 2011). Im Sinne der bisherigen Ausführungen stellt solches Wissen aber eher Strategiewissen dar. Um sprachliche Irritationen zu vermeiden, werden implizite Handlungsstrukturen, die bewussten Lernprozessen entstammen, hier nicht prozedurales Wissen, sondern Fertigkeit genannt. Fertigkeiten bilden sich wie prozedurales Wissen aufgabenspezifisch sowie durch bewusstes Üben heraus und beziehen sich auf konkretes Handeln (Heuer, 2004). Wie sich noch zeigen wird, sind Fertigkeiten ein wichtiger Bestandteil hochwertiger fachlicher Leistungen.

4.2.3 Aktivierung von Fertigkeiten

Wie bereits erwähnt, resultieren Fertigkeiten aus bewusstem Üben. Während des Übens entstehen interne Verknüpfungen, welche die Stimuli der Übungssituation und eine bestimmte Reaktion enthalten. Formal entsprechen diese Verknüpfungen Wenn-Dann-Strukturen (Anderson, 2007), die nur zum Einsatz kommen, wenn die Wenn-Komponente der Struktur (weitgehend) „erfüllt“ ist, d. h. wenn die Stimuli der Übungssituation (weitgehend) eintreten. Fertigkeiten werden also nur situationsspezifisch ausgelöst.

2 Diese Form des Erwerbs impliziter Handlungsstrukturen wird in Kapitel 6.2 (S. 71) beschrieben.

Fraglich ist, ob Fertigkeiten nur von externen oder auch von internen Umständen bzw. Stimuli ausgelöst werden. Klassische behavioristische Theorien, wie sie z. B. von dem amerikanischen Psychologen Watson vorgelegt wurden (z. B. Lefrançois, 2006), beschränken sich auf die Beobachtung äußerer Reize und sichtbaren Verhaltens. Die Berücksichtigung innerer Reize gilt diesen Theorien als unwissenschaftlich, da über nicht beobachtbare kognitive Vorgänge allenfalls spekuliert werden kann. Im Lichte dieser Theorien wird die „Dann-Komponente" einer Fertigkeit ausgeführt, wenn bestimmte äußere Reize vorliegen. In diesem Paradigma zeigt sich individuelles Wissen bzw. Lernen einzig darin, ob auf identische externe Reize konsistent reagiert wird. Schwer fällt es solchen Ansätzen allerdings, Phänomene wie den Stroop-Effekt zu erklären (Anderson, 2007). Beim Stroop-Experiment müssen Probanden u. a. die Frage beantworten, welche Farbe die Buchstaben eines präsentierten Wortes haben. Wie schnell auf diese Frage geantwortet wird, hängt davon ab, ob die Bedeutung des Wortes mit der Farbe der Buchstaben übereinstimmt (z.B. wenn das Wort „gelb" mit gelben Buchstaben dargestellt wird) oder ob Bedeutung und Farbe divergieren (z.B. wenn das Wort „gelb" mit *grünen* Buchstaben dargestellt wird). Bei kongruenten Reizen können die Probanden das Wort deutlich schneller nennen als die Farbe. Dies wird meist so interpretiert, dass das Lesen einfacher Wörter stärker automatisiert ist als das Benennen einer Farbe. Vor diesem Hintergrund könnte vermutet werden, dass viele Probanden beim Erscheinen des mit *grünen* Buchstaben geschriebenen Wortes „gelb" auf die gestellte Frage (Welche Farbe haben die Buchstaben des präsentierten Wortes?) rasch mit „gelb" antworten. In Wirklichkeit geben die meisten Probanden aber die korrekte Antwort „grün" an. Offenbar setzt sich bei der Aufgabenbearbeitung nicht das eng mit dem externen Reiz (dem Wort) assoziierte Verhalten (das Vorlesen dieses Wortes), sondern das vorgegebene Ziel (das Benennen der Buchstabenfarbe) durch. Demzufolge können nicht nur externe Reize, sondern auch interne Umstände, nämlich intern repräsentierte Ziele, handlungsleitend sein. Folglich kann sich die „Wenn-Komponente" einer Fertigkeit sowohl auf externe als auch auf interne Reize beziehen.

Während für den Abruf expliziten Wissens u. a. relevant ist, wie häufig ein Chunk bislang aktiviert wurde, ist für die Aktivierung von Fertigkeiten entscheidend, ob die zugehörigen externen und internen Reize vorliegen, d. h. ob die „Wenn-Komponente" erfüllt ist und wie nützlich die Fertigkeit ist. Obwohl generell die nützlichste Fertigkeit angewandt wird, kann „Rauschen" dazu führen, dass in identischen und noch relativ unbekannten Situationen unterschiedliche Fertigkeiten zum Einsatz kommen. Die Nützlichkeit einer Fertigkeit ergibt sich in Anlehnung an Anderson (2007) aus einer individuellen Lernrate, einem „Belohnungsfaktor" und daraus, wie oft sie in der Vergangenheit erfolgreich eingesetzt wurde. Wie stark eine Fertigkeit „belohnt" wird, hängt von ihrer Effizienz ab: Je weniger Schritte und Zeit für eine zielführende Aufgabenbearbeitung nötig sind, desto effizienter ist eine Fertigkeit und desto stärker wird ihr Einsatz „belohnt".

Die Bewertung des situativen Nutzens einer Fertigkeit findet implizit statt. Im Normalfall geht der Aktivierung einer konkreten Fertigkeit ein „Konkurrenzkampf"

verschiedener Fertigkeiten voraus. Dieser läuft final in den Basalganglien (vgl. Kapitel 6.6) und damit unbewusst ab und gibt der Fertigkeit den Vorrang, „die in diesem Augenblick und in dieser Weise den vorgegebenen Intentionen am besten entspricht“ (Roth, 2003, S. 484).

4.2.4 Unterschiede zwischen Fertigkeit und Strategiewissen

Zu falschen Folgerungen kann führen, dass sowohl Fertigkeiten als auch Strategiewissen anhand von Wenn-Dann-Strukturen formalisiert werden. Im Gegensatz zu Strategiewissen, das verbalisiert sowie unabhängig vom Lernkontext aktiviert werden kann, werden Fertigkeiten nur ausgelöst, wenn die aktuelle und die Lernsituation (weitgehend) übereinstimmen. Weniger missverständlich wäre vermutlich, eine Fertigkeit als interne Verknüpfung bestimmter (externer und interner) Reize mit einer bestimmten Reaktion zu bezeichnen, die durch Übung entstanden ist und situationsspezifisch aktiviert wird. Im Gegensatz zu Strategiewissen beziehen sich Fertigkeiten immer auf erprobtes und eingeübtes Handeln (vgl. Kapitel 6.2). Hirnanatomisch wird explizites Wissen mit bewusstseinsfähigen Hirnregionen wie dem Neocortex assoziiert (Roth, 2003; Markowitsch, 2009), Fertigkeiten hingegen mit den Basalganglien, also einem Hirnareal, das für unbewusste Verarbeitungsprozesse steht (Roth, 2003). Dies entspricht der theoretischen Vorstellung, dass bei der Aktivierung von Strategiewissen auf das explizite und bei der Aktivierung von Fertigkeiten auf das implizite Gedächtnis zugegriffen wird.

4.2.5 Empirische Fundierung

Howard und Howard (1992) belegen in ihrer Studie das Phänomen und die Relevanz des impliziten Wissens eindrücklich: Bei einer seriellen Reaktionszeitaufgabe antworteten Probanden mit fortschreitender Übung schneller auf gegebene Stimuli. Allerdings waren die Probanden nicht in der Lage, die nächsten Stimuli vorherzusagen, wenn die gelernte Sequenz unterbrochen wurde. Offensichtlich haben sich die Probanden an die gegebene Umwelt angepasst, ohne einschlägiges explizites Wissen aufzubauen. Berry und Broadbent (1984) untersuchten, inwiefern die in komplexen Systemen erzielte Steuerungsleistung mit verbalisierbarem, d. h. explizitem Wissen korreliert. Dabei beobachteten sie einerseits, dass sich die Leistung der Probanden beim Steuern einer computersimulierten Zuckerfabrik während des Lernprozesses verbesserte. Andererseits konnten die Probanden das mit der Steuerung assoziierte Wissen nur unzureichend explizieren. Offensichtlich haben die Probanden sowohl bei der seriellen Reaktionszeitaufgabe als auch bei der komplexen Steuerungsaufgabe insbesondere auf Basis *impliziter Handlungsstrukturen* gehandelt.[3]

3 Befunde, die sich auf Fertigkeiten beziehen, werden in Kapitel 6.6 besprochen.

Auch bei künstlichen Grammatiklernaufgaben wurden Dissoziationen zwischen Leistung und explizitem Wissen festgestellt. So konnten Versuchspersonen nach einer Übungsphase oft gut beurteilen, ob Symbolreihen der zuvor exemplarisch dargestellten künstlichen Grammatik entsprechen, dagegen waren sie nicht im Stande, die grammatikalischen Regeln zu benennen (z. B. Eysenck, 2006). Vermutlich haben die Probanden anhand der gezeigten künstlichen Grammatikbeispiele fragmentarisches und exemplarisches Wissen aufgebaut. Dieses kann für die Bearbeitung künstlicher Grammatikaufgaben nützlich sein, falls zwischen Aufgabenstimuli und enkodiertem Wissensfragment eine gewisse Übereinstimmung besteht (z. B. Taatgen & Wallach, 2002). Solche Wissensfragmente, die bei der Beurteilung grammatikalischer Strukturen helfen, ohne dass ein Bewusstsein über dahinterliegende Regeln oder die gelernten Beispiele besteht, verkörpern im Sinne von CLARION *implizites statisches Wissen*.

Auch zur *Kontextspezifität* impliziten Wissens liegen mehrere Untersuchungen vor. Obwohl implizites Wissen unter bestimmten Umständen durchaus auf neue Situationen transferiert werden kann (Berry & Dienes, 1993), spricht die Befundlage eher dafür, dass die Aktivierung impliziten Wissens stark an den Lernkontext gebunden ist (Frensch, 2006; Sun, 2002).

Oft wird an Studien zum impliziten Wissen kritisiert, dass die eingesetzten Tests nicht das handlungsrelevante Wissen erfassen, d. h. die Wissenstests sind für die Erfassung des relevanten expliziten Wissens zu unsensibel. Dass zwischen explizitem Wissen und beobachtbaren Leistungen keine oder nur geringe Korrelationen festzustellen sind, ist dieser Argumentation zufolge nicht auf die Wirkung impliziten Wissens, sondern auf die mangelhafte Qualität der verwendeten Wissenstests zurückzuführen. Werden bspw. Wiedererkennungstests anstatt von Verbalisierungstests eingesetzt, besteht zwischen den Testergebnissen und beobachtbaren Leistungen ein deutlicher Zusammenhang (Frensch & Rünger, 2003). In Anlehnung an die oben eingeführte Definition (vgl. Kapitel 3.2.1), wonach explizites Wissen bewusst und verbalisierbar ist, erfassen Wiedererkennungstests aber implizites und nicht explizites Wissen. Damit ist die kontrovers diskutierte Frage angesprochen, wie festgestellt werden kann, ob Wissen in impliziter oder expliziter Form vorliegt (ebd.). Trotz dieser Problematik und teilweise widersprüchlicher Befunde führt die Bilanzierung des einschlägigen Forschungsstands meist dazu, dass implizitem Wissen eine bedeutsame Rolle eingeräumt wird (Baddeley et al. 2009; Berry & Dienes, 1993; Eysenck, 2006; Frensch & Rünger, 2003).

4.3 KONSEQUENZEN FÜR DIE DIAGNOSTIK BERUFSFACHLICHER KOMPETENZ

Wie zuvor dargelegt, kann explizites Wissen verbalisiert und situationsunabhängig aktiviert werden, wogegen Fertigkeiten implizite Handlungsstrukturen darstellen, die nicht verbalisierbar sind und nur ausgelöst werden, wenn Reize der Übungssituation auftreten. Diese Unterschiede zwischen beiden Wissensarten haben diag-

nostische Konsequenzen. Da explizites Wissen sprachgebunden ist und situationsunabhängig aktiviert werden kann, lässt es sich prinzipiell anhand von Papier-und-Bleistifttests erfassen. Schwieriger ist die Frage zu beantworten, wie Fertigkeiten aussagekräftig diagnostiziert werden können.

Kfz-Mechatroniker/-innen erwerben ihre Fehlerdiagnosefertigkeiten am Fahrzeug und im Umgang mit bestimmten Kfz-Systemen und Arbeitsmitteln. Falls zur Diagnose solcher Fertigkeiten Papier-und-Bleistift-Tests verwendet werden, wird eher die Verfügbarkeit von Strategiewissen als von einschlägigen Fertigkeiten geprüft, denn hier dürfte eine zentrale Voraussetzung der Fertigkeitsdiagnostik nicht hinreichend erfüllt sein: Die schriftlichen Tests geben die Stimuli der Übungssituation nicht adäquat wieder. Im beschriebenen Fall wird mit schriftlichen Tests eher erfasst, ob jemand verbal beschreiben kann, wie er bei der Fehlerdiagnose vorgeht, was dabei zu beachten ist, ob er Diagnosesituationen bewusst modellieren und rekonstruieren kann usw. Deutlich besser sind hier *Arbeitsproben* geeignet, denn diese bilden die Übungssituation – zumindest größtenteils – ab. Entsprechend ist bei der Erfassung von Kfz-Fehlerdiagnosefertigkeiten darauf zu achten, dass die Probanden ähnlich wie in den Übungssituationen bspw. mit einem computergestützten Expertensystem und authentischen Kfz-Systemen interagieren.

Abhängig vom Tätigkeitsbereich und Ausbildungsberuf können aber auch Papier-und-Bleistift-Tests Arbeitsproben darstellen. Sollen bspw. bei technischen Zeichner/-innen die Fertigkeiten getestet werden, ob sie eine normgerechte Zeichnung erstellen können, sind schriftliche Tests eine geeignete Methode der Fertigkeitsdiagnostik: Hier stimmen die Teststimuli und die Übungsstimuli (weitgehend) überein, sofern im Berufsschulunterricht und/oder im Betrieb häufig das manuelle Anfertigen technischer Zeichnungen geübt wurde.

Zusammenfassend ist also festzuhalten, dass authentische Arbeitsproben eine aussagekräftige Methode der Fertigkeitsdiagnostik sind. Ob diese Arbeitsproben in Form schriftlicher Tests vorgegeben werden können oder ob andere Formate nötig sind, kann nur vor dem Hintergrund des konkreten Berufs bzw. der konkreten Anforderung entschieden werden. Papier-und-Bleistift-Tests, die v. a. dazu dienen, explizites Wissen zu erfassen, werden im Weiteren vereinfachend Wissenstests genannt.

4.4 AUSGEWÄHLTE BEFUNDE AUS DEM BERUFSBILDENDEN FORSCHUNGSKONTEXT UND FORSCHUNGSBEDARF

Ob mit Wissenstests und Arbeitsproben, wie hier angenommen, zwei empirisch unterscheidbare Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz erfasst werden, wurde in einigen berufs- und wirtschaftspädagogischen Studien untersucht.[4]

4 Für die Beurteilung, ob Arbeitsproben und Wissenstest unterscheidbare Kompetenzdimensionen erfassen, werden – sofern verfügbar – die Ergebnisse eines Modellvergleichs (eindimensionales vs. zweidimensionales Modell) herangezogen.

In der von Winther und Achtenhagen (2009) vorgelegten Untersuchung wurden verstehensbasierte und handlungsbasierte Kompetenzen bei Industriekaufleuten diagnostiziert. Die verstehensbasierte Kompetenz wurde mit einem Wissenstest, die handlungsbasierte Kompetenz mit authentischen computersimulierten Arbeitsproben erfasst. Bei der Dimensionsprüfung zeigte sich, dass die Ergebnisse beider Tests zwar deutlich korrelieren (r=.59, messfehlerbereinigt), letztlich aber zwei empirisch unterscheidbare Dimensionen abbilden.

Abele (2011b) untersuchte am Beispiel von Kfz-Mechatroniker/-innen, ob „theoretische" und praktische Prüfungsergebnisse ein eindimensionales oder ein zweidimensionales Konstrukt repräsentieren, wobei die theoretischen Leistungen mit einem Wissenstest und die praktischen Leistungen mit Arbeitsproben erhoben wurden. Auch in dieser Untersuchung korrelieren die Ergebnisse des Wissenstests und der Arbeitsproben hoch (r=.76. messfehlerbereinigt). Letztlich sprechen die Befunde aber dafür, dass mit beiden Testformaten eher zwei eigenständige Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz erfasst wurden.[5]

Auch Nickolaus et al. (2011b) gehen für den Ausbildungsberuf Elektroniker/-innen für Energie- und Gebäudetechnik davon aus, dass die mit computersimulierten Arbeitsproben und schriftlichen Tests erfassten Leistungen zwei verschiedenen Kompetenzdimensionen zuzuordnen sind.[6] Gschwendtner et al. (2009) prüfen diese Annahme für den Ausbildungsberuf Kfz-Mechatroniker/-in, in dem sie ein eindimensionales mit einem zweidimensionalen Modell vergleichen. Das inferenzstatistische Ergebnis spricht dafür, dass die mit computersimulierten Arbeitsproben gezeigten Leistungen einer anderen Dimension angehören als die in schriftlichen Tests erbrachten. Auch hier wurde zwischen beiden Dimensionen eine deutliche Korrelation festgestellt ($r\approx$.80, messfehlerbereinigt).

Gschwendtner (2008) und Geißel (2008) diagnostizieren bei Elektroniker/-innen für Energie- und Gebäudetechnik und Kfz-Mechatroniker/-innen sowohl Fertigkeit[7] als auch Wissen anhand eines Papier-und-Bleistift-Tests. Im Gegensatz zu den bisher zitierten Studien konnten beide Dimensionen in den genannten Studien empirisch *nicht* unterschieden werden. Im Sinne der hier geführten Argumentation erklärt sich dies dadurch, dass schriftliche Tests in den betreffenden Berufen eher explizites Wissen und damit dieselbe Kompetenzdimension erfassen.

Wenn die Annahme trägt, dass explizites Wissen *eine* Dimension berufsfachlicher Kompetenz darstellt, müssten fachspezifische Berufsschulnoten und theoretische Prüfungsleistungen dieselbe Dimension abbilden, denn beide Leistungen basieren im Kern auf Wissenstests. Einige Befunde weisen auf die besondere empirische Nähe von fachspezifischen Berufsschulnoten und theoretischen Prüfungsergebnissen hin (Funke, 1986; Jungkunz & Bodinet, 1989; Nickolaus, Gschwendtner,

5 Das inferenzstatistische Ergebnis eines Modellvergleichs und die Analyse der Fitwerte legen nahe, dass ein Zweifaktormodell (separate Messmodelle für die „theoretischen" und praktischen Prüfungsergebnisse) die Datenlage besser annähert als ein Einfaktormodell.

6 Allerdings wird diese Annahme nicht anhand von statistischen Modellvergleichen geprüft.

7 Beide Studien sprechen nicht von Fertigkeit, sondern von prozeduralem Wissen. Wie in Kapitel 4.2.2 dargelegt, wird hier der bisweilen missverständliche Begriff „prozedurales Wissen" durch den Begriff „Fertigkeit" ersetzt.

Geißel & Abele, 2010), eine fundierte Prüfung dieses Zusammenhangs steht allerdings noch aus.

4.5 ZUSAMMENFASSUNG

Berufsfachliche Kompetenz stellt eine Disposition dar, die verschiedene personenbezogene Dimensionen umfasst, wobei hier die Dimensionen „explizites Wissen" und „implizites Wissen" im Fokus stehen. *Explizites Wissen* ist verbalisierbar und situations*un*abhängig, d. h. flexibel zugänglich und anwendbar. Es besteht aus Faktenwissen, Verständniswissen und Strategiewissen. *Faktenwissen* bezieht sich auf die Kenntnis isolierter Wissenseinheiten. *Verständniswissen* ist in vernetzten und organisierten Wissensstrukturen (semantische Netze) enkodiert, die tiefes und umfassendes Verständnis von Begriffen, Situationen, Zusammenhängen usw. ermöglichen. *Strategiewissen* enthält explizite Informationen dazu, wie in bestimmten Situationen gehandelt werden kann. Komplexeres Strategiewissen hält für bestimmte Situationen auch mehrere Handlungsoptionen bereit. Vermutlich können die drei Wissensarten aber nur analytisch und nicht empirisch unterschieden werden, denn sie sind oft vernetzt, was sich bspw. daran erkennen lässt, dass sowohl Verständnis- als auch Strategiewissen Faktenwissen voraussetzt. Explizites Wissen wird im Weiteren vereinfachend Wissen genannt.

Implizites Wissen besteht aus implizitem statischem Wissen und impliziten Handlungsstrukturen und spiegelt Aspekte der Umwelt, die nicht bewusst zugänglich sind und nur kontextspezifisch aktiviert werden. Eine wichtige implizite Handlungsstruktur stellen *Fertigkeiten* dar, die durch Übung entstehen und nur zum Einsatz kommen, wenn die Reize der Übungssituation (externe Reize und interne Zielstellung) und der Anwendungssituation (weitgehend) übereinstimmen. Daher ist bei der Fertigkeitsdiagnostik darauf zu achten, dass das verwendete Testformat geeignete Stimuli enthält. Authentische Arbeitsproben dürften dieses Kriterium gut erfüllen.

Befunde aus dem berufsbildenden Kontext belegen, dass es sich bei berufsfachlichem Wissen und berufsfachlicher Fertigkeit um zwei unterscheidbare, aber oft eng assoziierte Kompetenzdimensionen handelt. Berufsfachliche Berufsschulnoten scheinen eher der Kompetenzdimension „berufsfachliches Wissen" anzugehören, eine fundierte empirische Prüfung dieser Annahme steht aber aus.

5 ANFORDERUNGSBEZOGENE DIMENSIONEN BERUFSFACHLICHER KOMPETENZ

Im Unterschied zum vorigen Kapitel werden im Folgenden nicht personenbezogene, sondern anforderungsbezogene Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz behandelt.[1] Dabei steht die Frage im Zentrum, ob und wie sich berufsfachliche Kompetenz abhängig von konkreten beruflichen Anforderungen strukturiert.

5.1 INHALTSBEREICH UND TÄTIGKEITSBEREICH

Wird berufsfachliche Kompetenz aus einer anforderungsbezogenen Perspektive definiert, geraten prinzipiell alle denkbaren fachlichen Anforderungen eines Berufs in den Blick. Durch berufsspezifische Anforderungs- oder Arbeitsprozessanalysen lassen sich diese Anforderungen klassifizieren und inhaltlich präzisieren (z. B. Spöttl et al., 2011). Ansätze, die den Prozesscharakter beruflicher Handlungen betonen, identifizieren und beschreiben Anforderungsklassen vor dem Hintergrund von Kernarbeitsprozessen (z. B. Spöttl, 2010). Ein empirisch besser untersuchter Ansatz besteht darin, Anforderungsklassen in Abhängigkeit von curricularen und Tätigkeitsanalysen festzulegen. Im Rahmen dieses Ansatzes wird angenommen, dass sich berufsfachliche Kompetenz entlang bestimmter Inhaltsbereiche strukturiert (z. B. Gschwendtner, 2011; Nickolaus et al., 2011b).

In gewerblich-technischen Ausbildungsberufen bietet es sich an, *Inhaltsbereiche* abhängig von der Beschaffenheit und Funktion technischer Systeme festzulegen. So ist es im Ausbildungsberuf *Kfz-Mechatroniker/-in* naheliegend, die Einteilung von Inhaltsbereichen mit Blick auf ein Kraftfahrzeug vorzunehmen. Dabei hat sich die Unterscheidung folgender Inhaltsbereiche als fruchtbar erwiesen: (1) Motor, (2) elektrische und elektronische Kfz-Systeme, (3) Kraftübertragung und (4) Fahrwerk (Gschwendtner, 2011). Mit elektrischen und elektronischen Systemen sind Aspekte wie z. B. die Start-, Strom- und Beleuchtungsanlage und das elektronische Motormanagement eines Fahrzeugs angesprochen (ebd.). Obwohl im Rahmen eines handlungsorientierten Unterrichts konkrete Handlungssituationen im

1 Ganz bewusst wird an dieser Stelle nicht von situationsbezogenen oder -spezifischen Dimensionen gesprochen. Situationen können als subjektive Konstruktionen „objektiv“ gegebener Sachverhalte verstanden werden (Beck, 1996). Hier wird angenommen, dass Anforderungsmerkmale subjektunabhängig beschreibar und subjektübergreifend wirksam sind (oder zumindest sein können). Mit dieser Annahme wird Forschungsarbeiten gefolgt, die den Zusammenhang von objektv bestimmbaren Anforderungsmerkmalen und Probandenverhalten untersuchen (z. B. Hartig, 2007; Nickolaus et al., 2011b).

Vordergrund stehen (sollten), dienen auch gegenwärtig Inhaltsbereiche, die im Anschluss an technische und curriculare Überlegungen festgelegt wurden, oft als Ausgangspunkt der berufsschulischen und betrieblichen Stoffvermittlung.[2]

Explizites Wissen, das sich auf fachliche *Inhaltsbereiche* eines Berufs bezieht, wird im Weiteren *berufsfachliches* Wissen genannt. Wenn sich das berufsfachliche Wissen auf einen Inhaltsbereich bezieht, wird von *Wissen eines Inhaltsbereichs* (z. B. Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen) gesprochen. Wissen, das mehrere Inhaltsbereiche abdeckt, wird als *inhaltsübergreifendes Wissen*[3] bezeichnet. Falls sich das Wissen auf (fast) alle berufstypischen Inhaltsbereiche bezieht, liegt *allgemeines berufsfachliches Wissen* vor (vgl. Tabelle 3).

Neben berufstypischen Inhaltsbereichen können mit Blick auf gewerblich-technische Berufe auch berufstypische Tätigkeiten unterschieden werden. So fallen bei Kfz-Mechatroniker/-innen bspw. Reparatur- und Diagnoseaufgaben an sowie Aufgaben, die sich auf den Standardservice beziehen (Becker, Spöttl, Hitz & Rauner, 2002; Spöttl et al., 2011). Berufstypische Tätigkeiten sind notwendigerweise auf bestimmte Inhaltsbereiche bezogen. So finden Fehlerdiagnosen häufig im Inhaltsbereich „elektrische und elektronische Kfz-Systeme“ statt. Die Verknüpfung einer berufstypischen Tätigkeit mit einem berufstypischen Inhaltsbereich wird hier *Tätigkeitsbereich* genannt. Damit ist zum einen klar, dass mit einem Tätigkeitsbereich immer auch ein bestimmter Inhaltsbereich angesprochen ist und zum anderen, dass *Fertigkeiten* in einem bestimmten *Tätigkeitsbereich* erworben werden. Falls Fertigkeiten (fast) aller berufstypischen Tätigkeitsbereiche zusammengefasst werden, ist von *allgemeiner berufsfachlicher Fertigkeit* die Rede (vgl. Tabelle 3).

2 Als exemplarischer Beleg dafür dient, dass sich die Lernfelder im Ausbildungsberuf Kfz-Mechatroniker/-in auf das Fahrwerk, elektrische und elektronische Systeme oder den Motor beziehen und dass Lehrbücher meist entlang der genannten Inhaltsbereiche strukturiert sind (z. B. Gerik et al., 2005).

3 Streng genommen müsste es „inhaltsbereichsübergreifendes Wissen“ heißen. Im Weiteren wird aber vereinfachend von „inhaltsübergreifendem Wissen“ gesprochen.

Tabelle 3: Bezeichnungen für verschiedene Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz

Anforderungsbezogene Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz	**Personenbezogene Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz**
Berufstypische Inhaltsbereiche (Beispiel Kfz-Mechatronik: elektrische und elektronische Kfz-Systeme)	*Wissen*
Ein berufstypischer Inhaltsbereich	Berufsfachliches Wissen bezogen auf einen Inhaltsbereich
Mehrere berufstypische Inhaltsbereiche	Inhaltsübergreifendes berufsfachliches Wissen
(Fast) *alle* berufstypischen Inhaltsbereiche	Allgemeines berufsfachliches Wissen
Berufstypische Tätigkeitsbereiche (Beispiel Kfz-Mechatronik: Fehlerdiagnose in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen)	*Fertigkeit*
Ein berufstypischer Tätigkeitsbereich	Berufsfachliche Fertigkeiten bezogen auf einen Tätigkeitsbereich
Mehrere berufstypische Tätigkeitsbereiche	Tätigkeitsübergreifende berufsfachliche Fertigkeiten
(Fast) *alle* berufstypischen Tätigkeitsbereiche	Allgemeine berufsfachliche Fertigkeiten

5.2 KOGNITIVE UND MOTORISCHE ANFORDERUNGEN

Generell (Ackerman & Kyllonen, 1991) und wohl besonders in gewerblich-technischen Berufen (z. B. Abele & Gschwendtner, 2010) ist es sinnvoll, zwischen kognitiven und motorischen Anforderungen zu differenzieren. Situationen, in denen v. a. berufsfachliches Wissen aktiviert und angewandt wird, stellen prinzipiell eher kognitive Anforderungen. Dagegen können Situationen, die auf der Basis berufsfachlicher Fertigkeiten bewältigt werden, eher *kognitive* oder eher *motorische* Anforderungen oder beide Anforderungen gleichermaßen stellen. So kann bspw. davon ausgegangen werden, dass die Fehlerdiagnose in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen (Tätigkeitsbereiche) eher kognitive Anforderungen stellt: Viele elektronische Fahrzeugdefekte sind nur zu finden, wenn z. B. fachspezifische Hypothesen systematisch formuliert und geprüft werden, also wenn komplexe kognitive Prozesse ablaufen (Abele et al., 2012). Dagegen stellen manche Reparaturtätigkeiten insbesondere motorische Anforderungen: Etwa wenn ein Gewinde zu schneiden ist oder Schweißarbeiten durchzuführen sind.

Generell wird hier angenommen, dass bestimmte Tätigkeitsbereiche eher kognitive und andere eher motorische Anforderungen stellen und dass abhängig vom Tätigkeitsbereich eher kognitive oder motorische Fertigkeiten erworben werden. Angesichts dessen wird im Weiteren zwischen *kognitiven* und *motorischen berufsfachlichen Fertigkeiten* unterschieden. Ob kognitive, motorische oder Mischanforderungen gestellt werden, kann nur mit Blick auf den jeweiligen Tätigkeitsbereich beurteilt werden.

5.3 AUSGEWÄHLTE BEFUNDE AUS DEM BERUFSBILDENDEN FORSCHUNGSKONTEXT UND FORSCHUNGSBEDARF

Ob sich berufsfachliches Wissen entlang bestimmter Inhaltsbereiche strukturiert, wurde in verschiedenen berufsbildenden Studien untersucht. Hier werden nur Studien zitiert, die sich auf das Ausbildungsende beziehen.

Seeber (2008) geht dieser Thematik im Ausbildungsberuf „Bürokaufmann/-frau“ nach und verwendet dafür einen berufsfachlichen Wissenstest, der verschiedene Inhaltsbereiche umfasst (rechtliche Dimension, betriebswirtschaftliche Organisation und Leistungsprozesse, Rechnungswesen/Controlling und volkswirtschaftliche Dimension). Wie die empirischen Analysen zeigen, deckt der Test zwei empirisch unterscheidbare Inhaltsdimensionen ab (1. die Dimension „Rechnungswesen/Controlling“ und 2. eine Dimension, in der die rechtliche Dimension, die betriebswirtschaftliche Organisation und Leistungsprozesse und die volkswirtschaftliche Dimension aufgehen).

Eine im gewerblich-technischen Ausbildungsbereich angesiedelte Studie legen Nickolaus et al. (2011b) vor. Für den Ausbildungsberuf „Elektroniker/-in für Energie und Gebäudetechnik“ zeigen sie, dass sich das berufsfachliche Wissen entlang von drei Inhaltsbereichen strukturiert. Gschwendtner (2011) ermittelt bei Kfz-Mechatroniker/innen ebenfalls eine mehrdimensionale Struktur des berufsfachlichen Wissens. Die Auswertung verschiedener Strukturmodelle legt nahe, zwischen folgenden Kfz-spezifischen Inhaltsbereichen zu unterscheiden: *Service*, *Motor*, *Motormanagement*, *Start-Strom-Beleuchtungsanlage*, *Kraftübertragung* und *Fahrwerk*. Herausgearbeitet wurde dort auch, dass sich eine Zusammenlegung der Inhaltsbereiche „Motormanagement“ und „Start-/Strom-/Beleuchtungsanlage“ im Inhaltsbereich *elektrische und elektronische Kfz-Systeme* sowohl inhaltlich als auch empirisch rechtfertigen lässt.

Rosendahl und Straka (2011) gehen der Frage nach, ob sich bei Bankkaufleuten verschiedene inhaltsspezifische Dimensionen berufsfachlichen Wissens unterscheiden lassen. Auch hier legen die Befunde nahe, dass sich das Wissen anforderungsspezifisch strukturiert. Darüber hinaus wirft die Studie die Frage auf, ob die Ergebnisse der Dimensionalitätsprüfung davon abhängen, welches statistische Verfahren zur Prüfung herangezogen wird. In diesem Kontext ist zunächst zu erwähnen, dass zur Dimensionalitätsprüfung einmal devianzstatistische Analysen und einmal konfirmatorische Faktorenanalysen herangezogen werden können. Bei devianzstatistischen Analysen wird geprüft, ob bspw. ein zweidimensionales Modell besser passt als ein eindimensionales und nicht ob die Modelle grundsätzlich passen. Dagegen wird mit konfirmatorischen Faktorenanalysen auch die grundsätzliche Passung eines Modells zur empirischen Datenstruktur geprüft, konfirmatorische Faktorenanalysen sind also vergleichsweise strenger. Rosendahl und Straka (2011) untersuchen die Kompetenzstruktur anhand konfirmatorischer Faktorenanalysen und verdeutlichen, dass bei Einsatz dieses strengen Verfahrens Schwierigkeiten auftreten kön-

nen. So bleibt das *CFI*-Fitmaß in ihren Dimensionalitätsanalysen durchweg deutlich unterhalb des empfohlenen Mindestwerts von *CFI*=.90[4], was auf eine nicht vollständig überzeugende Modellpassung hindeutet. Vor diesem Hintergrund kann gefragt werden, ob und inwiefern die von Gschwendtner (2011) identifizierte Struktur berufsfachlichen Wissens auch dann empirisch haltbar ist, wenn nicht devianzstatistische Analysen, sondern konfirmatorische Faktorenanalysen verwendet werden. Dieser Frage wird hier nachgegangen.

Die Studie von Nickolaus et al. (2011b) belegt, dass zwischen dem berufsfachlichen Wissen verschiedener Inhaltsbereiche substantielle Korrelationen bestehen und dass dieses Wissen anhand eines Generalfaktors abgebildet werden kann, der sich als *inhaltsübergreifendes berufsfachliches Wissen* interpretieren lässt.[5] Abele (2011b) analysierte die Struktur der „theoretischen" Prüfungsergebnisse bei Kfz-Mechatroniker/-innen und fand heraus, dass das Wissen ebenfalls anhand *eines* Faktors modelliert werden kann. Da davon auszugehen ist, dass in der Abschlussprüfung ein Großteil des Wissens abgefragt wird, das Kfz-Mechatroniker/-innen am Ausbildungsende beherrschen sollten, dürfte der Faktor *allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen* repräsentieren.

Deutlich weniger Studien liegen dazu vor, ob sich Fertigkeiten entlang verschiedener Tätigkeitsbereiche strukturieren. Die Ergebnisse von Winther und Achtenhagen (2009) können so verstanden werden, dass sich Fertigkeiten bei Industriekaufleuten auf zwei verschiedene Tätigkeitsbereiche beziehen (Wertschöpfungs- und Steuerungsprozesse), wobei die Autoren aufgrund der geringen Itemzahl pro Dimension vor einer voreiligen Verallgemeinerung dieses Befunds warnen.

Nickolaus et al. (2011b) zeigt für den Ausbildungsberuf „Elektroniker/-in für Energie und Gebäudetechnik", dass Leistungen, die bei verschiedenen computersimulierten Fehleranalyseaufgaben erbracht wurden, auf *eine* Dimension zurückgeführt werden können. Nickolaus, Abele und Gschwendtner (2012) bestätigen diesen Befund anhand einer Stichprobe von Kfz-Mechatroniker/-innen. Dort konnten Leistungen, die mit computersimulierten Arbeitsproben zur Kfz-Fehlerdiagnose diagnostiziert wurden, mit einem Faktor erklärt werden, der inhaltlich *Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen* repräsentiert.

5.4 ZUSAMMENFASSUNG

Berufliche Anforderungen können anhand von Inhaltsbereichen und Tätigkeitsbereichen strukturiert werden. In gewerblich-technischen Ausbildungsberufen ergeben sich Inhaltsbereiche typischerweise aus der Struktur und Funktion technischer

4 Zur Beurteilung der Fit-Maße von Strukturgleichungsmodellen siehe z. B. Hu & Bentler (1999) oder Schermelleh-Engel, Moosbrugger und Müller (2003).

5 Für die Entscheidung, ob das Wissen verschiedener Inhaltsbereiche anhand einer latenten Dimension modelliert werden kann, werden die Fit-Maße eines Einfaktormodells, d. h. dessen Passungsgüte beurteilt.

Systeme (z. B. der Inhaltsbereich: elektrische und elektronische Kfz-Systeme). Tätigkeitsbereiche beziehen sich auf bestimmte Tätigkeiten und Inhaltsbereiche, sie stellen also eine Verknüpfung aus berufstypischem Inhaltsbereich und berufstypischer Tätigkeit dar (z. B. der Tätigkeitsbereich: Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen). Tätigkeitsbereiche können eher motorische oder kognitive Anforderungen stellen.

Explizites Wissen, das sich auf typische Inhaltsbereiche eines Berufs bezieht, wird hier *berufsfachliches Wissen* genannt. Berufsfachliches Wissen strukturiert sich entlang verschiedener Inhaltsbereiche, d. h. berufsfachliches Wissen stellt, aus einer Anforderungsperspektive betrachtet, ein mehrdimensionales Konstrukt dar. Wird berufsfachliches Wissen weniger Inhaltsbereiche zusammengefasst, wird von *inhaltsübergreifendem berufsfachlichem Wissen* gesprochen. Werden (nahezu) alle berufstypischen Inhaltsbereiche eines Berufs betrachtet, liegt *allgemeines berufsfachliches Wissen* vor.

Berufsfachliche Fertigkeiten werden in berufstypischen Tätigkeitsbereichen erworben, wobei abhängig von den konkreten Anforderungen des Tätigkeitsbereichs eher *kognitive* oder *motorische Fertigkeiten* entstehen. Auch Fertigkeiten können sich auf einen oder (nahezu) alle berufstypischen Tätigkeitsbereiche beziehen: Im ersten Fall liegen *Fertigkeiten* eines *Tätigkeitsbereichs*, im zweiten Fall *allgemeine berufsfachliche Fertigkeiten* vor.

Im empirischen Teil dieser Arbeit wird das vorgestellte berufsfachliche Kompetenzverständnis validiert (vgl. Kapitel 11). Das theoretische Fundament dieser Validierung bilden die Ergebnisse aus Kapitel 4 und 5, die zu Beginn der Validierungsstudie zusammengefasst und aufeinander bezogen werden (vgl. Kapitel 11.1).

6 LERNTHEORETISCHE GRUNDLAGEN DER BERUFSFACHLICHEN KOMPETENZENTWICKLUNG

In den zurückliegenden Kapiteln wurde der berufsfachliche Kompetenzbegriff theoretisch entfaltet. Ausgehend von diesem Begriff wird im folgenden Kapitel der Frage nachgegangen, wie sich berufsfachliche Kompetenz entwickelt. Dabei werden zunächst der Wissens- und Fertigkeitserwerb aus einer kognitions- und lerntheoretischen Perspektive betrachtet, anschließend werden verschiedene Phasen des Kompetenzerwerbs beschrieben und abhängig von Anforderungscharakteristika zwei idealtypische Entwicklungsverläufe vorgestellt.

6.1 WISSENSERWERB

Beim Erwerb berufsfachlichen Wissens werden Informationen in Form von Chunks mental abgespeichert. Ob es zu einer mentalen Repräsentation kommt, hängt davon ab, wie oft die Information gehört und erinnert wurde und wie viele Gemeinsamkeiten zwischen einer Information und vorhandenen Chunks bestehen (Anderson, 2007). Falls eine Information viele Elemente enthält, die bereits mental repräsentiert sind, kann sie schneller in die Wissensbasis integriert werden. Inhaltlich bedeutet dies, dass einschlägiges Vorwissen den Aufbau spezifischen Wissens erleichtert. Technisch gesprochen heißt das, dass „verwandte“ Chunks als Anknüpfungspunkte neuer Chunks dienen. Auf diese Weise können größere Chunk-Netzwerke (semantische Netze) entstehen. Je häufiger Chunks eines Chunk-Netzwerks gemeinsam aktiviert und verarbeitet werden, desto stärker sind sie assoziiert. Werden Chunks längere Zeit nicht aktiviert, sinkt deren Aktivierungswahrscheinlichkeit wieder ab (vgl. dazu auch Kapitel 4.1.2). Isoliert abgespeicherte Chunks repräsentieren eher Faktenwissen, Chunk-Netzwerke Verständniswissen und ein Verbund aus Bedingungs- und Handlungschunks Strategiewissen.

Berufsfachliches Wissen wird generell durch intentionales Lernen erworben, das ein beachtliches Maß an Aufmerksamkeit erfordert und eher mühevoll, langsam und analytisch abläuft (Sun et al., 2007a). Üblicherweise wird berufsfachliches Wissen in instruktionalen Lernsettings erworben (Sun, 2003). Instruktionslernen kann anhand von Beispielen und/oder verbalen Instruktionen stattfinden (Anderson, 2007).

Es würde in die Irre führen, Instruktionslernen so zu verstehen, dass Wissen von einem Sender auf einen Empfänger übertragen wird, denn auch stark außengeleitete Lernvorgänge beinhalten eine Vielzahl individueller Entdeckungen und Einzelkonstruktionen (Anderson, 2007). So werden Instruktionen immer vor dem Hintergrund einer bestehenden Wissensstruktur interpretiert und ggf. in diese integriert. Dabei entsteht bedeutungsvolles Wissen, wobei die Bedeutungskonstruktion von

der individuellen Beschaffenheit der Wissensbasis abhängt und somit ein subjektiver Vorgang ist. Allerdings erfolgt die Bedeutungskonstruktion in Abgleich mit Umweltinformationen, weshalb sie nicht beliebig ist. Nur so können jahrhundertealte Kulturtechniken und mathematische sowie naturwissenschaftliche Inhalte tradiert werden.

Ferner ist ein hypothesengetriebener Erwerb berufsfachlichen Wissens denkbar (Sun et al., 2007b). Hierbei werden zunächst Hypothesen formuliert und geprüft. Im vorliegenden Kontext stellen Hypothesen v. a. Aussagen darüber dar, was in einer bestimmten Situation für das Erreichen eines bestimmten Ziels zu tun ist. Insofern haben sie dieselbe Funktion wie Strategiewissen. Strategiewissen kann aus der Hypothesenprüfung entstehen. Erbringt die Anwendung einer bestimmten Hypothese kein befriedigendes Ergebnis, wird diese künftig in ähnlichen Situationen nicht mehr verwendet. Dagegen führt ein positives Ergebnis dazu, dass die Hypothese als situationsadäquate Handlungsstrategie erkannt und beibehalten wird. Für die Festigung einer solchen Strategie ist insbesondere relevant, wie häufig sie erfolgreich eingesetzt werden kann. Hypothesengetrieben wird bspw. bei Fehleranalysen in technischen Systemen gelernt. Dort werden auf Basis der Fehlercharakteristik und des verfügbaren Wissens Hypothesen zur Fehlerursache formuliert und anschließend geprüft (Abele et al., 2012): Reagiert etwa beim Startvorgang eines Fahrzeugs der Starter nicht, könnte vermutet werden, dass die Batterie „leer“ ist. Um diese Hypothese zu testen, wird die Batteriespannung gemessen, abhängig vom Ergebnis wird die Hypothese verstärkt oder abgeschwächt. Falls die Hypothese nicht trägt, muss die Ausgangshypothese spezifiziert und die neue Hypothese wiederum geprüft werden. Mit zunehmender Erfahrung in einer Domäne wird immer mehr und situationsspezifischeres Strategiewissen aufgebaut. Durch Hypothesentestung können sich aber nicht nur spezifische, sondern auch relativ allgemeine Strategien entwickeln: Liegen für eine bestimmte Aufgabenstellung noch keine Strategien vor, können Strategien angewandt werden, deren Bedingungsteil eine ungefähre, aber keine totale Übereinstimmung mit einer Situation aufweist. Im Erfolgsfall wird dabei der Bedingungsteil der Strategie erweitert. Im Bereich der technischen Fehleranalyse liegt ein solcher Fall vor, wenn das Autoradio nicht eingeschaltet werden kann und einfach die folgende ungefähr passende Strategie angewandt wird: Wenn der Starter eines Fahrzeugs beim Startvorgang nicht reagiert, dann messe die Batteriespannung. Ist tatsächlich die Batteriespannung für das „Radio“-Problem verantwortlich, wird die Strategie verallgemeinert: Wenn der Starter eines Fahrzeugs beim Startvorgang nicht reagiert oder das Radio nicht eingeschalten werden kann, dann messe die Batteriespannung.

Darüber hinaus kann wissensbasiertes schlussfolgerndes Denken zum Erwerb berufsfachlichen Wissens, genauer, Verständniswissen führen (Sun & Zhang, 2006). Wie in Kapitel 3.2.4 dargelegt, werden beim wissensbasierten Schlussfolgern vernetzte Chunks aktiviert und auf subjektiv neue Weise verbunden. So konnte z. B. aus dem Wissen, dass eine Rose eine Pflanze ist und dass Pflanzen von einer bestimmten Schädlingsart befallen werden, geschlossen werden, dass auch Rosen von der Schädlingsart befallen werden. Hierbei entsteht zwischen dem Konzept „Rose“ und der Schädlingsart eine Verbindung. Somit forciert wissensbasiertes

Schlussfolgern einerseits eine vielfältigere Vernetzung vorhandenen Wissens, andererseits werden bestehende Verbindungen gefestigt, da verknüpfte Chunks gleichzeitig aktiviert werden. Durch Analogieschließen können sich auch zwischen Chunks, die nur partiell korrespondieren, Assoziationen bilden. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass wissensbasiertes schlussfolgerndes Denken zum Aufbau (sehr) komplexer semantischer Netze beitragen kann. Insbesondere die Gestalt beruflicher Lernprozesse sowie die Beschaffenheit und die Anforderungen der Inhaltsbereiche sind dafür verantwortlich, welche Elemente gemeinsam verarbeitet werden und welche Umweltcharakteristika in berufsfachlichem Verständniswissen enkodiert sind.

Schließlich kann berufsfachliches Wissen aus Bottom-up-Lernen resultieren. Bottom-up-Lernen steht für einen Lernprozess, bei dem die beobachtbaren Leistungen während des Übens deutlich ansteigen, das aufgabenspezifische explizite Wissen jedoch nur langsam zunimmt. Sun (2002) erklärt dieses Phänomen damit, dass die Handlung auf Basis impliziten Wissens stattfindet und explizites Wissen langsam aus implizitem Wissen „extrahiert" wird. Der beschriebene „Extraktionsvorgang" findet nicht zwingend statt, sondern hängt von Parametern wie bspw. dem Aufgabenzuschnitt oder der Lernumgebung ab. Im Falle einer „Extraktion" impliziten Wissens kann das extrahierte berufsfachliche Wissen künftig bewusst eingesetzt werden (ebd.).

6.2 FERTIGKEITSERWERB

Fertigkeiten werden erworben, wenn unbekannte Problemstellungen zu bearbeiten sind bzw. wenn nicht bereits adäquate Fertigkeiten zur Bewältigung einer Aufgabe vorliegen. Das Grundprinzip des Fertigkeitserwerbs lässt sich gut mit einem Beispiel erläutern, das in Anlehnung an Anderson (2007) entwickelt wurde. In diesem Beispiel sollen zwei Zahlen schriftlich subtrahiert werden, wobei die beiden Zahlen übereinander und die Zahl „18" oben und die Zahl „13" unten steht.

Falls zur Bearbeitung der Subtraktionsaufgabe noch keine spezifischen Fertigkeiten vorliegen, aktiviert die Problemstellung bspw. eine allgemeine Fertigkeit (implizites Wissen), die sich generell auf das Verhältnis von Zahlen bezieht und folgendermaßen lautet: *Wenn* zur Lösung einer Aufgabe keine spezifischen Fertigkeiten verfügbar sind und das Verhältnis zweier Zahlen gegeben ist, *dann* suche im expliziten Gedächtnis nach Strategiewissen, das zu diesem Zahlenverhältnis passt. Diese allgemeine Fertigkeit ist nicht auf die vorliegende Situation beschränkt, sondern sucht bei Anforderungen, für die noch keine spezifischen Fertigkeiten vorliegen und bei denen Zahlen in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen, generell nach adäquatem Strategiewissen. Im vorliegenden Fall ruft die allgemeine Fertigkeit bspw. das folgende Strategiewissen (explizites Wissen) auf, mit dem eine Grundbedingung der schriftlichen Subtraktion geprüft wird: *Wenn* die untere Zahl kleiner ist als die obere, *dann* können die Zahlen subtrahiert werden. Mit diesem Strategiewissen wird die Information aktiviert, dass die untere Zahl von der oberen

subtrahiert werden kann, was wiederum eine Fertigkeit der folgenden Form aktiviert: *Wenn* die Zahlen subtrahiert werden können, *dann* erfrage im expliziten Gedächtnis den Differenzwert der Einer (also das Resultat aus 8-3). Neben der Anfrage ans explizite Gedächtnis löst diese Fertigkeit eine neue Fertigkeit aus, die z. B. das Notieren der im expliziten Gedächtnis gefundenen Zahl veranlasst usw. Abstrakter lässt sich der skizzierte Prozess wie folgt beschreiben: Ist eine Anforderung zu bewältigen und liegen dafür keine geeigneten spezifischen Fertigkeiten vor, veranlassen relativ allgemeine Fertigkeiten das explizite Gedächtnis dazu, nach hilfreichem Strategiewissen zu suchen. Wird passendes Strategiewissen gefunden, wird dieses aktiviert und damit auch eine weitere Fertigkeit. Diese Fertigkeit löst eine entsprechende Handlung aus und aktiviert eine weitere Fertigkeit usw. Ein Kennzeichen dieses Prozesses ist, dass er sowohl auf relativ allgemeinen Fertigkeiten als auch auf Strategiewissen, d. h. explizitem Wissen basiert. Selbstverständlich läuft der beschriebene Lernprozess nur dann ab, wenn regelmäßig und zielführend geübt wird.

Wird der geschilderte Vorgang häufiger durchlaufen, können einzelne Schritte allmählich entfallen. Grund hierfür ist folgender Lernmechanismus: Tauchen bestimmte Stimuli vor der Ausführung einer Handlung häufig gemeinsam auf, löst das Auftreten der Stimuli nach gewisser Zeit die Handlung direkt aus. Werden also zwei Zahlen oft subtrahiert und ist die untere Zahl kleiner als die obere, kann das Reizmuster (z. B. untere Zahl ist kleiner als die obere) direkt die folgende Fertigkeit auslösen: *Wenn* zwei Zahlen (z. B. die Einer) einer Spalte subtrahiert werden sollen und die untere Ziffer kleiner ist als die obere, *dann* erfrage im expliziten Gedächtnis den Differenzwert beider Zahlen. Weitere Übung kann dazu führen, dass eine Fertigkeit folgender Form gebildet wird: *Wenn* drei von acht subtrahiert werden soll, *dann* schreibe fünf. Eine bewusste Auseinandersetzung mit der Aufgabe ist dann nicht mehr nötig und die Wahrnehmung des Reizes (z. B. 8-3=?) führt zum sofortigen Aufschreiben der Zahl „5“. Damit ist ein Prozess beschrieben, bei dem auf der Basis von Strategiewissen und relativ allgemeinen Fertigkeiten spezifische Fertigkeiten entstehen und nach längerer Übung die Aufgabenbearbeitung einzig anhand spezifischer Fertigkeiten und ohne Zugriff auf das explizite Gedächtnis erfolgt.

Im weiteren Lernprozess können zwischen spezifischen Fertigkeiten auch allmählich Assoziationen entstehen, d. h. die Dann-Komponente einer spezifischen Fertigkeit löst direkt die Wenn-Komponente einer anderen Fertigkeit aus usw. Ebenso kann weitere Übung dazu führen, dass eine neue, noch spezifischere Fertigkeit entsteht, die der Wenn-Komponente der *ersten* Fertigkeit und der Dann-Komponente der *zweiten* Fertigkeit entspricht. Zwischenschritte, die die im Hinblick auf die Zielerreichung unnötig sind, werden so allmählich eliminiert.

6.3 IDEALTYPISCHE PHASEN DER BERUFSFACHLICHEN KOMPETENZENTWICKLUNG

In Anlehnung an den beschriebenen Erwerbsprozess und an Fitts und Posner (1967) sowie Anderson (1993) können drei Phasen des Kompetenzerwerbs unterschieden werden: (1) eine kognitive, (2) eine assoziative und (3) eine autonome Phase.

(1) In der *kognitiven Phase* findet der erste Kontakt mit dem Inhaltsbereich statt. Hier geht es hauptsächlich darum, die verschiedenen Anforderungen zu verstehen. Eine aufmerksame und bewusste Informationsverarbeitung führt dazu, dass explizites Vorwissen und existierende Fertigkeiten aktiviert und bestehende Wissensstrukturen neu arrangiert werden. Vorwissen spielt insofern eine wichtige Rolle, als es darüber entscheidet, ob verbale Instruktionen interpretiert werden können und wie viel neues berufsfachliches Wissen aufzubauen ist. Häufig erklären sich zu Lernbeginn auftretende Fehler durch mangelndes Verständniswissen. Eliminiert werden diese Fehler insbesondere durch den Aufbau von Wissen im betreffenden Inhaltsbereich. So kann bspw. ein Defekt in einem technischen System oft erst dann zielorientiert diagnostiziert werden, wenn grundlegende Systemfunktionen und Diagnosemöglichkeiten bekannt sind. In der kognitiven Phase wird berufsfachliches Wissen eines bestimmten Inhaltsbereichs aufgebaut und Strategiewissen erstmals angewandt. Da es v. a. darum geht, neue Informationen, Hinweisreize und/oder Instruktionen explizit zu memorieren, kann die kognitive Phase auch als *Phase des Wissenserwerbs* bezeichnet werden.

(2) Durch die erfolgreiche und die häufige Anwendung des Strategiewissens, findet der Übergang in die *assoziative Phase* statt. Hier wird allmählich erlernt, auf bestimmte Anforderungen bzw. Stimuli auf eine bestimmte Weise zu reagieren. Es werden also interne Repräsentationen gebildet, in denen eine bestimmte Situation mit einer bestimmten Handlung assoziiert ist. Diese internen Repräsentationen stellen Fertigkeiten dar, weshalb die assoziative Phase auch als *Phase des Fertigkeitserwerbs* bezeichnet wird. Vor dem Hintergrund der ACT-R Theorie (Anderson, 2007) erklärt sich der Name „assoziative Phase“ durch die immer stärker werdenden Assoziationen zwischen auftretenden Stimuli und bestimmten Handlungsweisen. Da die Assoziationen noch fehlerhaft sind und somit nicht automatisch abgearbeitet werden können, wird in dieser Phase sowohl auf berufsfachliches Wissen als auch auf berufsfachliche Fertigkeiten zurückgegriffen.

(3) In der anschließenden *autonomen Phase* reduziert sich der kognitive Aufwand deutlich. Die Handlungen laufen zusehends automatisch, ohne große Aufmerksamkeit und unbewusst ab. Außerdem wird in dieser Phase Fehlhandeln weiter minimiert, auf berufsfachliches Wissen wird nicht mehr zurückgegriffen und aus spezifischen Fertigkeiten entstehen allmählich zusammenhängende Handlungsmuster, wodurch sich auch die Handlungsgeschwindigkeit erhöht. In dieser Phase, die auch *Phase der Fertigkeitsstabilisierung und -optimierung* genannt wird, können Parallelaufgaben ausgeführt und erlernt werden. So ist es bspw. möglich, während des Laufens zu sprechen. In früheren Erwerbsphasen können Parallelaufgaben dagegen nur mit minderer Qualität ausgeführt werden. Sehr eingeschliffene Fertigkeiten sind kaum mehr von Reflexen zu unterscheiden, da bestimmte Stimuli das

Handeln direkt und exklusiv auslösen. Wenn also die Wenn-Komponente einer Fertigkeit erfüllt ist, wird direkt die Dann-Komponente ausgeführt.

6.4 BERUFSFACHLICHE KOMPETENZENTWICKLUNG

Die berufsfachliche Kompetenzentwicklung kann in Anlehnung an Ackerman (1986) in konsistenten und inkonsistenten Tätigkeitsbereichen stattfinden. Zunächst wird die Kompetenzentwicklung in konsistenten und anschließend in inkonsistenten Tätigkeitsbereichen besprochen.

6.4.1 … in konsistenten Tätigkeitsbereichen

Konsistente Tätigkeitsbereiche sind durch eine klar umrissene Anzahl an Stimuli gekennzeichnet, auf die zu reagieren ist. Ackerman (2007) spricht in diesem Zusammenhang auch von einem geschlossenen Tätigkeitsbereich, da nach einer gewissen Lernzeit alle Anforderungen bekannt sind. Mit Blick auf den Ausbildungsberuf Kfz-Mechatroniker/-in repräsentieren bspw. Reparaturen am Fahrwerk (z. B. Bremsbelagwechsel) einen (weitgehend) konsistenten (geschlossenen) Tätigkeitsbereich, da sich nach einer gewissen Zeit die Anforderungen – zumindest größtenteils – wiederholen.

Was die berufsfachliche Kompetenzentwicklung in konsistenten Tätigkeitsbereichen anbelangt, ist in der kognitiven Phase ein Anstieg des berufsfachlichen Wissens zu erwarten (vgl. Abbildung 3). In der assoziativen Phase entstehen auf Basis dieses Wissens und in Abhängigkeit von den konkreten Anforderungen des Tätigkeitsbereichs spezifische Fertigkeiten. Es werden also allmählich neue Fertigkeiten im betreffenden Tätigkeitsbereich aufgebaut. Da in der assoziativen Phase ständig auf berufsfachliches Wissen zurückgegriffen wird, bleibt dieses Wissen erhalten. In der autonomen Phase werden die erworbenen spezifischen Fertigkeiten optimiert, d. h. zwischen einzelnen Fertigkeiten entstehen Assoziationen und überflüssige Handlungsschritte werden eliminiert. Da hier nicht mehr auf berufsfachliches Wissen zurückgegriffen wird, „verblasst“ dieses Wissen allmählich. Denn die Chunks, welche dieses Wissen repräsentieren, werden nicht mehr aktiviert und deshalb allmählich vergessen (vgl. Kapitel 4.1.2).

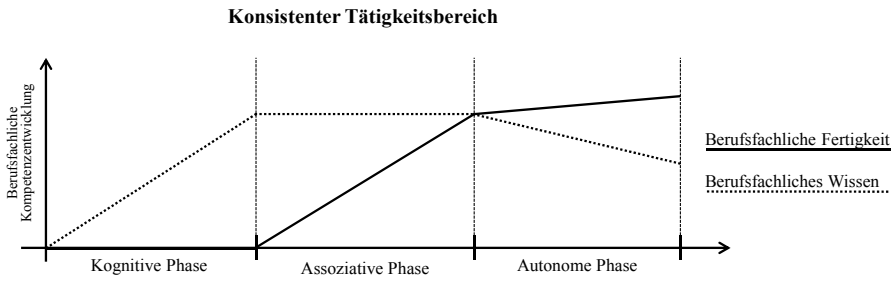


Abbildung 3: Idealtypische berufsfachliche Kompetenzentwicklung in konsistenten Tätigkeitsbereichen

6.4.2 … in inkonsistenten Tätigkeitsbereichen

Inkonsistente Tätigkeitsbereiche zeichnen sich dadurch aus, dass neben bekannten immer wieder auch subjektiv neue Anforderungen auftreten können (Ackerman, 1986). Ackerman (2007) spricht in diesem Zusammenhang auch von offenen Tätigkeitsbereichen. Mit Blick auf den Ausbildungsberuf „Kfz-Mechatroniker/-in" repräsentiert die Fehlerdiagnose in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen eher einen inkonsistenten, d. h. offenen Tätigkeitsbereich, da diese Systeme vergleichsweise komplex sind und einem relativ raschen technischen Wandel unterliegen.

Mit Blick auf inkonsistente Tätigkeitsbereiche ergeben sich sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zu den vorigen Ausführungen. Gemeinsamkeiten ergeben sich insofern, als der Kompetenzerwerb auch hier mit einer kognitiven Phase und entsprechend mit dem Aufbau berufsfachlichen Wissens beginnt (vgl. Abbildung 4). Nach Beendigung der kognitiven Phase, d. h. wenn ausreichend berufsfachliches Wissen zur Entwicklung berufsfachlicher Fertigkeiten verfügbar ist, beginnt jedoch eine Mischphase. Da in inkonsistenten Tätigkeitsbereichen alte und neue Anforderungen auftreten, werden nach dem Übertritt in die Mischphase berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeiten aufgebaut sowie Fertigkeiten optimiert und stabilisiert. Die Mischphase umfasst also die kognitive, assoziative und autonome Phase des Kompetenzerwerbs: Für neue Tätigkeiten ist zunächst Wissen aufzubauen. Für manche Tätigkeitsauschnitte liegen bereits funktionsfähige Fertigkeiten vor. Bezogen auf andere Tätigkeitsauschnitte wird vollkommen automatisch und optimiert gehandelt. In der Mischphase werden folglich neues Wissen und/oder neue Fertigkeiten erworben sowie bestehende Fertigkeiten optimiert. Die in der Abbildung dargestellten Geraden deuten an, dass das Wissens- und die Fertigkeitsniveau mit voranschreitender Übung anwächst. Die Verwendung von Geraden gründet weniger in der Auffassung, dass die Kompetenzentwicklung linear verläuft, als vielmehr in der Einfachheit dieser Darstellungsform und einem Erkenntnisdefizit (Nickolaus, 2011): Gegenwärtig sind keine empirisch belastbaren Aussagen dazu möglich, ob sich berufsfachliche Kompetenzen eher stufenförmig oder

eher linear entwickeln oder ob abhängig vom Entwicklungsabschnitt beide Entwicklungsformen auftreten.[1] Vor diesem Hintergrund sollten die dargestellten Geraden lediglich als eine grobe und erste Annäherung an den Verlauf der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung verstanden werden.

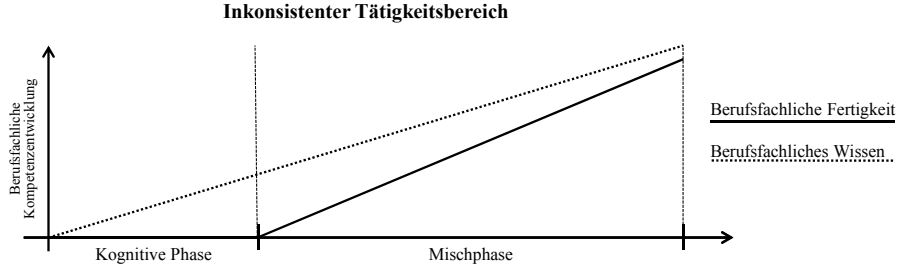


Abbildung 4: Idealtypische berufsfachliche Kompetenzentwicklung in inkonsistenten Tätigkeitsbereichen

6.5 KONSEQUENZEN FÜR DIE DIAGNOSTIK UND MODELLIERUNG BERUFSFACHLICHER KOMPETENZ

Die Überlegungen zur Kompetenzentwicklung haben Konsequenzen für die Modellierung und die Diagnostik berufsfachlicher Kompetenz. Unabhängig davon, ob konsistente oder inkonsistente Tätigkeitsbereiche betrachtet werden, besteht berufsfachliche Kompetenz in der kognitiven Phase nur aus berufsfachlichem Wissen, da noch keine Fertigkeiten gebildet wurden. Falls Auszubildende in dieser Phase berufsfachliche Aufgaben bewältigen müssen, greifen sie dabei insbesondere auf berufsfachliches Wissen zurück: Entweder sie verfügen bereits über geeignetes Strategiewissen oder aber sie entwickeln dieses auf Basis von „verwandten" Strategien und/oder von Verständnis- sowie Faktenwissen. Darum erfassen auch Arbeitsproben in der kognitiven Phase vornehmlich berufsfachliches Wissen. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass Arbeitsproben nicht generell Fertigkeiten erfassen und dass eine valide Fertigkeitsdiagnostik nur erfolgen kann, wenn Probanden die kognitive Phase hinter sich gelassen haben.

Berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit können frühestens in der assoziativen Phase, also nach einer gewissen Anwendungs- und Übungszeit, unterschieden werden, denn erst hier sind beide Kompetenzdimensionen ausgeprägt. Aber auch in der assoziativen Phase sind beide Dimensionen eng assoziiert, denn der Fertigkeitserwerb basiert auf berufsfachlichem Wissen. Dies kann die empirische Unterscheidung beider Dimensionen schwierig machen. Mit dem Übergang in die autonome Phase sind berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fer-

1 Dass Entwicklungsverläufe komplex sein können, diskutieren Beck, Bienengräber, Mitulla und Parche-Kawik (2001) am Beispiel der moralischen Urteilskompetenz.

tigkeit zusehends einfacher empirisch zu unterscheiden, denn das Wissen „verblasst“ allmählich, weil die korrespondierenden Chunks bei der Aufgabenbearbeitung nicht mehr aktiviert werden.

In inkonsistenten Tätigkeitsbereichen schließt sich an die kognitive Phase eine Mischphase an. In dieser Phase können berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit dauerhaft parallel existieren, weshalb beide Dimensionen in inkonsistenten Tätigkeitsbereichen empirisch wohl generell schwierig zu unterscheiden sind. Prinzipiell sollte, wenn Wissen und Fertigkeit empirisch nicht unterschieden werden können, nicht geschlossen werden, dass berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit dieselbe Kompetenzdimension abbilden, denn dieser Schluss würde in gewisser Weise die Grenzen zwischen Wissen und Handeln aufheben, was sicherlich keine sinnvolle Konsequenz bedeutet.

6.6 EMPIRISCHE FUNDIERUNG

Eine wesentliche Säule der zurückliegenden Ausführungen ist die Annahme eines dreiphasigen Kompetenzerwerbs. Die empirische Haltbarkeit dieser Annahme wird zunächst mit neurowissenschaftlichen und anschließend mit Simulationsstudien geprüft.

Neurowissenschaftliche Befunde

Empirisch gut abgesichert ist, dass der präfrontale Cortex in die Aktivierung expliziten Wissens eingebunden ist (z. B. Anderson, 2007; Lefrançois, 2006; Markowitsch, 2009). Ebenso ist die Relevanz der Basalganglien für den Fertigkeitserwerb und -einsatz (z. B. Markowitsch, 2009) sowie die Bedeutung des primären Motorcortex für motorische Handlungen (z. B. Roth, 2003) empirisch gut belegt. Anderson (2007) geht davon aus, dass der anteriore cinguläre Cortex (ACC) insbesondere für die Bereithaltung des aktuell verfolgten Ziels verantwortlich ist.

Vor diesem Hintergrund ist im Hinblick auf den Kompetenzerwerb Folgendes zu erwarten: (1) Da am Anfang des Kompetenzerwerbs noch häufig auf explizites Wissen zurückgegriffen werden muss, ist der präfrontale Cortex in der kognitiven Phase besonders aktiv. Mit zunehmender Übung sollte diese Aktivität abnehmen, denn die Aufgabenbearbeitung läuft zusehends auf Basis spezifischer Fertigkeiten ab. Auf explizites Wissen wird dann nicht mehr zurückgegriffen. (2) Im Hinblick auf den ACC ist zu erwarten, dass die Aktivität stabil bleibt, da der Fertigkeitserwerb keinen Einfluss auf die Anzahl abzuarbeitender Teilziele hat. (3) Der Fertigkeitserwerb führt zum Aufbau spezifischer Fertigkeiten und macht den Einsatz allgemeiner Fertigkeiten überflüssig. Mit fortschreitender Übung reduziert sich die Anzahl nötiger Fertigkeiten, da zwischen hintereinander aktivierten Fertigkeiten Assoziationen entstehen. Wofür zu Beginn viele Arbeitsschritte nötig sind, genügen nach gewisser Zeit wenige Schritte. Daher sollte die Aktivität in den Basalganglien während des Lernprozesses abnehmen. (4) In den für die Motorik verantwortlichen

Hirnarealen ist durchgehend dieselbe neuronale Aktivität zu erwarten, denn am motorischen Ablauf der Handlung ändert sich nichts.

Abbildung 5 zeigt Auszüge der bei Anderson (2007) zusammengestellten Befunde. Erwartungsgemäß liegt die beobachtete neuronale Aktivität des präfrontalen Cortex in allen vier dargestellten Experimenten (Dual Task, Fincham etc.) am zweiten Übungstag signifikant unterhalb der Aktivität des ersten Übungstags. Im Hinblick auf die Basalganglien war nur bei zwei Experimenten ein signifikanter Aktivitätsrückgang zu beobachten, wobei die Ergebnisse der Tendenz nach durchweg erwartungskonform ausfielen. Weitgehend erwartungskonform waren auch die Ergebnisse der motorischen Region und des ACC (nicht abgebildet). Zusammenfassend ist also festzuhalten, dass die referierten Befunde im Einklang mit den Ausführungen zum dreiphasigen Kompetenzerwerb stehen.

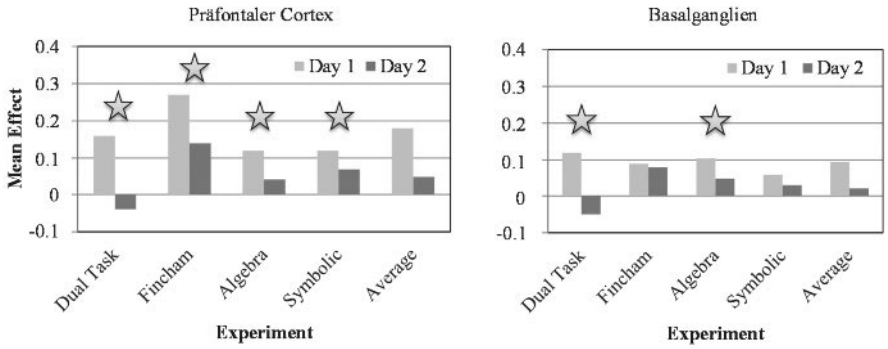


Abbildung 5: Neuronale Aktivität (Mean Effect) des präfrontalen Cortex und der Basalganglien bei verschiedenen Lernaufgaben und an zwei aufeinanderfolgenden Übungstagen (Anderson, 2007, die Sterne zeigen signifikante Veränderungen an)

Befunde aus Simulationsstudien

Eine Studie, die sich ausführlich mit der Kompetenzentwicklung auseinandersetzt, legten Taatgen und Lee (2003) vor. Die Autoren untersuchten, ob die Annahmen zum dreiphasigen Kompetenzerwerb im Einklang mit realem Probandenhandeln stehen. Ausgangspunkt ihrer Studie war eine komplexe Aufgabe, die das Erlernen bestimmter Fluglotsentätigkeiten beinhaltet. Bei dieser Aufgabe musste ankommenden Flugzeugen abhängig von verschiedenen Randbedingungen (Treibstoffstand, Windverhältnisse, Zustand und Belegung der Landebahnen usw.) Landeerlaubnis erteilt werden; inkorrektes Verhalten führte zum Flugzeugabsturz. In der Studie wurde diese Aufgabe zum Einen realen Probanden vorgelegt, zum Anderen wurde der Kompetenzerwerb mit der kognitiven Architektur ACT-R modelliert, wobei der Fertigkeitserwerb wie oben beschrieben realisiert wurde. Wie der Korrelationskoeffizient von r=.97 und Abbildung 6 verdeutlichen, wurde zwischen dem Modell und den empirischen Daten eine beachtliche Übereinstimmung festgestellt.

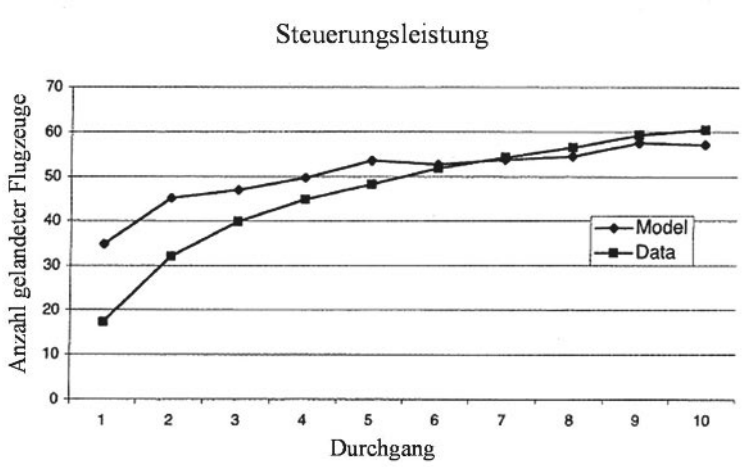


Abbildung 6: Von der kognitiven Architektur ACT-R antizipierte (Model) und den Probanden erreichte (Data) Anzahl gelandeter Flugzeuge pro Lerndurchgang (Taatgen & Lee, 2003)

Detailanalysen zeigten, dass auch im Hinblick auf einzelne Arbeitsschritte und Bearbeitungszeiten die Daten weitgehend korrespondieren. Abweichendes Verhalten des Computersystems wurde überwiegend darauf zurückgeführt, dass dem System die Instruktionen direkt vorgegeben wurden, d. h. Vergessen und partielles Memorieren spielte bei den simulierten Daten keine Rolle. Erklärbar wird dadurch, warum die Modelldaten in Abbildung 6 bei den ersten Lerndurchgängen besser ausfielen als die Probandenergebnisse: Während das Modell bereits zu Beginn über alle expliziten Informationen verfügte, lagen bei den Probanden aufgrund von Vergessen und mangelnder Aufmerksamkeit die expliziten Informationen anfänglich nicht vollständig vor. Diese geringeren Abweichungen ändern aber nichts daran, dass die simulierten Daten insgesamt die postulierten Erwerbsphasen und die einschlägigen Lernmechanismen bestätigten: Zunächst wurden aufgabenrelevante Informationen explizit enkodiert (kognitive Phase), anschließend wurden die expliziten Informationen anhand allgemeiner Fertigkeiten in spezifische Fertigkeiten überführt (assoziative Phase). Durch weitere Übung beschleunigten und perfektionieren sich die Handlungsvorgänge, da der Fertigkeitserwerb zum Aufbau spezifischer Fertigkeiten führte und nicht mehr auf explizites Wissen zuzugreifen war. Nach langer Übungszeit verschmelzen einzelne Fertigkeiten und bestimmte Stimuli lösen die Handlungen direkt aus (autonome Phase).

Auch Anderson et al. (2004) überprüften die empirische Tragfähigkeit der postulierten Kompetenzentwicklung. In ihrer Studie kam eine Computersimulation zum Einsatz, bei der es um die Überwachung eines Luftraums ging. Bei der Aufgabe waren verschiedene auf einem Radar erscheinende Flugzeuge zu identifizieren und zu entscheiden, ob es sich um feindliche Flugzeuge handelt. Da auf eine authentische Darstellung geachtet wurde, das Radar zahlreiche Flugzeuge zeigte und

viele verschiedene Tätigkeiten durchzuführen und Entscheidungen zu treffen waren, waren realitätsnahe und komplexe Aufgaben zu bearbeiten. Angenommen wurde, dass der Lernprozess insbesondere auf Instruktionslernen (Memorieren und Anwenden schriftlicher Instruktionen) und visuellem Lernen sowie dem Fertigkeitserwerb basiert. Mit visuellem Lernen meinen die Autoren die Enkodierung der Lage bestimmter kritischer Elemente des Bedienfelds. So benötigten die Probanden am Anfang etwas Zeit, um interne Repräsentationen dazu aufzubauen, welche Informationen dem Bedienfeld wo zu entnehmen und wo Informationen einzugeben sind. Wie Abbildung 7 zeigt, prognostizierte das Modell das Probandenverhalten sehr gut.

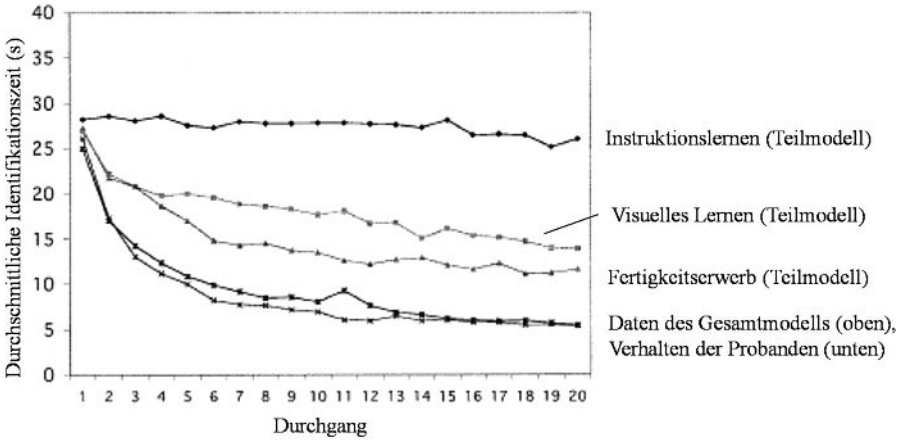


Abbildung 7: Vom ACT-R-Modell antizipierte und von den Probanden benötigte Zeiten für die Identifikation von Flugzeugen bei der Aufgabe zur Luftraumüberwachung (Anderson et al., 2004)

Wie die Ergebnisse der verschiedenen in ACT-R umgesetzten Teilmodelle nahe legen, ist die Beschleunigung der Flugzeugidentifikation insbesondere auf den Fertigkeitserwerb und visuelles Lernen zurückzuführen. Reines Instruktionslernen, d. h. das bloße Memorieren und Interpretieren der vorgegebenen Strategien anhand allgemeiner Fertigkeiten, erklärt die Leistungssteigerung vergleichsweise wenig. Zusammengenommen stützen folglich auch die Befunde aus den Simulationsstudien die Vermutung, dass der Erwerb spezifischer Fertigkeiten auf spezifischem explizitem Wissen basiert und ein wichtiger Bestandteil der Kompetenzentwicklung ist.

6.7 ZUSAMMENFASSUNG

Die berufsfachliche Kompetenzentwicklung umfasst eine kognitive, assoziative und eine autonome Erwerbsphase. In der kognitiven Phase wird berufsfachliches Wissen in einem bestimmten Inhaltsbereich und in der assoziativen Phase berufsfachliche Fertigkeit im korrespondierenden Tätigkeitsbereich erworben, in der autonomen Phase werden die erworbenen Fertigkeiten optimiert.

In *konsistenten Tätigkeitsbereichen* werden die Phasen in der genannten Reihenfolge durchlaufen. Zunächst wird also berufsfachliches Wissen aufgebaut, dann werden auf Basis dieses Wissens Fertigkeiten entwickelt. Zur Optimierung der Fertigkeiten, d. h. in der autonomen Phase wird kein berufsfachliches Wissen mehr benötigt, weshalb dieses allmählich vergessen wird. Da in der assoziativen Phase alle Anforderungen auf Basis von Fertigkeiten bewältigt werden, hat dieser Wissensrückgang aber keine negativen Auswirkungen auf berufsfachliche Leistungen. Dementsprechend umfasst berufsfachliche Kompetenz in konsistenten Tätigkeitsbereichen in der kognitiven Phase nur berufsfachliches Wissen, in der assoziativen Phase berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit und in der späten autonomen Phase v. a. berufsfachliche Fertigkeit.

In *inkonsistenten Tätigkeitsbereichen* wird zu Beginn des Lernprozesses ebenfalls die kognitive Phase durchlaufen. Da inkonsistente Tätigkeitsbereiche dadurch gekennzeichnet sind, dass neben bekannten oft auch neue Anforderungen auftreten, schließt sich an die kognitive Phase eine Mischphase an, welche die kognitive, assoziative und autonome Phase umfasst und in der immer wieder neues berufsfachliches Wissen und neue berufsfachliche Fertigkeiten erworben sowie vorhandene Fertigkeiten optimiert werden. Auf die Kompetenzstruktur wirkt sich dies insofern aus, als in der kognitiven Phase nur berufsfachliches Wissen und in der Mischphase berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit vorliegen.

Vor dem Hintergrund dieser Ausführungen wird deutlich, dass berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit oft eng assoziierte Kompetenzdimensionen darstellen und dass Arbeitsproben in der kognitiven Phase vornehmlich berufsfachliches Wissen und erst im Anschluss an die kognitive Phase berufsfachliche Fertigkeiten erfassen können.

7 THEORIEN ZUR ENTWICKLUNG BERUFSFACHLICHEN WISSENS

Nachdem im zurückliegenden Kapitel einige theoretische Grundlagen der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung erörtert wurden, geht es hier um die Frage, von welchen psychologischen Determinanten die berufsfachliche Kompetenzentwicklung abhängt. Entsprechend den vorigen Ausführungen wird zwischen Determinanten der Wissensentwicklung und der Entwicklung kognitiver und motorischer Fertigkeiten unterschieden. Zunächst wird die Wissensentwicklung behandelt.

Zur Modellierung der berufsfachlichen Wissensentwicklung wird in einem ersten Schritt die Investmenttheorie (Cattell, 1987) und anschließend die PPIK-Theorie (Ackerman, 1996) präsentiert. Bei der Einführung und empirischen Fundierung der Theorien liegt der Hauptfokus auf kognitiven Determinanten und dem Wissenserwerb in gewerblich-technischen Domänen, Fachinteresse und Persönlichkeitsfaktoren werden vergleichsweise kurz thematisiert.

7.1 INVESTMENTTHEORIE: ENTWICKLUNG KRISTALLINER INTELLIGENZ

Die Investmenttheorie wurde u. a. mit den Zielen entwickelt, Intelligenz aussagekräftig diagnostizieren und intellektuelle Entwicklungen nachzeichnen zu können. Den Ausgangspunkt der Investmenttheorie markieren zwei unterschiedliche Traditionen der Intelligenzforschung: Die eine Tradition ist stark durch die Forschungsarbeiten Spearmans geprägt, der den Stellenwert eines allgemeinen *inhaltsunspezifischen* Intelligenzfaktors (g-Faktor) betont (Cattell, 1987). Thurstone legte dagegen eine Intelligenztheorie vor, welche die Existenz von *bereichsspezifischen* Intelligenzfacetten (kognitive Primärfähigkeiten) postuliert (ebd.). Die Investmenttheorie integriert beide Ansätze und versteht Intelligenz als das Zusammenspiel eines inhaltsunspezifischen und eines Intelligenzfaktors, der aus verschiedenen kognitive Primärfähigkeiten besteht. Den inhaltsunspezifischen Faktor nennt Cattell *fluide Intelligenz* (g_f), den bereichsspezifischen *kristalline Intelligenz* (g_c) (Cattell, 1963; Horn & Cattell, 1966; Cattell, 1987).

Fluide Intelligenz (g_f)

Cattell (1987) versteht unter fluider Intelligenz „… an expression of the level of complexity of relationships which an individual can perceive and act upon when he does not have recourse to answers to such complex issues already stored in

memory“ (S. 115). Fluide Intelligenz stellt eine kontextübergreifende geistige Fähigkeit dar, Beziehungen zwischen verschiedenen Elementen durchschauen und die erkannte Struktur auf eine gegebene Situation anwenden zu können. Die Bedeutung fluider Intelligenz für kognitive Leistungen ist umso größer, je neuartiger die Situation, d. h. je geringer der Einfluss früherer Lernerfahrungen ist. Diagnostisch ist dieser Anspruch nur umsetzbar, wenn alltagsferne Aufgaben entweder völlig sprachfrei oder in einer allgemein verständlichen Sprache dargeboten werden. Da dem letztgenannten Vorgehen enge kulturelle Grenzen gesetzt sind, wird meist eine sprachfreie (kulturfaire) Testung favorisiert, die aus grafisch dargebotenen Klassifikations-, Matrizen- sowie Analogieaufgaben besteht. Diesem diagnostischen Zugang liegt die Vorstellung zugrunde, dass fluide Intelligenz weitgehend unabhängig von Bildungserfahrungen ist. Damit wird die Bedeutung genetischer Dispositionen hervorgehoben. Gleichzeitig ist aber vor einer voreiligen Gleichsetzung beider Aspekte zu warnen: Auch Umweltfaktoren, die z. B. die neurologische Effizienz beeinflussen oder hirnorganische Störungen hervorrufen, können das fluide Intelligenzniveau modifizieren (Cattell, 1987).

Kristalline Intelligenz (g_c)

Kristalline Intelligenz hängt in deutlich größerem Umfang von Umweltfaktoren wie kulturellen Gegebenheiten und Bildungsprozessen ab. Tests zur Erfassung kristalliner Intelligenz beziehen sich oft direkt auf curricular verbürgte Inhalte und bilden weitgehend die Primärfähigkeiten Thurstones ab (z. B. Asendorpf, 2007). Technisch gesprochen repräsentiert der kristalline Intelligenzfaktor die gemeinsame Varianz aller Primärfähigkeiten. Die Frage nach der Anzahl der Primärfähigkeiten kann, so Cattell, nicht endgültig beantworten werden, da sie von der Bandbreite der verwendeten Tests und der Lernerfahrung bzw. -umwelt der Probanden abhängt. Als empirisch gut gesicherte Dimensionen kristalliner Intelligenz können folgende kognitive Primärfähigkeiten gelten: (1) Räumliches Vorstellungsvermögen, (2) Sprachfähigkeit, (3) schlussfolgerndes Denken (induktives und deduktives), (4) mathematische Fähigkeit, (5) Leichtigkeit der Wortfindung und (6) technische Fähigkeiten. Darüber, welche der genannten Primärfähigkeiten bei der Diagnostik kristalliner Intelligenz einzubeziehen sind, liegen unterschiedliche Vorstellungen vor (Amelang, Bartussek, Stemmler & Hagemann, 2006), wobei einiges dafür spricht, insbesondere *sprachliche* (Ackerman & Lohmann, 2006), aber auch *mathematische Fähigkeiten* zu berücksichtigen (Horn & Noll, 1997). Bei der Diagnose *technischer Fähigkeit* geht es einerseits um die Erfassung allgemeinen technischen Wissens wie z. B. um die Identifikation und Benennung von Werkzeugen und Maschinen (z. B. Horn & Cattell, 1966; Cattell, 1987). Andererseits werden von den Probanden bspw. Urteile über die Funktionstüchtigkeit technischer Anordnungen, das Anwenden technischer Prinzipien und schlussfolgerndes Denken in technischen Kontexten verlangt (Cattell, 1987; Rolfhus & Ackerman, 1999). Technische Fähigkeiten weisen demzufolge eine erhebliche Schnittmenge mit technischem Wissen

auf. Generell gilt, dass bei der Erfassung kognitiver Primärfähigkeiten sowohl abstrakte kognitive Prozesse als auch erworbenes Wissen eine wichtige Rolle spielen, weshalb Primärfähigkeiten auch als Schnittstelle zwischen individueller Begabung und Umwelterfahrungen betrachtet werden können.

Entwicklung kristalliner Intelligenz

Im Rahmen der Investmenttheorie wird davon ausgegangen, dass fluide Intelligenz ein unspezifisches geistiges Potential darstellt, das sich auf alle intellektuellen Tätigkeiten auswirkt (Cattell, 1987). Ein besonders enges Verhältnis wird zwischen fluider Intelligenz und Lerneffizienz angenommen. Es wird angenommen, dass der Erwerb kristalliner Intelligenz aus der „Investition" fluider Intelligenz in Lernaktivitäten resultiert. Fluide Intelligenz determiniert den kristallinen Intelligenzerwerb aber nicht vollständig: Das kristalline Intelligenzniveau ergibt sich auch daraus, auf welchem Gebiet, wie lange und wie intensiv fluide Intelligenz investiert wird. Im kristallinen Intelligenzniveau spiegeln sich aber auch situationale Gegebenheiten: In welchen Bereichen Wissen erworben wird, hängt auch von kulturellen Gegebenheiten und der Organisation sowie der Qualität des Bildungswesens ab. Die empirische Basis der bisherigen Ausführungen liefert das unten dargestellte und über hierarchische Faktorenanalysen gewonnene Strukturmodell (vgl. Abbildung 8).

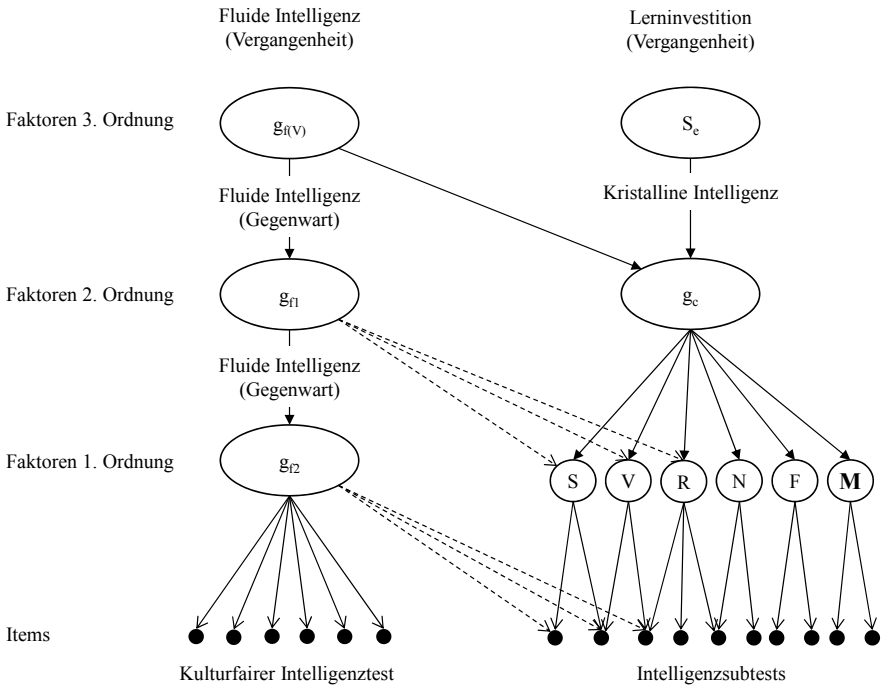


Abbildung 8: *Graphische Darstellung der Investmenttheorie (Se: Lernerfahrungen; S: räumliches Vorstellungsvermögen; V*: Sprachfähigkeit; R: schlussfolgerndes Denken; N: mathematische Fähigkeit; F: Leichtigkeit der Wortfindung; M: technische Fähigkeit; in Anlehnung an Amelang et al., 2006)

Anhand des dargestellten Modells wird nachfolgend skizziert, wie sich der Aufbau der technischen Primärfähigkeit im Lichte der Investmenttheorie erklärt: Im Strukturmodell werden vier Ebenen unterschieden. Auf der obersten Hierarchieebene befinden sich zwei Faktoren, die das fluide Intelligenzniveau (gf(V)) und die Lerninvestition (Se, u. a. bestehend aus Interesse, Lernzeit und Qualitäten des Bildungssystems) der Vergangenheit repräsentieren. Diese Faktoren sind für den Erwerb kristalliner Intelligenz (gc) verantwortlich, die zusammen mit der aktuellen fluiden Intelligenz (gf1) einen Faktor zweiter Ordnung verkörpert. Ermittelt wird das kristalline Intelligenzniveau (gc) anhand der Primärfähigkeiten (Faktoren erster Ordnung). Da räumliches Vorstellungsvermögen (S), verbales Verständnis (V) und schlussfolgerndes Denken (R) sehr eng mit fluider Intelligenz assoziiert sind, korrelieren diese Facetten über gc hinaus mit dem aktuellen fluiden Intelligenzniveau (was an den Pfeilen zwischen gf1 und S, V und R erkennbar ist). Im Wesentlichen ergibt sich das Niveau von gf1 jedoch aus dem anhand kulturfairer Intelligenztests erfassten fluiden Intelligenz (gf2). Die technische Fähigkeit (M) weist lediglich über gc eine Beziehung zu fluider Intelligenz auf, was für eine vergleichsweise starke Bildungsabhängigkeit von M spricht. Die Modellebenen zeichnen in gewisser Weise die chronologische Abfolge des Erwerbs kristalliner Intelligenz nach:

Zunächst wird eine relativ amorphe geistige Leistung in den Lernprozess investiert (gf(V)), was zur Herausbildung eines zweiten Intelligenzfaktors (gc) führt. Dieser als kristalline Intelligenz bezeichnete Faktor bildet die gemeinsame Basis der Primärfähigkeiten ab, wobei die einzelnen Intelligenzfacetten nicht vollständig über den gemeinsamen Faktor, d. h. g_c erklärt werden; die Primärfähigkeiten repräsentieren also trotz eines erheblichen Anteils gemeinsamer Varianz empirisch eigenständige Konstrukte. Mit Blick auf technische Fähigkeit lässt sich daraus Folgendes gewinnen: Zum einen stehen technische Fähigkeiten in engem Zusammenhang mit anderen Primärfaktoren wie mathematischer oder Sprachfähigkeit und indirekt über kristalline Intelligenz auch mit fluider Intelligenz. Zum anderen wird die technische Intelligenzfacette als eigenständiges Konstrukt betrachtet. Im Falle bereichsspezifischer Lerninvestitionen sind weitere Ausdifferenzierungen des technischen Faktors denkbar. Welche Faktoren diesen Ausdifferenzierungsprozess steuern, wird im Rahmen der PPIK-Theorie behandelt.

7.2 PPIK-THEORIE: ENTWICKLUNG DOMÄNENSPEZIFISCHEN WISSENS

Im Gegensatz zur Investmenttheorie konzentriert sich die PPIK-Theorie (*intelligence-as-process*, *personality*, *interests* und *intelligence-as-knowledge*; Ackerman, 1996) auf die Entwicklung und Erklärung interindividueller intellektueller Leistungsunterschiede im *Erwachsenenalter*. Dieser veränderte Blickwinkel führt dahingehend zu einer Erweiterung der Investmenttheorie, als die Konzepte der fluiden und kristallinen Intelligenz ausdifferenziert und die bei Cattell nur angedeuteten Aspekte Fachinteresse und Persönlichkeit explizit in die Überlegungen einbezogen werden. Mit dieser Weiterentwicklung werden die Schwächen überwunden, die mit einer traditionellen Intelligenztestung bei Erwachsenen einhergehen: Während bei Kindern und Jugendlichen aufgrund bildungspolitisch normierter Lerninhalte und -kontexte kristalline Intelligenz gut anhand typischer Intelligenztests abgeschätzt werden kann, gilt dies für Erwachsene aufgrund stark variierender Erfahrungskontexte nicht mehr uneingeschränkt. Nach der Adoleszenz muss eine aussagekräftige kognitive Fähigkeitsdiagnostik auch außerschulische, d. h. insbesondere berufliche Kontexte in den Blick nehmen. Da alltägliche Leistungen in enger Verbindung zu domänenspezifischem Wissen stehen, modelliert die PPIK-Theorie die intellektuelle Fähigkeit Erwachsener anhand fluider und kristalliner Intelligenzkomponenten sowie domänenspezifischen Wissens. Persönlichkeitsfaktoren und Interesse werden nicht als Teil der Intelligenz betrachtet, als wichtige Determinanten der Wissensentwicklung gehen sie aber ebenfalls in die Theorie ein. Im Folgenden werden im Anschluss an Ackerman (1996) zunächst die Einzelkomponenten der Theorie beschrieben. Interessen- und Persönlichkeitsaspekte werden dabei nur insoweit thematisiert, als dies hier nötig ist.

Inhaltsungebundene Intelligenzkomponenten (intelligence-as-process)

In Anlehnung an das *fluide* Intelligenzkonzept setzt auch die PPIK-Theorie die Existenz einer inhaltsungebundenen Intelligenzkomponente voraus (z. B. Ackerman, 2003). Unter dieser fluiden Komponente werden Aspekte wie z. B. schlussfolgerndes Denken, Arbeitsgedächtniskapazität und Wahrnehmungsgeschwindigkeit subsumiert, also Elemente, die sich auf abstrakte Informationsverarbeitungsprozesse beziehen (ebd.). Determiniert werden diese Prozesse insbesondere von der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit, die wiederum eng an physiologische Gegebenheiten gekoppelt ist. Auch hier wird angenommen, dass die inhaltsungebundene Intelligenzfacette alle intellektuellen Leistungen beeinflusst, weitgehend unabhängig von Bildungserfahrungen ist und den kristallinen Intelligenzerwerb prägt.

Inhaltsspezifische Intelligenzkomponenten (intelligence-as-knowledge)

Im Hinblick auf die inhaltsspezifischen Intelligenzkomponenten greift Ackerman ebenfalls auf die Investmenttheorie, genauer: auf das *kristalline* Intelligenzkonzept zurück. Im Rahmen der PPIK-Theorie wird dieses Konzept aber insofern erweitert, als es nicht nur um die Erfassung curricular und kulturell verbürgter allgemeiner Primärfähigkeiten geht, sondern auch um die Diagnose spezifischen Wissens. Folglich wird zwischen kristalliner Intelligenz und *domänenspezifischem Wissen* unterschieden, wobei sich beide Komponenten auf Wissen und einen Erwerbsprozess beziehen; kristalline Intelligenz weist aber ein höheres Abstraktionsniveau und ein engeres Verhältnis zur fluiden Intelligenz auf. Da eine sehr spezifische Wissenserfassung diagnostisch schwierig zu realisieren ist, postuliert Ackerman die Existenz breiter Wissenskonstrukte, die bestimmten Berufsdomänen entsprechen. So geht er bspw. von einer Wissensdomäne für physikalisch-technische und einer für musische Berufe aus. Der diagnostische Zugang bewegt sich zwischen einer relativ allgemeinen (kristalline Intelligenz) und einer domänenspezifischen Testung. Die Entwicklung berufsspezifischen Wissens hängt beachtlich vom Intelligenzniveau ab, Interessenslagen und Persönlichkeitsfaktoren spielen ebenfalls eine gewichtige Rolle.

Fachinteresse (interests) und Persönlichkeit (personality)

Für die Integration des Interesses wird auf die Berufswahltheorie Hollands zurückgegriffen (Holland, 1997), wobei nur der praktisch-technische (*realistic*), intellektuell-forschende (*investigative*) und künstlerisch-sprachliche (*artistic*) Interessenstyp in die Theorie aufgenommen werden. Diese Auswahl beruht auf empirischen Befunden, welche die Relevanz der genannten Interessenstypen für die kognitive Entwicklung belegen. So korreliert in verschiedenen Studien bspw. praktisch-technisches Interesse mit naturwissenschaft-lich/technischem Wissen (Rolfhus &

Ackerman, 1999; Ackerman, 2000). Ebenso weisen Forschungsarbeiten darauf hin, dass bestimmte Persönlichkeitsfaktoren in engerem Zusammenhang mit kognitiven Leistungen stehen. Als empirisch relevant haben sich die Offenheit für intellektuelle Tätigkeiten und die persönliche Bereitschaft erwiesen, sich mit kognitiv anspruchsvollen Gegenständen auseinanderzusetzen (*typical intellectual engagement,* TIE). Interessen und Persönlichkeit stellen demzufolge wichtige Elemente zur Erklärung der intellektuellen Entwicklung dar.

Entwicklung domänenspezifischen Wissens

Die Modellierung der Fachwissensentwicklung basiert im Rahmen der PPIK-Theorie auf verschiedenen psychologischen Faktoren, zwischen denen ein komplexes Verhältnis besteht. Im Hinblick auf das Verhältnis von Intelligenz und Interesse bzw. Intelligenz und Persönlichkeit wird von einer Wechselwirkung ausgegangen: Fachinteresse und Lernbereitschaft begünstigen den spezifischen Wissenserwerb. Im Falle eines erfolgreichen Lernprozesses findet eine positive, im Falle einer frustrierenden Erfahrung eine negative Verstärkung des Interesses am Lerngegenstand statt. Auf dieselbe Weise werden Persönlichkeitsfaktoren durch Erfahrungen verstärkt. In späteren Studien werden Interessen-, Persönlichkeits- und Aspekte des Selbstkonzepts in domänenspezifischen Traitkomplexen zusammengefasst (Ackerman & Rolfhus, 1999; Ackerman, 2000; Ackerman & Beier, 2006).

Was das Zusammenwirken der prozess- und wissensbasierten Intelligenzfacetten angeht, wird vermutet, dass fluide Intelligenz kristalline Intelligenz beeinflusst. Darüber hinaus kann fluide Intelligenz domänenspezifisches Wissen direkt beeinflussen. Ebenfalls denkbar ist ein indirekter Effekt, d. h. fluide Intelligenz beeinflusst kristalline Intelligenz, die wiederum auf domänenspezifisches Wissen wirkt. Das individuelle Fachwissensniveau resultiert folglich aus der domänenspezifischen Investition fluider und kristalliner Intelligenz. Wie bereits erwähnt, sind an diesem Investitionsprozess auch Interessens- und Persönlichkeitsfaktoren beteiligt.

Im Kindes- und Jugendalter führen Interessenunterschiede aufgrund schulisch vorgegebener Inhalte nicht zu stark divergierenden *Wissensprofilen*. Mit dem Übertritt ins Erwachsenen- und Berufsleben sind jedoch zusehends individuelle Wissensprofile zu erwarten; denn in welche Domäne geistige Energie investiert wird, ist nach der allgemeinen Schulbildung immer deutlicher eine Frage persönlicher Neigungen und Erfahrungen. Forciert wird dieser Spezialisierungsprozess durch individuell begrenzte Verarbeitungs- und Aufmerksamkeitskapazitäten. Das in einzelnen Domänen erreichte *Wissensniveau* wird insofern von Interesse und Persönlichkeit beeinflusst, als sie die Intensität und Dauer des Investitionsprozesses steuern. Wie bereits erwähnt, werden diese individuellen Interessens- und Persönlichkeitsaspekte in neueren Theorieentwürfen oft in domänenspezifischen *Traitkomplexen* zusammengefasst. In Abbildung 9 sind die bisherigen Ausführungen graphisch zusammengestellt, wobei dort nur die naturwissenschaftlich-technische Wissensdomäne explizit aufgegriffen und die anderen, ebenfalls in der Theorie enthaltenen Wissensdomänen, nur angedeutet werden.

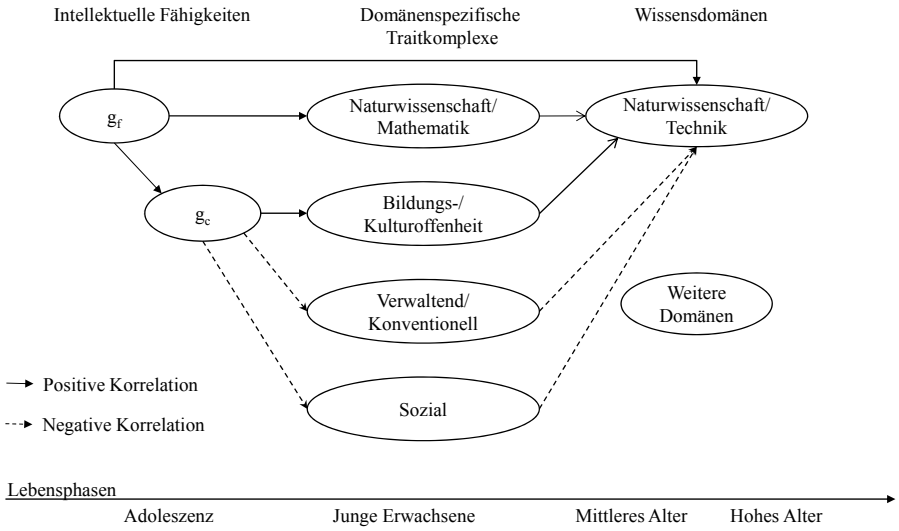


Abbildung 9: Modell zur PPIK-Theorie mit den Einzelelementen g_f (fluide Intelligenz), g_c (kristalline Intelligenz), verschiedenen Traitkomplexen sowie domänenspezifischem Wissen (in Anlehnung an Ackerman, 1996 und Ackerman, 2003)

Wie Abbildung 9 verdeutlicht, wirken sich auf den technischen Wissenserwerb drei Faktoren *direkt* und *positiv* aus: Fluide Intelligenz und die beiden Traitkomplexe Naturwissenschaft/Mathematik sowie Bildungs-/Kulturoffenheit. Der naturwissenschaftlich-mathematische Traitkomplex beinhaltet u. a. *intellektuell-forschendes* und *praktisch-technisches Interesse*, der Komplex „Bildungsoffenheit" weist enge Bezüge zu den Faktoren *Offenheit* und *TIE* (*typical intellectual engagement*) auf (z. B. Ackerman, 2003). Kristalline Intelligenzfaktoren üben über Bildungsoffenheit ebenso einen *indirekten* Einfluss auf die Wissensentwicklung aus wie fluide Intelligenz über den naturwissenschaftlichen Traitkomplex. Die beiden anderen Traitkomlexe (*Verwaltend/Konventionell* und *Sozial*) beeinflussen Technikwissen dagegen negativ: Wer soziale Interessen hat und extrovertiert ist, erwirbt tendenziell weniger technisches Wissen.

Die am unteren Ende der Grafik dargestellte Zeitschiene zeigt an, dass sich die Bedeutung der Komponenten im Laufe des Lebens verändert: Während der Lernerfolg in der Kindheit eng mit fluider Intelligenz assoziiert ist, gewinnen kristalline Intelligenzfacetten mit zunehmendem Alter an Bedeutung. Im jungen Erwachsenenalter bilden sich auf der Basis von Lernerfahrungen und anderen Persönlichkeitsmerkmalen allmählich stabile domänenspezifische Interessen- und Persönlichkeitskomplexe (Traitkomplexe) heraus, die zusammen mit fluider und kristalliner Intelligenz den Aufbau domänenspezifischen Wissens prägen. Technisches Spezialwissen in größerem Umfang ist erst in späteren Lebensphasen, z. B. im Verlauf der beruflichen Ausbildung bzw. des Berufslebens, zu erwarten.

7.3 EMPIRISCHE FUNDIERUNG

Im Folgenden wird die empirische Tragfähigkeit der Investment- und PPIK-Theorie geprüft. Dabei wird untersucht, (1) ob es sich bei den identifizierten Theorieelementen, d. h. psychologischen Konstrukten um empirisch fassbare und eigenständige Konstrukte handelt und (2) inwieweit sich die antizipierten Zusammenhänge zwischen fluider und kristalliner Intelligenz anhand empirischer Daten bestätigen. In einem weiteren Schritt wird (3) die Bedeutung der Determinanten für die Entwicklung technischen Wissens geklärt. Da diese Befunde auf Querschnittsuntersuchungen beruhen, wird (4) abschließend eine längsschnittliche Studie vorgestellt, die belastbarere Aussagen zu den Kausalannahmen ermöglicht. Der Fokus der empirischen Fundierung liegt auf Hypothesen zur Erklärung und Entwicklung technischen Wissens und kognitiver Determinanten; relevante Interessen- und Persönlichkeitsfaktoren kommen nur kurz zur Sprache.

Die empirische Eigenständigkeit der psychologischen Konstrukte

Horn und Cattell (1966) zeigten mithilfe von Faktorenanalysen, dass sich eine Unterscheidung *fluider* und *kristalliner Intelligenz* empirisch rechtfertigen lässt. Die Stabilität dieses Befunds belegen die rund 40 Jahre später durchgeführten Studien von Beier und Ackerman (2005b) und Ackerman (2000). Als wichtige Marker fluider Intelligenz erwies sich in den letztgenannten Studien ein kulturfairer Intelligenztest, wogegen der kristalline Intelligenzfaktor schwerpunktmäßig aus Skalen zur Sprachfähigkeit bestand. Zudem stellte sich die *technische Fähigkeit* erwartungsgemäß als wichtige Dimension kristalliner Intelligenz heraus (Horn & Cattell, 1966). Rolfhus und Ackerman (1999) sowie Ackerman und Rolfhus (1999) gelang ferner eine faktorenanalytische Unterscheidung *sprachlicher* und *mathematischer Fähigkeiten* sowie *räumlichen Vorstellungsvermögens*. Rolfhus und Ackerman (1999) identifizierten in Abgrenzung zu anderen Wissensdomänen einen eigenständigen *technischen Wissensfaktor*, dessen Grundlage u. a. Tests zu elektrotechnischen Grundkenntnissen und zur Benennung und Anwendung von Werkzeugen bilden. Höhere Ladungen auf dem technischen Wissensfaktor erzielten auch die der naturwissenschaftlichen Domäne angehörenden Subtests zu physikalischem und technologischem Wissen. Insofern überrascht es nicht, dass bei der von Ackerman (2000) durchgeführten Faktorenanalyse Elektronikwissen, physikalisches und technologisches Wissen eine gemeinsame Wissensdimension konstituieren. Mit Fragen zur Spannungsmessung (Elektronikskala) und zur Funktionsweise alltagsrelevanter Technologien (Technologieskala) deckt diese *technisch-naturwissenschaftliche Wissensdomäne* grundlegendes und anwendungsnahes Wissen ab. Am Beispiel der Astronomie- und Chemieskala wird hingegen ersichtlich, dass eher akademisches Wissen abgeprüft wird und die Befunde nicht ohne weiteres auf die gewerblich-technische Ausbildung übertragbar sind.

Der Effekt fluider Intelligenz auf den kristallinen Intelligenzerwerb

In den präsentierten Theorien wird eine einseitige Wirkung fluider auf kristalline Intelligenz unterstellt. Diese Kausalannahme begründete Cattell anhand der Ladungsmuster hierarchischer Faktorenanalysen (Cattell, 1987). Die von ihm zusammengestellten Befunde zeigen, dass fluide und kristalline Intelligenz zwar empirisch separierbare Konstrukte sind, beide Faktoren lassen sich jedoch auf einer höheren Ebene zusammenführen. Bei verschiedenen Altersstichproben lädt fluide Intelligenz deutlich höher auf diesem Faktor höherer Ordnung als kristalline Intelligenz. Diese Beobachtung veranlasste Cattell dazu, den übergeordneten Faktor als das frühere fluide Intelligenzniveau ($g_{f(V)}$, vgl. Abbildung 8) zu interpretieren. Die Ladung kristalliner Intelligenz (g_c) auf den Intelligenzfaktor höherer Ordnung ($g_{f(V)}$) lieferte die Basis der Investitionsannahme: g_c lädt deshalb auf $g_{f(V)}$, weil der Erwerb kristalliner Intelligenz vom früheren fluiden Intelligenzniveau abhängt. Da dieser Erwerbsprozess aber auch von anderen Personenmerkmalen und Umweltfaktoren bestimmt wird, lädt g_c niedriger auf den Faktor höherer Ordnung ($g_{f(V)}$) als fluide Intelligenz. Auch wenn diese Erklärung nicht auf längsschnittlichen Analysen beruht, so weist sie doch hohe Plausibilität und „empirische Stimmigkeit" auf (Amelang et al., 2006, S. 184; vgl. dazu auch Renkl & Schweizer, 2000).

Obwohl *fluide* und *kristalline Intelligenz* eigenständige Konstrukte darstellen, korrelieren beide Faktoren in verschiedenen Studien erwartungsgemäß hoch (zwischen r=.59 und r=.84; Ackerman, 2000; Beier & Ackerman, 2005b; Ackerman & Beier, 2006). Ebenfalls erwartungskonform ist die bei Horn und Cattell (1966) referierte signifikante Korrelation zwischen fluider Intelligenz und *technischer Fähigkeit*. Erwähnenswert ist zudem, dass in der genannten Studie die *sprachliche* und *mathematische Primärfähigkeit* in besonders engem Verhältnis zur technischen Primärfähigkeit standen.

Die Bedeutung der Determinanten für die Wissensentwicklung in technischen Domänen

Bei Rolfhus und Ackerman (1999) war ein *allgemeiner Intelligenzfaktor* stark mit technischem Wissen assoziiert. Eine differenziertere Betrachtung des Verhältnisses zwischen Intelligenz und technischem Wissen erlauben die Studien von Ackerman (2000) und Ackerman und Beier (2006). In beiden Studien korrelieren *kristalline* sowie *fluide Intelligenz* eng mit technischem Wissen (zwischen r=.35 und r=.57), wobei die technischen Wissensskalen tendenziell höher mit kristalliner als mit fluider Intelligenz assoziiert waren (z. B. fluide Intelligenz und Technologiewissen: r=.41; kristalline Intelligenz und Technologiewissen r=.51; Ackerman, 2000). In der von Ackerman, Bowen, Beier und Kanfer (2001) durchgeführten Studie korrelierten Technologie- und Elektronikwissen signifikant höher mit kristalliner als mit fluider Intelligenz. Interessant ist zudem, dass bei Ackerman und Rolfhus (1999) die genannten Wissensskalen in engerem Verhältnis zu *räumlichem Vorstellungsvermögen* standen.

Untersuchungen zum Zusammenhang von Wissen und Interesse bzw. Persönlichkeitsmerkmalen belegen, dass sich praktisch-technische und intellektuell-forschende Interessen sowie intellektuelles Engagement (*TIE*) positiv (Ackerman & Rolfhus, 1999), soziale Interessen hingegen eher negativ auf die Wissensentwicklung in technisch-naturwissenschaftlichen Domänen auswirken (Rolfhus & Ackerman, 1999; Ackerman, 2000). Bei anwendungsnahen technischen Wissensskalen kommt *praktisch-technischem Interesse* eine besondere Bedeutung zu (Ackerman & Rolfhus, 1999; Rolfhus & Ackerman, 1999). Bei Ackerman et al. (2001) korrelieren Interesse bzw. die Persönlichkeitsmerkmale *TIE* sowie Bildungs- und Kulturoffenheit signifikant mit fluider Intelligenz, d. h. die zwischen den Konstrukten angenommene Wechselwirkung lässt sich empirisch belegen. Deutlich höher korrelieren dort aber meist Interesse und intellektuelles Engagement mit erworbenem Wissen, was nahe legt, dass diese Faktoren über fluide Intelligenz hinaus auf den Wissenserwerb einwirken. Bestätigung erfährt diese Aussage durch regressionsanalytische Erklärungsmodelle zum Wissenserwerb.

Obwohl in den bei Ackerman (2000) dargestellten Regressionsanalysen fluide und kristalline Intelligenz bereits rund 47% der Varianz technisch/naturwissenschaftlichen Wissens erklärten (fluide Intelligenz: R^2=.38; kristalline Intelligenz: ΔR^2=.09), führte die Hinzunahme von Persönlichkeits- und Interessensskalen zu einer signifikant erhöhten Varianzaufklärung (ΔR^2=.09). Insbesondere durch den Interessensfaktor konnte die Vorhersagekraft des Modells verbessert werden (ΔR^2=.07). Ackerman und Beier (2006) konzentrierten sich in ihrer Untersuchung auf eine Skala der technisch/naturwissenschaftlichen Wissensdomäne, und zwar auf die eher dem praktisch-technischen Bereich angehörende Skala zum Technologiewissen. Auch in diesem Fall erklärten die beiden Intelligenzfaktoren einen erheblichen Anteil an Wissensvarianz (fluide Intelligenz: R^2=.48; kristalline Intelligenz: ΔR^2=.14). Außerdem erwiesen sich Persönlichkeitsmerkmale wie naturwissenschaftliches Selbstkonzept und Interessen als inkrementell valide (ΔR^2=.04). Angesichts dieser Befunde wird Folgendes deutlich: Zum einen erklären fluide und kristalline Intelligenz jeweils einen eigenständigen und deutlichen Anteil technischer Wissensvarianz, zum anderen leisten insbesondere Interessensfaktoren einen selbstständigen Erklärungsbeitrag; dieser fällt allerdings bei gleichzeitiger Berücksichtigung kognitiver Determinanten relativ gering aus. In den erwähnten Regressionsanalysen wird davon ausgegangen, dass der Erwerb technischen Wissens von fluider und kristalliner Intelligenz sowie Interesse und Persönlichkeit beeinflusst wird. Da die Analysen aber auf Querschnittsdaten beruhen, können diese Kausalannahmen nur theoretisch gesetzt werden. Einige der genannten Kausalannahmen wurden mithilfe einer Längsschnittstudie empirisch geprüft.

Empirische Fundierung ausgewählter Kausalannahmen

Im Hinblick auf die gewerblich-technische Ausbildung ist die längsschnittliche Untersuchung von Beier und Ackerman (2005b) besonders interessant. Dort wird am

Beispiel der Fotokopiertechnik der Frage nachgegangen, ob und in welchem Ausmaß der Wissenserwerb vom fluiden und kristallinen Intelligenzniveau sowie spezifischem Vorwissen abhängt. Da ein wichtiges Anliegen der Autoren darin bestand, alltägliche Lernsituationen zu simulieren, wurde der Wissenserwerb sowohl in strukturierten als auch unstrukturierten Lernumgebungen untersucht. In der strukturierten Lernumgebung wurde den Probanden der Lernstoff systematisch vermittelt. Der unstrukturierte Teil bestand aus einer Hausaufgabe, bei der ebenfalls Wissen zum Thema Fotokopiertechnik aufgebaut werden sollte. Hier mussten die Probanden das reichhaltige und detaillierte Informationsangebot allerdings selbst organisieren und den Lernprozess in einer alltäglichen Umgebung selbst planen und in Gang halten. Zu Beginn der strukturierten Lernsequenz wurden u. a. (1) fluide und (2) kristalline Intelligenz sowie (3) spezifisches, auf Photokopiertechnik bezogenes Vorwissen (spezifisches technisches Vorwissen) erfasst. Anhand des am Ende der strukturierten Lernsequenz erhobenen spezifischen Wissensstands (Posttest der strukturierten Lernaufgabe) konnte einerseits der Lernzuwachs in der strukturierten Lernumgebung beurteilt werden, andererseits wurde dieser Wissensstand als Prädiktor der anschließenden Hausaufgabe verwendet. Auch bei der Hausaufgabe wurde der Lernzuwachs mit einem Pretest-Posttest-Design festgestellt. Die gesamte Untersuchung dauerte eine Woche.

In den gebildeten Regressionsmodellen erklärte ein allgemeiner Intelligenzfaktor ca. 65% und technisches Vorwissen rund 56% der Varianz der Posttestergebnisse im strukturierten Lernsetting. Beide Leistungsmaße waren inkrementell valide und erklärten zusammen 68% der Leistungsvarianz. Bei der unstrukturierten Lernaufgabe prognostizierten Vorwissen (R^2=.52) und Intelligenz (R^2=.42) die Posttestergebnisse ebenfalls sehr gut (R^2_{total}=.54), zusätzlich erwies sich das Abschneiden bei der strukturierten Lernaufgabe (Posttest der strukturierten Lernaufgabe) als inkrementell valide (ΔR^2=.03). Damit stellten sich sowohl die Intelligenzfaktoren als auch Vorwissen in beiden Lernumgebungen als besonders bedeutsam heraus (vgl. dazu auch die Befunde von Ackerman & Beier, 2006).

Das in Abbildung 10 dargestellte Pfadmodell veranschaulicht die komplexe Zusammenhangsstruktur aller untersuchten Variablen: Fluide Intelligenz übt einen beachtlichen Einfluss auf kristalline Intelligenz aus (β=.84). Beide Faktoren erklären unabhängig voneinander technisches Vorwissen, wobei die Kausalannahmen plausible und empirisch stimmige theoretische Setzungen sind. Da die vorstrukturierten und unstrukturierten Lerntätigkeiten erst im Anschluss an die Intelligenz- und Wissensdiagnostik erfolgen, liegen die Kausalrichtungen hier fest: Fluide und kristalline Intelligenz sowie technisches Vorwissen haben einen deutlichen direkten Einfluss auf den Wissensstand am Ende der strukturierten Lernsequenz. Bei der unstrukturierten Lernaufgabe hängt der finale Wissensstand jedoch nur noch vom Vorwissen (technisches Vorwissen und Posttestergebnis der strukturierten Lernaufgabe) ab, wobei die Intelligenzfaktoren indirekt immer noch einen nicht zu vernachlässigenden Effekt haben. Aus Gründen der Vollständigkeit enthält das Pfadmodell auch die Effekte der Merkmale *Alter* und *Erfahrung*: Da sowohl die Investment- als auch die PPIK-Theorie ab dem frühen Erwachsenenalter einen Rückgang

fluider und eine Stabilisierung oder einen Zuwachs kristalliner Intelligenz bzw. domänenspezifischen Wissens annehmen (Ackerman, 1996; Cattell, 1987; vgl. dazu auch Horn & Noll, 1997), überrascht im einen Fall der negative und im anderen Fall der positive Einfluss des Alters nicht (z. B. Alter und fluide Intelligenz: β=-.42). Der negative Regressor von Alter auf Erfahrung hat vermutlich damit zu tun, dass ältere Menschen sich weniger mit neueren Technologien wie Fotokopiertechnik auseinandersetzen. Zwischen Erfahrung und technischem Wissen ist erwartungsgemäß ein positiver Zusammenhang zu beobachten.

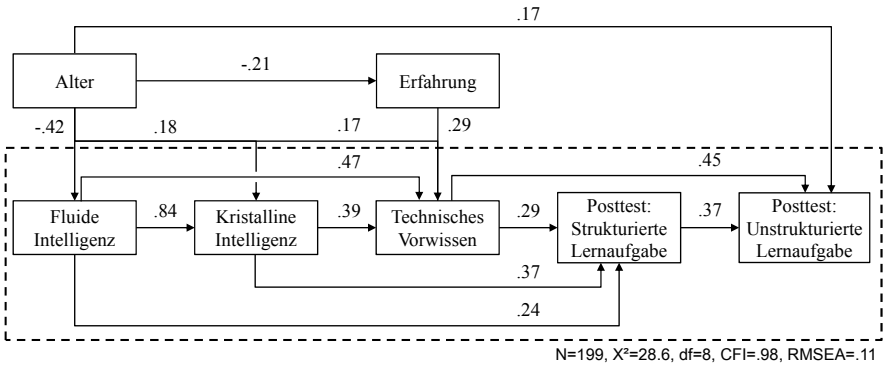


Abbildung 10: Pfadmodell zum Wissenserwerb in technischen Domänen (in Anlehnung an Beier & Ackerman, 2005b)

7.4 ZUSAMMENFASSENDES MODELL ZUR ENTWICKLUNG BERUFSFACHLICHEN WISSENS

Im Rückgriff auf die Investment- und PPIK-Theorie und die referierten Befunde wird in diesem Abschnitt ein Modell zur Erklärung der berufsfachlichen Wissensentwicklung in der gewerblich-technischen Ausbildung präsentiert. Dieses Modell fasst die gewonnenen Erkenntnisse zusammen, beinhaltet aber auch Weiterentwicklungen und Anpassungen an die hier verfolgte Fragestellung.

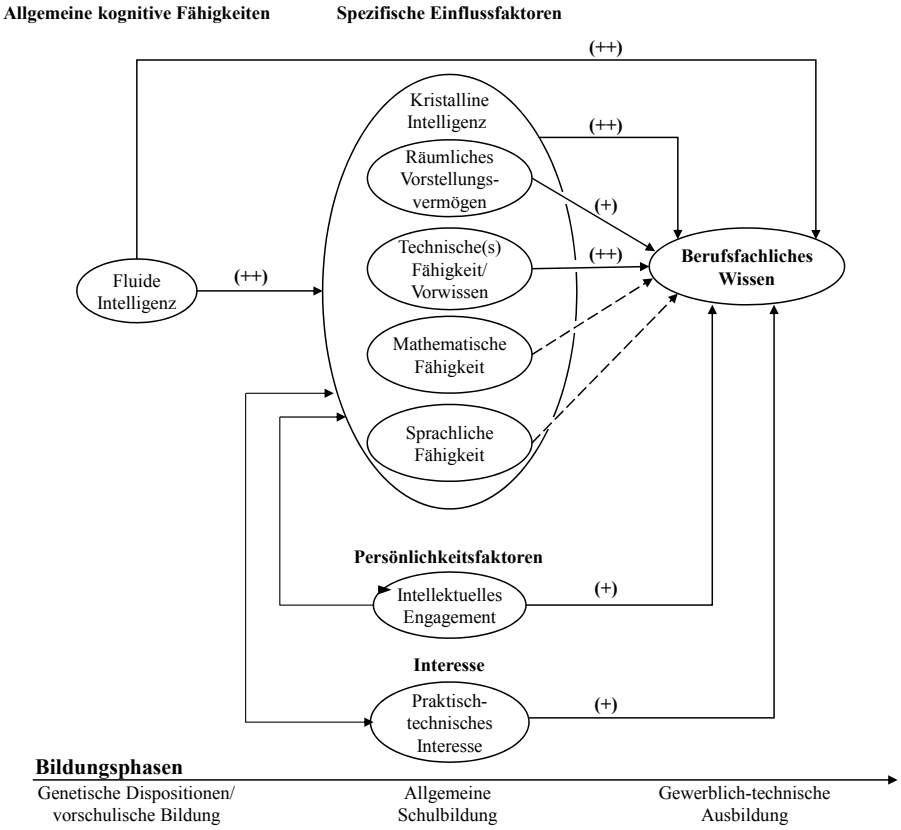


Abbildung 11: Modell zur berufsfachlichen Wissensentwicklung in der gewerblich-technischen Ausbildung

Psychologische Determinanten der berufsfachlichen Wissensentwicklung

In Anlehnung an die PPIK-Theorie wird im Modell angenommen, dass der berufsfachliche Wissensaufbau von allgemeinen kognitiven Fähigkeiten[1], spezifischen kognitiven Fähigkeiten, Persönlichkeitsfaktoren und individuellen Interessen abhängt. Konkret gesprochen wird der *Wissenserwerb* von *fluider Intelligenz* sowie *mathematischer*, *sprachlicher* und *technischer Fähigkeit* bzw. *technischem Vorwissen* und *räumlichem Vorstellungsvermögen* beeinflusst. Die kognitiven Primärfähigkeiten stellen verschiedene Dimensionen der *kristallinen Intelligenz* dar. Ebenfalls wirken sich *praktisch-technische Interessen* und das *intellektuelle Engagement* auf den Wissenserwerb aus. Beide Konstrukte stehen in Wechselwirkung zur kristallinen Intelligenz; im Falle praktischer Interessen dürfte dieser bidirektionale Zusammenhang v. a. auf die technische Primärfähigkeit zurückzuführen sein.

Bedeutung der Determinanten für die berufsfachliche Wissensentwicklung

Was die Bedeutung der einzelnen Determinanten anbelangt, wird angenommen, dass fluide und kristalline Intelligenz einen beachtlichen Einfluss auf die berufsfachliche Wissensentwicklung haben (++), wobei fluide Intelligenz die Wissensentwicklung einmal direkt und einmal über kristalline Intelligenz indirekt beeinflusst. Geringer, aber ebenfalls bedeutsam sollte das räumliche Vorstellungsvermögen auf die Wissensentwicklung einwirken (+). Da technisches Vorwissen als Teil der technischen Fähigkeit verstanden wird (siehe dazu die Ausführungen weiter unten) und sich Vorwissen bei Beier und Ackerman (2005b) als erklärungsrelevant erwies, sollte die technische Fähigkeit die berufsfachliche Wissensentwicklung deutlich beeinflussen (++). Die gestrichelten Pfeile des Modells deuten die plausiblen, im Weiteren aber noch empirisch abzusichernden Effekte mathematischer und sprachlicher Fähigkeit an (vgl. Kapitel 9.4). Schließlich wird davon ausgegangen, dass der Wissenserwerb auch vom praktisch-technischen Interesse sowie intellektuellem Engagement abhängt (+). Generell ist im Modell der Effekt dargestellt, den eine einzelne Determinante auf den Wissenserwerb ausübt. Es sind keine Informationen dazu enthalten, welche Bedeutung diese Determinante hat, wenn der Effekt anderer Determinanten kontrolliert wird.

1 Wie bereits in Kapitel 4.1 ausgeführt, wird hier mit „Fähigkeit“ ein psychisches Merkmal bezeichnet, das im Vergleich zu Kompetenz einen geringeren Kontextbezug (Häcker, 2004), eine größere zeitliche Stabilität, eine größere Abhängigkeit von physiologischen Voraussetzungen und damit auch eine größere Nähe zu genetischen Dispositionen aufweist.

Zuordnung der psychologischen Konstrukte zu verschiedenen Bildungsphasen

Im Modell werden auch Informationen dazu gegeben, in welchen Phasen sich die einzelnen Konstrukte entwickeln. Im Anschluss an die Investmenttheorie wird angenommen, dass fluide Intelligenz eine weitgehend bildungsunabhängige und inhaltsunspezifische kognitive Fähigkeit darstellt, deren Entwicklung von *genetischen Dispositionen* und *vorschulischen Erfahrungen* abhängt (siehe die im unteren Teil der Abbildung dargestellte Zeitleiste). Zwar ist davon auszugehen, dass sich das fluide Intelligenzniveau auch in späteren Bildungsphasen verändert, bei Probanden ähnlicher Kultur- und Erfahrungsräume sind die interindividuellen Unterscheide aber (relativ) stabil (Rindermann, 2007). Die verschiedenen Dimensionen kristalliner Intelligenz bilden sich im Zuge der *allgemeinen Schulbildung* heraus. Durch die Fokussierung auf den Wissenserwerb in der gewerblich-technischen Ausbildung erhält die technische Fähigkeit einen besonderen Stellenwert. Vor der beruflichen Ausbildung dürften v. a. der allgemein bildende Physik- und Technikunterricht für die Entwicklung dieser Konstrukts verantwortlich sein. Da es im Rahmen der allgemeinen Schulbildung um die Vermittlung allgemeiner kulturell verbürgter Inhalte geht, repräsentiert die technische Fähigkeit auch allgemeines Technikwissen. Im Hinblick auf einen bestimmten gewerblich-technischen Ausbildungsgang sind spezifische Elemente dieses Technikwissens besonders relevant. Dieses Wissen stellt berufsspezifisches Vorwissen dar. Ob bei einer im Vorfeld der Ausbildung stattfindenden Diagnostik eher technische Fähigkeiten oder berufsspezifisches Vorwissen erfasst wird, hat damit zu tun, ob eher allgemeine oder eher ausbildungsrelevante Aspekte der technischen Fähigkeit in den Blick genommen werden. Damit ist auch klar, dass zwischen technischer Fähigkeit und berufsspezifischem Vorwissen keine prinzipiellen Unterschiede bestehen. Entsprechend wird technisches Vorwissen im Modell der technischen Fähigkeit zugeordnet. Zu Beginn der gewerblich-technischen Ausbildung wird an das berufsspezifische Vorwissen angeknüpft, während der *gewerblich-technischen Ausbildung* wird dieses Wissen erweitert und vertieft. Es entsteht also berufsfachliches Wissen, das nicht mehr mit einem (allgemeinen) technischen Fähigkeits- oder berufsspezifischen Vorwissenstest, sondern nur noch mit einem berufsfachlichen Wissenstest angemessen diagnostiziert werden kann.

Räumliches Vorstellungsvermögen: Eine Dimension kristalliner Intelligenz?

Diskussionsbedarf besteht insofern, als in manchen Intelligenztheorien das räumliche Vorstellungsvermögen nicht als kristalline, sondern als eigenständige allgemeine Intelligenzfacette betrachtet wird (z. B. Ackerman & Lohmann, 2006; Neubauer, 2005). Eng mit dieser Frage verbunden ist, ob räumliches Vorstellungsvermögen eher vererbt oder eher erworben wird und damit auch, ob das räumliche Vorstellungsvermögen im Modell eher der Phase „genetische Disposition/vorschulische Bildung“ oder der allgemeinen Schulbildung zuzuordnen ist. Zunächst ver-

deutlicht diese Frage etwas Prinzipielles: Je nachdem auf welchen Aspekt der kognitiven Primärfähigkeiten abgehoben wird, spielen genetische Dispositionen und frühkindliche Erfahrungen oder der Schulbesuch eine bedeutsamere Rolle. Werden bspw. sehr basale mathematische Fähigkeiten abgeprüft, rücken Veranlagungen in den Vordergrund, wird stärker auf kulturell verbürgte Operationen wie Multiplikation oder Bruchrechnen fokussiert, dominiert dagegen schulisch erworbenes Wissen (Stern, 2004). Damit kann die Unterteilung in vorschulisch bzw. genetisch bedingte und im Laufe der allgemeinen Schulbildung entwickelte Fähigkeiten nur einer groben Orientierung dienen. Hier wird räumliches Vorstellungsvermögen, obwohl es zu einem nennenswerten Teil aus genetischen Faktoren und/oder einer frühen Sozialisation resultiert, als kristalline und damit als überwiegend durch Schulbildung entstandene Intelligenzfacette betrachtet (Maier, 1999).

8 THEORIEN ZUR ENTWICKLUNG BERUFSFACHLICHER FERTIGKEITEN

Nachdem im zurückliegenden Kapitel die berufsfachliche Wissensentwicklung besprochen wurde, geht es hier um psychologische Determinanten des berufsfachlichen Fertigkeitserwerbs. Im Anlehnung an Ackerman und Kyllonen (1991) ist anzunehmen, dass die Bedeutung bestimmter Determinanten davon abhängt, ob motorische oder kognitive Fertigkeiten betrachtet werden. Bevor auf die Entwicklung kognitiver Fertigkeiten eingegangen wird, wird im folgenden Abschnitt die Drei-Phasen-Theorie dargestellt, die sich auf den Erwerb motorischer Fertigkeiten bezieht.

8.1 DREI-PHASEN-THEORIE: ENTWICKLUNG MOTORISCHER FERTIGKEITEN

Eine wichtige Grundlage der Drei-Phasen-Theorie bildet die im Kapitel 6.3 in Anlehnung an Fitts und Posner (1967) erläuterte kognitive, assoziative und autonome Erwerbsphase, auf die später nochmals kurz eingegangen wird. Im Rahmen der Drei-Phasen-Theorie werden im Wesentlichen die folgenden beiden Fragen behandelt: (1) Welche Determinanten beeinflussen die Entwicklung motorischer Fertigkeiten? (2) Ändert sich die Bedeutung der Determinanten während des Fertigkeitserwerbs? Diese Fragen werden hier v. a. mit Blick auf den Erwerb *komplexer* motorischer Fertigkeiten untersucht.

8.1.1 Theoretische Grundlagen

Grundannahmen

Ackerman (1986) diskutiert, welche Fähigkeiten aus Sicht der *differentiellen Psychologie* für den Erwerb motorischer Fertigkeiten relevant sind. In Anlehnung an die Investmenttheorie Cattells (vgl. Kapitel 7.1) nimmt er an, dass der Fertigkeitserwerb von Intelligenzfaktoren abhängt. Als weitere relevante Fähigkeiten identifiziert er wahrnehmungsbezogene und psychomotorische Fähigkeiten.

Ein weiteres, der *kognitionspsychologischen Forschung* entstammendes Theorieelement stellt die Unterscheidung zwischen einer kontrollierten und einer automatisierten Informationsverarbeitung dar (Ackerman, 1986). Am Beginn von Lernprozessen bereiten viele Tätigkeiten Mühe, sie bedürfen einer bewussten Kontrolle und es unterlaufen relativ viele Fehler. Mit zunehmender Übung fallen die Aufga-

ben leichter und die Fehlerquote nimmt ab. Teilweise werden am Ende eines Erwerbsprozesses Aufgaben mühelos, rasch und (nahezu) fehlerfrei ausgeübt. Da diese Tätigkeiten keine bewusste Kontrolle mehr verlangen, werden kognitive Kapazitäten frei, weshalb auch Paralleltätigkeiten ausgeführt werden können.

Die Brücke zwischen dem Konzept der sich verändernden Kontrollmechanismen bei der Informationsverarbeitung und den identifizierten Fähigkeiten schlägt Ackerman durch folgende Annahmen: Zu Beginn des Erwerbs motorischer Fertigkeiten findet eine kontrollierte, d. h. aufmerksamkeitsintensive Informationsverarbeitung statt. In dieser Phase wird der Lernerfolg vorwiegend von allgemeinen kognitiven Fähigkeiten bestimmt. Unterstellt wird demnach, dass generelle kognitive Fähigkeiten über die Qualität der individuellen Aufmerksamkeitskapazität und -steuerung entscheiden. Mit voranschreitender Übung läuft die Informationsverarbeitung zusehends automatisch ab, der Einfluss allgemeiner kognitiver Fähigkeiten geht zurück und wahrnehmungsbezogene sowie psychomotorische Fähigkeiten gewinnen an Relevanz. Übung führt zu Routinebildung, weshalb das Aufmerksamkeitsmanagement bzw. kognitive Kapazitäten an Bedeutung verlieren und das erreichbare Fertigkeitsniveau stärker von wahrnehmungsbezogenen sowie psychomotorischen Voraussetzungen abhängt.

Theoretische Modellierung der einbezogenen Fähigkeiten

Angesichts dieser Ausführungen wird deutlich, dass innerhalb der Drei-Phasen-Theorie verschiedene Fähigkeiten berücksichtigt und unterschieden werden. Für die theoretische Modellierung und Ausdifferenzierung der *kognitiven Fähigkeiten* wird auf das Radex-Modell von Marshalek Lohmann und Snow (1983) zurückgegriffen (Voelkle, Wittmann & Ackerman, 2006). In diesem Intelligenzmodell wird angenommen, dass sich kognitive Fähigkeiten einerseits durch eine Inhaltskomponente und andererseits durch die Komplexität der Anforderungen charakterisieren lassen. Graphisch kann dieses Modell als Kreis gedacht werden, in dessen Mittelpunkt drei Kreisausschnitte zusammenlaufen (Deckfläche des in Abbildung 12 dargestellten Zylinders).

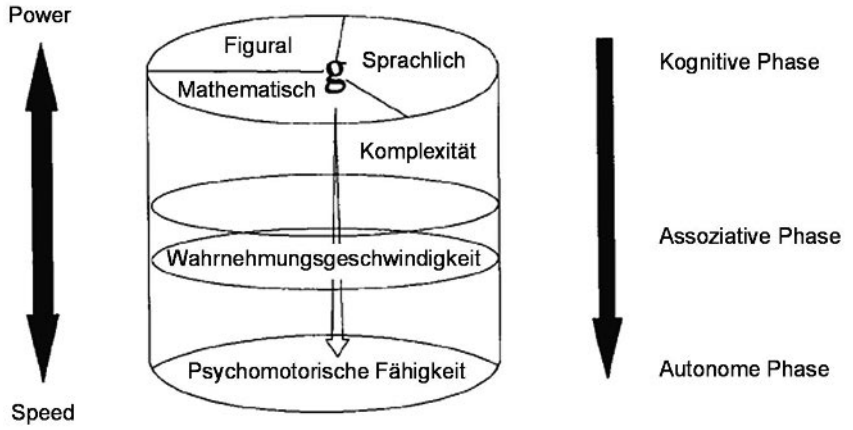


Abbildung 12: Das von Ackerman erweiterte und auf den motorischen Fertigkeitserwerb angepasste Radex-Modell (in Anlehnung an Voelkle et al., 2006)

Im Lichte der Intelligenztheorie Cattells (vgl. Kapitel 7.1) ist es naheliegend, den in der Abbildung mit *g* gekennzeichneten Kreismittelpunkts als fluide Intelligenz (g_f) zu interpretieren. Die drei Kreisausschnitte repräsentieren demgegenüber kristalline Intelligenzfacetten, wobei nur die sprachliche und mathematische Primärfähigkeit sowie räumliches Vorstellungsvermögen explizit im Radex-Modell enthalten sind. In Arbeiten zur Drei-Phasen-Theorie wird häufig nicht zwischen fluider und kristalliner Intelligenz differenziert, sondern beide Aspekte werden unter dem Begriff *allgemeine Intelligenz* zusammengefasst (*general mental ability*, z. B. Ackerman, 1992; Ackerman & Cianciolo, 2002). Entsprechend werden bei der Diagnostik allgemeiner Intelligenz fluide und kristalline Intelligenzaspekte gemeinsam erhoben.

Die Lage einer kognitiven Fähigkeit auf dem Kreis zeigt die Art der inhaltlichen Anforderung und die Höhe der Korrelation mit fluider Intelligenz an: Werden in einem Test bspw. vorrangig sprachliche Inhalte abgeprüft, ist er im „sprachlichen" Kreissauschnitt zu verorten. Bei Tests, die an der Grenze zweier Ausschnitte liegen, sind gleichzeitig zwei Informationsarten zu verarbeiten. Je näher die Fähigkeit am Kreismittelpunkt liegt, desto stärker korreliert sie mit fluider Intelligenz, mit zunehmendem Abstand sinken diese Korrelationen und die kognitiven Primärfähigkeiten werden bedeutsamer. Die Höhe der Korrelation mit fluider Intelligenz wird durch die Komplexität der Anforderungen moderiert.

Mit *psychomotorischen Fähigkeiten* sind interne Dispositionen gemeint, die rasche motorische Reaktionen auf externe Stimuli sowie das präzise manuelle Nachvollziehen komplexer Bewegungsabläufe ermöglichen (Ackerman, 2000). Im Hinblick auf das facettenreiche Konstrukt *wahrnehmungsbezogene Fähigkeit* wird die Dimension *Wahrnehmungsgeschwindigkeit* herausgegriffen. Die im Rahmen der Theorie eingesetzten Tests zur Erfassung der Wahrnehmungsgeschwindigkeit prüfen in der Regel, wie rasch korrekte Wenn-Dann-Verknüpfungen aufgebaut werden kön-

nen (ebd.). Den Probanden werden dabei z. B. Aufgaben des folgenden Typs vorgelegt: Wenn Symbol X an einer bestimmten Stelle eines Monitors erscheint, dann drücke schnellstmöglich Taste Y.

Allgemeine Intelligenz, psychomotorische Fähigkeit und Wahrnehmungsgeschwindigkeit werden als eigenständige Konstrukte angesehen und können entlang eines Level-Speed-Kontinuums angeordnet werden (Ackerman, 1988). Wie Abbildung 12 zeigt, markiert allgemeine Intelligenz den Level-Pol und psychomotorische Fähigkeit den Speed-Pol; die Wahrnehmungsgeschwindigkeit liegt dazwischen. Die Inhalts- und Komplexitätsdimension des Radex-Modells werden also um eine Geschwindigkeitsdimension ergänzt: Während im herkömmlichen Radex-Modell spezifische und geschwindigkeitsbezogene Tests gleichermaßen am Kreisrand zu verorten sind, erlaubt das modifizierte Modell eine differenziertere Lokalisierung: Stark von der motorischen Geschwindigkeit abhängende Tests liegen bspw. am unteren Ende des Modells (Speed-Pol), spezifische kognitive Powertests dagegen am Rand der Deckfläche des Zylinders. Wie im rechten Teil der Abbildung dargestellt, hängt die Relevanz einzelner Fähigkeiten für den Fertigkeitserwerb insbesondere davon ab, in welcher Erwerbsphase sich jemand befindet.

8.1.2 Phasen und Determinanten der Entwicklung motorischer Fertigkeiten

Wie bereits erwähnt differenziert auch Ackerman (1988) zwischen einer kognitiven, assoziativen und autonomen Erwerbsphase. Die *kognitive Phase* (1. Phase) zeichnet sich durch eine bewusste Auseinandersetzung mit der Aufgabe aus. Während dieser Phase kommt es darauf an, sich mit den Anforderungen vertraut zu machen, aufgabenspezifisches Wissen aufzubauen sowie spezifische Strategien zu formulieren und auszutesten. Zu Beginn des Lernprozesses wird die Performanz stark von individuellen Aufmerksamkeitsressourcen bestimmt, die mithilfe von Intelligenztests diagnostiziert werden können. Wenn sich zu erlernende Tätigkeiten stärker auf spezifische und bekannte Inhaltsbereiche beziehen, können kognitive Primärfähigkeiten im Erwerbsprozess in den Vordergrund rücken. Mit dem Übergang in die *assoziative Phase* (2. Phase) bilden sich allmählich Fertigkeiten heraus. Dabei stellt insbesondere die Wahrnehmungsgeschwindigkeit einen leistungsrelevanten Faktor dar; denn in ihr drückt sich die Fähigkeit aus, rasch stabile Wenn-Dann-Verknüpfungen herstellen bzw. Fertigkeiten aufbauen zu können. Nach längerer Übung wird die *automatisierte Phase* (3. Phase) erreicht. Dann ist der Aufbau aufgabenrelevanten Wissens abgeschlossen und die Performanzqualität wird besonders durch psychomotorische Fähigkeiten bestimmt. Da keine neuen Fertigkeiten gebildet werden müssen, geht der Einfluss der Wahrnehmungsgeschwindigkeit zurück. Obwohl die interindividuellen Unterschiede während der Übung abnehmen, bleiben zumindest aufgrund individuell variierender psychomotorischer Fähigkeiten Fertigkeitsdifferenzen bestehen (ebd.).

8.1.3 Verlauf der Fähigkeit-Performanz-Korrelation während des Fertigkeitserwerbs

Abbildung 13 zeigt den im Anschluss an die vorigen Ausführungen zu erwartenden Verlauf der Korrelationen zwischen den drei Fähigkeiten und der Performanz.

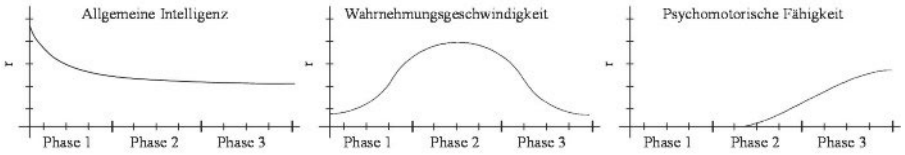


Abbildung 13: Zwischen Performanz und verschiedenen Fähigkeiten postulierter Korrelationsverlauf während des Fertigkeitserwerbs (Annahme: Konsistente Informationsverarbeitung und mittlere Aufgabenkomplexität; r=Korrelation; in Anlehnung an Ackerman, 1988)

Zu Beginn des Lernprozesses korrelieren allgemeine Intelligenz und Performanz eng, mit zunehmender Übung nimmt dieser Zusammenhang ab. Die wahrnehmungsbezogene und psychomotorische Fähigkeit korrelieren zu Beginn hingegen relativ gering mit der Performanz, während des Lernprozesses steigen die Korrelationswerte an, wobei der Einfluss der Wahrnehmungsgeschwindigkeit am Ende wieder abnimmt. Angenommen wird, dass die in der Abbildung idealisiert dargestellten Verläufe durch die Komplexität und Konsistenz der Aufgabe moderiert werden.

Eine Veränderung (1) der Aufgabenkomplexität oder (2) der Aufgabenkonsistenz kann den Fähigkeit-Performanz-Zusammenhang auf mindestens drei verschiedene Arten beeinflussen: Erstens können die Moderatoren eine vertikale Verschiebung der Korrelationsverläufe, d. h. eine Veränderung der Zusammenhangshöhe bewirken. Zum Zweiten können sie den Übergang in die nächste Phase beschleunigen oder verzögern; dies würde einer horizontalen Verschiebung der in Abbildung 13 dargestellten Verläufe entsprechen. Schließlich ist drittens eine Veränderung des funktionalen Zusammenhangs denkbar: Am Beispiel der Wahrnehmungsgeschwindigkeit gesprochen läge ein solcher Fall vor, wenn sich der umgekehrt u-förmige Korrelationsverlauf mit zunehmender Komplexität allmählich in einen linearen Verlauf wandelte.

(1) Bei steigender Aufgabenkomplexität wird angenommen, dass der Einfluss allgemeiner Intelligenz zu Beginn des Lernprozesses zunimmt und sich der Übergang in die assoziative Phase verzögert. Im Falle des in Abbildung 13 dargestellten Korrelationsverlaufs bedeutet dies, dass die Kurve flacher und nach oben verschoben wird (vertikale Verschiebungen). Wenn das nötige Wissen aufgebaut ist und der verspätete Übergang in die assoziative Phase stattgefunden hat (horizontale Verschiebung), nimmt der Stellenwert der Wahrnehmungsgeschwindigkeit zu und es stellen sich die in Abbildung 13 für die Wahrnehmungsgeschwindigkeit und psychomotorische Fähigkeit dargestellten Verläufe ein. Im Falle sehr komplexer

Aufgabenstellungen kann der Übergang gar dauerhaft Probleme bereiten und allgemeine Intelligenz bleibt durchweg leistungskritisch. Der Komplexitätsgrad der Aufgaben wird bspw. anhand der Anzahl dargestellter Informationseinheiten, der Anzahl der Antwortmöglichkeiten bzw. Bearbeitungsschritte und des Umfangs der für die Aufgabenbearbeitung nötigen Informationen variiert (Ackerman, 1988).

(2) Wie Abbildung 14 zeigt, bestehen zum Effekt variierender Aufgabenkonsistenz noch konkretere Vorstellungen.

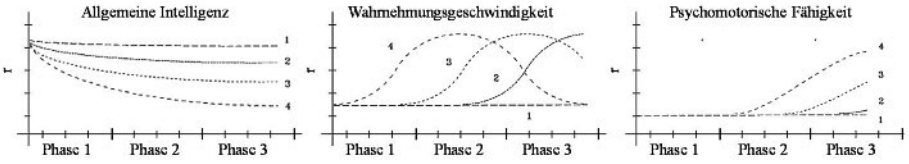


Abbildung 14: Idealisierte Darstellung der Effekte des Konsistenzgrads der Aufgabe (1: keine Konsistenz, 2: geringe Konsistenz, 3: hohe Konsistenz, 4: vollständige Konsistenz, r=Korrelation; in Anlehnung an Ackerman, 1988)

Inkonsistente Aufgaben sind durch eine nicht eindeutige Passung von Reiz und Reaktion charakterisiert, d. h. ein bestimmtes Verhalten führt nicht durchgängig zu der intendierten Veränderung oder Reaktion der Umwelt. Unter diesen Umständen ist nicht mit einer vollständig automatisierten Informationskontrolle zu rechnen, denn die Aufgabenanforderungen behindern einen suffizienten Aufbau spezifischer Fertigkeiten (Ackerman, 1986). Deshalb ist auch nach längerer Übung eine aufmerksame Aufgabenbearbeitung nötig und ein stabiler Einfluss allgemeiner Intelligenz zu erwarten (vgl. linke Grafik in Abbildung 14). Zudem verlangsamt sich der Übergang in spätere Phasen mit zunehmender Inkonsistenz, was sich im Falle der Wahrnehmungsgeschwindigkeit und psychomotorischen Fähigkeit graphisch in einer Verschiebung des Korrelationsverlaufs nach rechts ausdrückt (vgl. die mittlere und rechte Grafik in Abbildung 14). Bei sehr inkonsistenter Informationsbearbeitung bleibt der Übergang gänzlich aus und allgemeine Intelligenzkomponenten behalten durchgängig ihren hohen Stellenwert. Der Stellenwert der beiden anderen Fähigkeitsbereiche bleibt ebenfalls durchweg stabil, fällt jedoch vergleichsweise gering aus.

In diesem Zusammenhang kann die Frage gestellt werden, wie bei inkonsistenten Aufgaben überhaupt ein Übergang in die assoziative Phase möglich ist. Auf Basis der Theorie ist dies so zu erklären, dass inkonsistente Aufgaben konsistente Teilanforderungen enthalten und somit auch bei solchen Aufgaben bestimmte Teilschritte auf Basis von Fertigkeiten vollzogen werden können. Die Verzögerung des Fertigkeitserwerbs kommt deswegen zustande, weil der Umgang mit den sich ändernden Anforderungen einen Teil der Aufmerksamkeit bindet und dadurch der Erwerb des für den Fertigkeitsaufbau notwendigen Wissens langsamer abläuft. Bei konsistenten Aufgaben gilt dem Wissenserwerb hingegen die volle Aufmerksamkeit, weshalb der Fertigkeitserwerb und der Übergang in die assoziative Phase rascher erfolgt.

In späteren Studien wird im Hinblick auf die Moderatoren angenommen, dass die Veränderung der Komplexität eine Verringerung (bei geringer Anforderungskomplexität) oder eine Erhöhung (bei hoher Anforderungskomplexität) der Korrelation zwischen allgemeiner Intelligenz bzw. Wahrnehmungsgeschwindigkeit und Performanz bewirkt (Ackerman & Cianciolo, 2002). Was die Aufgabenkonsistenz anbelangt, scheint mit Blick auf den Korrelationsverlauf nur wichtig, ob eine konsistente oder eine inkonsistente Aufgabe zu bewältigen ist, d. h. graduelle Abstufungen spielen hier wohl keine Rolle (siehe dazu die in Kapitel 8.1.4 dargestellten Befunde aus Ackerman & Cianciolo, 2002). Neben den genannten Moderatoren ist natürlich der *Übungsumfang* von entscheidender Bedeutung, denn ohne Übung werden die verschiedenen Phasen nicht durchlaufen.

8.1.4 Empirische Fundierung

Die empirische Prüfung der Drei-Phasen-Theorie erfolgt in drei Schritten. (1) Zunächst werden Befunde dazu referiert, ob sich die in Abbildung 13 (konsistente Aufgaben mittlerer Komplexität) dargestellten Verläufe anhand von Experimentalstudien empirisch bestätigen lassen. (2) Anschließend werden Befunde zum Einfluss der Aufgabenkomplexität und der Aufgabenkonsistenz auf die Korrelationsverläufe referiert. (3) Abschließend wird geprüft, ob sich mithilfe der von Ackerman vorgeschlagenen Fähigkeitsdiagnostik interindividuelle Fertigkeitsdifferenzen in allen Erwerbsphasen vernünftig vorhersagen lassen.

(1) Ackerman (1988) arbeitet zur Prüfung der Drei-Phasen-Theorie mit einer Aufgabe, die realen Anforderungen sehr nahe kommt. Diese Aufgabe basiert auf einer Computersimulation, wie sie bei der Ausbildung von Fluglotsen eingesetzt wird. Aufgrund einiger Restriktionen liegt eine Aufgabe *mittlerer Komplexität* vor, die eine *konsistente* Informationsverarbeitung ermöglicht. Die Untersuchung der Korrelationen zwischen den drei Fähigkeiten (allgemeine Intelligenz, Wahrnehmungsgeschwindigkeit und psychomotorische Fähigkeit) und der Performanz erbrachte prinzipiell theoriekonforme Ergebnisse: Am Anfang des Lernprozesses korrelierten die Leistungen am höchsten mit der Fähigkeit des schlussfolgernden Denkens (zentraler Aspekt der allgemeinen Intelligenz), mit zunehmender Übung nahmen diese Korrelationen ab und die Korrelationen mit der Wahrnehmungsgeschwindigkeit nahmen zu; nach einer gewissen Übungszeit ging die Bedeutung der Wahrnehmungsgeschwindigkeit wieder zurück. In der dritten Phase gewannen, wie von der Theorie vorhergesagt, psychomotorische Fähigkeiten an Bedeutung und sie beeinflussten die Performanz am stärksten (vgl. Abbildung 15).

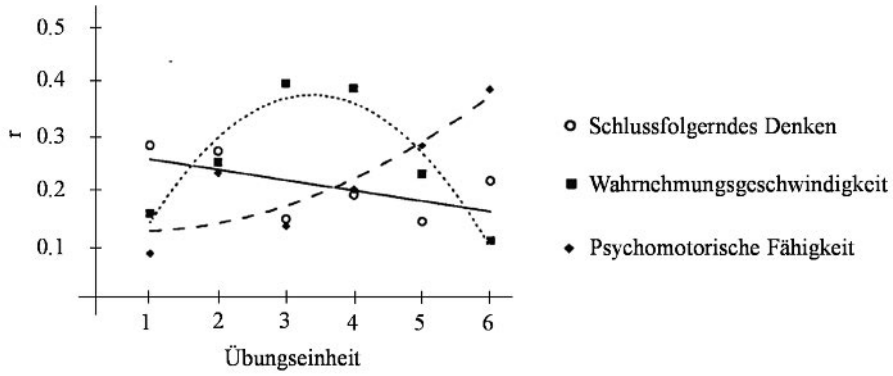


Abbildung 15: Verlauf der Korrelationen zwischen verschiedenen Fähigkeiten und der Performanz während des Fertigkeitserwerbs (zu erlernen war eine konsistente Aufgabe mittlerer Komplexität: einfache Fluglotsentätigkeit; in Anlehnung an Ackerman, 1988)

Ackerman (1987) geht auf Studien ein, die den dargestellten Korrelationsverlauf nicht bestätigen. In diesen Studien wird der Lernerfolg mit individuellen Leistungsdifferenzen zwischen zwei Messzeitpunkten operationalisiert. Da Differenzwerte, so Ackerman, aber häufig unreliable Maße1 darstellen, sind diese Befunde nur von geringem empirischem Wert. Daher arbeitet Ackerman nicht mit dem Lernzuwachs, sondern mit dem in verschiedenen Erwerbsstadien erreichten Performanzniveau und Korrelationsanalysen. Damit gerät allerdings ein wichtiger Aspekt aus dem Fokus und es stellt sich die Frage, ob sich die Theorie auch dann empirisch bestätigt, wenn der Lernzuwachs erfasst wird.

Dieser Frage gingen Voelkle et al. (2006) mithilfe latenter Wachstumskurvenmodellen nach, die eine reliable Modellierung von Lernzuwächsen ermöglichen. In dieser Studie waren theoriekonforme Korrelationen zu beobachten: Individuelle Lernzuwächse in der kognitiven Phase korrelierten am höchsten mit allgemeiner Intelligenz (r=.43) und in der assoziativen Phase mit wahrnehmungsbezogenen Fähigkeiten (r=.41). Im Falle allgemeiner Intelligenz war in der assoziativen Phase erwartungsgemäß ein Korrelationsabfall zu verzeichnen (Korrelation in der assoziativen Phase: r=.19).

Wie aus der Veröffentlichung von Ackerman und Cianciolo (2000) hervorgeht, liegen auch gewichtige, der Theorie widersprechende Befunde vor. Aus diesem Grund unterzogen sie den Ansatz einer erneuten Überprüfung. Diese Überprüfung

1 Auch Boyle und Ackerman (2004) und Voelkle et al. (2006) weisen auf die geringe Reliabilität von Differenzwerten als Maß für den individuellen Lernzuwachs hin. Nicht erwähnt wird, dass die Reliabilität dieser Differenzwerte u. a. vom Verhältnis der Varianzen der Messwertreihen abhängt: Streuen die Messwerte des späteren Messzeitpunktes stärker als die Werte des früheren, können auch Differenzwerte reliable Maße sein (z. B. Zimmerman & Williams, 1982). Da bei konsistenten Aufgaben geringer bis mittlerer Komplexität prinzipiell von einer Streuungsreduktion auszugehen ist (Ackerman, 1987), stellen Differenzwertanalysen im vorliegenden Fall allerdings keine geeignete Vorgehensweise dar.

entsprach gegenüber älteren Studien insofern einem fundierteren Vorgehen, als sowohl die Wahrnehmungsgeschwindigkeit als auch die psychomotorische Fähigkeit facettenreicher operationalisiert wurden. Nach der empirischen Absicherung der Konstruktvalidität der untersuchten Fähigkeiten, fand eine differenzierte Analyse der Fähigkeit-Performanz-Korrelationen statt. Im Hinblick auf die Wahrnehmungsgeschwindigkeit war allerdings trotz dieses elaborierten Vorgehens keine Bestätigung der Theorie zu verzeichnen: Die verschiedenen Facetten der Wahrnehmungsgeschwindigkeit korrelierten teilweise gar nicht, meist aber über den gesamten Erwerbsprozess konstant mit der Performanz. Der mit der Theorie antizipierte Korrelationsanstieg in der assoziativen Phase und der Korrelationsabfall in der autonomen Phase blieben also aus. Auch mit Blick auf die psychomotorischen Fähigkeiten waren nicht durchgängig erwartungskonforme Befunde festzustellen: So nahm bei einer konsistenten Aufgabe mittlerer Komplexität der Zusammenhang zwischen verschiedenen Facetten der psychomotorischen Fähigkeit und der Performanz nach längerer Übung nur teilweise zu.

Damit lässt sich im Hinblick auf konsistente und mittelkomplexe Aufgaben festhalten, dass der postulierte deutliche Einfluss allgemeiner Intelligenz in der kognitiven Phase und der Rückgang in den folgenden Phasen empirisch gut belegt ist. Was wahrnehmungsbezogene und psychomotorische Fähigkeiten anbelangt, liegen sowohl theoriekonforme als auch theoriewidrige Befunde vor: Einerseits zeigt sich bezogen auf die Wahrnehmungsgeschwindigkeit der antizipierte umgekehrt u-förmige Korrelationsverlauf, andererseits ist ein stabiler Einfluss feststellbar. Ebenso ist bei den psychomotorischen Fähigkeiten teilweise ein theoriekonformer Korrelationsanstieg in der autonomen Phase und teilweise ein relativ stabiler Korrelationsverlauf über die komplette Übungsphase hinweg beobachtbar. Befriedigende Erklärungen für diese diskrepante Befundlage werden wahrscheinlich nur gefunden, wenn Aufgabenmerkmale und inhaltliche Anforderungen stärker in den Fokus der Analysen gerückt werden (siehe dazu auch Ackerman & Cianciolo, 2000).

(2) Ackerman (1988) analysierte den Effekt der *Aufgabenkomplexität* durch systematische Variation. In Übereinstimmung mit der Theorie beobachtete er, dass die Erhöhung der Komplexität den Übergang von der kognitiven in die assoziative Phase verzögerte und die Komplexitätsreduktion den Übergang beschleunigte. Ackerman (1992) verwendete für die Analyse des Fertigkeitserwerbs eine sehr komplexe Version einer Computersimulation für Fluglotsen. In Übereinstimmung mit der Theorie stellte sich in dieser Studie durchweg ein hoher und lang anhaltender Zusammenhang zwischen allgemeiner Intelligenz und Performanz ein. Erwartungsgemäß fielen die Korrelationen der Wahrnehmungsgeschwindigkeit und psychomotorischen Fähigkeiten mit Performanz im Vergleich zur Intelligenz geringer aus und sie blieben über weite Strecken des Trainings relativ stabil. Ackerman und Cianciolo (2000) replizierten diese Befunde.

Inwieweit sich der Verlauf der Fähigkeits-Performanz-Korrelation verändert, wenn der *Konsistenzgrad* der zu erlernenden Tätigkeiten variiert, behandelt Ackerman (1988). Wie auf der Grundlage der Theorie zu erwarten, hing bei inkonsistenten Aufgaben der Fertigkeitserwerb stärker von allgemeiner Intelligenz ab als bei

konsistenten Aufgaben (vgl. Abbildung 16). Die stabile Bedeutung allgemeiner Intelligenz beim Fertigkeitserwerb mit *inkonsistenten* Aufgaben bestätigte auch Ackerman (1992). Zudem beobachtete Ackerman (1988) im Einklang mit der Theorie bei inkonsistenten Anforderungen und zu Beginn des Erwerbsprozesses einen vergleichsweise geringen Einfluss der Wahrnehmungs-geschwindigkeit sowie einen verzögerten Übergang in spätere Phasen.

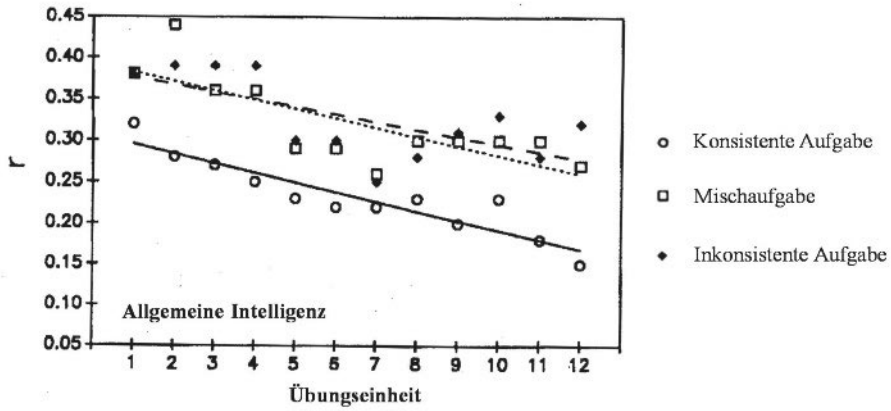


Abbildung 16: Verlauf der Korrelationen zwischen allgemeiner Intelligenz und der Performanz in Abhängigkeit von der Übungseinheit und der Konsistenz der Tätigkeiten (Mischaufgabe: 70% der Tätigkeiten sind konsistent und 30% inkonsistent, Ackerman, 1988)

Ackerman und Ciancialo (2002) führten eine vergleichende Analyse des Einflusses von Komplexität und Konsistenz durch. Es zeigte sich, dass bei starker Ausprägung beider Moderatoren erwartungsgemäß während des Lernprozesses ein langer und relativ stabiler Einfluss allgemeiner Intelligenz auftrat, allerdings zog lediglich die schrittweise Erhöhung der Komplexität eine Erhöhung der Korrelationskoeffizienten nach sich. Dieser Befund wurde so interpretiert, dass eine stufige Variation der Komplexität die Fähigkeit-Performanz-Korrelation graduell verändert. Die Variation der Konsistenz beeinflusst dieses Verhältnis zwar auch, entscheidend ist aber vermutlich nur, ob eine inkonsistente Aufgabe zu bearbeiten ist oder nicht und nicht der Inkonsistenzgrad.[2] Damit liegen Befunde vor, die gegen die in Abbildung 14 sich abhängig vom Konsistenzgrad ändernden Korrelationsverläufe sprechen. In Übereinstimmung mit den Autoren wird hier davon ausgegangen, dass die Bedeutung der Fähigkeitsdimensionen davon abhängt, ob (a) konsistente oder inkonsistente Tätigkeiten erlernt werden und (b) welchen Komplexitätsgrad die Tätigkeiten aufweisen.

2 Eine Tätigkeit, bei welcher der Inkonsistenzgrad unterhalb eines bestimmten Schwellenwerts liegt, hat demzufolge vermutlich keinen Einfluss auf die Fähigkeits-Performanz-Korrelation (Ackerman & Cianciolo, 2002).

(3) Mit der systematischen Untersuchung der Prognosekraft und der inkrementellen Validität einzelner Fähigkeiten wird u. a. auf Zweifel reagiert, denen zufolge der langfristige Fertigkeitserwerb nicht mithilfe allgemeiner Fähigkeiten vorhergesagt werden kann: Im Anschluss an Ackerman (1987) ist während des Fertigkeitserwerbs bei konsistenten, nicht allzu komplexen Aufgaben mit einer Reduktion der individuellen Fertigkeitsunterschiede zu rechnen, was die Prognose des Lernerfolgs anhand a priori erfasster globaler Fähigkeiten erheblich gefährden kann.

Der Frage, ob mit zunehmendem Training die Bedeutung bestimmter Fähigkeiten stark abnimmt, gehen Ackerman (1988) und Ackerman (1992) nach. Beide Studien zeigen, dass bei *inkonsistenten* oder *komplexen* Tätigkeiten die individuelle Performanz auch nach langer Übungszeit noch immer beachtlich mit allgemeiner Intelligenz korreliert ($r \approx .50$); bei den erwähnten Studien war über den Übungszeitraum hinweg sogar ein leichter Anstieg der prognostischen Validität allgemeiner Intelligenz zu verzeichnen. Bei Ackerman (1992) lässt sich die finale Performanz selbst anhand des anfänglichen Fertigkeitsniveaus nur geringfügig besser erklären ($r = .58$) als mit der a priori erhobenen Intelligenz ($r = .55$). Ob die Berücksichtigung aller Fähigkeitsdimensionen zu einer verbesserten Vorhersagekraft führt, analysieren Ackerman und Cianciolo (2000). Beim Erlernen einer komplexen Tätigkeit erklärten alle Fähigkeitsdimensionen ca. 47% der am Ende des Lernprozesses feststellbaren Leistungsdifferenzen (allgemeine Intelligenz: $R^2 = .39$; Wahrnehmungsgeschwindigkeit: $\Delta R^2 = .04$; psychomotorische Fähigkeiten: $\Delta R^2 = .03$)[3]. Die Erklärungsinkremente erreichten allerdings keine signifikanten Werte, weshalb weitere Studien zur Klärung der Frage nötig sind, ob bei komplexen Aufgaben der Einsatz aller Testbatterien sinnvoll ist.

Bei *konsistenten* Aufgaben mittlerer Komplexität ist mit einer Abnahme des Einflusses globaler Fähigkeiten und einer Zunahme des Einflusses aufgabenspezifischer Faktoren zu rechnen (Ackerman, 1987). Trotzdem gelingt, wie Ackerman und Cianciolo (2000) zeigen, die Prognose der „späten" Performanz auch bei solchen Aufgaben gut. So werden nach längerer Übungszeit immer noch ca. 45% der Performanzunterschiede durch alle drei Fähigkeitsdimensionen erklärt (allgemeine Intelligenz: $R^2 = .19$; Wahrnehmungs-geschwindigkeit: $\Delta R^2 = .11$; psychomotorische Fähigkeiten: $\Delta R^2 = .15$). Da in dieser Untersuchung alle Erklärungsinkremente einen signifikanten Wert erreichten, ist in vergleichbaren Situationen eine alle drei Fähigkeitsdimensionen einbeziehende Diagnostik angezeigt.

8.1.5 Zusammenfassung

Angesichts der aktuellen Befundlage zur Drei-Phasen-Theorie lässt sich im Hinblick auf die Bedeutung der allgemeinen Intelligenz für den motorischen Fertigkeitserwerb zusammenfassend Folgendes festhalten (vgl. dazu auch Ackerman, 2005): (1) Bei konsistenten Aufgaben geringer bis mittlerer Komplexität ist in der

3 In der Summe ergeben sich aus diesen Erklärungsbeiträgen 46% Varianzaufklärung und damit infolge von Rundung eine kleine Abweichung zum genannten Wert von 47%.

kognitiven Phase ein bedeutsamer, in der assoziativen Phase ein geringerer und in der autonomen Phase ein weiter absinkender Einfluss allgemeiner Intelligenz anzunehmen. (2) Beim Erlernen inkonsistenter Tätigkeiten ist von einem höheren und, aufgrund eines verzögerten Phasenübergangs, von einem (länger) anhaltenden Einfluss allgemeiner Intelligenz auszugehen als beim Erlernen konsistenter Tätigkeiten. (3) Ebenfalls ist bei komplexen Tätigkeiten mit einem (länger) anhaltenden Einfluss allgemeiner Intelligenz zu rechnen als bei weniger komplexen Tätigkeiten. (4) Der Einfluss der allgemeinen Intelligenz hängt prinzipiell vom Komplexitätsgrad des Tätigkeitsbereichs ab, wobei der Einfluss mit zunehmender Komplexität ansteigt und mit abnehmender Komplexität abnimmt. (5) Außerdem wird der Einfluss durch die Konsistenz des Tätigkeitsbereichs moderiert. Entscheidend ist hier lediglich, ob die Anforderungen eines Tätigkeitsbereichs ober- oder unterhalb einer bestimmten Konsistenzschwelle liegen.

Weniger eindeutige Erkenntnisse erbrachte die Aufarbeitung der Befunde zur *Wahrnehmungsgeschwindigkeit* und *psychomotorischen Fähigkeit* (vgl. dazu auch Ackerman, 2005): (1) Zunächst kann davon ausgegangen werden, dass beide Fähigkeiten den motorischen Fertigkeitserwerb beeinflussen. (2) Nach längerer Übungszeit ist bei konsistenten Aufgaben geringer bis mittlerer Komplexität anzunehmen, dass die Wahrnehmungsgeschwindigkeit und die psychomotorische Fähigkeit den Fertigkeitserwerb zusätzlich zur allgemeinen Intelligenz beeinflussen. (3) Noch nicht vollständig geklärt ist, ob bei inkonsistenten oder sehr komplexen Lernaufgaben die Wahrnehmungsgeschwindigkeit und die psychomotorische Fähigkeit gegenüber Intelligenz inkrementell valide sind. Hier wird davon ausgegangen, dass es beim angesprochenen Aufgabentyp wenig sinnvoll ist, die beiden Fähigkeiten zusätzlich zu allgemeiner Intelligenz zu diagnostizieren.

8.2 VIER-QUELLEN-THEORIE: ENTWICKLUNG KOGNITIVER FERTIGKEITEN

Der Erwerb kognitiver Fertigkeiten wird anhand des Vier-Quellen-Ansatzes besprochen (Kyllonen & Christal, 1989). Das Hauptziel dieses Ansatzes besteht darin, Determinanten zu identifizieren, die für interindividuelle Unterschiede beim Fertigkeitserwerb verantwortlich sind. Dabei geht es nicht um eine vollständige Modellierung der individuellen Lernfähigkeit, sondern um die Identifikation zentraler *kognitiver* Determinanten (ebd.).

8.2.1 Überblick über die Theorie

Wie der Name bereits besagt, wird mit der Vier-Quellen-Theorie angenommen, dass sich Lernunterschiede v. a. auf vier kognitive Determinanten zurückführen lassen: (1) *Verarbeitungskapazität*, (2) *Verarbeitungsgeschwindigkeit*, (3) *Wissen* und (4) *Fertigkeit*. Wie in Abbildung 17 dargestellt, verkörpern *Verarbeitungskapazität*

und -*geschwindigkeit* Mediatoren des Wissens- und Fertigkeitserwerbs. Im Wesentlichen sind diese Mediatoren dafür verantwortlich, wie effektiv gelernt und vorhandenes Wissen und vorhandene Fertigkeiten genutzt werden. Die in der Abbildung von Wissen und Fertigkeit auf die Lernphasen gerichteten Pfeile weisen darauf hin, dass *Wissen* und *Fertigkeit* wichtige Voraussetzungen des Lernens darstellen.

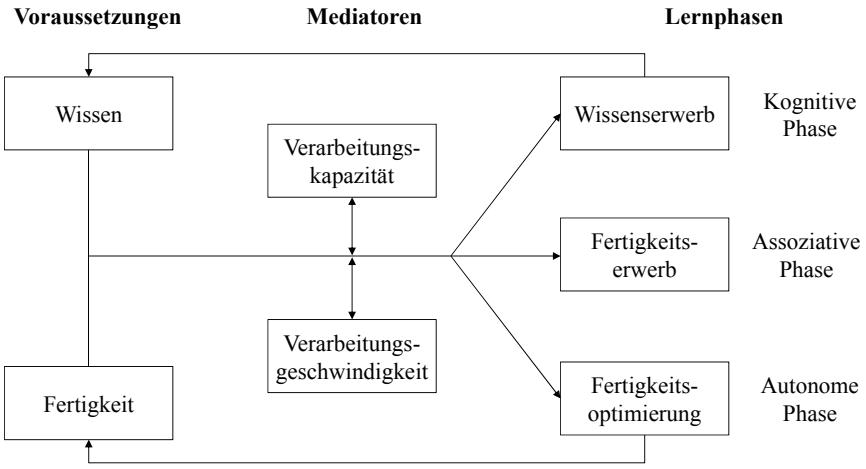


Abbildung 17: Graphische Darstellung des Vier-Quellen-Ansatzes zur Entwicklung kognitiver Fertigkeit (in Anlehnung an Kyllonen & Christal, 1989)

Auch der Vier-Quellen-Ansatz unterscheidet zwischen einer kognitiven, assoziativen und autonomen Erwerbsphase: Zunächst wird aufgabenspezifisches Wissen aufgebaut (kognitive Phase), anschließend werden auf der Grundlage dieses Wissens Fertigkeiten gebildet (assoziative Phase). Weitere Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand kann zu einer Optimierung und Automatisierung der Fertigkeiten führen (autonome Phase). Die Pfeile, die von den Lernphasen zu Wissen und Fertigkeit führen, verdeutlichen, dass sich die Wissens- und Fertigkeitsbasis während des Fertigkeitserwerbs verändert und erweitert. Damit stehen Wissen und Fertigkeit auch für Gedächtnissysteme und für die grundsätzliche menschliche Lernfähigkeit. Wissen und Fertigkeit sind also einerseits Resultat und andererseits Voraussetzung des Wissens- und Fertigkeitserwerbs. Wichtig ist ferner, dass im Unterschied zur Drei-Phasen-Theorie keine Aussagen darüber getroffen werden, ob und wie sich der Einfluss der vier Determinanten während des Fertigkeitserwerbs verändert. Implizit wird damit angenommen, dass alle erwähnten Determinanten während des gesamten Erwerbsprozesses wirksam sind. Die Bedeutung der einzelnen Elemente wird in den folgenden Unterkapiteln detaillierter beschrieben. Sofern keine expliziten Quellenangaben gemacht werden, wird dabei aus der Publikation von Kyllonen und Christal (1989) zitiert.

8.2.2 Bedeutung der Verarbeitungskapazität

Die theoretischen Vorstellungen zur Verarbeitungskapazität basieren weitgehend auf gängigen Modellen zum Arbeitsgedächtnis. Für ein besseres und tieferes Verständnis der Verarbeitungskapazität wird deshalb in einem Exkurs zunächst ein weit verbreitetes Modell des Arbeitsgedächtnisses vorgestellt.

Exkurs: Das Mehr-Komponenten-Modell des Arbeitsgedächtnisses

Das wohl einflussreichste Modell des Arbeitsgedächtnisses stammt von Baddeley und Hitch (z. B. Baddeley et al. 2009; Eysenck, 2006; Stern et al., 2007). In diesem Modell werden ältere Konzeptionen des Kurzeitgedächtnisses erweitert, indem neben der kurzfristigen Informationsspeicherung auch der Informationsverarbeitung ein wichtiger Stellenwert eingeräumt wird. Die Menge an Informationen, die simultan verarbeitet und gespeichert werden kann, ist limitiert und weist individuelle Schwankungen auf. Außerdem wird angenommen, dass der menschliche Kurzspeicher zum einen der Memorierung von sprachbasierter und zum anderen von räumlicher Information dient. Für diese Informationstypen sind unterschiedliche Subsysteme (phonologische Schleife und visuell-räumlicher Skizzenblock) verantwortlich (vgl. Abbildung 18), was sich daran erkennen lässt, dass das gleichzeitige Erinnern von räumlichen und sprachlichen Informationen keinen erheblichen Einfluss auf die Behaltensleistung hat (Baddeley et al. 2009). Dagegen geht die sprachbezogene Behaltensleistung deutlich zurück, wenn eine artikulatorische Suppression vorgenommen wird, d. h. wenn bspw. Wörter einer Liste eingeprägt und gleichzeitig vorgegebene Wörter ständig wiederholt werden sollen. Denn dieser Vorgang führt zur Blockierung der phonologischen Schleife (eine Art innere Stimme, die der Memorierung dient), weswegen die Aufnahme sprachlicher Informationen erheblich erschwert wird. Auf gleiche Weise verhält es sich mit dem Behalten räumlicher Informationen. Wie bereits erwähnt, wird im Arbeitsgedächtnis aber nicht nur Information memoriert, sondern auch verarbeitet. Die Informationsverarbeitung ist die Aufgabe der zentralen Exekutive; diese kann Informationen beider Subsysteme verknüpfen sowie zielorientiert mentale Operationen durchführen und stellt gewissermaßen das Mastersystem dar, während die beiden anderen Systeme Hilfssysteme repräsentieren. Im Mehr-Komponenten-Modell wurde die ältere Variante des Arbeitsgedächtnismodells um eine Komponente, den episodischen Puffer, erweitert (vgl. Abbildung 18), was vor allem als Reaktion auf die bisher größtenteils ausgeblendete Frage gesehen werden kann, wo und wie eine Interaktion zwischen Arbeits- und Langzeitgedächtnis stattfindet. Auch dieses Hilfssystem unterliegt der Koordination der zentralen Exekutive, der damit eine Schlüsselfunktion zukommt. Obwohl die Befundlage zur zentralen Exekutive gegenwärtig noch relativ dünn ist, spricht einiges dafür, dass sie in hohem Maße in die Aufmerksamkeitssteuerung involviert ist (Baddeley et al. 2009). Dabei geht es sowohl um die Fokussierung der Aufmerksamkeit als auch die zielgerechte Aufmerksamkeitsteilung. Wichtig ist, dass es sich nicht um eine erlernte Aufmerksamkeitssteuerung handelt, also um das

mehr oder weniger bewusste Abarbeiten erworbener Fertigkeiten, sondern um ein inhaltsunspezifisches geistiges Potential, das in enger Verbindung zu physiologischen Gegebenheiten steht (z. B. Neubauer & Stern, 2007). Verschiedene Forschungsarbeiten weisen ferner auf die Hemmfunktion der zentralen Exekutive hin, die der Unterdrückung unwichtiger Informationen dient (z. B. Eysenck, 2006). Zudem werden das Monitoring kognitiver Vorgänge und die Evaluation von Handlungsresultaten im Zusammenhang mit der zentralen Exekutive genannt (z. B. Stern et al., 2007).

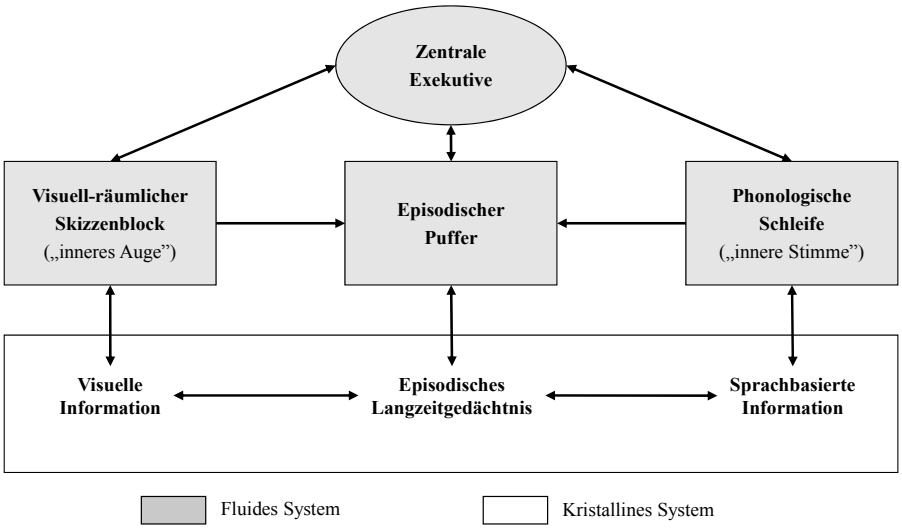


Abbildung 18: Das Mehr-Komponenten-Modell des Arbeitsgedächtnisses (in Anlehnung an Baddeley et al. 2009)

Theoretische Fundierung und Bedeutung der Verarbeitungskapazität

Da mit Verarbeitungskapazität innerhalb des Vier-Quellen-Ansatzes nichts anderes gemeint ist, als das individuell begrenzte kognitive Potential, Informationen während der Informationsverarbeitung aktivieren sowie bewusst und gezielt verarbeiten zu können (Kyllonen & Christal, 1989), wird deutlich, dass mit dem Konzept Verarbeitungskapazität insbesondere die Funktionen der zentralen Exekutive angesprochen sind. Damit erfährt das differenzielle Konstrukt der Verarbeitungskapazität im Konzept der zentralen Exekutive eine theoretische Fassung und eine konkrete Funktionszuschreibung: Mit Verarbeitungskapazität sind limitierte Fähigkeiten wie die bewusste, d. h. aufmerksamkeitsgesteuerte Aktivierung und Einbindung vorhandener Wissensbestände, die Unterdrückung irrelevanter Informationen, die gezielte geistige Manipulation und Verknüpfung gespeicherter und aktuell gegebener Informationen sowie das Monitoring des Gesamtprozesses gemeint. Ackerman und Kyllonen (1991) sprechen mit Blick auf die Verarbeitungskapazität vom „basic

bottleneck of cognition“ (Ackerman & Kyllonen, 1991, S. 215). Aus dieser Überlegung leitet sich die Annahme des Vier-Quellen-Ansatzes ab, dass Verarbeitungskapazität eine zentrale Lerndeterminante darstellt. Damit weist *Verarbeitungskapazität* viele Charakteristika auf, die auch im Kontext *fluider Intelligenz* genannt werden (vgl. dazu Kapitel 7.1 und 0 sowie Cattell, 1987 und Horn & Noll, 1997).

Verarbeitungskapazität und fluide Intelligenz: Zwei eng verwandte differenzielle Konstrukte

Das empirische Verhältnis von *Verarbeitungskapazität* und *fluider Intelligenz* war Gegenstand mehrerer empirischer Untersuchungen. Oberauer, Schulze, Wilhelm und Süß (2005) ermittelten zwischen Verarbeitungskapazität und fluider Intelligenz eine Korrelation von r=.85 und sehen in der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses eine aussichtsreichen Kandidaten für eine tiefergehende Erklärung fluider Intelligenz. Kane, Hambrick und Conway (2005) bestätigten diese Sichtweise (vgl. dazu aber auch die kritische Position von Ackerman, Beier & Boyle, 2005). Der gegenwärtige Forschungsstand erlaubt kein abschließendes Urteil darüber, ob es sich bei fluider Intelligenz und Verarbeitungskapazität um dieselben oder nur um sehr eng verwandte Konstrukte handelt. Kaum zu leugnen ist aber eine erhebliche Überlappung beider differenzieller Konstrukte.

Damit lässt sich festhalten, dass die zentrale Exekutive für kognitive Vorgänge steht, die bei der Diagnostik der Verarbeitungskapazität eine zentrale Rolle spielen; die Verarbeitungskapazität steht wiederum in sehr engem Verhältnis zu fluider Intelligenz. Folglich spiegelt sich im fluiden Intelligenzniveau auch die individuelle Verarbeitungskapazität, d. h. das Aufmerksamkeitspotential sowie die Fähigkeit, diese Aufmerksamkeit gezielt zu steuern, Informationen zielorientiert zu verknüpfen bzw. zu unterdrücken und geistige Operationen zu evaluieren sowie den beschriebenen Prozess zu überwachen.

Einfluss der Verarbeitungskapazität auf den kognitiven Fertigkeitserwerb

Mit dem Vier-Quellen-Ansatz wird angenommen, dass sich die Verarbeitungskapazität sowohl auf den Wissens- als auch den Fertigkeitserwerb auswirkt. Mit einem hohen Einfluss ist v. a. dann zu rechnen, wenn eine besonders aufmerksame und bewusste Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand notwendig ist. Subjektiv drückt sich dies in einem erhöhten geistigen Energieaufwand und raschen geistigen Ermüdungserscheinungen aus. Die Verarbeitungskapazität beeinflusst, wie effizient Wissen und Fertigkeiten erworben bzw. angewandt werden (Ackerman & Kyllonen, 1991).

8.2.3 Bedeutung der Verarbeitungsgeschwindigkeit

In einer analytischen Perspektive ist die von Ackerman und Kyllonen (1991) vorgenommene Unterscheidung verschiedener Facetten der Verarbeitungsgeschwindigkeit interessant: (1) Mit der Enkodiergeschwindigkeit bezeichnen die Autoren die Geschwindigkeit, mit der ein externer Stimulus eine Repräsentation im Arbeitsgedächtnis verursacht. (2) Zudem gehen sie davon aus, dass die Geschwindigkeit, mit der Langzeitwissen im Arbeitsgedächtnis aktiviert werden kann, individuell variiert. (3) Als letzte Geschwindigkeitskomponente wird die Antwortgeschwindigkeit erwähnt, die sich auf die Durchführungszeit motorischer Operationen bezieht. Da im empirischen Teil dieser Arbeit keine Speed-, sondern ausschließlich Powermaße verwendet werden, spielt die Verarbeitungsgeschwindigkeit, wie die später referierten Befunde noch belegen werden, hier keine zentrale Rolle (Kyllonen & Woltz, 1989). Nur am Rande sei deshalb erwähnt, dass hohe Korrelationen zwischen den analytisch getrennten Komponenten (Enkodier-, Aktivierungs- und motorische Geschwindigkeit) eher gegen deren gleichzeitige eigenständige Erfassung sprechen (Ackerman & Kyllonen, 1991).

8.2.4 Bedeutung des Wissens

Im Hinblick auf Wissen ist eine wichtige Bemerkung vorauszuschicken: Im Vier-Quellen-Ansatz ist Wissen einerseits ein Produkt und andererseits eine wichtige Voraussetzung des Lernens. Um für ein höheres Maß an Klarheit zu sorgen, wird hier der Begriff „Vorwissen“ verwendet, wenn Wissen als Lernvoraussetzung angesprochen ist.

Der Wissenserwerb findet hauptsächlich in der kognitiven Phase statt (vgl. Abbildung 17), kann aber auch in späteren Stadien noch parallel zum Fertigkeitserwerb ablaufen. Denkbar wäre ein solcher Parallelprozess bspw. im Falle inkonsistenter Tätigkeitsbereiche, in denen aufgrund wechselnder Anforderungen immer wieder Wissen zu erwerben ist (vgl. Kapitel 6.4.2). Mit dem Vier-Quellen-Ansatz wird davon ausgegangen, dass die Wissensentwicklung von der Verarbeitungskapazität und -geschwindigkeit sowie den verfügbaren Fertigkeiten und dem Vorwissen abhängt.

Um die Bedeutung des Vorwissens differenzierter beurteilen zu können, unterscheiden Kyllonen und Christal (1989) folgende Wissensqualitäten: (1) Wissenstiefe, (2) Wissensumfang, (3) Wissenszugänglichkeit und (4) Wissensorganisation. (1) Mit Wissenstiefe ist spezifisches Vorwissen gemeint, d. h. Vorwissen, das sich bspw. auf denselben Inhaltsbereich bezieht wie die zu erlernende Tätigkeit. (2) Dagegen steht der Wissensumfang für die Menge an allgemeinem Vorwissen wie es bspw. mit Tests zum Allgemeinwissen abgeprüft wird. (3) Unter Zugänglichkeit des Wissens wird die Wahrscheinlichkeit und Geschwindigkeit verstanden, mit der bestimmte Wissenselemente aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden kön-

nen. (4) In der Wissensorganisation zeigt sich schließlich, wie bestimmte Wissenselemente miteinander verknüpft sind bzw. in welcher (z. B. hierarchischen) Beziehung sie zueinander stehen.

Besonders intensiv wurden die Determinanten allgemeines (Wissensumfang) und spezifisches Vorwissen (Wissenstiefe) untersucht. In diesem Zusammenhang kann einerseits danach gefragt werden, inwieweit das *allgemeine* Vorwissen den Aufbau spezifischen Wissens und spezifischer Fertigkeit begünstigt (Ackerman & Kyllonen, 1991). So gehen Kyllonen und Woltz (1989) etwa davon aus, dass eine umfassende Wissensbasis die Konstruktion und Einbindung neuer Wissenselemente erleichtert. Andererseits kann danach gefragt werden, inwiefern *spezifisches* Vorwissen den Aufbau spezifischen Wissens und spezifischer Fertigkeit determiniert (Ackerman & Kyllonen, 1991). Diese Fragen werden bei der empirischen Prüfung des Ansatzes wieder aufgegriffen.

8.2.5 Bedeutung der Fertigkeiten

Fertigkeiten werden in der assoziativen Phase auf Basis des aufgabenspezifischen Wissens und in Abhängigkeit von Übung erworben. In der autonomen Phase werden diese Fertigkeiten optimiert und automatisiert (vgl. Kapitel 6.3). Auch im Hinblick auf den Fertigkeitserwerb wird unterstellt, dass dieser prinzipiell von der Verarbeitungskapazität und -geschwindigkeit sowie vom Vorwissen und den bereits verfügbaren Fertigkeiten abhängt. Ferner wird analog zum Wissen auch hier zwischen der Bedeutung bereits existierender *allgemeiner* und *spezifischer* Fertigkeiten differenziert.

Kyllonen und Stephens (1990) unterstellen, dass sich die Verfügbarkeit *allgemeiner* Fertigkeiten positiv auf den spezifischen Fertigkeitserwerb auswirkt. Gleichzeitig werfen sie die Frage auf, inwiefern sich ihr Verständnis von allgemeiner Fertigkeit empirisch überhaupt von ihrem Verständnis der Verarbeitungskapazität unterscheiden lässt. Auch diese Frage wird bei der empirischen Fundierung des Ansatzes wieder aufgegriffen.

Pena und Tirre (1991) thematisieren die Relevanz bereits existierender *spezifischer* Fertigkeiten für den Fertigkeitserwerb am Beispiel der Softwareprogrammierung. Eine Annahme der Autoren besteht darin, dass spezifische Fertigkeiten einen Einfluss auf den Wissenserwerb haben. Ferner unterstellen sie, dass spezifische Fertigkeiten die Anwendung von Fachwissen und damit den Fertigkeitserwerb begünstigen.

8.2.6 Empirische Fundierung

Viele der im Zuge des Vier-Quellen-Ansatzes entstandenen Studien erweisen sich für die vorliegende Arbeit als besonders interessant: Zum einen diskutieren sie den Erwerb kognitiver Fertigkeiten am Beispiel gewerblich-technischer Domänen, zum

anderen zeichnen sie den im Rahmen der gewerblich-technischen Ausbildung zu durchlaufenden Bildungsprozess – zumindest ansatzweise – nach.

Erwerb von Programmierfertigkeiten (Pena & Tirre, 1991)

In der Experimentalstudie von Pena und Tirre (1991) wurde die Bedeutung verschiedener Determinanten für den Erwerb von Programmierfertigkeiten untersucht. Dafür wurden die Probanden mit Lernaufgaben konfrontiert, die sowohl den Aufbau spezifischen Programmierwissens als auch spezifischer Programmierfertigkeiten verlangten. Während die Probanden bei den Aufgaben zum Wissenserwerb bspw. die Regeln und Symbole der Programmiersprache erlernen mussten, beinhalteten die Aufgaben zum Fertigkeitserwerb das eigenständige Schreiben von Programmen. Im Anschluss an die Lernphasen wurden das spezifische Wissen und die spezifischen Fertigkeiten getrennt erfasst. In der betreffenden Studie wurden Programmierfertigkeiten zum einen mit einer Arbeitsprobe erhoben, bei der in einer schriftlich vorgegebenen Programmiersyntax Fehler zu identifizieren waren. Zum anderen kam eine Arbeitsprobe zum Einsatz, bei der die Ergänzung eines lückenhaften Computerprogramms verlangt wurde. Das erworbene Wissen bzw. die erworbenen Fertigkeiten wurden in Bezug zu den folgenden, im Vorfeld des Experiments erhobenen Determinanten gesetzt: (1) Verarbeitungskapazität, (2a) *allgemeines* Vorwissen, (2b) *aufgabenspezifisches* Vorwissen, (3a) *allgemeine* Fertigkeiten (schlussfolgerndes Denken) und (3b) *aufgabenspezifische* Fertigkeiten (fachspezifisches schlussfolgerndes Denken). Aufgrund des begrenzten Übungszeitraums gingen die Autoren davon aus, dass sich die meisten Probanden in der kognitiven Erwerbsphase befanden.

Im Hinblick auf den im Anschluss an die beiden Lernsequenzen erfassten Lernerfolg zeigte eine konfirmatorische Faktorenanalyse, dass eine eindimensionale Modellierung besser zu den empirischen Daten passt als eine zweidimensionale Modellierung. Entsprechend korrelieren das erworbene Wissen und die erworbenen Fertigkeiten sehr hoch (r=.92). Da sich die Probanden, den Angaben der Autoren zufolge, überwiegend in der kognitiven Erwerbsphase befanden, war dieser Befund zu erwarten, denn in der kognitiven Phase diagnostizieren auch Arbeitsproben hauptsächlich fachliches Wissen (vgl. Kapitel 6.5).

Was die Bedeutung der einzelnen Determinanten anbelangt, zeigte sich, dass mit Ausnahme spezifischen Vorwissens alle Determinanten deutlich mit dem Lernerfolg am Ende des Trainings korrelieren (r=.44-.56). Für eine angemessene Interpretation der Ergebnisse sind zwei Punkte zu beachten: Erstens beruht die Prognosekraft des allgemeinen Vorwissens v. a. auf einer Subskala zum naturwissenschaftlichen Wissen (r=.43). Diese Subskala dürfte sich auch auf Wissen beziehen, das für das Erlernen von Programmierfertigkeiten relevant ist.[4] Insofern sind mit dem

4 Diesbezüglich ist keine präzisere Aussage möglich: Zwar geben Pena und Tirre (1991) an, dass 45% der Testitems zum allgemeinen Wissen aus dem Fachgebiet der Physik stammen. Allerdings präsentieren sie keine konkreten Items.

Effekt allgemeinen Vorwissens gewisse Unsicherheiten verbunden, da dieser zu einem größeren Teil auf einer tätigkeitsaffinen Skala beruhen könnte. Zweitens waren die Skalen zum spezifischen Vorwissen nicht reliabel (α=.31-.37), weshalb keine belastbaren Aussagen zur Bedeutung dieses Elements möglich sind.

Im Einklang mit den bivariaten Korrelationen stehen die Befunde des Pfadmodells: Verarbeitungskapazität (β=.63), allgemeine Fertigkeit (allgemeines schlussfolgerndes Denken) (β=.31), spezifische Fertigkeiten (fachspezifisches schlussfolgerndes Denken) (β=.28), allgemeines Vorwissen (β=.21) und die frühere Teilnahme an einem Programmierkurs (β=.17) erklärten 81% der Leistungsvarianz am Ende des Lernprozesses (aggregiertes Maß aus Wissen und Fertigkeit). Damit wurde die postulierte Bedeutung der Lerndeterminanten für den kognitiven Fertigkeitserwerb weitgehend bestätigt, wobei sich die Verarbeitungskapazität als besonders einflussreich erwies und die Rolle des spezifischen Vorwissens auf Basis der betrachteten Studie nicht vernünftig beurteilt werden kann.

Erwerb elektrotechnischer kognitiver Fertigkeiten I (Kyllonen & Stephens, 1990)

Eine Studie, an der Ausbildungsanfänger der amerikanischen Luftwaffe teilnahmen, legten Kyllonen und Stephens (1990) vor. Auch in dieser Studie wurde dem Einfluss der Determinanten des Vier-Quellen-Ansatzes nachgegangen. In der Publikation werden Ergebnisse von drei Experimenten vorgestellt.

(1) Im ersten Experiment geht es um den Erwerb elektrotechnischer kognitiver Fertigkeiten. Konkret gesprochen handelt es sich dabei um den Umgang mit Logikgattern, wie er für die Digitaltechnik charakteristisch ist. Das Ziel der Lernaufgabe bestand zunächst darin, die graphischen Symbole für z. B. and-, xor- und not-Gatter und die Funktion dieser Gatter zu erlernen und anschließend zu beurteilen, ob vorgegebene Paare (aus Gattersymbol und Funktionsbeschreibung bestehend) korrekt sind. Die Funktionsbeschreibungen weisen im Kern eine Wenn-Dann-Struktur auf. Da sich die Probanden in der kognitiven Erwerbsphase befanden, liegen diese Funktionszuschreibungen in Form von (explizitem) Strategiewissen vor. Im Anschluss an den Erwerb dieses spezifischen Wissens, d. h. die kognitive Phase, waren Aufgaben zu bearbeiten, die stetig komplexer wurden und Urteile darüber verlangten, welche Ausgangssignale bei bestimmten Eingangssignalen an bestimmten Stellen einer graphisch gegebenen Schaltung anliegen. Hierbei entstanden elektrotechnische kognitive Fertigkeiten. Im Gegensatz zur vorgenannten Studie wurden spezifisches Vorwissen und verfügbare spezifische Fertigkeiten hier nicht berücksichtigt. Dagegen wurden Verarbeitungsgeschwindigkeit und -kapazität sowie allgemeines Vorwissen und bereits existierende allgemeine Fertigkeiten auch hier erfasst.

Interessant ist zunächst, dass hier im Unterschied zur vorherigen Studie Wissen und Fertigkeit empirisch unterscheidbar waren. So korrelierten die im Anschluss an die kognitive und assoziative Lernphase erfassten Leistungen (viel) zu gering, um beide Maße zusammenzufassen (je nach betrachtetem Subtest zwischen r=.33 und r=.58). Zudem zeigen die Ergebnisse einer konfirmatorischen Faktorenanalyse,

dass die Annahme zweier separater Dimensionen (Wissen und Fertigkeit) gut zur empirischen Datenstruktur passt.

Was die untersuchten Determinanten anbelangt, erklärte nur die Verarbeitungskapazität einen ernstzunehmenden Anteil der Kriterienvarianz, und zwar sowohl hinsichtlich der Wissens- (β=.74) als auch der Fertigkeitsleistungen (β=.73). Das allgemeine Vorwissen, die allgemeinen kognitiven Fertigkeiten und die Verarbeitungsgeschwindigkeit hatten dagegen keinen Einfluss. Der ausbleibende Einfluss der Verarbeitungsgeschwindigkeit dürfte im Wesentlichen darauf zurückzuführen sein, dass die erfassten Leistungen anhand eines Powermaßes erfasst wurden. Deutlich machte die Untersuchung zudem, dass die Indikatoren der Dimension „allgemeine Fertigkeit" zusätzlich und hoch auf den Faktor „Verarbeitungskapazität" luden (λ=.42 und λ=.54).

(2) Das zweite Experiment diente im Kern der Replikation, wich aber insofern vom ersten Experiment ab, als künstliche Lernaufgaben zum Einsatz kamen. Bei der Aufgabenkonstruktion wurde auf eine hohe Strukturähnlichkeit zu den Logikgatter-Aufgaben geachtet; durch die Künstlichkeit der Aufgaben konnten allerdings Effekte von Vorerfahrungen besser kontrolliert werden. In dieser Studie konnte nur das erworbene Wissen vernünftig latent modelliert werden. Ob sich Wissen und Fertigkeit empirisch unterscheiden lassen, konnte also nicht untersucht werden.[5]

Auch hier belegen die Analysen den deutlichen Einfluss der Verarbeitungskapazität auf den Wissenserwerb (β=.70). Außerdem wiesen allgemeines Vorwissen und Verarbeitungsgeschwindigkeit auch hier keine inkrementelle Validität auf. Im Unterschied zum ersten Experiment erklärten allgemeine Fertigkeiten in diesem Experiment aber einen eigenständigen Anteil der Leistungsvarianz (β=.35).

(3) Im dritten Experiment wurde die Bedeutung spezifischer Fertigkeiten durch ein Forschungsdesign untersucht, bei dem zwei Probandengruppen die Lernaufgaben aus Studie 1 und Studie 2 nacheinander und überkreuz bearbeiteten: Gruppe 1 löste zunächst die Aufgaben aus Studie 1 (Logikgatter-Aufgaben) und anschließend die aus Studie 2 (an die Logikgatter-Aufgaben angelehnte, aber „künstliche" Aufgaben), demgegenüber begann Gruppe 2 mit den Aufgaben aus Studie 2 und endete mit den Aufgaben aus Studie 1. Dieses Vorgehen basiert auf der Annahme, dass bei den Aufgaben (die ja strukturähnlich sind) spezifische Fertigkeiten erworben werden, die sich für die Bearbeitung der anschließenden Aufgaben nutzen lassen, d. h. es wurde mit einem Transfereffekt gerechnet.

Zunächst ist festzuhalten, dass dieses Experiment die im ersten Experiment beobachtete diskriminante Validität von „Wissen" und „Fertigkeit" untermauert. Entgegen den Erwartungen hatten die im Zuge der ersten Lerneinheit erworbenen spezifischen Fertigkeiten aber keinen Einfluss auf den Fertigkeitserwerb der zweiten Lerneinheit. Der angenommene Transfereffekt blieb also aus. Die Autoren führten

5 Im Beitrag von Kyllonen und Stephens (1990) werden die dargestellten Befunde so interpretiert, dass im zweiten Experiment eine empirische Unterscheidung von Wissen und Fertigkeit misslingt. Aus meiner Sicht basiert dieser Befund aber auf brüchigem Untergrund, weshalb er nicht berücksichtigt wird. Brüchig ist dieser Untergrund deshalb, weil die Fertigkeiten bei der Dimensionalitätsprüfung nicht separat und latent modelliert wurden.

dies auf den starken Kontextbezug der erworbenen Fertigkeiten zurück. Erwähnenswert ist zudem, dass allgemeine Fertigkeiten nicht durch einen latenten Faktor modelliert werden konnten, sondern in der Verarbeitungskapazität aufgingen. Die Befunde veranlassten die Autoren also dazu, Verarbeitungskapazität und allgemeine Fertigkeiten eindimensional zu modellieren.

Erwerb elektrotechnischer kognitiver Fertigkeiten II (Kyllonen & Woltz, 1989)

Kyllonen und Woltz (1989) verwenden in ihrer Studie ebenfalls die oben beschriebene Logikgatter-Aufgabe. Hier wurden die Probanden allerdings mit vier verschiedenen Lernaufgaben konfrontiert: (1) Bei den ersten Aufgaben sollten die Probanden einerseits die Bezeichnung und andererseits die graphische Darstellung einzelner Schaltsymbole sowie korrekte Assoziationen zwischen Bezeichnung und graphischer Darstellung erlernen (Erwerb von Faktenwissen). (2) Anschließend wurden den Probanden zusätzlich zu den graphischen Darstellungen und deren Bezeichnungen die Funktionen und Beziehungen der einzelnen logischen Bausteine dargeboten. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, aufgabenspezifisches Beziehungs- und Funktionswissen aufzubauen, wobei sowohl Verständniswissen als auch Strategiewissen (z. B.: *Wenn* das Eingangssignal niedrig ist, *dann* ist das Ausgangssignal hoch) zu erwerben war. (3) Demgegenüber zielte die dritte Lernaufgabe auf den Erwerb spezifischer Fertigkeiten. Hier hatten die Probanden zu beurteilen, welcher Ausgangswert sich bei einem Logikgatter einstellte, wenn bestimmte Signalkombinationen anlagen (z. B.: Welches Ausgangssignal liefert ein And-Gatter, wenn zwei High-Signale anliegen?). (4) Deutlich komplexer war der vierte Lernauftrag, bei dem der Signalverlauf bei verknüpften Logikgattern in Abhängigkeit von anliegenden Signalen zu bestimmen war. Die Auswahl und das Arrangement der einzelnen Lernaufgaben folgte dem in Kapitel 6.2 dargestellten Lernprozess: Zunächst wurde aufgabenspezifisches Wissen aufgebaut (Lernaufgabe 1 und 2), welches anschließend durch Üben in Fertigkeiten umgesetzt wurde (Lernaufgabe 3 und 4). Der Lernstand der einzelnen Probanden wurde am Ende jeder Lernaufgabe mit verschiedenen Tests erfasst: 1. Lernaufgabe: Aufgabenspezifisches Faktenwissen; 2. Lernaufgabe: aufgabenspezifisches Beziehungs- und Funktionswissen; 3. Lernaufgabe: einfache Logikgatter-Aufgabe; 4. Lernaufgabe: komplexe Logikgatter-Aufgabe. A priori wurden (1) Verarbeitungskapazität, (2) Verarbeitungsgeschwindigkeit, (3) allgemeines Vorwissen und (4) allgemeine Fertigkeiten diagnostiziert.

Das in Abbildung 19 dargestellte Strukturgleichungsmodell zeigt die ermittelten Zusammenhänge der erhobenen Merkmale.[6]

6 Das in Abbildung 19 illustrierte Modell stellt insofern eine Modifikation dar, als aus Gründen der Übersichtlichkeit die Indikatoren der latenten Variablen weggelassen wurden.

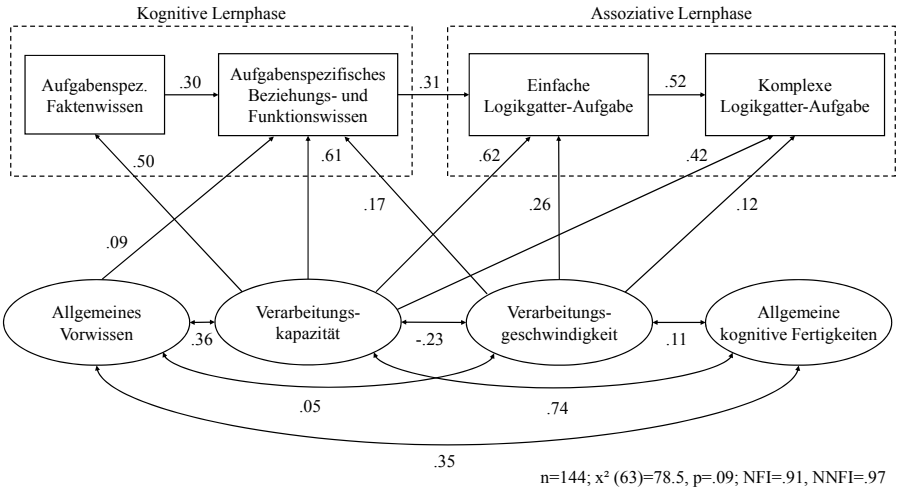


Abbildung 19: Strukturgleichungsmodell zum Erwerb elektrotechnischer kognitiver Fertigkeiten (in Anlehnung an Kyllonen & Woltz, 1989)

Dem abgebildeten Modell sind einige interessante Erkenntnisse zu entnehmen: (1) Zunächst fällt auf der Seite der Determinanten auf, dass *allgemeines* Vorwissen nur die Entwicklung des Beziehungs- und Funktionswissens beeinflusst, wobei dieser Einfluss gering ist (β=.09). (2) Die allgemeinen kognitiven Fertigkeiten bleiben durchgängig ohne Effekt und korrelieren auch hier hoch mit der Verarbeitungskapazität (r=.74). (3) Etwas höher fallen die Effekte der Verarbeitungsgeschwindigkeit aus (β=.12-.26). (4) Die Verarbeitungskapazität hat durchweg einen beachtlichen Einfluss auf den Lernerfolg (β=.42-.62). (4) Ein überraschender Befund ist sicherlich die negative Korrelation zwischen Verarbeitungskapazität und Verarbeitungsgeschwindigkeit; Kyllonen und Woltz (1989) werteten diesen Befund als nicht sinnvoll interpretierbares Zufallsergebnis.

Interessant ist ferner, welche Relevanz das Erlernte für die anschließenden Lernaufgaben hat. Zwischen aufgabenspezifischem Faktenwissen und dem Erwerb von Beziehungs- und Funktionswissen dokumentiert das Modell einen mittleren Effekt (β=.30). Dieser Befund spricht für die wichtige Bedeutung des spezifischen Vorwissens, wohingegen das allgemeine Vorwissen nur einen geringen Effekt ausübt (β=.09). Zudem unterstreicht der mittlere Effekt des spezifischen Wissens auf den Lernerfolg bei der Logikgatter-Aufgabe den Stellenwert des spezifischen Vorwissens (β=.31).

Befunde zur Relevanz spezifischer Fertigkeiten

Mayer, Dyck und Vilberg (1986) beschäftigten sich mit der Bedeutung spezifischer Fertigkeiten für den kognitiven Fertigkeitserwerb. Im Hinblick auf das Erlernen von

Programmierfertigkeiten stellten sie fest, dass eine Diagnose spezifischer kognitiver Fertigkeiten eine genauere Vorhersage des Lernerfolgs erlaubt als die Diagnose allgemeinen schlussfolgernden Denkens. Besonders erfolgreich beim Erwerb von Programmierfertigkeiten waren diejenigen, die (1) schriftlich dargebotene Problemstellungen in mathematische Formeln überführen und (2) Informationen von Textaufgaben richtig verarbeiten konnten (Korrelation zwischen (1) und dem Lernerfolg: r=.55 und zwischen (2) und dem Lernerfolg: r=.56). Im Unterschied zu diesen spezifischen kognitiven Fertigkeiten erklärte allgemeines schlussfolgerndes Denken nur ca. 9% (r=.29) der Kriterienvarianz.

8.2.7 Zusammenfassung

Angesichts der vorgetragenen Befunde ist zunächst festzuhalten, dass sich *Wissen* und *Fertigkeit* empirisch unterscheiden lassen, sofern sich die Probanden in der assoziativen oder autonomen Erwerbsphase befinden. Vor allem in der assoziativen Phase ist aber mit einer substantiellen Korrelation zwischen beiden Konstrukten zu rechnen.

Mit Blick auf die Determinanten des Fertigkeitserwerbs ergibt sich folgendes Bild: Die *Verarbeitungskapazität* stellt eine sehr wichtige Lerndeterminante dar, und zwar sowohl für den Wissens- als auch den Fertigkeitserwerb. Es wurde darauf hingewiesen, dass die Verarbeitungskapazität und fluide Intelligenz zwei (sehr) eng assoziierte Konstrukte sind. Das *spezifische Vorwissen* beeinflusst den spezifischen Wissens- und Fertigkeitserwerb ebenfalls, das *allgemeine Vorwissen* ist im Vergleich dazu eher unbedeutend. Die nicht ganz einheitliche Befundlage zur Rolle *spezifischer Fertigkeiten* wird hier so interpretiert, dass spezifische Fertigkeiten bei ausreichender inhaltlicher Nähe zum Lerngegenstand sowohl den Aufbau von Wissen, also auch von Fertigkeiten beeinflussen. Da *allgemeine kognitive Fertigkeiten* und die Verarbeitungskapazität empirisch nur schwer zu unterscheiden sind, werden allgemeine Fertigkeiten hier nicht gesondert berücksichtigt. Die *Verarbeitungsgeschwindigkeit* scheint, wenn überhaupt, einen geringen Einfluss auf den Wissens- und Fertigkeitserwerb zu haben, wobei dies auch davon abhängen dürfte, ob Speed- oder Powermaße einbezogen werden.

8.3 ZUSAMMENFASSENDES MODELL ZUR ENTWICKLUNG BERUFSFACHLICHER FERTIGKEITEN

Mit den Erkenntnissen, die im Rahmen der Drei-Phasen-Theorie und des Vier-Quellen-Ansatzes gesammelt wurden, lässt sich ein Modell zum berufsfachlichen Fertigkeitserwerb in der gewerblich-technischen Ausbildung entwickeln. Bevor dieses Modell vorgestellt wird, seien einige Punkte angesprochen.

In den Studien zur Drei-Phasen-Theorie spielt allgemeine Intelligenz eine wichtige Rolle. Als wichtigster Marker der allgemeinen Intelligenz kann wohl flu-

ide Intelligenz betrachtet werden (Schweizer, 2006). In den Studien zur Vier-Quellen-Theorie kristallisierte sich die Verarbeitungskapazität als sehr wichtige Determinante des Fertigkeitserwerbs heraus. Es wurde bereits erwähnt, dass fluide Intelligenz und die Verarbeitungskapazität (sehr) eng assoziierte Konstrukte sind. Vor diesem Hintergrund werden allgemeine Intelligenz und Verarbeitungskapazität im Modell nicht explizit, sondern anhand fluider Intelligenz repräsentiert. Der große Vorteil dieser (kleinen) Unschärfe besteht darin, dass die Ergebnisse verschiedener Forschungskontexte zusammengeführt werden können.

Innerhalb der Vier-Quellen-Theorie stellten sich das spezifische Vorwissen und die verfügbaren spezifischen Fertigkeiten als wichtige Determinanten des Fertigkeitserwerbs heraus. In Anbetracht des zugrunde gelegten Kompetenzverständnisses, wonach Wissen und Fertigkeit zentrale Dimensionen fachlicher Kompetenzen sind, werden beide Determinanten hier zusammengefasst und mit Blick auf die berufliche Ausbildung als berufsspezifische Basiskompetenzen bezeichnet. Berufsspezifisch sind diese Kompetenzen deshalb, weil sie einen direkten Bezug zu den fachlichen Anforderungen eines Berufs haben. Basiskompetenzen werden sie deshalb genannt, weil sie eine wichtige Basis der weiteren berufsfachlichen Entwicklung darstellen. Im Ausbildungsberuf Kfz-Mechatroniker/-innen könnten sich berufsspezifische Basiskompetenzen z. B. auf Wissen zum Vier-Takt-Prinzip und auf Fertigkeiten beim Umgang mit einem Multimeter beziehen, also auf Kompetenzen, die bereits zu Ausbildungsbeginn vorliegen (könnten).

Bedeutung verschiedener Determinanten für die berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung

Wie aus Abbildung 20 hervorgeht, wird zwischen kognitiven und nicht kognitiven Determinanten sowie allgemeinen Fähigkeiten, spezifischen Einflussfaktoren und berufsfachlichen Fertigkeiten unterschieden. Im Hinblick auf die Entwicklung berufsfachlicher *kognitiver* Fertigkeiten trifft das Modell nur Aussagen zur Bedeutung kognitiver Determinanten. Zu sehen ist, dass die Entwicklung kognitiver Fertigkeiten von fluider Intelligenz (++), berufsspezifischen Basiskompetenzen (+) und berufsfachlichem Wissen (+) abhängt. Das berufsfachliche Wissen bezieht sich auf den Inhaltsbereich, der zum betreffenden Tätigkeitsbereich gehört.

Im Hinblick auf *motorische* Fertigkeiten erwiesen sich die Wahrnehmungsgeschwindigkeit und psychomotorische Fähigkeiten als bedeutsame Determinanten (+). Fluide Intelligenz hat in komplexen und/oder inkonsistenten Tätigkeitsbereichen einen (länger) andauernden und beachtlichen Einfluss auf den Erwerb motorischer Fertigkeiten (++). In weniger komplexen und konsistenten Tätigkeitsbereichen sowie der kognitiven Phase sollte diese Determinante ebenfalls sehr bedeutsam sein (++). Allerdings sollte der Einfluss bei diesem Anforderungstyp mit dem

Übergang in die assoziative Phase zurückgehen (+). Die Wahrnehmungsgeschwindigkeit wird im Modell als allgemeine kognitive Fähigkeit, die psychomotorische Fähigkeit als allgemeine nicht-kognitive Fähigkeit ausgewiesen.[7]

Zuordnung der psychologischen Konstrukte zu verschiedenen Bildungsphasen

Was die Zuordnung einzelner Konstrukte zu verschiedenen Bildungsphasen anbelangt, ist anzumerken, dass berufsfachliche Fertigkeiten und berufsfachliches Wissen in der *gewerblich-technischen Ausbildung* und berufsspezifische Basiskompetenzen im Rahmen der *allgemeinen Schulbildung* erworben werden. Berufsspezifische Basiskompetenzen entstehen bspw. im Technik- oder Physikunterricht. Wie bereits beim Modell zur Wissensentwicklung (vgl. Kapitel 7.4), wird fluide Intelligenz auch hier als Konstrukt betrachtet, das sich abhängig von genetischen Dispositionen und frühkindlichen Erfahrungen entwickelt.

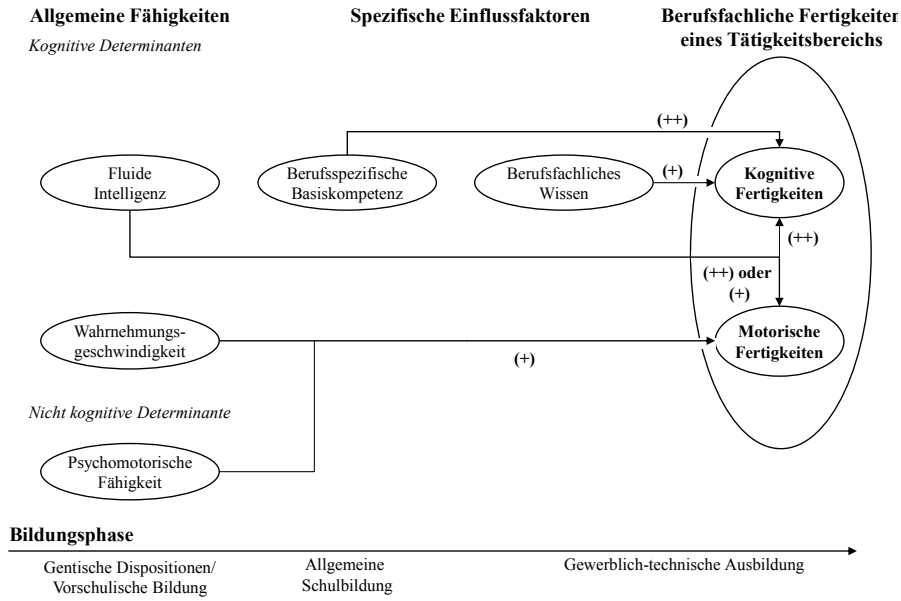


Abbildung 20: Modell zur Entwicklung berufsfachlicher Fertigkeiten in der gewerblich-technischen Ausbildung

Abschließend sei betont, dass das Modell nur Effekte enthält, die untersucht und empirisch bestätigt wurden. Damit ist auch klar, dass aus dem Modell bspw. nicht geschlossen werden kann, berufsfachliches Wissen habe *keinen* Einfluss auf die

7 Die faktoranalytische Untersuchung von Ackerman und Cianciolo (2000) spricht insgesamt dafür, psychomotorische Fähigkeiten eher als eine nicht-kognitive Determinante zu betrachten.

Entwicklung berufsfachlicher motorischer Fertigkeiten, denn dieser Effekt wurde gar nicht besprochen. Zudem sind keine Aussagen dazu enthalten, welchen inkrementellen Effekt eine Determinante hat, wenn der Effekt anderer Determinanten berücksichtigt wird. Dem Modell kann also nicht entnommen werden, ob bspw. fluide Intelligenz den kognitiven Fertigkeitserwerb über berufsfachliches Wissen hinaus beeinflusst.

9 BEFUNDE AUS BERUFSBILDENDEN FORSCHUNGSKONTEXTEN ZUR BEDEUTUNG AUSGEWÄHLTER DETERMINANTEN

In den vorigen Kapiteln wurde die Wissens- und Fertigkeitsentwicklung vor dem Hintergrund von Studien diskutiert, in denen die Kompetenzentwicklung in akademischen Domänen oder mit Experimentalstudien untersucht wurde. Dagegen werden im folgenden Kapitel Befunde aus dem berufsbildenden Forschungskontext referiert. Dabei steht die Frage im Vordergrund, ob und inwiefern die bislang gewonnenen Erkenntnisse auf die berufliche und insbesondere die gewerblich-technische Ausbildung übertragbar sind. Zu diesem Thema liegen zahlreiche Studien vor, die in Metaanalysen zusammengefasst wurden. Um die Aussagen dieser bilanzierenden Studien besser einordnen und beurteilen zu können, wird in einem Exkurs zunächst auf den Ansatz eingegangen, der diesen Metaanalysen zugrunde liegt. Nützlich ist dieser Exkurs auch insofern, als einige der im Kontext von Metaanalysen diskutierten Punkte für die empirischen Analysen dieser Arbeit relevant sind.

9.1 EXKURS: METAANALYTISCHER ANSATZ DER VALIDITÄTSGENERALISIERUNG

Die Bedeutung psychologischer Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung wird in berufs- und wirtschaftspädagogische Studien erst in jüngster Vergangenheit untersucht, im Rahmen der Arbeits- und Organisationspsychologie wird daran schon relativ lange geforscht. Eine Aufarbeitung dieser traditionsreichen Forschungslandschaft sieht sich einer Vielzahl von Befunden gegenüber und da mitunter auch widersprüchliche Erkenntnisse vorliegen, gestaltet sich eine eindeutige Interpretation der Befundlage teilweise schwierig. In diesem Kontext entstanden Metaanalysen, die eine systematische Zusammenfassung und eine fundierte Beurteilung dieser Befundlandschaft ermöglichen.

Im Weiteren wird zunächst der Problemraum skizziert, in dem Metaanalysen entstanden. Danach wird thematisiert, warum themenidentische Studienergebnisse divergieren können und wie methodische Verzerrungsquellen sowie Moderatoreffekte kontrolliert werden können. Im Anschluss daran wird der metaanalytische Ansatz der Validitätsgeneralisierung vorgestellt und kurz diskutiert.

9.1.1 Ausgangsproblematik und Lösungsansatz

Schmidt (2002) reagiert in einem Grundsatzartikel auf kritische Einwände einiger Kollegen zur Bedeutung kognitiver Grundfähigkeiten für die Personalauswahl. Anhand einer Fülle empirischer Befunde aus der berufseignungsdiagnostischen Forschung und affinen Forschungskontexten verdeutlicht er, dass die vorgetragenen Zweifel zur Aussagekraft kognitiver Grundfähigkeiten im Rahmen von Personalauswahlverfahren dem empirischen Forschungsstand nicht gerecht werden: So dokumentieren die berichteten Studien fast ausnahmslos deutliche Zusammenhänge zwischen Intelligenztestergebnissen und berufsbezogenen Leistungen. Von Althoff (1984) veröffentlichte Ergebnisse veranschaulichen hingegen, dass sich auch die Kritiker auf empirisch Erkenntnisse berufen können: Bei Althoff, aber auch bei Schmidt-Atzert und Deter (1993a) sowie Schmidt-Atzert, Deter und Jaeckel (2004) korreliert das Abschneiden in Intelligenztests teilweise kaum mit beruflichen Erfolgskriterien.

An diesem Beispiel wird ein Problem sichtbar, dem sich eine Aufarbeitung der empirischen Forschungslandschaft zu Determinanten der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung stellen muss: Einschlägige Studien referieren mitunter widersprüchliche Befunde. Weder das praktische Einsatzgebiet der Berufseignungsdiagnostik noch das wissenschaftliche Interesse an generalisierbaren Aussagen können sich jedoch mit diesen Diskrepanzen zufrieden geben. Denn: Nur wenn berufseignungsdiagnostische Verfahren situationsübergreifend prognostisch valide sind, müssen sie nicht für jede Auswahlsituation aufs Neue evaluiert werden. Außerdem liefert eine verallgemeinerbare Prognosekraft von Auswahlverfahren Anhaltspunkte für eine Theoriebildung zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung. Damit ist folgende Frage angesprochen: Wie kann eine Befundlage so zusammengefasst werden, dass die gezogenen Schlüsse auch im Falle diskrepanter Befunde möglichst wenig willkürlich sind? Nur wenn auf diese Frage eine überzeugende Antwort gefunden wird, kann eine diskrepante Befundlage zu belastbaren Aussagen führen und Theorie und Praxis bereichern. Hierbei spielen Überlegungen zu den Ursachen divergierender Studienergebnisse, d. h. zu potentiellen Einflussfaktoren und Verzerrungsquellen eine zentrale Rolle.

Welche Auswirkungen eine widersprüchliche Befundlage auf die Theoriebildung haben kann, verdeutlicht der folgende Gedankengang (vgl. dazu Schmidt & Hunter, 2004): Zu Beginn einer empirisch gestützten Theoriegenese wird üblicherweise eine umfassende Recherche nach empirischen Untersuchungen betrieben, die sich mit dem interessierenden Forschungsgegenstand auseinandersetzen. Eine Auflistung aller studienspezifischen und vergleichbaren Effektmaße offenbart nicht selten widersprüchliche Ergebnisse. So korreliert ein bestimmtes Merkmal bei manchen Studien bspw. signifikant mit einem anderen, bei anderen Studien ist hingegen zwischen denselben Merkmalen kein signifikanter Zusammenhang zu beobachten. Oft werden hinter den wahrgenommenen Widersprüchen variierende Kontextbedingungen vermutet, was die Suche nach situationsspezifischen, den Zusammenhang moderierenden Variablen motiviert. Teilweise gelingt es, Bedingungen zu

identifizieren, die eine plausible Erklärung für die divergierenden Ergebnisse ermöglichen. Im Rahmen der Theoriegenese veranlassen diese auf Basis empirischer Analysen gewonnenen Moderatorvariablen nicht selten eine Ergänzung der (einfachen) Ausgangstheorie. Dadurch entstehen komplexere Theorien, deren Reiz vor allem darin besteht, dass sie dem individuell wahrgenommenen Facettenreichtum der Realität gerechter werden als einfache Theorien. Das folgende Datenbeispiel wirft indes ein kritisches Licht auf diesen Prozess.

Mithilfe eines großen Datensatzes, bei dem de facto ein *mittlerer* Zusammenhang zwischen zwei Variablen besteht, simulieren Schmidt und Hunter (2004) den Einfluss des Stichprobenfehlers auf Korrelationsanalysen. Bei der Simulation werden aus dem Gesamtdatensatz Stichproben gezogen, die entweder aus 30, 68 oder 400 Probanden bestehen. Jede der gezogenen Stichproben repräsentiert eine eigenständige Studie und liefert einen studienspezifischen Korrelationswert für das untersuchte Variablenpaar. Für jede Stichprobengröße liegen insgesamt 19 Studien vor. Während die 19 Korrelationskoeffizienten der kleinen Stichproben (n=30) erheblich schwanken und teilweise kleiner Null sind, streuen die durchweg im positiven Bereich liegenden 19 Werte der großen Stichproben (n=400) erwartungsgemäß deutlich geringer. Sichtbar werden die Unterschiede natürlich auch an den Signifikanztests, die bei den kleinen Stichproben (n=30) siebzehnmal, bei den mittleren Stichproben fünfzehnmal (n=68) und bei den großen Stichproben (n=400) immerhin noch sechsmal *nicht* signifikant ausfallen. Reviews laufen demzufolge Gefahr, den falschen Schluss zu ziehen, dass in der Population eher kein Zusammenhang zwischen zwei Merkmalen besteht (in Wirklichkeit besteht aber, wie bereits erwähnt, ein mittlerer Zusammenhang). Ursache dafür ist die geringe Teststärke von Studien kleiner Stichprobengrößen, d. h. deren β-Fehler. Nicht signifikante Korrelationskoeffizienten werden hier also zu Unrecht so interpretiert, dass in der Population kein Zusammenhang zwischen den Merkmalen besteht. Dieses konservative Vorgehen mag in bestimmten Kontexten angebracht sein, es wird aber bspw. dann zum Problem, wenn unterschiedliche Ergebnisse zu ungerechtfertigt komplexen Theorien führen. Komplexe Theorien müssen folglich nicht zwangsläufig das Resultat komplexer Sachverhalte sein. Gelegentlich erklärt allein die Kontrolle von Methodenartefakten wie z. B. dem Stichprobenfehler widersprüchliche Studienergebnisse, weshalb vor einer voreiligen Verästelung von Theorien zu warnen ist. Auch weil die Artefaktkontrolle im Einklang mit wissenschaftstheoretischen Sparsamkeitsprinzipien steht (Rost, 1996), sollte ihr besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Für Popper (2005b) besteht der Vorzug einfacher Theorien nicht zuletzt darin, dass sie besser überprüfbar, d. h. leichter falsifizierbar sind.

Um die praktische Relevanz der Ergebnisse dieser Simulationsstudie zu verdeutlichen, sei folgendes Beispiel gegeben: Die von Schmidt und Hunter (1998) veröffentlichte Aufarbeitung der personalpsychologischen Forschung erwähnt einen theoretischen Ansatz, dem über einige Jahrzehnte hinweg viele US-amerikanische Wissenschaftler folgten: Widersprüchliche Befunde zur prognostischen Validität von Auswahlverfahren innerhalb von Berufsfamilien und innerhalb desselben Berufs wurden durch höchst variable und nur schwer explizierbare spezifische An-

forderungssituationen erklärt. Eine solche Interpretation zeigt Generalisierungsversuchen deutliche Grenzen auf. Denn sie besagt, dass die Effektivität von Auswahlverfahren nur im Kontext ganz bestimmter beruflicher Realitäten zu beurteilen ist. Für die an Effektivität interessierte Auswahlpraxis ergibt sich daraus die ressourcenraubende Notwendigkeit, unternehmensspezifische Validierungsstudien durchführen zu müssen. Ebenso spezifisch würden theoretische Modelle zur Erklärung der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ausfallen. Diesen drastischen Konsequenzen stellen Schmidt und Hunter (1977) einen Ansatz entgegen, der zunächst auslotet, inwieweit forschungsmethodische Unterschiede für die Variabilität der Forschungsergebnisse verantwortlich sind. Erklären Methodenartefakte die beobachteten Streuungen der Ergebnisse hinreichend gut, ist die Hypothese der situationalen Abhängigkeit zu verwerfen. Wie weiter unten deutlich wird, hat dieses Verfahren in der Tat vielfach zur Verwerfung der situationalen Abhängigkeitshypothese geführt.

Teilweise wird dem skizzierten Problem auch dadurch begegnet, nur Studien mit ausreichend großen Stichproben eine beachtenswerte Qualität zu attestieren: Probandenreiche Untersuchungen reduzieren Schätzfehler und gehen mit deutlich höheren Teststärken einher. Damit wird in bestimmten Forschungszweigen eine empirisch fundierte Theoriebildung und -prüfung allerdings deutlich erschwert: In der berufs- und wirtschaftspädagogischen sowie der berufseignungsdiagnostischen Forschung bspw. lassen praktische Gegebenheiten oftmals keine umfangreiche Stichprobenziehung zu. In diesem Fall stellen Metaanalysen einen Ausweg dar.

Das Ziel von Metaanalysen besteht darin, möglichst alle in einem Themengebiet durchgeführten, vergleichbaren Studien (Primärstudien) zusammenzuführen, um allgemeingültige Aussagen zu generieren. Entsprechend stehen am Anfang einer klassischen Metaanalyse umfangreiche Studienrecherchen. Bei der Zusammenfassung der Primärstudien werden verschiedene Artefaktkorrekturen vorgenommen, anschließend wird beurteilt, ob die gesammelten Ergebnisse auch nach der Korrektur noch voneinander abweichen. Falls immer noch eine nennenswerte Varianz besteht, werden Moderatoranalysen durchgeführt.

9.1.2 Methodenartefakte als Erklärung divergierender prognostischer Validitäten

Die Kontrolle von Methodenartefakten basiert auf folgendem Grundgedanken: Anhand einer Zusammenschau vergleichbarer Ergebnisse, z. B. zur prognostischen Validität bestimmter Determinanten, lässt sich aus den studienspezifischen Korrelationskoeffizienten ein alle Studien repräsentierender Korrelationsmittelwert berechnen.[1] Damit steht der Mittelwert einer Korrelationsverteilung fest, deren Streu-

1 Diskutiert wird in diesem Zusammenhang, ob die Berechnung des Mittelwerts mithilfe Fisher Z-transformierter Einzelkorrelationen oder untransformierter Einzelkorrelationen vorgenommen werden soll. Hunter und Schmidt (2004) weisen auf die Vorzüge einer Mittelwertbildung anhand untransformierter Korrelationen hin.

ung sich aus der Varianz (nachfolgend als beobachtete Varianz oder mit σ_{Beo} bezeichnet) aller dem Mittelwert zugrunde liegenden Einzelkorrelationen ergibt (Hunter & Schmidt, 2004). Als Erklärung für die variierenden Korrelationen kommen prinzipiell situative Unterschiede und forschungsmethodische Varianzquellen in Frage. Weitgehende Erklärungen der beobachteten Varianz durch Methodenartefakte macht eine Suche nach situativen Gründen überflüssig.

Stichprobenfehler

Charakteristisch für viele eignungsdiagnostische Studien ist ein vergleichsweise kleiner Stichprobenumfang. Schmidt und Hunter (1977) beziehen sich in ihren Überlegungen auf eine Analyse, die von durchschnittlich 68 Probanden pro Untersuchung ausgeht. Selbstredend führt eine solche Stichprobengröße in der Regel zu statistischen Kennwerten, die deutlich von denen der Grundgesamtheit, d. h. der *wahren* Korrelation bzw. Korrelationsverteilung abweichen. Folglich resultiert ein Teil der variierenden Ergebnisse empirischer Untersuchungen aus *Stichprobenfehlern* (σ_{Stich}). Die durch Stichprobenfehler entstehende Ergebnisvarianz kann quantifiziert (Hunter & Schmidt, 2004), der beobachteten Varianz gegenüber gestellt und von dieser subtrahiert werden. Oft weicht die dabei ermittelte Varianz ($\sigma_{Korr1}=\sigma_{Beo}-\sigma_{Stich}$) noch von Null ab, weshalb der Einfluss weiterer Varianzquellen zu klären ist.

Reliabilitätsinduzierte Fehler

Dem Konzept der klassischen Testtheorie folgend, beinhaltet jede Form der Diagnostik auch Messfehler. So spiegeln sich in einem Leistungsergebnis neben der *wahren* Leistungsfähigkeit eines Probanden stets auch Messfehler. Eine Bestimmung der *wahren* Leistungsfähigkeit ist nur über eine Quantifizierung des Messfehlers möglich. Messfehler „verstellen" jedoch nicht nur die Sicht auf die *wahre* Leistungsfähigkeit, sondern auch auf *wahre* Zusammenhänge von Variablen. Aufgrund von Messfehlern fallen die *beobachteten* Korrelationen geringer aus als die *wahren*. Eine nähere Bestimmung der *wahren* Korrelationen erfordert eine Bereinigung der untersuchten Variablen von Messfehlern. Dazu werden üblicherweise die Reliabilitäten der Leistungsmessungen herangezogen. Ein Blick in die Studie von Salgado et al. (2003b) offenbart, wie stark Reliabilitäten bedeutungsidentischer Maße variieren können: Bezüglich des Ausbildungserfolgs werden dort Reliabilitätswerte zwischen *Rel*=.31 und *Rel*=.73 berichtet. Damit ist ein weiterer Faktor benannt, der für differierende Befunde verantwortlich sein kann, nämlich *variierende Reliabilitäten*. Ebenso wie die durch die Stichprobengröße induzierte Fehlervarianz kann auch die reliabilitätsinduzierte Fehlervarianz rechnerisch ermittelt werden (Hunter & Schmidt, 2004). Dadurch kann die vom Stichprobenfehler befreite Restvarianz (σ_{Korr1}) auch um den Reliabilitätsfehler korrigiert werden ($\sigma_{Korr2}=\sigma_{Beo}-\sigma_{Stich}-\sigma_{Rel}$).

Eine Analyse des Einflusses unterschiedlicher Reliabilitäten auf die Höhe der Korrelationen zwischen Prädiktor und berufsfachlichem Kompetenzniveau hat prinzipiell sowohl die Zuverlässigkeit des Prädiktor- als auch des Kriteriumsmaßes zu berücksichtigen. Fachterminologisch werden diese Korrekturen als Attenuations- oder Minderungskorrekturen bezeichnet und abhängig davon, ob eine einseitige oder beidseitige Korrektur erfolgt, wird von einer einfachen oder doppelten Attenuations- bzw. Minderungskorrektur gesprochen. Ob bei einer Analyse sowohl eine Messfehlerkorrektur im Prädiktor als auch im Kriterium vorgenommen wird oder nur bei einer der genannten Größen, hängt von der leitenden Fragestellung ab.

Schmidt und Hunter (1977) weisen darauf hin, dass keine Messfehlerkorrektur am Prädiktormaß vorzunehmen ist, falls es um die Frage nach der Generalisierbarkeit der Validität einer bestimmten Testklasse (z. B. Intelligenztests) geht. Denn die Reliabilität eines Tests ist dessen operationale Eigenschaft und hat praktische Konsequenzen. Geht es bspw. um die Validität einer Testklasse im Rahmen der Personalauswahl, macht die Testreliabilität einen Teil der Auswahlqualität aus. Eine Reliabilitätskorrektur würde in diesem Falle zwar einen Schritt in Richtung der *wahren* Validität bedeuten, gleichzeitig aber eine höhere Auswahlqualität suggerieren: Tatsächlich erfolgt die Personalauswahl in der Praxis auf Basis der messfehlerbehafteten und nicht der messfehlerbereinigten Auswahlergebnisse. Steht hingegen die Frage nach dem vollständig messfehlerbereinigten Zusammenhang von Konstrukten im Mittelpunkt, ist auch eine Messfehlerkorrektur des Prädiktors vorzunehmen.

Während die Korrektur des Prädiktors von der verfolgten Fragestellung abhängt, ist beim Kriterium auf jeden Fall eine Minderungskorrektur durchzuführen: Aus geringen prognostischen Validitäten von Eignungstests infolge unreliabler Validierungskriterien können keinesfalls Schlüsse über die Qualität der eingesetzten Tests gezogen werden. Im Einzelfall beinhalten solche Schlüsse mehr Informationen zur Kriteriumsreliabilität als zur Prognosequalität des Prädiktors. Vor allem wenn das fachspezifische Kompetenzniveau anhand von Ratings und unstandardisierter Testsituationen bestimmt wird, ist mit geringeren Reliabilitäten zu rechnen. So beträgt der von Salgado und Anderson (2003) verwendete, sich auf Ausbilderurteile beziehende Reliabilitätskoeffizient Rel=.56, wohingegen sich der von Hülsheger, Maier und Stumpp (2007) verwendete Koeffizient für standardisierte Testsituationen auf Rel=.80 beläuft.

Varianzeinschränkung

Stichproben eignungsdiagnostischer Untersuchungen bestehen meist nicht aus dem gesamten, sondern lediglich einem Ausschnitt des Bewerberfelds. Die ausgewählten Personen repräsentieren die leistungsstärkeren Bewerber und weisen im Vergleich zum gesamten Bewerberfeld eine geringere Streuung in den Merkmalen auf, die der Auswahl zugrunde liegen. Wie Althoff (1984) zeigt, kann dies gravierende Konsequenzen für die Validität von Eignungstests haben. Zwischen einer Skala des

Wilde Intelligenztests (*WIT*) und einer ausbildungsbezogenen Prüfungsleistung berichtet er Korrelationswerte, die abhängig davon stark variieren, ob die gesamte Stichprobe, ein leistungsstärkerer oder ein leistungsschwächerer Stichprobenausschnitt untersucht wird. Während die Betrachtung der Gesamtstichprobe zu einem Koeffizienten von r=.41 führt, beträgt der Koeffizient bei den Leistungsstarken r=.25, bei den Leistungsschwachen dagegen r=.51. Auch diese, durch *Varianzeinschränkung* verursachte Fehlervarianz kann berechnet und der beobachteten Varianz gegenüber gestellt werden (Schmidt & Hunter, 2004). Nach dieser und den oben angesprochenen Korrekturen bezüglich Stichprobenfehler und Reliabilität ergibt sich aus der beobachteten Varianz dann folgende Restvarianz: $\sigma_{Korr3}=\sigma_{Beo}-\sigma_{Stich}-\sigma_{Rel}-\sigma_{Var}$. Schmidt und Hunter (2004) thematisieren weitere forschungsmethodische Verzerrungsquellen.

Anhand der artefaktbereinigten Restvarianz kann entschieden werden, ob es sich lohnt, nach situationspezifischen Erklärungen für divergierende Validitätskoeffizienten zu suchen. Häufig berufen sich Metaanalysen auf die 75%-Regel, der zufolge eine Suche nach situationsspezifischen Unterschieden nur dann erstrebenswert ist, wenn Artefakte weniger als 75% der beobachteten Varianz erklären (siehe unten und z. B. Hülsheger, Maier, Stumpp & Muck, 2006; Kramer, 2009a). Die Studie von Levine, Spector, Menon, Narayanan und Cannon-Bowers (1996) ist ein Beispiel für eine zufriedenstellende Erklärung variierender Studienergebnisse allein auf Basis von Methodenartefakten.

Liefern Artefakte indes keine ausreichende Erklärung für die beobachtete Streuung der Primärstudienergebnisse, kann eine wohl begründete Suche nach situativen Erklärungsquellen betrieben werden. Die Erschließung dieser Quellen erfolgt gängigerweise über Kategorisierungen der Primärstudien. Der Wert dieser Kategorisierung wird daran gemessen, ob die innerhalb der gebildeten Kategorien auftretenden Validitätskoeffizienten geringer streuen als die nicht kategorisierten Koeffizienten. Dieser Vorgang erfordert die theoretische Festlegung von Kategorien, die den Einfluss einer Determinante auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung potentiell moderieren.

9.1.3 Moderatoren als Erklärung divergierender prognostischer Validitäten

Bei der Suche nach Moderatorvariablen liegt der Fokus auf situativen Besonderheiten der betrachteten Studien. Lassen sich die in vergleichbaren Untersuchungen auftretenden divergierenden Validitätsbefunde vollständig auf Methodenartefakte zurückführen, haben Moderatoranalysen, wie bereits erwähnt, keinen Sinn. Dass nicht generell von kontextunabhängigen prognostischen Validitätswerten auszugehen ist, belegen Hülsheger et al. (2007). Dort erklären statistische Artefakte nur ein Drittel der beobachteten Varianz. In solchen Fällen wird untersuchet, ob Kontextfaktoren identifiziert werden können, die zu einer Minimierung der artefaktbereinigten Restvarianz oder anders ausgedrückt: einer Homogenisierung der Primärstudienergeb-

nisse führen. Viele der bislang im Rahmen von Metaanalysen untersuchten Moderatorvariablen lassen sich grob den Kategorien „Rahmenbedingungen", „psychometrische Aspekte" und „Besonderheiten des Ausbildungsgangs" zuordnen.

Mit Rahmenbedingungen beschäftigen sich Hülsheger et al. (2007), wenn sie prüfen, ob das *Alter der Studie* als Moderator fungiert. Mit der Frage, welchen Einfluss das *Herkunftsland der Daten* hat, wenden sich Salgado und Anderson (2003) ebenfalls Rahmenbedingungen zu.

Interessanter für die vorliegende Arbeit ist, inwiefern psychometrische Aspekte die prognostische Validität beeinflussen. Levine et al. (1996) diskutieren die Aussagekraft von Testverfahren vor dem Hintergrund der Qualität des *Validierungskriteriums*. Dabei differenzieren sie zwischen Validierungskriterien, die auf Angaben zur Arbeitsproduktivität, Ausbilderurteilen, Papier-Bleistift-Tests, Arbeitsproben, der benötigten Ausbildungszeit oder aggregierte Ausbildungsleistungen basieren. Weniger differenziert gehen Hülsheger et al. (2006) vor, indem sie die Operationalisierung des Validierungskriteriums ausschließlich anhand der Abschlussnoten der Kammerprüfungen und Ausbilderurteile vornehmen.

Eignungsdiagnostische Verfahren einer *Prädiktor*klasse beziehen sich zwar alle auf dasselbe psychologische Konstrukt (z. B. Intelligenz), können aber dennoch weiter ausdifferenziert werden. So gruppieren bspw. Hülsheger et al. (2006) Intelligenztests nach theoretischen Gesichtspunkten und analysieren die Vorhersagekraft der Intelligenz auf Grundlage der gebildeten Unterklassen.

Ebenfalls in den Bereich der Psychometrie fällt, wie die Aussagekraft eines Prädiktors bestimmt wird. Bisher wurde häufig der Begriff *prognostische Validität* verwendet und damit vorausgesetzt, dass die Erhebung der eignungsdiagnostischen Information (deutlich) vor der Erhebung der Kriteriumsinformation stattfand. Gelegentlich wird die Validität auch mithilfe einer zeitgleichen Datenerhebung überprüft (z. B. Steinmayr & Amelang, 2006). Bei solch einer *konkurrenten Validierung* sind in der Regel höhere Validitätswerte zu erwarten, da der Zusammenhang zweier empirischer Größen üblicherweise umso größer ausfällt, je geringer der zeitliche Abstand zwischen den Erhebungen ist (z. B. Althoff, 1984).

Was Besonderheiten des Ausbildungsgangs anbelangt, wäre bspw. zu fragen, ob die Qualität eignungsdiagnostischer Resultate vom untersuchten *Ausbildungsberuf* abhängt. Obwohl sich Salgado, Anderson, Moscoso, Bertua, de Fruyt und Rolland (2003) und Levine et al. (1996) dieser Thematik annehmen, wird der Einfluss des Ausbildungsberufs meist allgemeiner diskutiert. Unter dem Einfluss der von Hunter zu Beginn der 1980er veröffentlichten und bei Hunter und Hunter (1984) bilanzierend dargestellten Analysen spielen Informationen zum Ausbildungsberuf in vielen Metaanalysen nur insofern eine Rolle, als sie Auskunft über die *Komplexität* der mit dem Beruf verbundenen Tätigkeiten geben. Meist wird untersucht, inwieweit die Validitätskoeffizienten verschiedener Komplexitätskategorien variieren (Salgado et al., 2003b; Hülsheger et al., 2007; Schmidt & Hunter, 2004; Kramer, 2009a). Denkbar wäre auch eine Berücksichtigung von Ausbildungsspezifika wie vollschulische oder Duale Ausbildung sowie Ausbildung in Handwerks- oder Industriebetrieben.

9.1.4 Validitätsgeneralisierung

Im Hinblick auf die Vorhersagekraft bestimmter Prädiktoren repräsentiert deren *operationale Validität* (ρ) einen wichtigen Kennwert. Die operationale Validität stellt den Mittelwert aller den Primärstudien entnommenen Korrelationskoeffizienten dar. Zur Berechnung dieses Werts wird die Reliabilität des Kriteriums und die Varianzeinschränkung des Prädiktors berücksichtigt (Kramer, 2009b). Da der Messfehler des Prädiktors eine operationale Eigenschaft des Test ist, findet diesbezüglich keine Korrektur statt (daher auch die Bezeichnung *operationale* Validität). Wie bereits erwähnt (vgl. Kapitel 9.1.2), könnte eine solche Korrektur aber bei theoretischen Fragestellungen durchaus angebracht sein. Zusätzlich zur operationalen Validität werden meist verschiedene Standardabweichungen ermittelt. Aus den Koeffizienten der Primärstudien wird u. a. ein Streuungswert ermittelt, der oben beobachtete Varianz genannt wurde. Von dieser beobachteten Varianz wird – wie oben bereits beschrieben – die artefaktbedingte Varianz abgezogen, woraus das zur operationalen Validität gehörende Streuungsmaß resultiert. Auf Basis dieser Ergebnisse können Aussagen darüber getroffen werden, ob die prognostische Validität des untersuchten Tests generalisierbar ist. Die Beantwortung der Frage der Validitätsgeneralisierung eines Prädiktors erfolgt in zwei Schritten (Kramer, 2009b): (1) Auf Basis des Kredibilitätswerts wird entschieden, ob die *Richtung* des ermittelten Effekts generalisierbar ist oder anders formuliert: ob die untersuchte Determinante situations*un*abhängig prognostisch valide ist. (2) Anhand der 75%-Regel wird die *Generalisierbarkeit der Effekthöhe* überprüft.

Generalisierbarkeit der Effektrichtung

Der untere 90%-Kredibilitätswert (*credibility value*) gibt Auskunft darüber, ob die *Richtung des mittleren Effekts* verallgemeinerbar ist. Für ein besseres Verständnis des Kredibilitätwerts ist es hilfreich, sich zu vergegenwärtigen, dass die operationale Validität (ρ) den korrigierten mittleren Effekt aller Primärstudien und die Standardabweichung der operationalen Validität die korrigierte Varianz (oben σ_{Korr3} genannt) darstellt. Diese beiden Größen können als Schätzer der *wahren* Verteilung aller zur Studienpopulation gehörenden Korrelationen angesehen werden. Diese Verteilung aller Koeffizienten ergibt sich theoretisch aus der Streuung und dem Mittelwert einer unendlich großen Anzahl vergleichbarer Primärstudien mit unendlich großen Stichproben. Je nach Anzahl der in die Metaanalyse einfließenden Studien und deren Stichprobenumfang, weichen die operationale Validität und deren Streuung mehr oder weniger stark von den Kennwerten dieser theoretischen (*wahren*) Verteilung ab. Im Grunde gehen Metaanalysen aber davon aus, dass sie dieser Verteilung sehr nahe kommen. Der untere 90%-Kredibilitätswert wird auf Basis der operationalen Validität und deren Varianz berechnet und stellt den Wert der Verteilung dar, der kleiner als der Mittelwert ist und mit einer Wahrscheinlichkeit von 90% noch zur *wahren* Verteilung gehört. Ist dieser Wert größer Null, kann der positive Effekt generalisiert werden. Die prinzipielle Validität des untersuchten Tests

hängt folglich nicht vom Untersuchungskontext ab, d. h. die Hypothese der situativen Abhängigkeit ist zu verwerfen. Erst die Annahme, dass die ermittelte Verteilung (operationale Validität und zugehörige Varianz) und die theoretische Verteilung aller Validitätskoeffizienten identisch sind, ermöglicht diesen Generalisierungsschluss. Denn nur wenn die *wahre* Verteilung der Koeffizienten bekannt ist, kann abgeschätzt werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit weitere Validitätsstudien ein situationsunabhängiges Ergebnis erbringen.

Generalisierbarkeit der Effekthöhe

Ob zusätzlich zur Richtung des Effekts auch die *Höhe des Effekts* generalisierbar ist, wird üblicherweise mit dem Quotienten aus artefaktbedingter und beobachteter Varianz beurteilt. Erklären Methodenartefakte mehr als 75% der beobachteten Varianz (zur 75%-Regel siehe Hunter & Schmidt, 2004 und Kramer, 2009a), wird gemeinhin von einer Generalisierbarkeit der Validitätshöhe ausgegangen. Inhaltlich gesprochen bedeutet dies, dass variierende Kontexte und weitere Methodenartefakte noch für 25% der zwischen den Studien auftretenden Ergebnisunterschiede verantwortlich sind. Hunter und Schmidt (2004) gehen generell davon aus, dass ca. 25% der Restvarianz durch nicht kontrollierte Methodenartefakte verursacht werden. In die Entscheidung, ob eine generalisierbare Effekthöhe vorliegt oder nicht, fließt neben den Stichprobenfehlern, dem Messfehler des Kriteriums und der Varianzeinschränkung auch der *Messfehler des Prädiktors* ein (Hülsheger et al., 2006). Anders als bei der Ermittlung der operationalen Validität wird hier also auch die Varianz berücksichtigt, welche die variierende Prädiktorreliabilität mit sich bringt. Greift die 75%-Regel, unterliegt die Höhe der operationalen Validität also nur geringen (vernachlässigbaren) situationalen Schwankungen und die Effekthöhe ist generalisierbar. Anderenfalls sind Moderatoranalysen angezeigt.

9.1.5 Diskussion

Die metaanalytische Methode und der Ansatz der Validitätsgeneralisierung wurden in der Vergangenheit ausführlich diskutiert. Besonders sei in diesem Zusammenhang auf die gemeinsame und dialogisch angelegte Publikation zweier widerstreitender Forscherkreise hingewiesen, die sich mit zahlreichen kritischen Anfragen an Metaanalysen auseinandersetzt (Sackett, Tenopyr, Schmitt, Kehoe & Zedeck, 1985; Schmidt, Pearlman, Hunter & Hirsh, 1985). Eine umfangreiche Aufarbeitung des aktuellen einschlägigen Diskussionsstands würde hier zu weit führen. Dementsprechend erfolgt eine Konzentration auf drei zentrale Einwände gegen Metaanalysen: (1) das Garbage-in-Garbage-out-Argument, (2) das Äpfel-und-Birnen-Argument und (3) das induktionslogisches Prinzip von Metaanalysen.

(1) Wie die Bezeichnung nahe legt, bezieht sich das Garbage-in-Garbage-out-Argument darauf, dass die Inklusion qualitativ fragwürdiger Studien auch die Aussagequalität einer Metaanalyse beeinträchtigen kann. Ein wichtiger Bestandteil von

Metaanalysen ist demzufolge, hochwertige Inklusionskriterien zu definieren und diese auch zu veröffentlichen. Bortz und Döring (2009) empfehlen in diesem Kontext, nur Studien zu inkludieren, die methodischen Mindeststandards wie bspw. einer hohen internen Validität gerecht werden. Weiterhin heben sie den Wert von Primärstudien hervor, die möglichst alle relevanten Studienmerkmale angeben.

(2) Mit dem Äpfel-und-Birnen-Argument ist die Vergleichbarkeit von Primärstudien angesprochen. Primärstudien können sich im Hinblick auf die untersuchten unabhängigen und abhängigen Variablen unterscheiden. Qualitativ hochwertige Metaanalysen sollten absichern, dass die interessierenden Merkmale in den Primärstudien auf vergleichbare Weise operationalisiert wurden (Bortz & Döring, 2009).

Die hier besonders relevanten und später referierten Metaanalysen (Hülsheger et al., 2006; Hülsheger et al., 2007; Kramer, 2009a) entschärfen die angesprochenen Qualitätsrisiken durch eine klare Definition von Inklusionskriterien und unabhängigen Ratings der Primärstudien nach bestimmten Studienmerkmalen. Anhand von Moderatoranalysen wird in diesen Studien ebenfalls systematisch geprüft, inwiefern divergierende Studienmerkmale das Ergebnis beeinflussen.

(3) Dem Ansatz der Validitätsgeneralisierung unterliegt folgende Logik: Die auf Basis verschiedener Primärstudiendaten ermittelte operationale Validität und zugehörige Streuung stellen eine sehr gute Annäherung an die *wahre* Validitätsverteilung dar. Aus diesem Grund erlauben die ermittelten Werte auch eine Generalisierung auf die Population. Aus Einzelinformationen (besondere Sätze) wird eine generelle Aussage (allgemeiner Satz) abgeleitet, es wird folglich nach einer Induktionslogik verfahren. Schmidt et al. (1985) weisen darauf hin, dass die Induktionslogik ein Wesensmerkmal empirischer Forschung ist und sich die „induktionslogische" Kritik an Metaanalysen gegen empirische Forschung im Allgemeinen richtet. Demgegenüber betont Popper (2005b), dass die Induktionslogik in empirischen Wissenschaften aus logischen Gründen nicht haltbar ist. Da sich allgemeine Sätze nicht logisch aus Einzelbeobachtungen ableiten lassen, bedarf das Induktionsprinzip selbst einer Begründung. So werden bspw. Fragen aufgeworfen wie: Unter welchen Bedingungen gilt das Induktionsprinzip? Oder: Wann bzw. mit welcher Wahrscheinlichkeit trifft ein induktionslogisch gewonnener allgemeiner Satz zu? Die Begründungsbedürftigkeit des Induktionsprinzips führe, so Popper, zu einem unendlichen Regress. Eine praxisrelevante Gefahr der Induktionslogik besteht darin, dass sie eine letztgültige Annäherung an die Wahrheit suggeriert: Falls ein Phänomen sehr häufig beobachtet wird, wird es irgendwann für *die* Wahrheit gehalten. Dieser Schluss ist aber, worauf bereits hingewiesen wurde, aus erkenntnislogischen Gründen nicht haltbar. Wird der Auffassung Poppers gefolgt, können wissenschaftliche Aussagen allenfalls deduktiv gewonnen werden und den Status empirisch bewährter Hypothesen haben. Mit dem metaanalytischen Ansatz ist diese wissenschaftstheoretische Grundposition dann vereinbar, wenn Metaanalysen als eine Möglichkeit der Hypothesenprüfung aufgefasst werden. Da auch im kritischen Rationalismus mit zufällig auftretenden Effekten, z. B. durch Messfehler verursacht, gerechnet wird (Popper, 2005b), kommt Metaanalysen, da Methodenartefakte und

Moderatoreinflüsse dort systematisch kontrolliert werden, eine besondere Bedeutung zu. Gleichzeitig dienen aber auch die Ergebnisse von Metaanalysen und der Validitätsgeneralisierung letztlich nur der Hypothesenprüfung.

Trotz der bestehenden Kritik kann im Einklang mit Schuler (2000) resümiert werden, dass Metaanalysen eine wichtige und gewinnbringende wissenschaftliche Methode verkörpern. Bortz und Döring (2009) führen an, dass Metaanalysen im Gegensatz zu Reviews den Vorzug einer systematischeren Kontrolle verschiedener Qualitätsaspekte aufweisen. Natürlich empfiehlt sich, wie bei allen anderen wissenschaftlichen Methoden auch, ein kritischer Umgang mit den gewonnenen Einsichten. Prinzipiell besteht jedoch kein Anlass, an der Aussagekraft von Metaanalysen zu zweifeln und es ist mit einem nennenswerten Mehrwert zu rechnen, wenn in die folgenden Ausführungen v. a. metaanalytische Erkenntnisse einfließen.

9.2 INTELLIGENZ ALS DETERMINANTE DER BERUFSFACHLICHEN KOMPETENZENTWICKLUNG

Nach diesem Exkurs zu Metaanalysen, wird im Weiteren die Bedeutung verschiedener psychologischer Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung besprochen. Sofern möglich, wird dabei zwischen der berufsfachlichen Wissens- und Fertigkeitsentwicklung unterschieden. Es wird etwas vereinfachend unterstellt, dass authentische Arbeitsproben, wie sie z. B. bei der praktischen Abschlussprüfung eingesetzt werden, eher berufsfachliche Fertigkeiten und schriftliche Tests, wie sie bei der theoretischen Abschlussprüfung verwendet werden, eher berufsfachliches Wissen erfassen.

9.2.1 Bedeutung allgemeiner Intelligenz

In Studien, die sich mit der Bedeutung der Intelligenz für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung auseinandersetzen, wird Intelligenz oft mit unterschiedlichen Tests diagnostiziert. Obwohl diesen Intelligenztests teilweise verschiedene Intelligenztheorien zugrunde liegen, lassen sich übergreifend auch Gemeinsamkeiten erkennen: Der Summenscore vieler Intelligenztests lässt sich als Maß der allgemeinen Intelligenz interpretieren (z. B. Schmidt, 2002). Da den folgenden Ergebnissen in der Regel der Summenscore der Intelligenztestung zugrunde liegt, wird generell der Begriff „allgemeine Intelligenz“ verwendet. Aufgrund dieses eher undifferenzierten Umgangs mit Intelligenztests und -theorien wird abschließend untersucht, ob und inwiefern die Bedeutung der Intelligenz vom verwendeten Intelligenztest abhängt.

Befunde US-amerikanischer Metaanalysen

In den USA wird die Validität der Intelligenz zur Vorhersage der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung schon lange untersucht. Die Weiterentwicklung metaanalytischer Techniken sorgte Anfang der 1980er für eine gründliche Aufarbeitung teilweise weit zurückliegender Forschungsarbeiten. Einen eindrücklichen Beleg für diese bilanzierenden Forschungsaktivitäten liefern Hunter und Hunter (1984) mit ihrer Zusammenstellung zahlreicher metaanalytischer Ergebnisse. Allgemeine Intelligenz kristallisierte sich dabei als sehr guter Prädiktor der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung heraus. Die Belastbarkeit dieser Erkenntnis unterstreicht die bei Schmidt und Hunter (2004) dargestellte Auflistung fünf neuerer themenidentischer Metaanalysen, die operationale Validitäten zwischen ρ=.50-.76 enthalten. Mit 80.000 Probanden aus 82 verschiedenen Berufen kann der bei Ree und Earles (1991) dargestellte berufsübergreifende Koeffizient von ρ=.60[2] als besonders aussagekräftig gelten. Weitere von Schmidt (2002) referierte Effektmaße aus Metaanalysen liegen in einer ähnlichen Größenordnung, beziehen sich ebenfalls auf verschiedene Berufe und weisen Kredibilitätswerte aus, die für eine situationsübergreifende Validität sprechen. Angesichts dieser eindeutigen Befundlage scheint die allgemeine Intelligenz in den Vereinigten Staaten berufsübergreifend als sehr wichtige Determinante der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung gelten zu dürfen. Aufgrund beachtlicher kultureller und bildungspolitischer Differenzen kann diese Erkenntnis aber nicht ohne weiteres auf Europa übertragen werden.

Befunde europäischer Metaanalysen

Diese kulturellen Differenzen ernst nehmend, wandte sich eine europäische Forschergruppe der Frage zu, ob allgemeine Intelligenz in Europa ähnlich bedeutsam für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung ist wie in den USA. Salgado et al. (2003b) führten eine neun europäische Länder einbeziehende Metaanalyse durch und kamen dabei zu einer länder- und berufsübergreifenden operationalen Validität von ρ=.54. Interessant an dieser Untersuchung ist ferner, dass zwar der untere kritische Kredibilitätswert von *CV*=.29 für eine Generalisierbarkeit der Effekt*richtung* spricht, die Artefaktkorrekturen aber nur knapp 50% der beobachteten Varianz erklären. Dieser Anteil an aufgeklärter Varianz liegt unterhalb dem von der 75%-Regel geforderten Wert, weshalb die *Höhe* des berichteten Validitätswerts nicht

2 Ree und Earles (1991) thematisieren nicht, ob für die Berechnung des Validitätskoeffizienten Artefaktkorrekturen vorgenommen wurden. Schmidt und Hunter (2004) setzen in ihrer Zusammenschau metaanalytischer Resultate, in der auch der angesprochene Koeffizient aufgeführt ist, Artefaktkorrekturen voraus. Die vorliegenden Veröffentlichungen liefern keine Hinweise darüber, ob diese Voraussetzung unzutreffend ist oder auf persönlichen Korrespondenzen bzw. anderen Veröffentlichungen beruht. Aufgrund der beachtlichen Höhe des Validitätswerts wird auch hier davon ausgegangen, dass es sich bei dem Koeffizienten um die artefaktkorrigierte, also die operationale Validität handelt.

verallgemeinerbar ist. Moderatoranalysen könnten demzufolge weitere Erhellung bringen, werden von den Autoren allerdings nur perspektivisch erwähnt.

Salgado und Anderson (2003) widmen sich dieser Aufgabe, indem sie der Aussagekraft allgemeiner Intelligenz nationenspezifisch nachgehen. Auffällig sind zunächst auch hier die länderübergreifend hohen Validitäten von ρ=.58-.65 (Großbritannien, Spanien, Deutschland und Belgien/Niederlande), deren Effekt*richtungen* ebenfalls generalisierbar sind. Die Zusammenfassung französischer Studien mündet in einen deutlich geringeren Koeffizienten von ρ=.38, was von den Autoren allerdings weitgehend an der Korrektur der Varianzeinschränkung festgemacht wird, die im Falle Frankreichs aufgrund mangelnder Informationen unterbleiben musste. Die Analysen zeigen allerdings, dass auch dieser geringere Koeffizient eine generalisierbare Effekt*richtung* anzeigt. Abgesehen von Großbritannien führte die Analyse der Moderatorvariablen „Herkunftsland der Daten" gleichwohl nicht zu einer deutlichen Minimierung auftretender Ergebnisvarianzen. Der Anteil der beobachteten Varianz, der innerhalb der Länderkategorien (ausgenommen Großbritannien) durch Artefakte aufgeklärt wird, liegt zwischen 41% und 59% und damit unterhalb der 75%-Grenze.

Die deutschlandspezifische Metaanalyse von Hülsheger et al. (2007) weist eine operationale Validität von ρ=.47 (n≈12.000) aus, wobei der kritische Kredibilitätskoeffizient bei CV=.27 liegt und damit die Verallgemeinerbarkeit der Effekt*richtung* signalisiert. Da Methodenartefakte nur ca. 34% der beobachtbaren Validitätsvarianz erklären, kann die Effekt*höhe* dagegen nicht generalisiert werden. Kramer (2009b) erweitert den Stichprobenumfang gegenüber Hülsheger et al. (2007) deutlich und ermittelt eine operationale Validität von ρ=.59 (n≈30.500). Auch hier liegt eine verallgemeinerbare Effekt*richtung* vor und auch hier erklären Artefakte deutlich weniger als 75% der beobachteten Varianz. Beide Metaanalysen bescheinigen der allgemeinen Intelligenz also eine hohe Bedeutung für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung und belegen die Verallgemeinerbarkeit der ermittelten Effekt*richtung*, aber nicht der Effekt*höh*e. Allerdings weichen die operationalen Validitäten beider Untersuchungen voneinander ab (Hülsheger et al., 2007: ρ=.47; Kramer, 2009a: ρ=.59).

Erklärungsbedürftig scheint dies vor allem deshalb, weil sich beide Forschungsarbeiten auf Deutschland beziehen. Die Ergebnisse beider Metaanalysen müssen jedoch aus mindestens zwei Gründen nicht identisch sein: (1) In beiden Studien wird darauf hingewiesen, dass die Höhe der operationalen Validität nicht generalisierbar ist. Verschiedene Metaanalysen können also durchaus (leicht) unterschiedliche Validitätskoeffizienten hervorbringen. (2) Obwohl beide Untersuchungen berufsfachliche Kompetenz überwiegend mit Noten der Abschlussprüfungen operationalisieren, nimmt die eine Studie eine Kriteriumsreliabilität von Rel=.80 (Hülsheger et al., 2007) und die andere eine von Rel=.64 (Kramer, 2009a) an. Im Hinblick auf die Berechnung der operationalen Validitäten ist die Quantifizierung des Messfehlers insofern folgenreich, als Minderungskorrekturen anhand niedriger Reliabilitätswerte höhere Validitätskoeffizienten hervorbringen. Vor diesem Hintergrund erklärt sich der höhere Validitätswert bei Kramer (2009b) auch

über die geringer veranschlagte Reliabilität. Weitere Gründe für die Unterschiede beider deutschen Metaanalysen finden sich bei Kramer (2009a).

9.2.2 Einfluss des Ausbildungsberufs und der Anforderungskomplexität

Ausbildungsberuf

Schmidt (2002) untersucht, ob der Ausbildungsberuf einen Einfluss auf die operationale Validität allgemeiner Intelligenz hat. Am Beispiel kaufmännischer Berufe lässt sich der zentrale Befund dieser Studie gut verdeutlichen: Gleich, ob eine Gruppe eng verwandter kaufmännischer Berufe oder eine weiter gefasste Berufsgruppe analysiert wird, schwanken die beobachtbaren Validitäten nur gering.

Auf der Basis US-amerikanischer Primärstudien präsentieren Levine et al. (1996) für gewerblich-technische Berufe eine operationale Validität von ρ=.67. Berufsspezifische Analysen machen hier jedoch Differenzen zwischen einzelnen Berufsgruppen sichtbar: Mit einem Koeffizienten von ρ=.73 markieren elektrotechnische Berufe das obere und mit einem Wert von ρ=.39 Berufe der Energieversorgungsbranche (z. B. Leitungsmonteur) das untere Ende des Validitätsspektrums; Berufe der Maschinenbauindustrie (z. B. Maschinenschlosser) liegen mit einem Wert von ρ=.57 dazwischen. Salgado et al. (2003b) referieren auch für Europa je nach der betrachteten Berufsgruppe unterschiedliche Validitäten. Bei ihnen fällt die operationale Validität im Falle elektrotechnischer Berufe mit ρ=.63 und im Falle mechanischer Berufe mit ρ=.40 indes niedriger aus als in der US-amerikanischen Metaanalyse. Da in beiden Studien Artefakte mehr als 75% der beobachtbaren Validitätsvarianzen erklären, ist die Effekt*höhe* im Gegensatz zu den weiter oben zitierten Metaanalysen generalisierbar. D. h. die Differenzierung nach Berufsgruppen führt eine Homogenisierung der Studienergebnisse herbei, was für einen Moderatoreffekt des Ausbildungsberufs spricht.

Jedoch relativiert die von Kramer (2009a) für Deutschland durchgeführte Analyse die im internationalen Kontext gewonnenen Erkenntnisse. Zwar referiert auch er für gewerblich-technische Berufe mit ρ=.62 einen hohen Wert. Allerdings erklären Artefakte bei der nach Berufsgruppen getrennten Analyse genauso wenig beobachtete Varianz wie bei einer völlig undifferenzierten Betrachtung. In Deutschland scheint der Ausbildungsberuf die Bedeutung der allgemeinen Intelligenz also nicht zu moderieren.

Anforderungskomplexität eines Ausbildungsberufs

Eine weitere Variante dem Einfluss des Ausbildungsberufs nachzugehen, stellt die Zuordnung einzelner Berufe zu verschiedenen Komplexitätsniveaus dar. Hunter und Hunter (1984) stellen mit steigendem Komplexitätsgrad der beruflichen Anforderungen einen Anstieg der operationalen Validität der allgemeinen Intelligenz fest. Hartigan und Wigdor (1989, zitiert nach Kramer, 2009a, S. 40) publizieren einen

Befund, der ebenfalls einen Anstieg der Validität mit zunehmender Anforderungskomplexität dokumentiert (Komplexitätsniveau 1[3]: ρ=.60, Komplexitätsniveau 2: ρ=.33, Komplexitätsniveau 3: ρ=.40, Komplexitätsniveau 4: ρ=.00). Aufgrund teilweise geringer Fallzahlen pro Niveau sollten diese Ergebnisse jedoch nicht überbewertet werden. Deutlich belastbarere Daten stellen Salgado et al. (2003b) zur Verfügung. In ihrer auf Europa bezogenen Metaanalyse ordnen sie alle einbezogenen Ausbildungsberufe drei verschiedenen Komplexitätsstufen zu, die sich jeweils auf mindestens 2.600 Probanden beziehen. Auch hier kann eine deutliche Kopplung von Validität und Aufgabenkomplexität beobachtet werden (Komplexitätsniveau 1: ρ=.74, Komplexitätsniveau 2: ρ=.53, Komplexitätsniveau 3: ρ=.36). Angesichts dieser Befunde ist es nahe liegend, auch in Deutschland von einer solchen Kopplung auszugehen.

Zu diesem Thema liegen zwei Metaanalysen vor. Die kleinere dieser Metaanalysen untersucht den Einfluss der Komplexität des Ausbildungsberufs auf die prognostische Validität anhand drei verschiedener Komplexitätsstufen. Auch hier stellt sich ein Zusammenhang von Validität und Komplexität ein, überraschenderweise fällt dieser aber erwartungswidrig aus (Hülsheger et al., 2007): Ausbildungsberufe der höchsten Komplexitätsstufe gehen mit geringerer Validität einher als weniger komplexe Ausbildungsberufe (Komplexitätsniveau 1: ρ=.30, Komplexitätsniveau 2: ρ=.45, Komplexitätsniveau 3: ρ=.52).

Kramer (2009a) unterscheidet trotz einer größeren Stichprobe nur zwei Komplexitätsniveaus. Die Kategorie geringerer Komplexität (gleichbedeutend mit Niveau 3 der vorgenannten Studie) umfasst überwiegend handwerkliche Berufe und ihr gehören rund 75% aller einbezogenen Primärstudien an. In der Kategorie komplexerer Berufe (gleichbedeutend mit Niveau 2 der vorgenannten Studie) finden sich Techniker oder Personen mit vergleichbarem Ausbildungsniveau. Hier bleibt die vermutete Zunahme der Validität mit steigender Tätigkeitskomplexität ebenfalls aus und auch hier zeigt sich ein gegenteiliger, jedoch etwas moderater ausfallender Effekt (Komplexitätsniveau 2: ρ=.51, Komplexitätsniveau 3: ρ=.61). Diesen Befunden zufolge scheint die Bedeutung allgemeiner Intelligenz in Deutschland mit abnehmender Komplexität eher zu steigen, was im Widerspruch zu den referierten internationalen Befunden steht. Wie die Studie von Hülsheger et al. (2007) zeigt, lässt sich die diskrepante Befundlage kaum damit erklären, dass in den Metaanalysen teilweise unterschiedliche Systematiken bei der Zuordnung von Berufen zu Komplexitätsniveaus verwendet wurden.

Im Gegensatz zu vielen anderen Ländern zeichnet sich das deutsche Bildungssystem durch frühzeitige Weichenstellungen (z. B. Grundschulempfehlungen) und eine relativ geringe Durchlässigkeit des allgemeinen Bildungssystems aus (Hülsheger et al., 2007). Die frühen Weichenstellungen wirken sich auch auf die Berufswahl aus, da der Erfolg in Bewerbungsverfahren und die Art des Schulabschlusses in vielen Berufen stark miteinander verbunden sind. So finden sich bspw. in anspruchsvolleren kaufmännischen Berufen fast ausschließlich Auszubildende mit

3 Die Zahl „1“ steht für das höchste Komplexitätsniveau.

Hochschulzugangsberechtigung (z. B. Nickolaus & Abele, 2010; Winther & Achtenhagen, 2009). Ein Effekt dieser Vorselektion besteht in einer frühzeitigen Reduktion von Leistungsvarianzen. Da die in Metaanalysen vorgenommene Korrektur der Varianzreduktion auf die Beziehung der Streuung vor und nach der Auszubildendenauswahl rekurriert, ignoriert sie diese indirekte Varianzreduktion völlig (Hülsheger et al., 2007). Erst wenn Studien vorliegen, die diese indirekte Varianzreduktion berücksichtigen, sind belastbare Aussagen dazu möglich, welche Rolle die Komplexität des Ausbildungsberufs für die Validität der allgemeinen Intelligenz in Deutschland spielt.

Aus theoretischer Sicht wäre es kaum legitimierbar, den Grund des Validitätsrückgangs bei einem Anstieg der Komplexität so zu interpretieren, dass allgemeine Intelligenz vor allem bei weniger komplexen Tätigkeiten wichtig ist (vgl. dazu die Ausführungen zur Drei-Phasen-Theorie in Kapitel 8.1). Insofern scheinen die überraschenden Befunde der deutschen Metaanalysen wohl eher aus Besonderheiten des deutschen Bildungssystems zu resultieren.

9.2.3 Einfluss des Validierungskriteriums

Wenig systematisch untersucht ist, inwiefern die Validität der allgemeinen Intelligenz vom Validierungskriterium abhängt. Gleichwohl geben Gründe, wie z. B. die konzeptionelle Nähe von schriftlichen Prüfungen und Intelligenztests, dazu Anlass, die kriterienspezifische Validität genauer zu untersuchen.

Von den drei hier einbezogenen Metaanalysen kam die einzige US-amerikanische zu dem Resultat, dass forschungsmethodische Artefakte die beobachtbaren Validitätsvarianzen der Primärstudien fast vollständig erklären, weshalb sich die ebenfalls vorgesehene Analyse des Moderatoreffekts des Validierungskriteriums erübrigte (Levine et al., 1996).

Hülsheger et al. (2006) untersuchen in ihrer deutschen Metaanalyse diesen Moderatoreffekt anhand von Noten und Beurteilungen von Vorgesetzten bzw. Ausbildern. Obwohl nicht explizit erwähnt, dürften die Noten überwiegend das Gesamtergebnis der Kammerabschlussprüfungen widerspiegeln. Was die operationalen Validitäten angeht, konstatiert die Forschergruppe für Noten einen signifikant höheren Wert (ρ=.47) als für betriebliche Beurteilungen (ρ=.36). Die Autoren führen dies auf die geringere Reliabilität von Beurteilungen zurück, weshalb sie in einem zweiten Analyseschritt in Anlehnung an andere Studien anstelle des zunächst einheitlich verwendeten Reliabilitätskoeffizienten (*Rel*=.80) für die betrieblichen Beurteilungen einen deutlich geringeren Wert (*Rel*=.52) ansetzen. Diese methodische Änderung führt zu einer höheren operationalen Validität (ρ=.43), die sich nicht mehr signifikant von der anhand von Noten ermittelten Validität unterscheidet. Kramer (2009a) geht bei betrieblichen Beurteilungen von Beginn an von einem größeren Messfehler (*Rel*=.52) aus als bei Berufsschulnoten (*Rel*=.65). Der in dieser Studie verwendete Begriff „Berufsschulnoten“ ist missverständlich, da die inkludierten Primärstudien neben Schulnoten auch Noten von Kammerprüfungen be-

rücksichtigen. Welche Folgen dieser undifferenzierte Umgang mit Noten aus verschiedenen Ausbildungskontexten hat, wird nicht diskutiert. Deutlich wird hingegen, dass die Verwendung verschiedener Reliabilitätsmaße hier keine Egalisierung der Validitätsdifferenzen bewirkt: Die Korrelation zwischen Noten und Intelligenztestergebnissen ist (deutlich) höher (ρ=.55) als zwischen den betrieblichen Beurteilungen und Intelligenz (ρ=.39). Beide Metaanalysen kommen damit zu differenten Ergebnissen.

Auch die Frage der Generalisierbarkeit des positiven Zusammenhangs von allgemeiner Intelligenz und betrieblichen Leistungsdaten ist vor dem Hintergrund der beiden Studien nicht widerspruchsfrei zu beantworten: Aus den Befunden des Forscherkreises um Hülsheger folgt, dass bei den betrieblichen Beurteilungen generell von einer positiven operationalen Validität der Intelligenz auszugehen ist. Kramer (2009a) referiert hingegen bei den betrieblichen Beurteilungen einen unteren kritischen Kredibilitätswert, der je nach forschungsmethodischem Vorgehen leicht unter- oder oberhalb von Null liegt. Eine Situationsabhängigkeit kann im Falle betrieblicher Beurteilungen also nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Verschiedene den Metaanalysen zugrundeliegende Primärstudien kommen zu dem Ergebnis, dass betriebliche Leistungsdaten deutlich mit dem Intelligenzniveau korrelieren (z. B. Görlich & Schuler, 2007: r=.59; Schmidt-Atzert et al., 2004: r=.42; Schmidt-Atzert & Deter, 1993a: r=.20-.33), allerdings bleibt bei diesen Studien meist unklar, wie die betrieblichen Leistungen erfasst wurden, d. h. wurden standardisierte Erhebungsverfahren wie z. B. Papier-Bleistift-Tests eingesetzt oder fand die Leistungsdiagnostik anhand von mehr oder minder standardisierten Beobachtungen statt. Relevant ist diese Frage vor allem auch deswegen, weil betriebliche Beurteilungen, die auf relativ unstandardisierten Beobachtungen beruhen, schwach mit Leistungstests korrelieren können (Nickolaus & Abele, 2010). Vor diesem Hintergrund ist zu vermuten, dass die Bedeutung der allgemeinen Intelligenz für betriebliche Leistungen auch von der Qualität der betrieblichen Leistungsdiagnostik abhängt.

Theoretische Prüfungsleistungen basieren auf schriftlichen Tests und erfassen berufsfachliches Wissen, praktische Prüfungsergebnisse basieren auf Arbeitsproben und erfassen am Ende der Ausbildung eher berufsfachliche Fertigkeit. In vielen Studien ist zu beobachten, dass die berufsfachliche Wissensentwicklung oft präziser mit Intelligenztestresultaten vorhergesagt werden kann als die Fertigkeitsentwicklung (Jungkunz & Bodinet, 1989; Görlich & Schuler, 2007; Nitzschke, Geißel & Nickolaus, 2011; Schmidt-Atzert & Deter, 1993a; Schmidt-Atzert & Deter, 1993b; Schmidt-Atzert et al., 2004). Falls die zu diesem Thema gesichteten Studien überhaupt eine kriteriumsbezogene Minderungskorrektur vornehmen, wird für die Wissens- und Fertigkeitsdiagnostik derselbe Reliabilitätskoeffizient veranschlagt. Denkbar ist aber, dass die Fertigkeitsdiagnostik weniger reliabel ist als die Wissensdiagnostik und dass deswegen die Korrelation zwischen Intelligenz und Fertigkeit aufgrund eines größeren Messfehlers geringer ausfällt als die Korrelation zwischen Intelligenz und Wissen. Mit Blick auf gewerblich-technische Berufe ist ebenso denkbar, dass die Korrelation zwischen Intelligenz und Fertigkeit deshalb

geringer ist, weil die Arbeitsproben routiniert bearbeitet werden (siehe dazu die Ausführungen zur Drei-Phasen-Theorie in Kapitel 8.1.5).

9.2.4 Einfluss des verwendeten Intelligenztests

Die Bedeutung allgemeiner Intelligenz wird selten vor dem Hintergrund des eingesetzten Intelligenztests diskutiert (z. B. Hunter & Hunter, 1984; Schmidt & Hunter, 2004). Damit wird unterstellt, dass alle Testverfahren letztlich dasselbe Konstrukt messen und deshalb die einschlägigen prognostischen Validitäten direkt vergleichbar sind.

Einen anderen Weg gehen Hülsheger et al. (2006), indem sie die prädiktive Validität anhand der folgenden Intelligenztests thematisieren: (1) *Wilde Intelligenztest* (*WIT*), *Leistungsprüfungssystem* (*LPS*), *Prüfsystem für Schul- und Bildungsberatung* (*PSB*) und *Intelligenz-Struktur-Test* (*IST*) sowie (2) *Standard Progressive Matrices* (*SPM*) und *Culture Fair Intelligence Test* (*CFT*). Die erste Gruppe dieser Tests steht in besonders engem Verhältnis zur Intelligenzkonzeption Thurstones, die zweite zum Cattell'schen Konzept der fluiden Intelligenz (Hülsheger et al., 2006).

Die höchsten operationalen Validitäten erreichen die Intelligenztestkategorien *WIT* und *CFT-3*/*SPM* (ρ=.54). Die Intelligenztests *IST* und *LPS*/*PSB* erreichen etwas geringere Validitätswerte (ρ=.48 bzw. ρ=.52), am geringsten fällt der Koeffizient bei der Verwendung von Intelligenzsubtests aus (ρ=.37). Die Metaanalyse von Kramer (2009a) führt zu einer anderen Reihung der Intelligenztests (*LPS*/*PSB*: ρ=.63; IST: ρ=.59, Matrizentests (inkl. *CFT* und *SPM*): ρ=.46; *WIT*: ρ=.41; Berliner-Intelligenzstruktur-Test (*BIS*): ρ=.41). Von den Rangunterschieden abgesehen stimmen beide Publikationen in wesentlichen Punkten überein: Erstens sind alle Intelligenztests situationsübergreifend valide. Zweitens erklären Artefakte im Hinblick auf *CFT*/*SPM* mehr als 75% der beobachteten Varianz, was die Generalisierung der Effekt*höhe* bei diesem Test anzeigt. Drittens ist bei allen anderen Tests von Moderatoreffekten auszugehen.

Studien der Berufs- und Wirtschaftspädagogik untersuchen den Zusammenhang von Intelligenz und berufsfachlicher Kompetenz oft im Rückgriff auf den *CFT*, mit dem fluide Intelligenz erfasst wird: In metall- und elektrotechnischen Berufen ermittelten Lehmann, Seeber und Hunger (2006) zwischen fluider Intelligenz und berufsfachlichem Wissen eine mittlere Korrelation ($r\approx.30$). Auch Nickolaus, Gschwendtner und Geißel (2008) referieren für Elektroniker/-innen für Energie- und Gebäudetechnik zwischen fluider Intelligenz und dem berufsfachlichen Wissen am Ende des ersten Ausbildungsjahrs erwähnenswerte Korrelationen (zwischen r=.22 und r=.30). Am Ende der Ausbildung berichten Nitzschke et al. (2011) für denselben Ausbildungsberuf höhere Korrelationen (zwischen r=.36 und r=.45). Im Einklang mit diesen höheren Korrelationen stehen die von Gschwendtner (2008) (zwischen r=.35 und $r\approx.50$) und Nickolaus et al. (2008) (zwischen r=.43 und r=.48) für Kfz-Mechatroniker/-innen publizierten Befunde. Damit belegen also auch die berufspädagogischen Studien die substantielle Bedeutung fluider Intelligenz für die

berufsfachliche Kompetenzentwicklung. Da diese Studien keine operationalen Validitäten ausweisen, d. h. weder eine Minderungskorrektur noch eine Korrektur der Varianzeinschränkung vorgenommen wird, überraschen die gegenüber den Metaanalysen teilweise geringeren Koeffizienten nicht.

9.2.5 Zusammenfassung und Forschungsbedarf

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass allgemeine Intelligenz eine wichtige Determinante der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ist ($\rho \approx .50$) und dass diese Einschätzung sowohl im internationalen als auch im deutschen Kontext haltbar ist.

Bei der Analyse des Moderators *Ausbildungsberuf* hat sich gezeigt, dass allgemeine Intelligenz die berufsfachliche Kompetenzentwicklung berufsübergreifend beeinflusst und auf Deutschland bezogen wohl in allen Ausbildungsberufen ähnlich bedeutsam ist. Inwiefern die Bedeutung der allgemeinen Intelligenz mit der *Komplexität* eines Ausbildungsberufs zusammenhängt, ist angesichts der gegenwärtigen Befundlage nicht abschließend zu beurteilen. Für die vorliegende Arbeit ist wichtig, dass allgemeine Intelligenz sowohl in jenen gewerblich-technischen Ausbildungsberufen, die weniger komplexe Anforderungen stellen, als auch in Ausbildungsberufen hoher Komplexität eine wichtige Determinante der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung sein dürfte.

Was den Einfluss des *Validierungskriteriums* anbelangt, wurde festgestellt, dass allgemeine Intelligenz bei der Vorhersage berufsfachlicher Noten eine gute und eine höhere Validität aufweist als bei der Vorhersage betrieblicher Leistungsbeurteilungen. Im Falle betrieblicher Beurteilungen kann allgemeine Intelligenz unter bestimmten Umständen auch *nicht* prognostisch valide sein und es ist zu vermuten, dass die Qualität (Objektivität und Reliabilität) der betrieblichen Leistungsdiagnostik darauf einen entscheidenden Einfluss hat. Unterschiedliche Bedeutung scheint die allgemeine Intelligenz auch im Hinblick auf berufsfachliches Wissen und auf berufsfachliche Fertigkeit zu besitzen: Berufsfachliches Wissen korreliert oft höher mit Intelligenz als berufsfachliche Fertigkeit. Diese Diskrepanz zeigt insofern Forschungsbedarf an, als auf Basis der referierten Befunde nicht beurteilt werden kann, ob dieser Validitätsunterschied in Messfehlern gründet und/oder davon abhängt, ob Aufgabenstellungen routiniert bearbeitet werden.

Gezeigt hat sich zudem, dass die Bedeutung der Intelligenz relativ unabhängig davon ist, welcher Test zur Intelligenzdiagnostik eingesetzt wird. Im Falle des *CFT*, mit dem fluide Intelligenz erfasst wird, ist von einer generalisierbaren Effekthöhe auszugehen ($\rho \approx .50$).

9.3 PSYCHOMOTORISCHE FÄHIGKEIT UND WAHRNEHMUNGSFÄHIGKEIT ALS DETERMINANTEN DER BERUFSFACHLICHEN KOMPETENZENTWICKLUNG

Zwischen *psychomotorischen* Fähigkeiten und berufsfachlicher Kompetenz ermittelten Levine et al. (1996) in ihrer US-amerikanischen Metaanalyse eine mittlere Korrelation, wobei die Validität in manuell anspruchsvolleren Berufen wie z. B. bei Maschinenschlossern oder Schweißern erwartungsgemäß höher ausfiel als in Tätigkeitsbereichen wie z. B. Computertechnik. Bei Hunter und Hunter (1984) prognostizieren psychomotorische Fähigkeiten die berufsfachliche Kompetenzentwicklung mit abnehmender Tätigkeitskomplexität besser. Die dort ermittelten operationalen Validitäten liegen zwischen ρ=.09 (oberes Komplexitätsniveau) und ρ=.40 (unteres Komplexitätsniveau). Weiterhin zeigt diese Studie, dass die inkrementelle Validität psychomotorischer Fähigkeiten gegenüber allgemeiner Intelligenz mit abnehmender Anforderungskomplexität zunimmt und psychomotorische Fähigkeiten auf den unteren Komplexitätsniveaus sogar eine höhere prädiktive Validität aufweisen als allgemeine Intelligenz.

In deutschen Studien stellten sich psychomotorische Fähigkeiten in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen teilweise als gar nicht oder kaum prognostisch valide heraus (Görlich & Schuler, 2007; Schmidt-Atzert et al., 2004; Shachko, 2011), teilweise wurden aber auch nennenswerte prognostische Validitäten beobachtet (Jungkunz & Bodinet, 1989; Schmidt-Atzert & Deter, 1993b; Zweig, 2011). Uneinheitlich ist die deutsche Befundlage auch mit Blick auf die inkrementelle Validität: Bei Schmidt-Atzert et al. (2004) erklärten psychomotorische Fähigkeiten zusätzlich zu Intelligenz *keine* Kriterienvarianz, bei Schmidt-Atzert und Deter (1993b) erhöhte sich der Anteil an aufgeklärter Varianz in Schlosser- und Elektroberufen erwähnenswert, wenn psychomotorische Fähigkeiten ins Vorhersagemodell aufgenommen wurden. Allerdings galt dies nur für die Prognose berufsfachlicher Fertigkeiten. Zusammengenommen ist auf Basis der referierten Befunde davon auszugehen, dass psychomotorische Fähigkeiten in weniger komplexen und manuell anspruchsvollen Berufen für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung besonders bedeutsam und gegenüber Intelligenz inkrementell valide sind.

Salgado, Anderson, Moscoso, Bertua und de Fruyt (2003a) beschreiben die Wahrnehmungsfähigkeit als Fähigkeit, Stimuli schnell wahrnehmen und rasch sowie korrekt auf diese Stimuli antworten zu können. Insofern kann die Wahrnehmungsgeschwindigkeit, die sich im Hinblick auf den Erwerb motorischer Fertigkeiten als relevant erwies (vgl. Kapitel 8.1), als eine Facette der Wahrnehmungsfähigkeit betrachtet werden. Die Wahrnehmungsfähigkeit erlangt bei Hunter und Hunter (1984) auf keiner der ausgewiesenen Komplexitätsstufen die Validität der Intelligenz (allgemeine Intelligenz: ρ=.50-.65; wahrnehmungsbezogene Fähigkeit: ρ=.26-.53). Nur auf dem höchsten Komplexitätsniveau wies die wahrnehmungsbezogene Fähigkeit der Probanden inkrementelle Validität gegenüber allgemeiner Intelligenz auf (R=.59; ΔR_{Wahr}=.19). In der Metaanalyse von Salgado et al. (2003a) liegt die operationale Validität der Wahrnehmungsfähigkeit bei ρ=.25, insgesamt

sprechen die Befunde aber für eine *situationsabhängige* Validität der Wahrnehmungsfähigkeit, denn der 90%-Kredibilitätswert ist nicht größer als Null. Im Hinblick auf einfachere gewerblich-technische Ausbildungsberufe liegen auch Befunde vor, die eine Überlegenheit perzeptueller Tests gegenüber Intelligenztests anzeigen (Levine et al., 1996, Mechaniker: allgemeine Intelligenz: ρ=.56 und wahrnehmungsbezogene Fähigkeit: ρ=.64). Allerdings basieren diese Befunde u. a. auf Tests zum räumlichen Vorstellungsvermögen und zur technischen Fähigkeit, also auf Tests, die in Anlehnung an Kapitel 7.4 weniger allgemeine Wahrnehmungsfähigkeit, als vielmehr kognitive Primärfähigkeiten erfassen. Wird Wahrnehmungsfähigkeit hingegen so wie hier verstanden, sollte sie eher einen geringen Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung haben.

9.4 SPEZIFISCHE KOGNITIVE FÄHIGKEITEN ALS DETERMINANTEN DER BERUFSFACHLICHEN KOMPETENZENTWICKLUNG

Callender und Osburn (1981) untersuchten die prädiktive Validität *technischer* und *mathematischer Fähigkeiten* für den Erwerb berufsfachlicher Kompetenzen am Beispiel von Berufen der US-amerikanischen Erdölindustrie: Sowohl technische als auch mathematische Fähigkeiten erbrachten in dieser Studie eine beachtliche und situations*un*abhängige operationale Validität (jeweils ρ=.52), keines der spezifischen Maße übertraf allerdings die Vorhersagekraft allgemeiner Intelligenz (ρ=.54). Auch in der europäischen Metaanalyse von Salgado et al. (2003a) korrelieren mathematische Fähigkeiten substantiell mit dem Ausbildungslernerfolg (ρ=.48). *Sprachliche Fähigkeiten* (ρ=.44) und ein aus *technischer Fähigkeit* und *räumlichem Vorstellungsvermögen* gebildeter Faktor (ρ=.40) erreichen ebenfalls hohe Validitätskoeffizienten. Ob eine gemeinsame Berücksichtigung der verschiedenen Testmaße zu einer Validitätssteigerung führt, wird in den genannten Studien nicht diskutiert.

Ree und Earles (1991) widmen sich insbesondere der Frage nach der inkrementellen Validität spezifischer kognitiver Fähigkeiten gegenüber allgemeiner Intelligenz (siehe auch Ree & Earles, 1992). Anhand von Regressionsanalysen kamen die beiden Wissenschaftler zu dem Ergebnis, dass die schrittweise Integration spezifischer kognitiver Fähigkeiten in keinem der insgesamt 82 untersuchten Berufe zusätzlich zu allgemeiner Intelligenz[4] Kriterienvarianz erklärt. Da die in dieser Studie vorgenommene Ausdifferenzierung der Berufsgruppen meist einem groben Schema folgte, keine systematische Unterscheidung zwischen verschiedenen Vali-

4 Allgemeine Intelligenz wurde durch den ersten unrotierten Faktor einer Hauptkomponentenanalyse modelliert, der auf der Basis verschiedener kognitiver Tests gebildet wurde (Ree & Earles, 1991). Zusätzlich zu diesem Faktor wurden *spezifische* Faktoren (neun weitere unrotierte Faktoren derselben Hauptkomponentenanalyse) bestimmt, deren inkrementelle Validität anschließend regressionsanalytisch untersucht wurde. Bei den Analysen handelt es sich also um eine rein mathematische Definition allgemeiner Intelligenz und spezifischer kognitiver Faktoren, eine inhaltliche Interpretation und Beschreibung der einzelnen Faktoren erfolgte nicht.

dierungskriterien stattfand und die internationalen beruflichen Bildungssysteme erhebliche Divergenzen aufweisen, lassen sich die referierten Erkenntnisse nicht ungeprüft auf Deutschland übertragen.

Zunächst macht der gegenwärtige deutsche Forschungsstand ebenfalls deutlich, dass sprachliche, mathematische und technische Fähigkeiten sowie räumliches Vorstellungsvermögen beachtlich mit berufsfachlicher Kompetenz korrelieren (Görlich & Schuler, 2007; Jungkunz & Bodinet, 1989; Schmidt-Atzert et al., 2004). Allgemeine Intelligenz erbringt aber oft höhere Korrelationen: Bei Schmidt-Atzert und Deter (1993a) ist in fast allen untersuchten Ausbildungsberufen allgemeine Intelligenz enger mit dem Ausbildungserfolg assoziiert als einzelne Subtestskalen, mit denen u. a. mathematische und sprachliche Fähigkeit sowie räumliches Vorstellungsvermögen erfasst wurden. Auch bei dem speziell für den technischen Bereich entwickelten Auswahltest „AZUBI-TH“, der trotz seines Berufsbezugs im Kern allgemeine Intelligenz erfasst (Schmidt-Atzert, 2008), hängt der Testsummenscore in der Regel deutlicher mit einzelnen Kriterien des Ausbildungserfolgs zusammen als die Ergebnisse der Subtestskalen (z. B. technische Fähigkeit) (Görlich & Schuler, 2007). In der Untersuchung von Jungkunz und Bodinet (1989) erzielte im Ausbildungsgang „Kfz-Mechaniker/-in“ die Gesamtskala des dargebotenen Intelligenztests, also allgemeine Intelligenz, die höchste Korrelation mit den Ergebnissen der praktischen bzw. theoretischen Kammerabschlussprüfungen (r=.37 bzw. r=.61). Auch mit Blick auf die Gesamtstichprobe erreichte allgemeine Intelligenz fast ausnahmslos die höchste prognostische Validität (Praxis: r=.33 bzw. Theorie: r=.58). Obwohl die überlegene prognostische Validität allgemeiner Intelligenz auch auf einer höheren Reliabilität der Gesamtskala gegenüber den Subtestskalen beruhen könnte (Hell, 2003), wird die deutsche Befundlage in Übereinstimmung mit den internationalen Forschungsarbeiten in der Regel so interpretiert, dass das Konstrukt *allgemeine Intelligenz* eine überlegene Bedeutung aufweist (z. B. Schmidt-Atzert et al., 2004). Gelegentlich wird die Relevanz spezifischer kognitiver Fähigkeiten daran gemessen, ob sie zusammen mehr Varianz als allgemeine Intelligenz erklären oder ob sie gegenüber allgemeiner Intelligenz inkrementell valide sind.

Im Falle des Ausbildungsberufs *Chemikant* (Schmidt-Atzert & Deter, 1993a) erbrachte die Kombination der Skalen „Analogien“, „Satzergänzung“ und „Rechenaufgaben“ (R=.44) höhere Validitätswerte als allgemeine Intelligenz (r=.33). Auch in anderen Berufen führte in der genannten Untersuchung eine Kombination der Subskalen teilweise zu Validitätserhöhungen, aufgrund des geringeren Stichprobenumfangs fielen diese aber nicht signifikant aus (ebd.).

Im Kontext der inkrementellen Validität spezifischer kognitiver Fähigkeiten ist die Studie von Schmidt-Atzert et al. (2004) von besonderer Bedeutung: Mit Blick auf berufsfachliches Wissen erklärt räumliches Vorstellungsvermögen nur in Mechanikerberufen zusätzlich zu allgemeiner Intelligenz Kriterienvarianz, mit Blick auf berufsfachliche Fertigkeit stellt sich das räumliche Vorstellungsvermögen fast in allen untersuchten gewerblich-technischen Berufen als inkrementell valide heraus. Auch die bei Schmidt-Atzert und Deter (1993a) publizierten Befunde deuten darauf hin, dass räumlichem Vorstellungsvermögen in gewerblich-technischen Berufen oft ein höherer Stellenwert zukommt als allgemeiner Intelligenz, wenn die

berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung prognostiziert werden soll. Schmidt-Atzert et al. (2004) zeigen zudem, dass durch Einbezug einer nicht zum Intelligenztest gehörenden Skala zur technischen Fähigkeit sowohl theoretische als auch praktische Prüfungsergebnisse besser prognostiziert werden können (ΔR^2 zwischen .03 und .15). Mit dem erwähnten Befund wurden die rund 10 Jahre älteren Resultate von Schmidt-Atzert und Deter (1993b) im Kern repliziert, die ebenfalls die Relevanz der technischen Fähigkeit hinsichtlich der berufsfachlichen Wissens- und Fertigkeitsentwicklung verdeutlichen. Bei Görlich und Schuler (2007) erklärt die Skala zur technischen Fähigkeit das berufsfachliche Wissensniveau besser als allgemeine Intelligenz.

Angesichts der referierten Befunde ist zwischen sprachlicher, mathematischer und technischer Fähigkeit bzw. räumlichem Vorstellungsvermögen und dem berufsfachlichen Kompetenzniveau eine deutliche Korrelation zu erwarten. Darüber hinaus legen die referierten Befunde einerseits nahe, dass allgemeine Intelligenz eine höhere prognostische Validität aufweist als spezifische kognitive Fähigkeiten. Andererseits weisen einzelne Befunde auf eine überlegene und inkrementelle Prognosekraft spezifischer kognitiver Fähigkeiten hin, wobei technische Fähigkeit generell inkrementelle Validität gegenüber Intelligenz besitzen dürfte und räumliches Vorstellungsvermögen insbesondere im Hinblick auf berufsfachliche Fertigkeit.

9.5 MATHEMATISCHE UND SPRACHLICHE BASISKOMPETENZEN ALS DETERMINANTEN DER BERUFSFACHLICHEN KOMPETENZENTWICKLUNG

Im folgenden Abschnitt werden v. a. berufs- und wirtschaftspädagogische Studien berichtet, die sich mit der Rolle mathematischer und sprachlicher Basiskompetenzen auseinandersetzen. Diese Basiskompetenzen sind letztlich eng mit mathematischer bzw. sprachlicher Fähigkeit verwandt. Insofern spiegelt die vorgenommene Unterscheidung zwischen Basiskompetenz und Fähigkeit eher unterschiedliche Forschungstraditionen als die Auffassung, dass es sich um grundsätzlich verschiedene Konstrukte handelt.

Während mathematische Basiskompetenzen bei Schmidt-Atzert und Deter (1993b) wenigstens in einem der untersuchten Berufe zusätzlich zu allgemeiner Intelligenz Varianz der theoretischen Prüfungsleistungen erklären, weisen bei Schmidt-Atzert et al. (2004) in mehreren Berufen weder mathematische noch sprachliche Basiskompetenzen inkrementelle Validität gegenüber Intelligenz auf.

Der Stellenwert mathematischer und sprachlicher Basiskompetenzen für die berufliche Ausbildung wurde in jüngeren berufsbildenden Forschungsarbeiten intensiv diskutiert (Nickolaus, Geißel & Gschwendtner, 2008; Nickolaus & Norwig, 2009). In der *kaufmännischen Ausbildung* stellten sich die genannten Basiskompetenzen in verschiedenen Ausbildungsberufen (Seeber, 2007) und im Hinblick auf verschiedene Kompetenzdimensionen (Seeber, 2008) als relevante Determinanten heraus. Die vorliegenden Befunde belegen zudem die inkrementelle Validität der

Basiskompetenzen, wobei sie entweder einen ähnlichen (Nickolaus et al., 2010) oder einen höheren (Seeber, 2008) Erklärungsbeitrag wie Intelligenz leisten.

Auch in der *gewerblich-technischen Ausbildung* erwiesen sich Basiskompetenzen als bedeutsam. So zeigt Abele (2011b) am Beispiel von Industrie- und Zerspanungsmechaniker/-innen wie gewinnbringend die Berücksichtigung mathematischer und sprachlicher Basiskompetenzen sein kann. Vor allem die Erfassung der anhand technischer Texte abgeprüften Lesekompetenz (technische Lesekompetenz) kristallisierte sich dort als hochwertiges Diagnoseelement heraus (Kammerabschlussprüfung Teil 1: ρ=.46 und Kammerabschlussprüfung Theorie: ρ=.72). Beachtlich sind aber nicht nur die bivariaten Korrelationen zwischen einzelnen Kriterien berufsfachlicher Kompetenz und technischer Lesekompetenz, sondern auch die erzielte inkrementelle Validität: Der Einbezug technischer Lesekompetenz in ein Modell zur Vorhersage des berufsfachlichen Wissensniveaus führte zu einer Verdoppelung der aufgeklärten Kriterienvarianz. Für die Prognose berufsfachlicher Fertigkeit waren mathematische Basiskompetenzen dagegen bedeutsamer als technische Lesekompetenz. Da in der Untersuchung von Abele (2011b) keine Diagnostik allgemeiner Intelligenz stattfand, konnte die inkrementelle Validität gegenüber Intelligenz nicht untersucht werden.

Bei Nickolaus et al. (2008) finden sich zwischen mathematischer bzw. sprachlicher Basiskompetenz und dem berufsfachlichen Wissensniveau am Ende der Grundbildung beachtliche manifeste Korrelationen. Meist liegen die Korrelationen in der Größenordnung von $r\approx.50$. Gschwendtner (2008) verdeutlicht am Beispiel von Kfz-Mechatroniker/-innen, dass zwischen Basiskompetenzen und berufsfachlichem Wissen mit latenten Korrelationen zwischen $r\approx.60$ und $r\approx.80$ zu rechnen ist. Auch am Ende der gewerblich-technischen Ausbildung ist von einem substantiellen Erklärungsbeitrag mathematischer und sprachlicher Basiskompetenzen auszugehen (Nickolaus, Geißel, Abele & Gschwendtner, 2011a). Ferner deutet sich an, dass sich die berufsfachliche Wissensentwicklung anhand von Basiskompetenzen besser vorhersagen lässt als berufsfachliche Fertigkeiten (ebd.). Regressions- und Pfadanalysen räumen Basiskompetenzen auch dann eine nennenswerte Bedeutung für den am Ende der Grundbildung erreichten Kompetenzstand ein, wenn ein umfassendes Set von Determinanten berücksichtigt wird, fluide Intelligenz erweist sich demgegenüber seltener als inkrementell valide (Geißel, 2008; Gschwendtner, 2008; Nickolaus et al., 2010). Wie Hoffmann und Lehmann (2007) zeigen, erklären mathematische und sprachliche Basiskompetenzen in verschiedenen gewerblich-technischen Ausbildungsberufen auch am Ende der Ausbildung einen erheblichen eigenständigen Anteil der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung.

Eindeutig ist die referierte Befundlage dahingehend, dass mathematische sowie sprachliche Basiskompetenzen die berufsfachliche Kompetenzentwicklung beachtlich beeinflussen. Gewisse Widersprüche sind insofern erkennbar, als Studien vorliegen, die einerseits auf die überlegene Bedeutung der Intelligenz hinweisen, andererseits existieren Studien, die nahelegen, dass mathematische und sprachliche Basiskompetenzen häufiger und eine höhere inkrementelle Validität bei der Vorhersage des berufsfachlichen Kompetenzstands besitzen als Intelligenz.

9.6 BERUFSSPEZIFISCHE BASISKOMPETENZ ALS DETERMINANTE DER BERUFSFACHLICHEN KOMPETENZENTWICKLUNG

Mit berufsspezifischer Basiskompetenz sind Wissen und Fertigkeiten angesprochen, die vor oder zu Beginn der Ausbildung erhoben wurden, direkten fachlichen Bezug zum Ausbildungsberuf haben und im Rahmen des Technik- und Physikunterrichts – zumindest in weiten Teilen – erworben wurden.

Dem Zusammenhang von berufsspezifischer Basiskompetenz und berufsfachlicher Kompetenzentwicklung widmen sich Dye, Reck und McDaniel (1993). In dieser Metaanalyse wird ebenfalls die Bedeutung der *Aufgabenkomplexität* sowie der *inhaltlichen Nähe* der berufsspezifischen Basiskompetenzen zum Ausbildungsberuf untersucht. Für eine US-amerikanische Stichprobe von über 340.000 Probanden ermittelt die Forschergruppe eine situations*un*abhängige operationale Validität von ρ=.47; außerdem beobachten sie mit zunehmender Berufskomplexität (geringe Komplexität: ρ=.46; hohe Komplexität: ρ=.57) und mit wachsender inhaltlicher Nähe eine ansteigende Validität (geringe inhaltliche Nähe: ρ=.46; mittlere inhaltliche Nähe: ρ=.49; große inhaltliche Nähe: ρ=.76).

Für kaufmännische Ausbildungsberufe in Deutschland referiert Seifried (2008) zwischen wirtschaftswissenschaftlichen Basiskompetenzen und dem Lernerfolg während der Ausbildung beachtliche Korrelationen. Nickolaus et al. (2010) zeigen am Beispiel einer Stichprobe von Bankkaufleuten, dass berufsspezifische Basiskompetenzen inkrementelle Validität besitzen und die wichtigste Determinante repräsentieren, wobei zusätzlich mathematische und sprachliche Basiskompetenzen sowie Intelligenz berücksichtigt wurden.

Intensiv wurde die Bedeutung berufsspezifischer Basiskompetenz für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung im Rahmen der *gewerblich-technischen Ausbildung* erforscht. Die bei Nickolaus et al. (2008) dargestellten Befunde dokumentieren für Elektroniker/-innen für Energie- und Gebäudetechnik und Kfz-Mechatroniker/-innen eine substantielle Prognosekraft berufsspezifischer Basiskompetenzen ($r\approx.50$). Die Publikation von Gschwendtner (2008) verdeutlicht, dass bei Kfz-Mechatroniker/-innen latente, d. h. messfehlerbereinigte Korrelationen von $r\approx.60$ und $r\approx.80$ zu erwarten sind. Auch im Falle gewerblich-technischer Ausbildungsberufe ist von einer inkrementellen Validität berufsspezifischer Basiskompetenz gegenüber mathematischen und sprachlichen Basiskompetenzen sowie Intelligenz auszugehen, wobei die genannten Determinanten merklich weniger Varianz erklären als die berufsspezifischen Basiskompetenzen (Knöll, 2007; Gschwendtner, 2011). So erklären bei Geißel (2008) die berufsspezifischen Basiskompetenzen ca. 37% und weitere Determinanten ca. 18% der Leistungsvarianzen am Ende der Grundbildung. Die bei Mack (1995) referierten Ergebnisse untermauern am Beispiel von Kfz-Mechatroniker/-innen die hervorstechende Bedeutung berufsspezifischer Basiskompetenzen für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung.

Bei Nickolaus et al. (2011a) sind Befunde publiziert, die mit fortschreitender Ausbildungsdauer eher auf eine abnehmende prädiktive Validität berufsspezifischer Basiskompetenzen hindeuten. Die längsschnittliche Untersuchung von Nickolaus et al. (2011b) zeigt, dass berufsspezifische Basiskompetenzen dann ihre

inkrementelle Validität verlieren können, wenn während der Ausbildung erworbenes berufsfachliches Wissen ins Erklärungsmodell aufgenommen wird (siehe dazu auch Knöll, 2007). Ferner klären berufsspezifische Basiskompetenzen in dieser Untersuchung deutlich mehr Varianz der berufsfachlichen Wissensleistungen auf als der berufsfachlichen Fertigkeitsleistungen.

Die präsentierten Befunde geben keinerlei Anlass, an der hohen Bedeutung berufsspezifischer Basiskompetenzen zu zweifeln. Meist dürften diese Basiskompetenzen für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung sogar bedeutsamer sein als andere Determinanten. Auch hier deutet sich das schon mehrfach beobachtete Prognosegefälle an: Die berufsfachliche Wissensentwicklung lässt sich besser prognostizieren als die Fertigkeitsentwicklung. Tendenziell scheint die Bedeutung der berufsspezifischen Basiskompetenz während des Ausbildungsverlaufs abzunehmen, wobei dies bislang wenig untersucht wurde. Wird während der Ausbildung erworbenes berufsfachliches Wissen in die Entwicklungsprognose einbezogen, treten berufsspezifische Basiskompetenzen in den Hintergrund.

9.7 ALLGEMEIN BILDENDER SCHULERFOLG ALS DETERMINANTE DER BERUFSFACHLICHEN KOMPETENZENTWICKLUNG

Schulnoten können als Indikatoren des Schulerfolgs betrachtet werden. Gelegentlich wird allerdings die psychometrische Qualität von Noten in Zweifel gezogen (z. B. Ingenkamp, 1977). V. a. die Objektivität des Lehrerurteils und die Vergleichbarkeit von Noten über verschiedene Klassen und Schulen hinweg werden häufig in Frage gestellt. Im Lichte dieser Einschätzung überrascht nicht, dass die Untersuchung von Althoff (1986) den meisten Schulnoten eine unbefriedigende prädiktive Validität im Hinblick auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung attestiert. Lediglich die Mathematiknoten weisen dort teilweise ein zufrieden stellendes Prognosepotential auf. In der Studie von Brandt (2005) erklärt ein aus verschiedenen Schulnoten gebildeter Wert die berufsfachliche Kompetenzentwicklung nur wenig. Ebenfalls nicht restlos überzeugt der US-amerikanische Befund einer Metaanalyse, wonach durchschnittliche Schulabschlussnoten nur moderat mit dem Ausbildungserfolg korrelieren (ρ=.30; Hunter & Hunter, 1984).

Demgegenüber stehen die Befunde von Funke (1986), die zeigen, dass die berufsfachliche Kompetenzentwicklung mit verschiedenen Schuleinzelnoten deutlich präziser vorhergesagt werden kann als mit einem Eignungstest (R=.43 vs. R=.15). Für Auszubildende des Metall- und Elektrobereichs konnten auch Schuler, Barthel und Fünfgelt (1984) einen hohen Zusammenhang zwischen einem integrativen Schulnotenmaß und dem Ausbildungserfolg feststellen. Ein möglicher, oft aber voreilig bemühter Ansatz, diese widersprüchliche Ergebnislage aufzulösen, besteht in der Suche nach Kontextfaktoren, die für die variierende Validität von Schulnoten verantwortlich sind (vgl. Kapitel 9.1.1). Einen anderen und adäquateren Weg gehen Baron-Boldt, Schuler und Funke (1988) und Schuler, Funke und Baron-Boldt (1990) mit ihren Metaanalysen. Diese behandeln die Bedeutung von Schulnoten für

die berufsfachliche Kompetenzentwicklung und konzentrieren sich auf Deutschland, wobei die letztgenannte gegenüber der erstgenannten mit einer erweiterten Stichprobe arbeitet. Trotz abweichender Stichproben kommen beide Metaanalysen im Kern zum selben Ergebnis: Mittlere Schulnoten korrelieren deutlich mit der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung (n=2064, ρ=.37, Baron-Boldt et al., 1988; n=2.555, ρ=.41, Schuler et al., 1990). Einzelnoten erreichen meist nicht die Vorhersagekraft von Durchschnittsnoten, wobei die Mathematiknote und Noten in ausbildungsaffinen Schulfächern der Validität mittlerer Noten noch am nächsten kommen. Im Einklang mit zuvor erwähnten Befunden gelingt auch hier die Prognose der Wissensentwicklung besser als die Prognose der Fertigkeitsentwicklung (ρ=.38 und ρ=.25, ebd.). Bedeutsam ist ferner der folgende Befund: Mittlere Schulnoten erweisen sich in allen untersuchten Berufsgruppen (öffentliche Verwaltung, Metall- und Elektrobranche) als gleichermaßen prognostisch valide, d. h. der Ausbildungsberuf fungiert nicht als Moderator.

Im Einklang mit diesen Metaanalysen steht der aktuellere Befund von Nickolaus und Abele (2010), wonach mittlere Noten in kaufmännischen Ausbildungsberufen eine beachtliche Validität erreichen. Wie Abele (2011b) zeigt, trifft diese Einschätzung auch auf gewerblich-technische Berufe zu (vgl. dazu auch Görlich & Schuler, 2007).

Zur inkrementellen Validität mittlerer Schulnoten gegenüber Intelligenz und wissensbasierter Auswahltests sind wenige Befunde verfügbar. In der Studie von Schuler et al. (1984) leisten mittlere Schulnoten zusätzlich zu einem technischen Fähigkeitstest einen erheblichen eigenständigen Erklärungsbeitrag berufsfachlicher Kompetenzunterschiede. Die geringe Fallzahl von n=33 erlaubt allerdings nur vorsichtige Schlüsse. Belastbarer ist der Befund von Görlich und Schuler (2007) (n=152) zur inkrementellen Validität des berufsbezogenen Intelligenztests *AZUBI-TH*, in der mittlere Schulnoten eine beachtliche inkrementelle Validität erreichen.

Auch der allgemein bildende Schulabschluss kann als Indikator des Schulerfolgs betrachtet werden, allerdings wurde diesem Aspekt bislang wenig Beachtung geschenkt. Obwohl beide zitierten Metaanalysen sowohl Haupt- als auch Realschulnoten einbeziehen, führen sie keine gruppenspezifischen Analysen durch. Wie Abele (2011a) verdeutlicht, kann ein solch undifferenziertes Vorgehen empirisch vertretbar sein. So brachte der simultane Einbezug der mittleren Schulnoten und des Abschlussniveaus in der erwähnten Studie keine höhere Erklärungskraft als die alleinige Berücksichtigung der Schulnoten. Vielfach wurde aber auch festgestellt, dass der Schulabschluss die berufsfachliche Kompetenzentwicklung über die Schulnoten hinaus erklärt (Jungkunz & Bodinet, 1989; Jungkunz & John, 1991; Görlich & Schuler, 2007). Eingedenk dieser widersprüchlichen Befundlage muss derzeit als offen gelten, ob eine nach Schulabschluss unterschiedene Behandlung von Schulnoten vorteilhaft ist.

Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass allgemein bildende Durchschnittsnoten, aber auch Mathematiknoten und die Noten in ausbildungsaffinen Schulfächern relativ eng mit der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung assoziiert sind. Zudem sollten mittlere Schulnoten gegenüber Intelligenz inkrementell va-

lide sein. Ob sich zusätzlich zur Integration von Schulnoten auch eine Berücksichtigung des allgemein bildenden Schulabschlusses günstig auf die Entwicklungsprognose auswirkt, kann angesichts der dünnen Befundlage nicht verlässlich abgeschätzt werden.

Zusammengenommen sprechen die im zurückliegenden Kapitel referierten Befunde dafür, dass die in Kapitel 7 und 8 gewonnenen Erkenntnisse weitgehend auf die gewerblich-technische Ausbildung übertragbar sind. Diese Einsicht stellt eine wichtige Voraussetzung für das nächste Kapitel dar, da dort die verschiedenen Erkenntnisse in einen Ansatz integriert werden.

10 UNTERSUCHUNGSMODELLE ZUR BERUFSFACHLICHEN KOMPETENZENTWICKLUNG

Bislang wurden ein Modell zur Entwicklung berufsfachlichen Wissens (vgl. Abbildung 11, S. 93) und ein Modell zur Entwicklung berufsfachlicher Fertigkeit präsentiert (vgl. Abbildung 20, S. 122). Im vorliegenden Kapitel werden diese Modelle in *ein* Modell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung integriert, in dem auch die Befunde aus dem berufsbildenden Forschungskontext berücksichtigt sind und das in Abbildung 21 dargestellt ist.

Die rechte Seite des Modells zeigt die beiden berufsfachlichen Kompetenzdimensionen *berufsfachliches Wissen* und *berufsfachliche Fertigkeit*, wobei zwischen *kognitiven* und *motorischen* Fertigkeiten unterschieden wird. Neben *berufsfachlicher Kompetenz* enthält das Modell zentrale Determinanten der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung. Auf Seiten der Determinanten wird zwischen *allgemeinen Fähigkeiten* und *spezifischen Einflussfaktoren* und zwischen *kognitiven* und *nicht-kognitiven Determinanten* unterschieden.

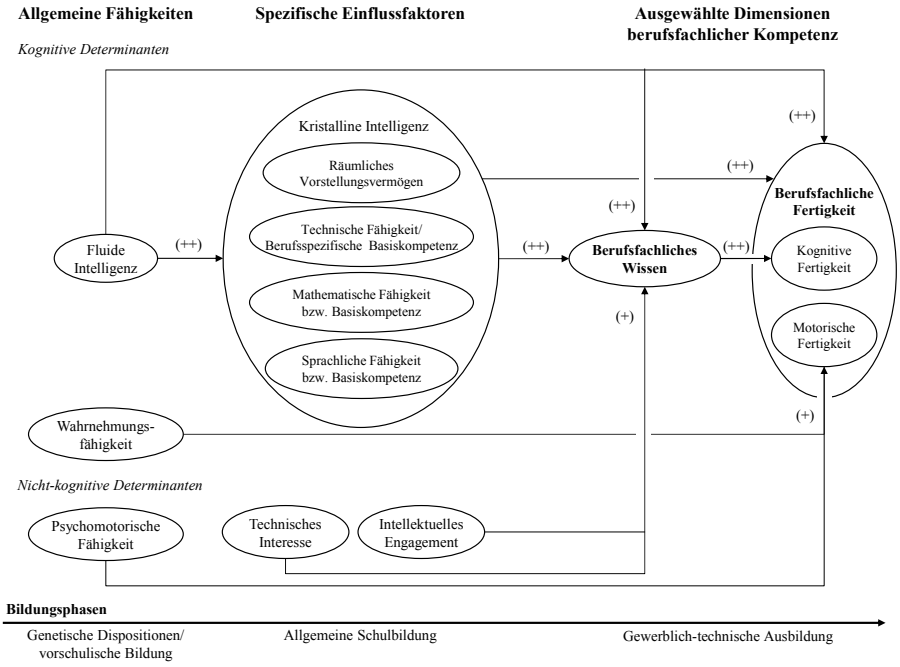


Abbildung 21: Untersuchungsmodell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung in der gewerblich-technischen Ausbildung

Psychologische Determinanten der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung

Zu den *allgemeinen kognitiven Fähigkeiten* gehören fluide Intelligenz sowie die Wahrnehmungsfähigkeit, die u. a. die Dimension der Wahrnehmungsgeschwindigkeit umfasst.[1] Die im Modell enthaltenen *spezifischen kognitiven Einflussfaktoren*, nämlich technische, mathematische und sprachliche Fähigkeit sowie räumliches Vorstellungsvermögen, repräsentieren Dimensionen der kristallinen Intelligenz und sind deshalb implizit immer angesprochen, wenn von kristalliner Intelligenz die Rede ist (vgl. Kapitel 7.4). Die Basiskompetenzen werden ebenfalls als spezifische kognitive Einflussfaktoren und zugleich als Dimensionen kristalliner Intelligenz, d. h. als Elemente der entsprechenden Fähigkeiten aufgefasst. Wie im Rahmen des Modells zur Entwicklung berufsfachlicher Fertigkeiten ausgeführt (vgl. Kapitel 8.3), verkörpern psychomotorische Fähigkeiten eine *allgemeine nicht-kognitive Fähigkeit*, technisches Interesse und intellektuelles Engagement entsprechen *spezifischen nicht-kognitiven Einflussfaktoren* (vgl. Kapitel 7.4).

Bedeutung der Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung

Das Modell enthält Aussagen zur grundsätzlichen Bedeutung der Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung. Der Erwerb *berufsfachlicher kognitiver Fertigkeiten* wird deutlich von berufsfachlichem Wissen sowie fluider und kristalliner Intelligenz beeinflusst (++). Zudem entwickeln sich b*erufsfachliche motorische Fertigkeiten* abhängig von fluider und kristalliner Intelligenz (++). Psychomotorische und Wahrnehmungsfähigkeiten haben ebenfalls einen bedeutsamen, allerdings einen geringeren Einfluss (+). Die *berufsfachliche Wissensentwicklung* hängt substantiell von kristalliner sowie fluider Intelligenz (++) und schwächer von technischem Interesse und intellektuellem Engagement ab (+).

Die Bedeutung des Schulerfolgs wurde im vorherigen Kapitel zwar thematisiert, im abgebildeten Modell taucht diese Determinante aber nicht explizit auf. Da sich im Schulerfolg fluide sowie kristalline Intelligenz und Motivation (und damit auch intellektuelles Engagement) spiegeln (Sauer, 2006), ist der Schulerfolg aber zu einem erheblichen Teil implizit berücksichtigt.

Annahmen, die dem Modell zugrunde liegen

Dem Modell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung liegt die lerntheoretische Annahme zugrunde, dass bei der Bewältigung unbekannter berufsfachlicher Anforderungen (z. B. beim Lösen berufsfachlicher Probleme) auf berufsfachliches Wis-

1 Salgado et al. (2003a) verstehen unter Wahrnehmungsfähigkeit die grundsätzliche Fähigkeit, Stimuli „schnell“ wahrnehmen und „rasch“ sowie korrekt auf diese Stimuli antworten zu können.

sen zurückgegriffen wird und dass dieser Vorgang immer auch den Erwerb berufsfachlicher Fertigkeiten stimuliert (vgl. Kapitel 6.2 und Anderson, 2007). Insofern ist der Pfeil, der im Modell von berufsfachlichem Wissen auf berufsfachliche Fertigkeit zeigt, nicht so zu verstehen, dass berufsfachliches Wissen lediglich dem Fertigkeitserwerb dient. Er soll einzig verdeutlichen, dass der berufsfachliche Fertigkeitserwerb vom einschlägigen Wissensniveau abhängt. Falls berufliche Anforderungen zu bewältigen und keine einschlägigen Fertigkeiten verfügbar sind, hat das berufsfachliche Wissen eine eigenständige Funktion. So hat es bspw. bei der Fehleranalyse in technischen Systemen eine wichtige Orientierungsfunktion: Erst berufsfachliches Wissen ermöglicht das zielorientierte Formulieren und Prüfen von Hypothesen zu potentiellen Fehlerursachen (vgl. Kapitel 6.1).

Mit Blick auf das Modell ist zudem wichtig, dass es auf Zusatzannahmen basiert: Im Hinblick auf den *kognitiven* Fertigkeitserwerb wird unterstellt, dass die Auszubildenden die autonome Phase des Fertigkeitserwerbs noch *nicht* erreicht haben. Im Hinblick auf die Entwicklung *motorischer* Fertigkeiten gilt das Modell, sofern sich Auszubildende in der kognitiven Erwerbsphase befinden oder sofern motorische Fertigkeiten in *komplexen* und/oder *inkonsistenten* Tätigkeitsbereichen betrachtet werden (vgl. Kapitel 8.1.5).

Zu beachten ist ferner, dass das Modell nur Effekte enthält, die in den zurückliegenden Kapiteln untersucht wurden und sich als empirisch relevant erwiesen. Da die Effekte des technischen Interesses und des intellektuellen Engagements auf den berufsfachlichen Fertigkeitserwerb nicht untersucht wurden, sind sie im Modell auch nicht enthalten. Daraus kann *nicht* geschlossen werden, dass diese Determinanten keinen Einfluss auf den Fertigkeitserwerb haben. Zudem werden keine Aussagen dazu getroffen, welche Bedeutung den einzelnen Determinanten zukommt, wenn der Effekt der anderen kontrolliert wird. Dargestellt ist also nur der Effekt, den eine Determinante bei isolierter Betrachtung auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung hat. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Interkorrelationen zwischen den Determinanten weggelassen.

Bedeutung zentraler Determinanten während der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung

In Anlehnung an Kapitel 6.4 verläuft die Kompetenzentwicklung in konsistenten oder inkonsistenten Tätigkeitsbereichen unterschiedlich. In konsistenten Tätigkeitsbereichen wird zu Beginn des Lernprozesses die kognitive Phase, dann die assoziative Phase und am Ende die autonome Phase durchlaufen. In *in*konsistenten Tätigkeitsbereichen befinden sich Auszubildende zu Beginn des Lernprozesses ebenfalls in der kognitiven Phase, daran schließt sich allerdings eine Mischphase an. Die Mischphase umfasst die kognitive, assoziative und autonome Erwerbsphase. Generell gilt, dass in der kognitiven Phase vorwiegend berufsfachliches Wissen und in der assoziativen Phase v. a. berufsfachliche Fertigkeit aufgebaut wird. Abhängig von dem Verlauf der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung und den

referierten Befunden lassen sich Annahmen darüber treffen, welche Bedeutung einzelnen Determinanten in den jeweiligen Erwerbsphasen zukommt.

Konsistente Tätigkeitsbereiche: In konsistenten Tätigkeitsbereichen ist anzunehmen, dass in der *kognitiven* Phase des berufsfachlichen *kognitiven* Fertigkeitserwerbs v. a. berufsfachliches Wissen aufgebaut wird (vgl. Abbildung 22 oben).

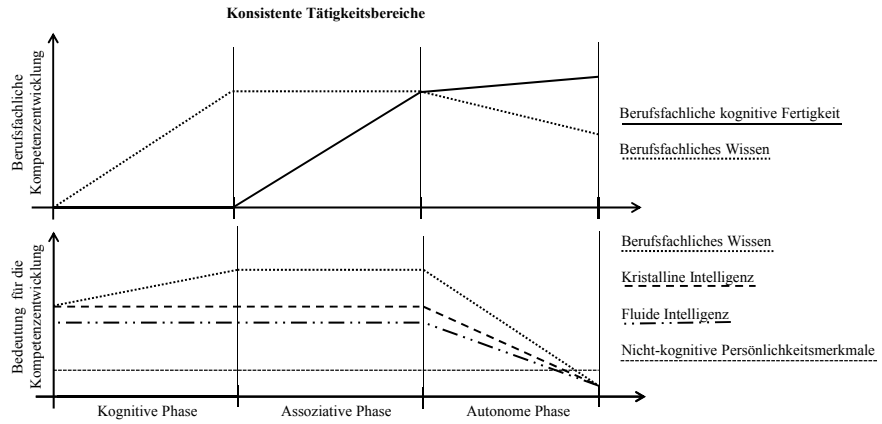


Abbildung 22: Untersuchungsmodell zur erwerbsphasenspezifischen Bedeutung zentraler Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung in konsistenten Tätigkeitsbereichen

Dieser Wissenserwerb hängt von kristalliner und fluider Intelligenz ab (vgl. Abbildung 22 unten). Unterstellt wird, dass der Einfluss kristalliner Intelligenz etwas höher ist, da damit auch technische Fähigkeiten und berufsspezifische Basiskompetenzen angesprochen sind. Zudem ist davon auszugehen, dass der berufsfachliche Wissenserwerb auch dadurch bestimmt wird, wie viel und welches berufsfachliche Wissen bereits erworben wurde. Während der Einfluss des berufsfachlichen Wissens zu Beginn der kognitiven Phase ungefähr dem Einfluss der berufsspezifischen Basiskompetenzen (in der Abbildung durch kristalline Intelligenz repräsentiert) gleichen dürfte, sollte dieser Einfluss im Laufe der kognitiven Phase ansteigen, denn dem Wissenserwerb unterliegt ein kumulativer Lernprozess: Zu Beginn dieses Prozesses können Lücken durch ein Mehr an Motivation und/oder Intelligenz geschlossen werden. In einer späteren Lernphase entwickeln sich hingegen diejenigen Personen besser, die über mehr berufsfachliches Wissen verfügen. Auch sehr Intelligente und Motivierte müssen für die Kompensation eines größeren Lernrückstands einiges an Zeit aufwenden, die fachkompetente Personen für den weiteren Wissenserwerb nutzen können. Dementsprechend wird unterstellt, dass nach kurzer Lernzeit das frühere berufsfachliche Wissensniveau die wichtigste Determinante der berufsfachlichen Wissensentwicklung ist (z. B. Gschwendtner, 2011; Nickolaus et al., 2011b). In der *assoziativen Erwerbsphase* behalten fluide und kristalline Intelligenz ihre Bedeutung bei, da sie beeinflussen, wie effizient berufsfachliches Wissen in berufsfachliche Fertigkeit transformiert wird. Wichtiger als diese Deter-

minanten ist in der assoziativen Erwerbsphase allerdings das berufsfachliche Wissen, denn es stellt die zentrale Basis der berufsfachlichen Fertigkeitsentwicklung dar. Da in der assoziativen Phase kein berufsfachliches Wissen mehr aufgebaut wird, bleibt die Bedeutung des Wissens stabil. Zu Beginn der *autonomen Erwerbsphase* liegen alle relevanten kognitiven Fertigkeiten vor, im weiteren Prozess werden sie optimiert und gefestigt. Der Übergang von bewusster zu unbewusster Informationsverarbeitung bewirkt einen Bedeutungsrückgang der Intelligenz. Zudem nimmt die Bedeutung berufsfachlichen Wissens ab, weil die Aufgabenbearbeitung im Rückgriff auf Fertigkeiten erfolgt und kein Wissen mehr aktiviert werden muss (vgl. Kapitel 6.4.1). Nicht-kognitive Persönlichkeitsmerkmale wirken konstant und geringer auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung ein (z. B. intellektuelles Engagement und technisches Interesse), da Lernen prinzipiell Engagement und Interesse voraussetzt. Ein wichtiges Charakteristikum konsistenter Tätigkeitsbereiche ist, dass die Umwelt nach gewisser Lernzeit keine neuen Anforderungen mehr stellt. Bei Aufgaben dieses Typs ist ein vollständig automatisierter Handlungsablauf denkbar. In diesem Fall ist während des Lernprozesses ein Rückgang interindividueller Leistungsunterschiede zu erwarten (Ackerman, 2007).

Inkonsistente Tätigkeitsbereiche: Mit Blick auf inkonsistente Tätigkeitsbereiche gelten in der *kognitiven* Phase dieselben Annahmen wie zuvor (vgl. Abbildung 23). Berufsfachliches Wissen ist besonders und fluide und kristalline Intelligenz etwas weniger bedeutsam für die Wissensentwicklung.

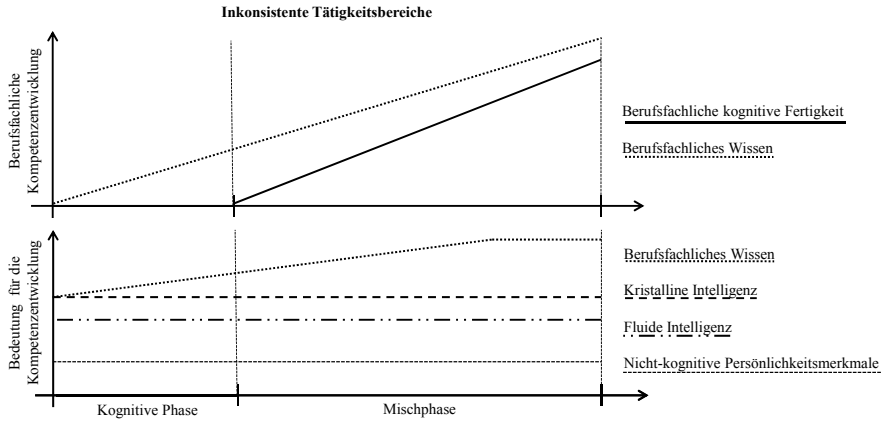


Abbildung 23: Untersuchungsmodell zur erwerbsphasenspezifischen Bedeutung zentraler Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung in inkonsistenten Tätigkeitsbereichen

Mit dem Übergang in die *Mischphase* behalten fluide und kristalline Intelligenz dauerhaft ihre Bedeutung bei, da ständig neues Wissen und neue Fertigkeiten erworben werden. Vermutlich nimmt die Überlegenheit des berufsfachlichen Wissens gegenüber den anderen Determinanten in der Mischphase weiter zu. Falls die Bedeutung des berufsfachlichen Wissens für die Kompetenzentwicklung anhand eines Korrelationswerts bestimmt wird, sollte sich nach einer gewissen Lernzeit ein

Maximalwert einstellen. Theoretisch ist dieser Maximalwert erreicht, wenn das aktuelle und das spätere berufsfachliche Kompetenzniveau perfekt korrelieren. In Wirklichkeit ist aber keine perfekte Korrelation zu erwarten, da andere Determinanten wie Intelligenz oder nicht kognitive Persönlichkeits- oder auch Umweltmerkmale die weitere Kompetenzentwicklung ebenfalls beeinflussen. Nicht-kognitive Persönlichkeitsmerkmale sind durchgängig, allerdings in geringerem Ausmaß erklärungsrelevant. Relevanz kommt ihnen v. a. auch deswegen zu, weil z. B. Engagement und Interesse wesentliche Antriebsmomente dafür sind, ob der Wissens- und Fertigkeitserwerb, dem in inkonsistenten Tätigkeitsbereichen ja prinzipiell keine Grenzen gesetzt sind, aktiv vorangetrieben wird. In lang andauernden Lernprozessen ist es möglich, dass weniger intelligente, aber sehr motivierte und interessierte Personen den Kompetenzstand intelligenter, aber weniger motivierter Personen übertreffen: Während die Motivierten Lerngelegenheiten aktiv suchen und auch über den aktuellen Bedarf hinaus Wissen und Fertigkeiten aufbauen, begnügen sich weniger Motivierte unter Umständen damit, den gestellten Anforderungen gerecht zu werden und begrenzen neue Lernaktivitäten eher. Generell ist beim beschriebenen Tätigkeitstyp aber mit einem Schereneffekt, d. h. einer Erhöhung interindividueller Differenzen zu rechnen (Ackerman, 2007). Ein Grund dafür ist, dass Personen mit einem höheren Intelligenzniveau im selben Zeitraum mehr Wissen und Fertigkeiten erwerben als Personen mit einem geringeren Intelligenzniveau. Dass interindividuelle Differenzen während der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung zunehmen können, belegt die Studie von Rosendahl und Straka (2011).

Ergänzend sei im Hinblick auf die beiden Modelle erwähnt, dass die konkrete entwicklungsspezifische Bedeutung der kognitiven Determinanten vermutlich vom Komplexitätsgrad der Tätigkeiten moderiert wird: Je komplexer die Anforderungen, desto größer dürfte der Einfluss der kognitiven Determinanten auf den berufsfachlichen Kompetenzerwerb sein. Mit Blick auf die Modelle bedeutet dies, dass bei komplexen Tätigkeiten die Linien der kognitiven Determinanten auf der Bedeutungsachse parallel nach oben zu verschieben sind und bei weniger komplexen Tätigkeiten parallel nach unten.

An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, dass die Modelle lediglich als Annäherung an ein komplexes und wenig untersuchtes Forschungsfeld zu verstehen sind. Insofern werden zwar allgemeine Prinzipien abgebildet, aber auch einige Fragen offengelassen. So sind keine Aussagen dazu enthalten, ob der Einfluss der kognitiven Determinanten mit dem Übertritt in die autonome Phase diskontinuierlich oder kontinuierlich abnimmt oder ob sich in der Mischphase das Wissens- und Fertigkeitsniveau annähern. Der Vorteil der Modelle (vgl. Abbildung 22 und Abbildung 23) ist, dass sie ein kompliziertes Forschungsfeld für die systematische empirische Analyse erschließen.

Im empirischen Teil dieser Arbeit werden Aspekte der vorgestellten Modelle empirisch geprüft. Im Hinblick auf das Modell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung wird untersucht, ob einzelne Modellannahmen, insbesondere zur entwicklungspsychologischen Bedeutung der Determinanten, empirisch zu halten sind (*zweite Studie*). Im Hinblick auf die Modelle zur Bedeutung der Determinanten werden ebenfalls ausgewählte Annahmen geprüft (*dritte Studie*). Untersucht wird

u. a., ob der Einfluss der Intelligenz, wie angenommen, während der Kompetenzentwicklung stabil bleibt. Bevor allerdings die empirische Belastbarkeit ausgewählter Modellannahmen geprüft wird, wird in der *ersten Studie* das vorgelegte Kompetenzverständnis validiert.

11 STUDIE 1: MODELLIERUNG BERUFSFACHLICHER KOMPETENZ

Wie bereits erwähnt, geht es in der ersten Studie um die Modellierung berufsfachlicher Kompetenz und damit um die Validierung des berufsfachlichen Kompetenzverständnisses, das im theoretischen Teil dieser Arbeit entwickelt wurde. Dazu werden zunächst Hypothesen präsentiert, auf denen dieses Kompetenzverständnis basiert. Anschließend werden diese Hypothesen geprüft.

11.1 HYPOTHESEN

Es sei daran erinnert, dass unter berufsfachlicher Kompetenz eine Disposition verstanden wird, welche u. a. die personenbezogenen Kompetenzdimensionen „Wissen“ und „Fertigkeit“ umfasst. *Berufsfachliches Wissen* stellt explizites, d. h. verbalisierbares Wissen dar und umfasst Faktenwissen, Verständniswissen und Strategiewissen. Da diese Wissensarten vernetzt sind (so setzt bspw. Verständniswissen Faktenwissen voraus) sollten sie empirisch nicht trennbar sein. *Berufsfachliche Fertigkeit* repräsentiert implizites Wissen, das durch mehrmaliges Üben bei der Auseinandersetzung mit berufsfachlichen Anforderungen und im Rückgriff auf berufsfachliches Wissen erworben wurde (vgl. Kapitel 4.5). Berufsfachliches Wissen bezieht sich auf alle berufstypischen *Inhaltsbereiche* eines Berufs, berufsfachliche Fertigkeit auf alle berufstypischen *Tätigkeitsbereiche*. Ein Tätigkeitsbereich bezieht sich auf einen Inhaltsbereich und eine berufstypische Tätigkeit, zu jedem Tätigkeitsbereich gibt es also einen zugehörigen Inhaltsbereich (vgl. Kapitel 5.1). In diesem Zusammenhang sei auch daran erinnert, dass sich in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen die Inhalts- und Tätigkeitsbereiche abhängig von der Beschaffenheit und Funktion technischer Systeme bestimmen lassen. Dementsprechend werden diese Bereiche im Ausbildungsberuf „Kfz-Mechatroniker/-in“ mit Blick auf ein Fahrzeug festgelegt (vgl. Kapitel 11.2.3, S. 168).

In Anlehnung an die Ausführungen zum Fertigkeitserwerb (vgl. Kapitel 6.7) ist anzunehmen, dass sich Fertigkeiten eines Tätigkeitsbereichs abhängig vom berufsfachlichen Wissen des zugehörigen Inhaltsbereichs entwickeln. Um berufsfachlichen Anforderungen gerecht zu werden, ist demnach zuerst in einem bestimmten *Inhaltsbereich* (z. B. elektrische und elektronische Kfz-Systeme) Wissen aufzubauen und anschließend in einem korrespondierenden *Tätigkeitsbereich* (z. B. Fehlerdiagnose in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen) berufsfachliche Fertigkeit zu erwerben. Bei der *bereichsspezifischen* Validierung des Konstrukts berufsfachliche Kompetenz müssen dementsprechend ein Inhalts- und ein korrespondierender Tätigkeitsbereich in den Blick genommen werden und es ist zwischen

Wissen bezüglich eines Inhaltsbereichs und *Fertigkeit bezüglich eines Tätigkeitsbereichs* zu unterscheiden (vgl. Abbildung 24, linkes Modell).

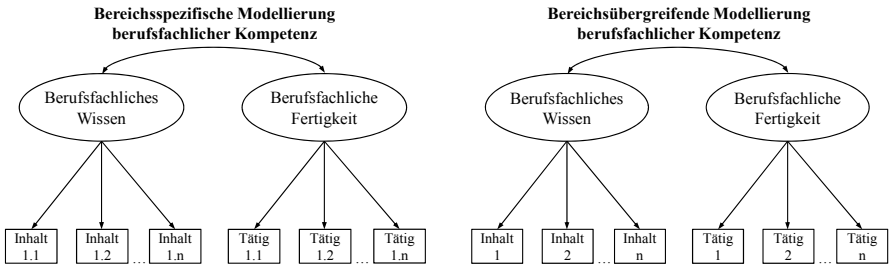


Abbildung 24: Im links abgebildeten Modell wird berufsfachliche Kompetenz in einem Inhalts- und dem zugehörigen Tätigkeitsbereich, also bereichsspezifisch modelliert (1.1, 1.2,…1.n), im rechts abgebildeten Modell dagegen bereichsübergreifend (1, 2,…n)

Ebenso ist ein weniger differenziertes, d. h. bereichsübergreifendes berufsfachliches Kompetenzverständnis denkbar (vgl. Kapitel 5.4): Auf abstrakter Ebene kann angenommen werden, dass Wissen und Fertigkeit auch dann jeweils als homogene und als unterscheidbare Kompetenzdimensionen interpretiert werden können, wenn verschiedene Inhalts- bzw. Tätigkeitsbereiche gleichzeitig betrachtet werden (vgl. Abbildung 24, rechtes Modell). Werden viele und die wichtigsten Bereiche eines Berufs berücksichtigt, wird von allgemeiner berufsfachlicher Kompetenz bzw. von allgemeinem berufsfachlichem Wissen und allgemeiner berufsfachlicher Fertigkeit gesprochen (vgl. Tabelle 3, S. 63).

Das differenzierte und das bereichsübergreifende Kompetenzverständnis schließen einander nicht aus. Vielmehr hängt die Wahl des Kompetenzverständnisses von der Art und dem Differenzierungsgrad der Forschungsfrage ab. Wie die folgenden Hypothesen zeigen, wird hier davon ausgegangen, dass beide Modellierungsvarianten empirisch legitimierbar sind.

H1: (a) Das Wissen zu einem Inhaltsbereich repräsentiert eine homogene berufsfachliche Kompetenzdimension. Empirisch wird erwartet, dass sich das inhaltsbereichsspezifische berufsfachliche Wissen in einer faktorenanalytischen Betrachtung anhand eines einzigen Faktors modellieren und sich von Wissen zu anderen Inhaltsbereichen empirisch unterscheiden lässt. (b) Auch die in einem Tätigkeitsbereich erhobenen berufsfachlichen Fertigkeiten repräsentieren eine homogene Dimension berufsfachlicher Kompetenz. Auch hier wird empirisch erwartet, dass tätigkeitsbereichsspezifische berufsfachliche Fertigkeiten in einer faktorenanalytischen Betrachtung anhand eines einzigen Faktors modellierbar sind.

H2: (a) Bereichsübergreifend wird unterstellt, dass berufsfachliches Wissen verschiedener Inhaltsbereiche als homogene Dimension berufsfachlicher Kompetenz interpretiert werden kann. (b) Außerdem können Fertigkeiten, die sich auf verschiedene Tätigkeitsbereiche beziehen, als homogene Kompetenzdimension verstanden werden. Dementsprechend wird erwartet, dass faktorenanalytisch jeweils eine inhalts- bzw. tätigkeitsübergreifende eindimensionale Modellierung berufsfachlichen Wissens bzw. berufsfachlicher Fertigkeit empirisch möglich ist.

Es mag zunächst widersprüchlich erscheinen, sowohl von einer bereichsspezifischen (H1) als auch von einer bereichsübergreifenden (H2) Modellierbarkeit berufsfachlicher Kompetenz auszugehen. Hier wird die Auffassung vertreten, dass eine bereichsspezifische Kompetenzmodellierung die realen Gegebenheiten präziser abbildet als eine bereichsübergreifende. Nur in einer pragmatischen Perspektive wird unterstellt, dass es empirisch vertretbar ist, das berufsfachliche Wissen bzw. die berufsfachlichen Fertigkeiten bereichsübergreifend zusammenzufassen. Die Basis dieser Hypothesen bilden Erkenntnisse aus der Intelligenzforschung. Wie sich dort gezeigt hat, ist es theoretisch und empirisch legitimierbar, die Einzelskala eines Intelligenztests als Indikator einer *spezifischen* Intelligenz (z. B. sprachliche Fähigkeit) und alle Einzelskalen zusammen als Indikator der *allgemeinen* Intelligenz zu interpretieren (z. B. Asendorpf, 2007). Falls sich eine bereichsübergreifende Kompetenzmodellierung als empirisch tragfähig erweist, kann dies von praktischem Nutzen sein. Zudem lässt sich wiederum in Anlehnung an die Intelligenzforschung (vgl. Kapitel 9.2) und Wittmann (1988) vermuten, dass durch die übergreifende Modellierung ein Konstrukt mit größerer prognostischer Relevanz in den Blick gerät.

Mit der dritten Hypothese wird – trotz einer substantiellen Korrelation – die Abgrenzbarkeit berufsfachlichen Wissens von berufsfachlicher Fertigkeit angenommen.

H3: Berufsfachliche Fertigkeiten entwickeln sich abhängig von berufsfachlichem Wissen, weshalb beide Dimensionen stark assoziiert sein können. Dennoch lässt sich die theoretische Unterscheidung zwischen berufsfachlichem Wissen und berufsfachlicher Fertigkeit empirisch rechtfertigen. Dies gilt sowohl (a) im Hinblick auf eine inhalts- bzw. tätigkeitsspezifische Modellierung beider Kompetenzdimensionen (vgl. Abbildung 24, linkes Modell) als auch (b) im Hinblick auf eine inhalts- bzw. tätigkeitsübergreifende Modellierung (vgl. Abbildung 24, rechtes Modell). Empirisch wird erwartet, dass berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit einerseits korrelieren und andererseits empirisch unterscheidbar sind.

Es wird angenommen, dass eine Person erst nach der kognitiven Phase des Kompetenzerwerbs über berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit verfügt (vgl. Kapitel 6.7). Damit können beide Kompetenzdimensionen empirisch erst unterschieden werden, wenn die Probanden (Auszubildenden) die kognitive Erwerbs-

phase bereits verlassen haben. Da sich die Kompetenzdiagnostik auf das Ausbildungsende und auf (weitgehend) bekannte Tätigkeitsbereiche bezieht, sollte diese Annahme erfüllt sein. Dennoch ist zu beachten, dass die Prüfung von H3 auch davon abhängt, ob die getroffene Zusatzannahme trägt.

Schließlich wird mit der vierten Hypothese die Abgrenzbarkeit berufsfachlicher Kompetenz gegenüber anderen, hier ebenfalls einbezogenen psychologischen Konstrukten unterstellt.

H4: Berufsfachliche Kompetenz ist von anderen differenziellen Konstrukten zu unterscheiden. Empirisch wird erwartet, dass die berufsfachlichen Kompetenzdimensionen untereinander mehr Gemeinsamkeiten aufweisen als mit den anderen hier berücksichtigten psychologischen Konstrukten (vgl. Kapitel 11.2.3). Demzufolge sollten die zwischen den Kompetenzdimensionen beobachtbaren Korrelationen höher sein als die Korrelationen dieser Dimensionen mit den anderen einbezogenen Konstrukten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die ersten drei Hypothesen mit der Binnenstruktur und die vierte Hypothese mit dem „Außenverhältnis“ berufsfachlicher Kompetenz befassen.

11.2 METHODE

11.2.1 Datenherkunft und Untersuchungsdesign

Zur Hypothesenprüfung wird auf zwei Datensätze zurückgegriffen, die verschiedenen Erhebungskontexten entstammen. Im *ersten* Datensatz sind Ergebnisse von drei Forschungsprojekten zusammengefasst. Zwei dieser Projekte[1] wurden aufeinander aufbauend in den Jahren 2006 bis 2011 durchgeführt. Sie bilden zusammen den kompletten Ausbildungszeitraum ab und beschäftigten sich im Kern mit der Kompetenzmodellierung und -entwicklung in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen (vgl. dazu auch die Ausführungen von Gschwendtner, 2011). Insgesamt liefern diese beiden Projekte Daten zu fünf verschiedenen Messzeitpunkten, wobei hier der erste, d. h. der Messzeitpunkt zu Beginn der Ausbildung und v. a. der letzte, also der Messzeitpunkt am Ende der Ausbildung von Interesse sind. Im dritten, in den Jahren 2008 bis 2009 durchgeführten Forschungsprojekt wurde der Frage nachgegangen, ob Kfz-Fehlerdiagnosefertigkeiten am Ende der Ausbildung mit computersimulierten Arbeitsproben valide erfasst werden können (Nickolaus, Gschwendtner & Abele, 2009b). Da viele Probanden an allen drei Studien teilnahmen, konnten die Daten dieser Validierungsstudie in den Datensatz der beiden anderen Studien integriert werden. Ergänzt wurden zudem Ergebnisse der Gesellenprüfung Teil

1 Die angesprochenen Forschungsprojekte (Kennzeichen: DFG Ni 606/3-1 und Ni 606/6-1) wurden durch Sachbeihilfen der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Schwerpunktprogramm "Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen" ermöglicht (SPP 1293).

1 und Teil 2, die von der Innung des Kraftfahrzeuggewerbes Region Stuttgart zur Verfügung gestellt wurden.

Der *zweite* Datensatz stammt von einem Fahrzeughersteller und umfasst Personalauswahlergebnisse von Auszubildenden, die zwischen 2001 und 2006 eingestellt wurden, sowie verschiedene ausbildungsbezogene Leistungsdaten (z. B. Ergebnisse der Abschlussprüfung oder betriebliche Arbeitsproben).

Im Hinblick auf das Untersuchungsdesign ist festzuhalten, dass zur Prüfung von H1, H2 und H3 nur Daten verwendet werden, die am Ende der Ausbildung erhoben wurden. Der Prüfung der ersten drei Hypothesen liegt also ein querschnittliches Untersuchungsdesign zugrunde. Dagegen basiert die Prüfung von H4 auf Daten, die am Anfang und am Ende der Ausbildung erfasst wurden.

11.2.2 Stichproben

Die Probanden des ersten Datensatzes werden im Folgenden *Stichprobe A* genannt. Stichprobe A besteht aus Kfz-Mechatroniker/-innen, die überwiegend in baden-württembergischen Handwerksbetrieben und teilweise in baden-württembergischen Industriebetrieben ausgebildet wurden.

Die Stichprobenziehung konnte aus praktischen Gründen nicht auf Basis eines Stichprobenplans erfolgen. Entscheidend für die Datenerhebung war die Erreichbarkeit und Kooperationsbereitschaft der Berufsschulen. Mit Blick auf die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse ist deshalb besonders wichtig, die Stichprobeneigenschaften und eventuelle Abweichungen zwischen Stichprobe A und der Population zu analysieren.

Erstmalig wurden bei Stichprobe A im Jahr 2006 Daten erhoben. Insgesamt schlossen 2006 ca. 2800 Kfz-Mechatroniker/-innen (Population) in Baden-Württemberg einen Ausbildungsvertrag in Handwerksbetrieben und Industrieunternehmen ab. Damit repräsentiert Stichprobe A (n=798) ca. 30% der Vergleichspopulation (vgl. Tabelle 4).

Die gemeinsame Betrachtung der Daten dreier Projekte, die trotz erheblicher Überschneidungen auch abweichenden Fragestellungen nachgingen, führt dazu, dass je nach Auswertungsperspektive unterschiedlich viele Probanden in die Hypothesenprüfung einbezogen werden können. Insgesamt werden drei Teilstichproben einbezogen, deren prozentualer Anteil an der Population variiert (zwischen ≈4.4% bei Teilstichprobe A3 und ≈14.3% bei Teilstichprobe A2, vgl. Tabelle 4, in welcher die absoluten Teilstichprobengrößen angegeben sind).

Tabelle 4: Zusammensetzung der Population, der Stichprobe A und verschiedener Teilstichproben nach Geschlecht, betrieblicher Ausbildungsvariante und erreichtem allgemein bildendem Schulabschluss[2]

Stichprobencharakteristika		Population ($N \approx 2800$)	Stichprobe A ($n = 798$)	Teilstichprobe A1 ($n = 260$)	Teilstichprobe A2 ($n = 399$)	Teilstichprobe A3 ($n = 123$)
Geschlecht	Männlich	97.2%	96.0%	97.3%	97.5%	97.6%
Ausbildungsvariante	Industrie	9.8%	16.3%	0%	5.5%	37.4%
	Handwerk	90.2%	83.7%	100%	94.5%	62.6%
Allgemein bildender Schulabschluss	Hauptschule	44.7%	36.6%	35.4%	37.3%	29.4%
	Realschule	49.4%	57.0%	60.2%	58.6%	67.2%
	Studienberechtigung	5.9%	6.4%	4.4%	4.1%	3.4%
	keine Angaben	78	270	147	61	4

Wie Tabelle 4 zeigt, sind trotz der Variation des Stichprobenumfangs im Hinblick auf den Anteil männlicher Probanden keine nennenswerten Unterschiede zu verzeichnen: Wie für gewerblich-technische Ausbildungsberufe zu erwarten, ist der Männeranteil sowohl in der Population als auch in den einzelnen Teilstichproben (A1, A2 und A3) sehr hoch (≈97%). Ebenfalls fällt für den Beruf „Kfz-Mechatroniker/-in" der Anteil an Auszubildenden des Handwerks erwartungsgemäß deutlich höher aus als der Anteil an industriell Ausgebildeten. Allerdings sind hier abhängig von der betrachteten Teilstichprobe größere Unterschiede zur Population feststellbar. Erwähnenswert sind insbesondere der relativ hohe Anteil von Auszubildenden industrieller Betriebe in Teilstichprobe A3 und das Fehlen von Auszubildenden der Industrie in Teilstichprobe A1 (vgl. Tabelle 4).

Was den erreichten allgemein bildenden Schulabschluss anbelangt, ist zu beobachten, dass nicht zu allen Probanden Angaben verfügbar sind. Da keine Gründe vorliegen, von einem systematischen Datenausfall auszugehen, werden die vorhandenen Daten als repräsentativ betrachtet. Generell spiegeln die Teilstichproben die in der Population anzutreffende Rangfolge (vgl. Tabelle 4): Der größte Teil der Auszubildenden weist einen Realschulabschluss auf, der deutlich kleinste Teil hat eine Studienberechtigung erworben. Bemerkenswert ist, dass die Teilstichproben im Vergleich zur Population einen höheren Anteil an Realschülern aufweisen, wogegen der Anteil an Hauptschülern geringer ausfällt. Besonders deutlich wird dies mit Blick auf Teilstichprobe A3, in der nur 29.4% aller Probanden einen Hauptschul- und 67.2% einen Realschulabschluss haben. Aufgrund des hohen Anteils an Auszubildenden der Industrie, die relativ strenge Selektionsprozesse durchlaufen, überrascht diese Zusammensetzung nicht. Angesichts des im Vergleich zur Population höheren Bildungsniveaus der Probanden der Teilstichproben ist insgesamt von einer (moderaten) positiven Leistungsselektion auszugehen. In Anbetracht einer schwerpunktmäßigen Datenerhebung im Raum Stuttgart, der mit Daimler und Porsche zwei große Automobilbauer beherbergt, ist dieses Ergebnis nicht verwun-

2 Die Populationsangaben basieren auf Berufsbildungsstatistiken (BIBB, 2010), teilweise waren kleinere Anpassungen der Statistiken an den gegebenen Kontext nötig.

derlich. Trotz einiger Unterschiede, deuten die Zusammensetzungen der Teilstichproben aber nicht auf grundsätzliche Verzerrungen hin. Allenfalls bei Teilstichprobe A3 könnte im Vergleich zur Population eine leistungshomogenere Gruppe vorliegen, da relativ viele Probanden einen Realschulabschluss haben.

Die Probanden des zweiten Datensatzes werden im Folgenden *Stichprobe B* genannt. Diese Stichprobe besteht aus Probanden verschiedener gewerblich-technischer Ausbildungsberufe (Kfz-Mechatroniker/-innen, Fertigungsmechaniker/-innen, Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik sowie Mechatroniker/-innen), die in Baden-Württemberg bei *einem* Fahrzeughersteller ausgebildet wurden. Eingestellt wurden diese Probanden in den Jahren 2001 bis 2006. Mit Blick auf die in Stichprobe B enthaltenen Probanden besteht die Bezugspopulation also aus allen Personen, die im erwähnten Zeitraum (2001-2006) in Baden-Württemberg in den betreffenden Berufen und in Industriebetrieben neue Ausbildungsverträge abgeschlossen haben ($N \approx 12800$, vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5: Zusammensetzung der Bezugspopulationen, der Stichprobe B und der Teilstichproben B1 und B2 nach Geschlecht, Nationalität, Ausbildungsberuf und erreichtem allgemein bildendem Schulabschluss[3]

Stichprobencharakteristika		Gesamtpopulation ($N \approx 12800$)	Stichprobe B ($n = 710$)	Teilstichprobe B1 ($n = 399$)	Kfz-Population ($N \approx 1500$)	Teilstichprobe B2 ($n = 163$)
Geschlecht	Männlich	94.5%	85.9%	85.2%	92.8%	86.6%
Nationalität	Deutsch	95.4%	89.3%	91.2%	92.7%	90.2%
Ausbildungsberuf	Kfz-Mechatroniker/-in	9.4%	42.0%	41.1%	100%	100%
	Fertigungsmechaniker/-in	15.6%	21.9%	16.1%	0%	0%
	Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik	22.2%	19.5%	19.0%	0%	0%
	Mechatroniker/-in	52.8%	16.6%	23.8%	0%	0%
Allgemein bildender Schulabschluss	Hauptschule	16.5%	39.7%	32.3%	8.0%	32.9%
	Realschule	73.7%	58.3%	64.9%	80.0%	64.0%
	Studienberechtigung	9.8%	2.0%	2.8%	12.0%	3.1%

Da auch hier der Stichprobenziehung keine Stichprobenplanung zugrunde gelegt, sondern aus pragmatischen Gründen nur ein Unternehmen berücksichtigt werden

3 Auch hier basieren die Populationsangaben auf Berufsbildungsstatistiken (BIBB, 2010). Im Vergleich zur vorigen Tabelle waren aber etwas umfassendere Anpassungen nötig, da die Ausbildungsberufe „Kfz-Mechatroniker/-in“ und „Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik“ erst seit dem Jahr 2003 existieren. Bei der Erstellung der Populationsstatistik, die den Zeitraum zwischen 2001 und 2006 abdeckt, wurde wie in anderen Berufsbildungsstatistiken verfahren (z. B. BIBB, 2010) und die früheren Ausbildungsberufe „Kfz-Elektriker/-in“ und „Kfz-Mechaniker/-in“ dem Beruf „Kfz-Mechatroniker/-in“ zugeordnet, Industrieelektroniker/-innen wurden dem Beruf „Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik“ zugewiesen. Tatsächlich wäre ein Teil der Industrieelektroniker/-innen dem Ausbildungsberuf „Elektroniker/-in für Geräte und Systeme“ zuzuordnen. Da die gesichteten Statistiken keine Aufteilungsquoten zur Verfügung stellen, ist diese Fehlklassifikation nicht zu vermeiden; deren Auswirkung dürfte aber von geringer Bedeutung sein.

konnte, ist ein Vergleich dieser unternehmensspezifischen Stichprobe (Stichprobe B) mit der Population ebenfalls besonders wichtig. Stichprobe B beinhaltet ca. 6% der Populationspersonen. Leider liegen nur für einen Teil dieser Stichprobe ausbildungsbezogene Daten vor, so dass sich die Stichprobengröße für die Auswertungen reduziert (Teilstichprobe B1: n=399, vgl. Tabelle 5 Mitte). Auffällig ist der im Vergleich zur Gesamtpopulation hohe Frauen- und Ausländeranteil in Teilstichprobe B1 (14.8% bzw. 8.8%). Tabelle 5 verdeutlicht, dass im Hinblick auf den prozentualen Anteil an Fertigungsmechaniker/-innen und Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik nur geringe Unterschiede zwischen der Gesamtpopulation und Teilstichprobe B1 bestehen. Wie bei einem Automobilhersteller zu erwarten, sind aber überproportional viele Kfz-Mechatroniker/-innen vertreten (Gesamtpopulation: 9.4% und Teilstichprobe B1: 41.1%), Mechatroniker/-innen sind dagegen deutlich unterrepräsentiert (Gesamtpopulation: 52.8% und Teilstichprobe B1: 23.8%).

Besonderheiten weist Teilstichprobe B1 auch insofern auf, als der prozentuale Anteil an Probanden mit Hauptschulabschluss höher und der Anteil derer mit Studienberechtigung geringer ist als in der Gesamtpopulation. Dies deutet eine negative Leistungsselektion an. Allerdings dürfte die testbasierte betriebliche Personalauswahl diesen Selektionseffekt abmildern, denn diese führt dazu, dass v. a. gute Haupt- und Realschüler rekrutiert werden.

Da Teilstichprobe B2 lediglich aus Kfz-Mechatroniker/-innen besteht, sind als Vergleichspopulation hier diejenigen heranzuziehen, die zwischen den Jahren 2001 und 2006 in baden-württembergischen *Industrie*unternehmen einen Ausbildungsvertrag als Kfz-Mechatroniker/-in unterschrieben haben (Kfz-Population: $N\approx1500$, vgl. Tabelle 5 rechts). Teilstichprobe B2 beinhaltet ca. 11% der Probanden dieser Kfz-Population. Auch in Teilstichprobe B2 zeigen sich die bereits erwähnten Besonderheiten: Der relative Anteil an Frauen und Ausländern ist höher als in der Bezugspopulation. Ferner enthält Teilstichprobe B2 prozentual betrachtet mehr Personen mit Hauptschul- und weniger mit Realschulabschluss.

Für den weiteren Fortgang der Arbeit sind insbesondere die folgenden Punkte bedeutsam: (1) Da Teilstichprobe B1 die Berufsverteilung der Gesamtpopulation nur unzureichend abbildet, ist eine Generalisierung der Ergebnisse auf die Gesamtpopulation mit Unsicherheiten verbunden. (2) Darüber, inwieweit der höhere Frauen- und Ausländeranteil die Ergebnisse beeinflusst, können aufgrund der geringen Anzahl an Probanden pro Gruppe (Gruppe der Frauen bzw. der Ausländer) keine belastbaren Aussagen getroffen werden.

Prinzipiell ist anzumerken, dass die Stichproben A und B mit Kfz-Mechatroniker/-innen und Mechatroniker/-innen, gemessen an der Anzahl jährlich neu abgeschlossener Ausbildungsverträge, sehr bedeutsame Ausbildungsberufe abdecken (BIBB, 2010). Bei den anderen Ausbildungsberufen handelt es sich dagegen eher um Berufe mittlerer quantitativer Bedeutung (ebd.).

11.2.3 Erhebungsinstrumente und verwendete Maße

Im Hinblick auf die Erhebungsinstrumente sei zunächst erwähnt, dass deren Entwicklung nicht Gegenstand dieser Arbeit war. Soweit bei der Hypothesenprüfung auf Testergebnisse zurückgegriffen wird, werden folglich bereits entwickelte und an anderer Stelle ausführlich diskutierte Tests einbezogen. Aus diesem Grund beschränkt sich die Beschreibung der Erhebungsinstrumente – von einer Ausnahme abgesehen – auf die Wiedergabe der wesentlichen Informationen. Detaillierte Informationen können den zitierten Quellen entnommen werden. Für beide zuvor besprochenen Stichproben liegen sowohl Daten zu berufsfachlichem Wissen als auch zu berufsfachlicher Fertigkeit vor. Ferner wurden in beiden Stichproben Konstrukte erfasst, die nicht zur berufsfachlichen Kompetenz gehören, für berufliches Handeln aber dennoch relevant sein dürften.

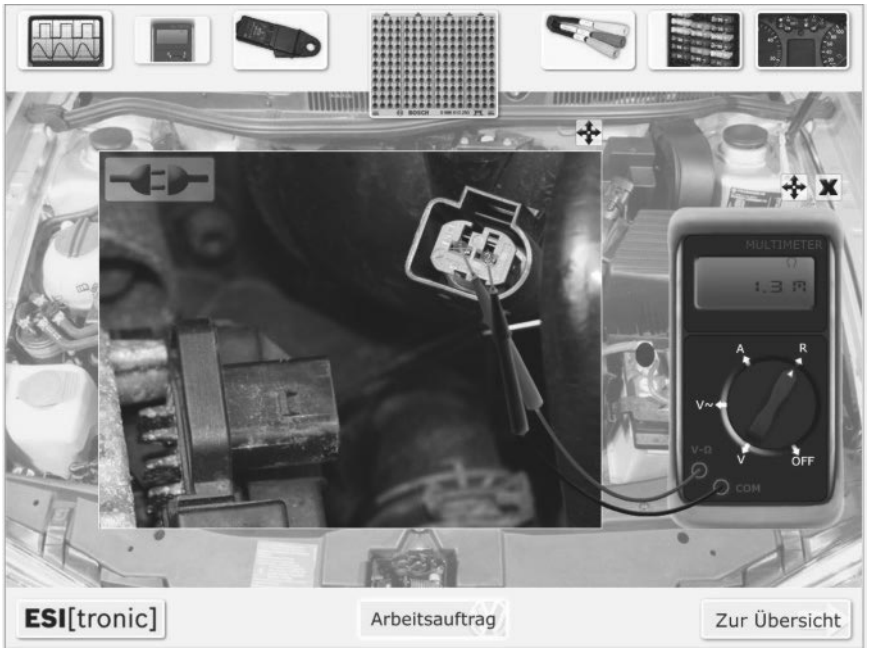
Berufsfachliches Wissen

Berufsfachliches Wissen wurde in *Stichprobe A* anhand von zwei Papier-und-Bleistift-Tests erhoben. Der erste Test deckt einen Großteil des berufsfachlichen Wissens ab, das Kfz-Mechatroniker/-innen am Ausbildungsende aus curricularer Sicht beherrschen sollten und wird ausführlich bei Gschwendtner (2011) besprochen. Hier werden die folgenden Inhaltsbereiche bzw. Skalen dieses Wissenstests berücksichtigt: *Kfz-Motortechnik* (40 Items), *Kraftübertragung* (6 Items), *Fahrwerk* (11 Items) sowie *elektrische und elektronische Kfz-Systeme* (22 Items).[4] Alle Skalen zusammen erfassen *allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen*, einzelne Skalen das *Wissen in einem Inhaltsbereich*, also z. B. Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen. Zum zweiten berufsfachlichen Wissenstest, mit dem Stichprobe A konfrontiert wurde, liegt noch keine Veröffentlichung vor. Daher wird dieser ausführlicher besprochen. Zuerst ist anzumerken, dass dieser Test – wie bereits eine Skala des zuvor besprochenen Wissenstests – den Inhaltsbereich „elektrische und elektronische Kfz-Systeme“ abdeckt und damit *Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen* erfasst.
Für ein hinreichendes Verständnis dieses Tests werden drei von insgesamt 14 Aufgaben (Items) detailliert besprochen. Die beschriebenen Aufgaben werden am Beispiel des Wissenstests zu elektrischen und elektronischen Systemen verdeutlichen, was für beide berufsfachliche Wissenstests gilt: In Übereinstimmung mit der in Kapitel 4.5 gegebenen Definition erfassen sie explizites *Faktenwissen* (z. B. Kenntnis physikalischer Maßeinheiten), *Verständniswissen*, d. h. Verständnis der Funktion

4 Der Inhaltsbereich *Motor* bezieht sich auf die Verbrennung, die Einspritzung, die Motorsteuerung, die Kühlung und die Abgasanlage eines Kfz-Motors. Mit *Kraftübertragung* sind das Getriebe, die Kupplung sowie der Rad- bzw. Achsantrieb, mit *Fahrwerk* die Radaufhängung, die Räder, die Bremsanlage sowie die Lenkung und mit dem Inhaltsbereich *elektrische und elektronische Systeme* das Motormanagement, die Start-/Strom-/Beleuchtungsanlage, die Zündanlage sowie das Komfort- und Sicherheitssystem angesprochen (Gschwendtner, 2011).

und des Zusammenhangs Kfz-technischer Systeme (z. B. Zusammenspiel des Motorsteuergeräts und des Luftmassenmessers) sowie *Strategiewissen*, also bspw., ob eine konkrete, ggf. mehrschrittige Strategie zur Fehlerdiagnose benannt werden kann. Die erste Beispielaufgabe enthält den Screenshot einer Computersimulation (vgl. Abbildung 25), die weiter unten beschrieben wird.

1. Beispielaufgabe: *Was bedeutet das Messergebnis im Bild unten?*



☐ 1,3 Ohm
☐ 13 Ohm
☐ 130 Ohm
☐ 1300 Ohm
☐ 1300000 Ohm

Abbildung 25: Erste Beispielaufgabe aus dem Wissenstest zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen

Bei dieser Aufgabe muss der im Display des Multimeters abgebildete Widerstandswert von 1.3 MΩ den vorgegebenen Antworten richtig zugeordnet werden. Dazu müssen die Probanden wissen, dass der abgebildete Megaohm-Wert für eine Darstellung in Ohm mit 106 zu multiplizieren ist (richtig ist also die letzte Antwortmöglichkeit, d. h. 1300000 Ω).

Anspruchsvoller ist die zweite Beispielaufgabe, bei der es um eine elektrotechnische Messung an einem bestimmten Bauteil (B8.1) und an bestimmten Messstellen (Pin 4 und Pin 3) geht (vgl. Abbildung 26). Anhand des elektrischen Anschlussplans und weiterer mit dem Test ausgeteilter, in der Abbildung aber nicht dargestellter Materialien kann der Proband herausfinden, dass es sich beim angesprochenen Bauteil um den Luftmassenmesser handelt und dass ein Spannungswert von 0 V einen Fehlzustand anzeigt. Über die Identifikation relevanter Elemente mithilfe des elektrischen Anschlussplans sowie Wissen über deren Zusammenspiel und Funktion kann er ferner eine gezielte Fehleranalyse betreiben und erkennen, dass der Fehlzustand folgende Ursachen haben kann: (A) Kabelunterbrechungen zwischen Motorsteuergerät (A1.1) und Luftmassenmesser (B8.1), (B) ein defektes Motorsteuergerät und (C) ein – warum auch immer – nicht mit Spannung versorgtes Motorsteuergerät

2. Beispielaufgabe: *Sie messen am Bauteil B8.1 (Pin 3 und Pin 4) (Zündung eingeschaltet) kabelbaumseitig 0 Volt. Welche Ursachen kann dies haben?*

Elektrischer Anschlussplan

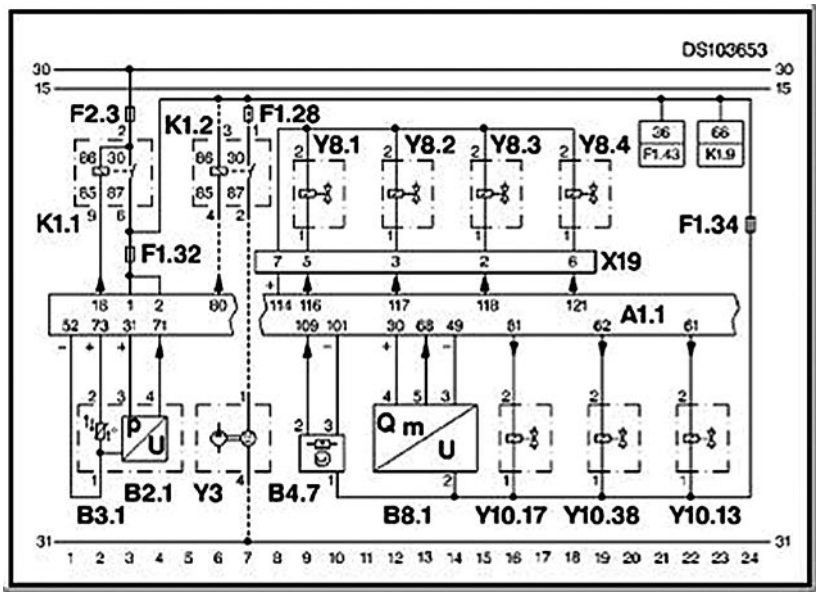


Abbildung 26: Zweite Beispielaufgabe aus dem Wissenstest zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen

Schließlich wird in der *dritten* Beispielaufgabe die Explikation einer Diagnosestrategie verlangt (vgl.
Abbildung 27): Der Proband muss unter Zuhilfenahme des elektrischen Anschlussplans konkret angeben, wo er mit welchem Messinstrument messen muss, wenn er

die Funktion der Masseleitung prüfen will. Im vorliegenden Fall kann er die Funktion bspw. durch eine mit dem Multimeter vorgenommene Spannungsmessung zwischen Pin 2 der Komponente E6.4 (Heizelement für die Kurbelgehäuseentlüftung) und dem Pluspol der Fahrzeugbatterie (Klemme 30) prüfen.

3. Beispielaufgabe: *Sie vermuten, dass die Masseleitung von Bauteil E6.4 defekt ist. Zeigen Sie unter Angabe der Pins und des Messinstruments, wie Sie hier genau prüfen!*

Elektrischer Anschlussplan

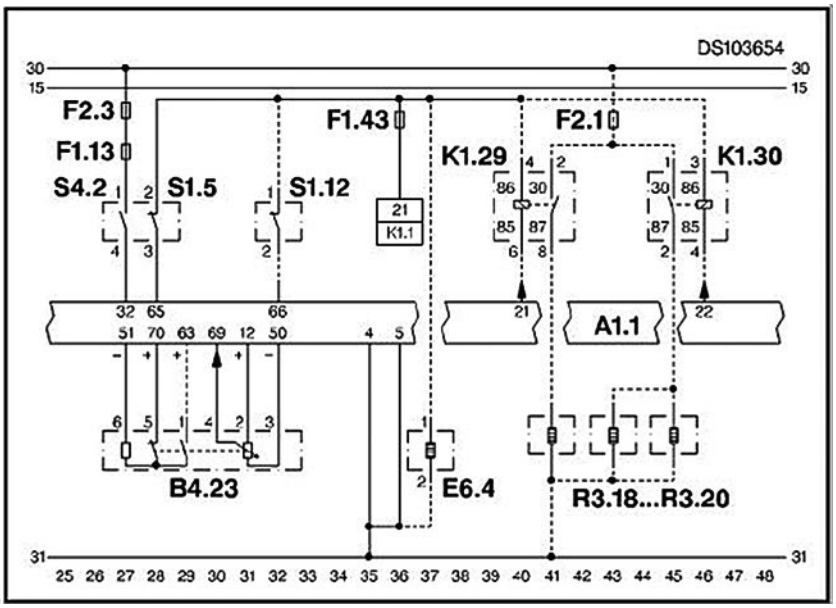


Abbildung 27: Dritte Beispielaufgabe aus dem Wissenstest zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen

Zudem liegen in Stichprobe A zwei Maße vor, die der theoretischen Gesellenprüfung Teil 2 („theoretische" Abschlussprüfung) entstammen: Ergebnisse zum übergreifenden Kfz-Wissen und zum Kfz-Diagnosewissen. Da ein Ziel der „theoretischen" Abschlussprüfung darin besteht, das berufsrelevante Wissen möglichst breit abzuprüfen, kann zumindest näherungsweise unterstellt werden, dass beide Maße zusammen allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen abdecken. Die Testergebnisse liegen nur in aggregierter Form und nicht auf Itemebene vor. Die Reliabilität theoretischer Abschlussprüfungen wird unterschiedlich eingeschätzt: Kramer (2009b) geht von einem Reliabilitätskoeffizienten von *Rel*=.64 aus, Hülsheger et al. (2006) veranschlagen einen Koeffizienten von *Rel*=.80. Bei der von Abele (2011b) untersuchten Stichprobe erreichten die erwähnten Maße zusammen eine Reliabilität von

Rel=.85[5], die in weitgehender Übereinstimmung mit Hülsheger und Kollegen für die folgenden Analysen übernommen wird.

Für *Stichprobe B* liegen die Gesamtergebnisse der theoretischen Abschlussprüfung vor, die *allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen* repräsentieren und für die ebenfalls der oben genannte Reliabilitätskoeffizient gilt (*Rel*=.85). Für einen Teil dieser Stichprobe (Stichprobe B2: Kfz-Mechatroniker/-innen) sind auch differenziertere Maße verfügbar, nämlich zur *Kfz-Instandhaltungstechnik* und zur *Kfz-Diagnosetechnik*, die zusammen ebenfalls *allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen* abbilden.

Darüber hinaus liegen für Stichprobe B die durchschnittlichen *berufsfachlichen Berufsschulnoten* vor, die sich auf das Ausbildungsende beziehen und als Maß für *allgemeines berufsfachliches Wissen* interpretiert werden (vgl. Kapitel 4.5). In Anlehnung an Tent (2006) wird für Durchschnittsnoten eine Reliabilität von *Rel* ≥.80 angenommen.

Berufsfachliche Fertigkeit

Weniger Leistungsmaße sind zur berufsfachlichen Fertigkeit verfügbar. In *Stichprobe A* wurden berufsfachliche Fertigkeiten u. a. anhand der bereits erwähnten computersimulierten Arbeitsproben erfasst. In dieser Computersimulation, in der Ausschnitte der Berufsumwelt von Kfz-Mechatroniker/-innen authentisch abgebildet sind, müssen Probanden berufstypische Aufgaben bewältigen (Nickolaus et al., 2009b). Zu bearbeiten sind bspw. Aufgaben, welche die Identifikation defekter Fahrzeugkomponenten (z. B. defekter Sensor) oder eines Kabelbruchs (z. B. infolge eines Marderschadens) verlangen. Die inhaltliche und ökologische Validität dieses Tests wurde an anderer Stelle ausführlich belegt und diskutiert (Gschwendtner et al., 2009). Die Arbeitsproben (Items) beziehen sich auf den Tätigkeitsbereich *Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen* und erfassen *Diagnosefertigkeiten* in diesem Bereich.

Zudem liegen in Stichprobe A Ergebnisse der praktischen Gesellenprüfung Teil 2 (praktische Abschlussprüfung) vor, die auf sechs Prüfungsstationen bzw. Arbeitsproben basieren. Drei Aufgaben entfallen auf den Tätigkeitsbereich *Fehlerdiagnose in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen*, zwei auf den Bereich *Reparatur* und eine Aufgabe auf den *Servicebereich*.[6] Eine Diagnose- und die einzige Serviceaufgabe wurden durch ein Fachgespräch ergänzt, weshalb insgesamt acht Indikatoren vorliegen. Inhaltlich beziehen sich die Diagnose-aufgaben z. B. auf die Identifikation einer Kabelunterbrechung beim Abgasrückführventil. Bei den Reparaturaufgaben musste bspw. eine Trommel-bremse entfernt, zerlegt und wieder zu-

5 Die Reliabilität wurde auf Basis der bei Abele (2011b) dargestellten konfirmatorischen Faktorenanalyse und der Formel zu McDonalds Omega ermittelt (Eid, Gollwitzer & Schmitt, 2010).

6 Die Zuordnung der praktischen Prüfungsaufgaben zu Tätigkeitsbereichen erfolgt in Anlehnung an Becker et al. (2002) sowie Spöttl et al. (2011).

sammengebaut werden, bei der Serviceaufgabe war eine Abgasuntersuchung durchzuführen. Aufgrund der Anzahl an Aufgaben pro Tätigkeitsbereich sind im Weiteren nur zwei Analysevarianten sinnvoll: Einerseits können die drei Diagnoseaufgaben zu einer Skala zusammengefasst werden, womit *Fehlerdiagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen* abgebildet werden. Andererseits können alle Aufgaben gemeinsam betrachtet werden. Dann wird *allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit* in den Blick genommen. Im Anschluss an Abele (2011b) wird eine Realiabilität von *Rel*=.68[7] unterstellt, die nahezu dem bei Kramer (2009b) genannten Wert von *Rel*=.64 entspricht.

Auch für *Stichprobe B* existieren Ergebnisse zur praktischen Abschlussprüfung. Für Teilstichprobe B1 liegen die Endergebnisse der praktischen Prüfung vor, die als Maß für *allgemeine berufsfachliche Fertigkeit* aufgefasst werden. Für Teilstichprobe B2 (Kfz-Mechatroniker/-innen) existieren die Ergebnisse *betrieblicher Arbeitsaufträge* und zugehöriger *Fachgespräche*, die zusammen *allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit* repräsentieren. Für beide Stichproben sind nur aggregierte Maße verfügbar. Analysen innerhalb eines Tätigkeitsbereichs sind also nicht möglich. Wichtig ist, dass die betrieblichen Arbeitsaufträge keine schriftliche Ausarbeitung umfassen, sondern auf praktischen Arbeitsproben beruhen, bei denen z. B. technische Defekte in Kfz-Komfort- und Sicherheitssystemen zu identifizieren und zu beheben sind. In den Fachgesprächen müssen die Prüflinge ihr Handeln erklären und begründen. Dabei werden ihnen auch Fragen zur Funktion oder zum Aufbau bestimmter technischer Komponenten gestellt. Auch hier wird eine Reliabilität von *Rel*=.68 angenommen.

Außerdem liegen für Teilstichprobe B2 Resultate von Arbeitsproben vor, welche die Probanden im Rahmen der betrieblichen Leistungserfassung bearbeiteten. Diese betrieblichen Arbeitsproben beziehen sich auf das dritte Ausbildungsjahr und indizieren Kfz-Fertigkeiten zentraler Tätigkeitsbereiche. In Übereinstimmung mit den vorigen Ausführungen wird auch hier eine Reliabilität von Rel=.68 unterstellt. Die verschiedenen empirischen Modellierungsvarianten der einzelnen berufsfachlichen Kompetenzdimensionen sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

7 Auch hier wurde die Reliabilität anhand der Formel zu McDonalds Omega berechnet (Eid et al., 2010). Allerdings wurde dafür die bei Abele (2011b) dargestellte konfirmatorische Faktorenanalyse modifiziert: Das neu gebildete, hier aber nicht weiter diskutierte Modell beinhaltet nur *einen* latenten Faktor und als Indikatoren lediglich die acht Items der Praxisprüfung.

Tabelle 6: Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz und zugehörige empirische Modellierungsvarianten

	Berufsfachliche Kompetenzdimension	Empirische Modellierungsvariante
Stichprobe A	*Berufsfachliches Kfz-Wissen in einem Inhaltsbereich*	1. Inhaltsbereich *Kfz-Motortechnik*: einschlägige Testskalenergebnisse (Gschwendtner, 2011) 2. Inhaltsbereich *Kraftübertragung*: einschlägige Testskalenergebnisse (ebd.) 3. Inhaltsbereich *Fahrwerk*: einschlägige Testskalenergebnisse (ebd.) 4. Inhaltsbereich *elektrische und elektronische Kfz-Systeme*: Ergebnisse zweier einschlägiger Testskalen (ebd. und vorige Ausführungen)
	Allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen	1. Variante: Alle zuvor genannten Skalenergebnisse zusammen (Gschwendtner, 2011) 2. Variante: Gesamtergebnisse der „theoretischen" Gesellenprüfung Teil 2 3. Variante: Alle Teilergebnisse (übergreifendes Kfz-Wissen und Kfz-Diagnosewissen) der „theoretischen" Gesellenprüfung Teil 2 zusammen
	Allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit	Alle Ergebnisse von sechs Prüfungsstationen (P1 bis P6) der praktischen Gesellenprüfung Teil 2 zusammen
	Berufsfachliche Kfz-Fertigkeit im Tätigkeitsbereich „Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen"	1. Variante: Ergebnisse computersimulierter Arbeitsproben (Gschwendtner et al., 2009) 2. Variante: Ergebnisse realer Arbeitsproben der praktischen Gesellenprüfung Teil 2 (P1, P2 & P6)
Stichprobe B	*Allgemeines berufsfachliches Wissen*	1. Variante: Gesamtergebnisse der „theoretischen" Gesellenprüfung Teil 2 2. Variante: Alle Teilergebnisse (Wissen zu Kfz-Instandhaltungstechnik und zu Kfz-Diagnosetechnik) der „theoretischen" Gesellenprüfung Teil 2 zusammen 3. Variante: Alle berufsfachliche Schulnoten zusammen
	Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit	1. Variante: Gesamtergebnisse der praktischen Gesellenprüfung Teil 2 2. Variante: Alle Teilergebnisse (betriebliche Arbeitsaufträge und zugehörige Fachgespräche) der praktischen Gesellenprüfung Teil 2 zusammen

Weitere relevante Konstrukte

Mit der vierten Hypothese sind hier neben berufsfachlicher Kompetenz weitere Konstrukte angesprochen.

(1) *Intelligenz* wurde in beiden Stichproben diagnostiziert. In *Stichprobe A* wurde dafür der kulturfaire Grundintelligenztest *CFT 3* eingesetzt (Weiß, 1971), der *fluide Intelligenz* erfasst (vgl. Kapitel 7.1) und vier Skalen (Reihenfortsetzen, Klassifikationen, Matrizen und Topologien) sowie zwei Testteile umfasst. Für den Gesamttest werden im Manual Reliabilitäten zwischen *Rel*=.82-.95 angegeben; hier wird eine Reliabilität von *Rel*=.92 unterstellt. In *Stichprobe B* wurde Intelligenz mit dem Test *Intelligenz-Struktur-Analyse* (*ISA*) erhoben (Fay, Trost & Gittler, 1998), also einem Test zur Erfassung *kristalliner Intelligenz* (vgl. Kapitel 7.1). Dieser Test umfasst die Inhaltsbereiche „Mathematik", „Sprache" und „räumliches Vorstellungsvermögen" und diagnostiziert dementsprechend *mathematische* und *sprachliche Fähigkeit* sowie *räumliches Vorstellungsvermögen*. Für das Gesamtergebnis wird im Manual eine Reliabilität von *Rel*=.98 genannt. Für die einzelnen Skalen

werden keine Reliabilitäten angegeben, aus den verfügbaren Informationen kann pro Skala eine Reliabilität von *Rel*=.90 unterstellt werden (Fay et al., 1998).

(2) Die Erfassung *mathematischer Basiskompetenzen* fand nur in Stichprobe A und anhand von Items des SL-HAM 10/11 statt (Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung, 2002). Ausgewählt wurden jene Items, die im Rahmen der beruflichen Ausbildung relevant sind. Der so zusammengestellte Test beinhaltet die mathematischen Inhaltsbereiche „Geometrie", „Algebra" sowie „Arithmetik" (Nickolaus et al., 2008). Die gesichteten Publikationen enthalten keinen Reliabilitätswert für diesen Test. In der vorliegenden Studie erreicht der Test eine Reliabilität von *Rel*=.68.

(3) Darüber hinaus wurden in Stichprobe A *sprachliche Basiskompetenzen* getestet. Dabei kamen Items „des kulturadäquat übersetzten" Gates-MacGinitie-Test 7/9 zum Einsatz (Nickolaus et al., 2008, S. 5; zum Originaltest siehe MacGinitie, MacGinitie, Maria & Dreyer, 2000). Beim Gates-MacGinitie-Test müssen Probanden Fragen zu gegebenen Kurztexten beantworten, wofür sie aus mehreren Alternativen jeweils die richtige Antwort auswählen müssen. Die Untersuchung von Norwig, Ziegler, Kugler und Nickolaus (in Druck) bescheinigt dem Sprachtest eine gute Reliabilität (*Rel*=.88).

(4) Als weiteres psychologisches Konstrukt wurde in Stichprobe A das *Interesse* am erlernten *Ausbildungsberuf* erhoben. Dafür wurde eine an den berufsbildenden Kontext angepasste Version des Fragebogens zum Studieninteresse (FSI) verwendet (Schiefele, Krapp, Wild & Winteler, 1993). Diese adaptierte Version besteht, wie auch der ursprüngliche Fragebogen, aus fünfstufigen Ratingskalen. Für die Orginalversion wird eine Reliabilität von *Rel*=.90 berichtet (ebd.).

11.2.4 Grundlagen der Hypothesenprüfung und Prüfstrategie

Im zurückliegenden Abschnitt wurden den Kompetenzdimensionen „berufsfachliches Wissen" und „berufsfachliche Fertigkeit" und den verschiedenen Bereichen (Inhalts- bzw. Tätigkeitsbereichen) entsprechend dem theoretisch ausgearbeiteten berufsfachlichen Kompetenzverständnis diagnostische Maße zugeordnet (vgl. Tabelle 6, S. 174). Dabei wurde bspw. behauptet, dass die beschriebenen computersimulierten Arbeitsproben Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen, also berufsfachliche Fertigkeiten in einem bestimmten Tätigkeitsbereich erfassen. Vor dem Hintergrund des vorgelegten berufsfachlichen Kompetenzverständnisses ist die Interpretation der Maße demnach mit einigen Annahmen verbunden. Aus der empirischen Prüfung dieser Annahmen lassen sich Hinweise zur Validität des entwickelten Konstruktverständnisses gewinnen.

Validierungsansatz

Embretson (2007) betont, dass bei der Konstruktvalidierung mehrere Aspekte wie bspw. die psychometrischen Eigenschaften eines Erhebungsverfahrens, die Angemessenheit eines Messmodells zur Abbildung eines Konstrukts und das Verhältnis des Konstrukts zu anderen Konstrukten zu berücksichtigen sind (siehe dazu auch Kane, 2001). Hartig, Frey und Jude (2008) teilen diese Auffassung und schlagen u. a. den folgenden Validierungsansatz vor:

Zunächst ist zwischen einem theoretischen und einem empirischen Bereich zu unterscheiden. Der theoretische Bereich umfasst die sprachliche Klärung des Konstrukts und sein theoretisches Verhältnis zu anderen Konstrukten. Es wird also eine Theorie bzw. ein nomologisches Netz entwickelt. Dagegen bezieht sich der empirische Bereich auf beobachtbares Verhalten und die Überprüfung der im nomologischen Netz enthaltenen Aussagen. Um die Aussagen empirisch prüfen zu können, müssen dem theoretischen Konstrukt bestimmte Beobachtungsbereiche bzw. empirisch beobachtbare Sachverhalte zugeordnet werden. Diese Zuordnung erfolgt anhand von Korrespondenzregeln, die definitorisch festgelegt werden. Mithilfe solcher Zuordnungen können die Aussagen, die in einem nomologischen Netz zu einem bestimmten Konstrukt enthalten sind, empirisch geprüft werden.[8] Falls diese Aussagen einer empirischen Prüfung standhalten, spricht dies dafür, dass bestimmte Testwerte im Sinne eines bestimmten Konstrukts interpretiert werden können.

Im vorgelegten berufsfachlichen Kompetenzkonstrukt sind folgende Aussagen enthalten: Berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit können als eine eigenständige Dimension berufsfachlicher Kompetenz interpretiert werden, und zwar unabhängig davon, ob ein Bereich oder mehrere Bereiche betrachtet werden. Damit wird angenommen, dass verschiedene berufsfachliche Wissensmaße (bestimmte Testwerte) ebenso *konvergente Validität* besitzen wie verschiedene berufsfachliche Fertigkeitsmaße. Da beide Facetten zentrale Bestandteile berufsfachlicher Kompetenz sind, hängen sie einerseits eng zusammen, andererseits stellen sie aber auch eigenständige Konstrukte dar. Damit ist die *divergente Validität* beider Kompetenzfacetten angesprochen. Unterstellt wird zudem, dass berufsfachliche Kompetenz im Vergleich zu anderen Konstrukten wie z. B. fluide Intelligenz *divergente Validität* besitzt.

Falls sich diese Annahmen empirisch bestätigen, spricht dies für die empirische Angemessenheit des entwickelten nomologischen Netzes (also z. B. für die Angemessenheit des theoretisch angenommenen Verhältnisses von berufsfachlichem Wissen und berufsfachlicher Fertigkeit) und damit für die Testwertinterpretation im

8 Der beschriebene Validierungsansatz wird von Borsboom, Mellenbergh und Heerden (2004) scharf kritisiert, denn er beschränke sich, so die Autoren, häufig darauf, Zusammenhangsstrukturen zu beschreiben. Im Zentrum der Validierung müsse aber die Frage stehen, ob ein Konstrukt „tatsächlich" existiert und ob es Probandenverhalten kausal beeinflusst. Die Klärung dieser Frage erfordert eine systematische Itementwicklung, was hier nicht intendiert war. Zudem klammert dieser Ansatz einen Aspekt aus, der hier zentral ist: das Verhältnis verschiedener Konstrukte zueinander.

Sinne des vorgelegten Kompetenzverständnisses. Selbstverständlich liefert der beschriebene Validierungsansatz dafür keinen eindeutigen Nachweis. Denn geprüft wird, ob sich theoriekonforme empirische Zusammenhangsstrukturen zeigen. Darüber, ob andere Testwertinterpretationen ebenso gut oder besser zur empirischen Datenlage passen, sind keine belastbaren Aussagen möglich.

Eine wichtige Voraussetzung für die Prüfung der konvergenten und divergenten Validität von Konstrukten ist, dass sie empirisch angemessen abgebildet werden. Dafür ist die inhaltliche und faktorielle Validität der verwendeten Indikatoren zu prüfen. Die inhaltliche, d. h. curriculare und tätigkeitsbezogene Validität der hier einbezogenen Items und Maße kann vorausgesetzt werden: Die Indikatoren wurden nach ausführlichen curricularen Analysen und/oder auf der Erfahrungsbasis von Ausbildungsexperten erstellt (vgl. Kapitel 11.2.3 und die dort zitierten Quellen). Die *faktorielle Validität*, d. h. die Annahme, dass einzelne Items aus statistischer Sicht denselben Faktor repräsentieren bzw. homogen sind, wird im Weiteren untersucht. Geprüft wird also, ob die Items konvergent valide sind.

Falls die Validierung erwartungswidrige Ergebnisse bringt, kann dies folgende Gründe haben (Hartig et al., 2008): (1) Eine empirisch nicht angemessene Zuordnung von Konstrukt und Indikator, also ein Korrespondenzproblem (Schnell, Hill & Esser, 1999): Denkbar wäre bspw., dass mit betrieblichen Arbeitsaufträgen eher berufsfachliches Wissen als berufsfachliche Fertigkeit erfasst wird. (2) Ein nomologisches Netz, das empirisch nicht tragfähig ist. Ein solcher Fall läge vor, wenn sich berufsfachliches Wissen und Fertigkeit als empirisch nicht unterscheidbare Kompetenzfacetten herausstellten. (3) Eine schlechte Qualität der eingesetzten Erhebungsinstrumente: Falls die verwendeten diagnostischen Maße die anvisierten Konstrukte z. B. nicht reliabel oder homogen abbilden, kann dies ebenfalls zu hypothesenwidrigen Ergebnissen führen. Relevant werden die genannten Punkte, wenn im Anschluss an die Hypothesenprüfung nach Ursachen für erwartungswidrige Befunde gesucht werden muss.

Statistische Grundlagen

Zur Validitätsprüfung werden zwei statistische Verfahren herangezogen: bivariate Korrelationsanalysen und Strukturgleichungsmodelle. Um das Verständnis der nachfolgenden Analysen zu erleichtern, wird zunächst kurz die Grundlogik von Strukturgleichungsmodellen erläutert. Anschließend werden generelle Informationen dazu gegeben, wie die Strukturgleichungsmodelle gebildet und analysiert werden. Schließlich wird im Rückgriff auf die Hypothesen besprochen, wie die faktorielle, konvergente und divergente Validität konkret geprüft wird.

Grundlogik von Strukturgleichungsmodellen: Auswertungen mit Strukturgleichungsmodellen unterliegen folgender Logik: Ausgehend von theoretischen Vorstellungen wird ein Modell spezifiziert (*Modellspezifikation*), das aus einem oder mehreren Messmodellen und einem Strukturmodell besteht. Mathematisch ausgedrückt stellen diese Modelle lineare Gleichungen dar, die einerseits den Zusammenhang von Faktor und Indikatoren bzw. Items (*Messmodell*) und andererseits den

Zusammenhang verschiedener Faktoren untereinander (*Strukturmodell)* beschreiben. In diesen Gleichungen werden die beobachteten Indikatorausprägungen als Linearkombination eines Faktor- und eines Residualwerts dargestellt (Eid et al., 2010). Zur Lösung des aufgestellten Gleichungssystems wird auf den Mittelwertvektor und die Kovarianzmatrix der untersuchten Stichprobe (also die empirischen Daten) (Nagy, 2005) und ein bestimmtes Schätzverfahren zurückgegriffen (*Parameterschätzung*). Die Schätzung des modellimplizierten Mittelwertvektors und der modellimplizierten Kovarianzmatrix erfolgt mit der Maßgabe einer idealen Anpassung an die empirischen Daten. In der ersten und zweiten Studie ist lediglich die *modellimplizierte Kovarianzmatrix* von Interesse, in der dritten Studie auch der modellimplizierte Mittelwertvektor. Die empirische Angemessenheit des spezifizierten Modells, d. h. die *Modellanpassungsgüte* wird über einen Vergleich der modellimplizierten und der empirischen Kovarianzmatrix bestimmt. Um die Passungsgüte bestimmen zu können, muss das Modell überidentifiziert sein, d. h. es müssen mehr empirische Informationen zur Verfügung stehen als für die Parameterschätzung nötig sind (Eid et al., 2010). Die Nullhypothese lautet hierbei, dass sich die modellimplizierten und empirischen Daten nicht unterscheiden, was bedeutet, dass das Modell die empirische Datenlage gut annähert. Intendiert ist folglich das Beibehalten der Nullhypothese.

Modellspezifikation: Da sich die Zusammenführung von Daten aus verschiedenen Erhebungskontexten eher ungünstig auf die Konstruktvalidierung auswirken dürfte, denn zu rechnen ist mit nicht vernachlässigbaren situationsspezifischen Effekten, werden keine restriktiven Messmodelle formuliert: Alle Parameter der *Messmodelle* werden frei geschätzt, d. h. es werden *kongenerische Messmodelle* unterstellt (Eid et al., 2010). Zur Untersuchung der faktoriellen Validität werden einzelne Items als Indikatoren verwendet, für die Untersuchung der konvergenten und divergenten Validität dagegen Itembündel (Little, Cunningham, Shahar & Widaman, 2002), die jeweils aus gleich vielen Items bestehen. Bei allen Modellierungen werden reflektive Messmodelle spezifiziert. Die Spezifikation der *Strukturmodelle* erfolgt in Abhängigkeit von der untersuchten Hypothese.

Parameterschätzung: Wenn die spezifizierten Modelle ausschließlich *metrische Variablen* enthalten, wird bei der Parameterschätzung das Maximum-Likelihood-Schätzverfahren (*ML*-Schätzverfahren) verwendet. Das *ML*-Schätzverfahren erbringt zuverlässige Parameterwerte, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind: (1) Die analysierten Variablen sind multivariat normalverteilt, wobei gewisse Abweichungen von der Normalverteilungsannahme unproblematisch sind (ebd.). Falls die Variablen gravierend von dieser Annahme abweichen, ist ein robuster Maximum-Likelihood-*S*chätzer (*MLM*-Schätzer) zu verwenden. Die multivariate Normalverteilung werden anhand des von Byrne (2012) vorgeschlagenen Verfahrens geprüft: Die Parameter des Modells werden sowohl mit dem *ML*- als auch dem *MLM*-Schätzer berechnet. Falls die Variablen multivariat normalverteilt sind, sollten die χ^2-Werte der beiden geschätzten Modelle kaum differieren. Bei keinem Modell, das innerhalb der ersten Studie untersucht wurde, sind abhängig davon, ob der *ML*- oder der *MLM*-Schätzer verwendet wird, nennenswerte Chi-Quadratdifferen-

zen festzustellen, weshalb von einer multivariaten Normalverteilung der einbezogenen metrischen Variablen ausgegangen wird. (2) Eine weitere Voraussetzung für das *ML*-Schätzverfahren sind unabhängige Beobachtungen. Da sich die einbezogenen Daten auf Auszubildende verschiedener Berufsschulklassen beziehen und sich Schüler einer Klasse bezogen auf bestimmte Merkmale meist ähnlicher sind als Schüler verschiedener Klassen, sind die Beobachtungen vermutlich nicht unabhängig voneinander (Nagy, 2005; Geiser, 2010). Statistisch wäre deshalb eine Kombination von Mehrebenanalyse und Strukturgleichungsmodellen angezeigt. Allerdings wird hier die für Mehrebenanalysen notwendige Anzahl von Klumpen (*n*) (hier: Klassen) nicht annähernd erreicht (z. B. Ditton, 1998: $n>25$). Folgenreich ist die dadurch erforderliche Beschränkung auf Strukturgleichungsmodelle insofern, als die Passungsgüte der Modelle eher unterschätzt wird und die Signifikanztests der Modellparameter eher liberal ausfallen (Nagy, 2005). Keine Verzerrungen sind hingegen im Hinblick auf die Parameterschätzungen zu erwarten (ebd.). (3) Zudem hängt die Güte des *ML*-Schätzverfahrens von der Stichprobengröße ab. Obwohl diesbezüglich klare Aussagen schwierig sind, wird in der Literatur als Untergrenze gelegentlich eine Mindeststichprobengröße von $n=100$ oder ein Verhältnis von 5:1 zwischen Stichprobengröße und der Anzahl zu schätzender Parameter genannt (Eid et al., 2010).

Bei Messmodellen, die auch *ordinale Variablen* enthalten, ist die generelle Annahme eines linearen Zusammenhangs zwischen Faktor und Indikator nicht sinnvoll. Denn in extremen Fällen kann dies bedeuten, dass der mit dem Modell prognostizierte Itemwert die empirisch mögliche Ausprägung über- oder unterschreitet. So kann aus einem linearen Modell mit dichotomen Items theoretisch bspw. ein Itemwert größer 1 resultieren (Steyer & Eid, 1993), was natürlich keinen sinnvoll interpretierbaren Wert darstellt. Daher wird bei ordinalen Variablen ein logistischer Zusammenhang zwischen Faktor und Indikator angenommen (Eid et al., 2010). Bei solchen Modellen basiert die Parameterschätzung im Gegensatz zu Faktorenanalysen mit metrischen Variablen nicht auf Kovarianzen, sondern auf einer Matrix polychorischer (bei mehrstufigen ordinalen Variablen) oder tetrachorischer (bei dichotomen Variablen) Korrelationen (Eid et al., 2010). Hier empfiehlt es sich bei der Parameterschätzung auf robuste Weighted-Least-Squares-Verfahren (*WLS*-Schätzer) und insbesondere das *WLSMV*-Schätzverfahren (*m*ean and *v*ariance-adjusted) zurückzugreifen (Muthén & Muthén, 1998-2010). Die wenigen Simulationsstudien, die sich mit diesem Schätzverfahren auseinandersetzen, empfehlen eine Stichprobengröße von $n\geq200$ (Eid et al., 2010). Unabhängig davon, ob das *ML*- oder das *WLSMV*-Schätzverfahren verwendet wird, kommt bei der Schätzung der Strukturgleichungsmodelle die Statistiksoftware *Mplus* zum Einsatz (Version 6.12; Muthén & Muthén, 1998-2010).

Modellanpassungsgüte: Um die Passungsgüte eines Modells zu beurteilen, können verschiedene Modellgütekoeffizienten (Fitwerte) herangezogen werden. Für gewöhnlich wird die Gesamtanpassung eines Modells anhand der folgenden Verfahren bzw. Maße beurteilt: der χ^2-Test, das standardisierte *Root Mean Square Residual* (*SRMR*), der *Root Mean Square Error* (*RMSEA*) und der *Comparative Fit Index* (*CFI*) (ebd.).

Mit dem χ^2-Test wird die Nullhypothese geprüft, der zufolge die modellimplizite (geschätzte) und die empirische Kovarianzmatrix identisch sind. Ein signifikanter Wert zeigt eine signifikante Differenz zwischen modellimplizierter und empirischer Kovarianzmatrix an und spricht für eine unbefriedigende Modellanpassung. Streng genommen wäre bei signifikanten Abweichungen also das geschätzte Modell zu verwerfen. Allerdings fällt dieser Test bei größeren Stichproben meist signifikant aus, weshalb hier nicht das Ergebnis des χ^2-Tests, sondern das Verhältnis von χ^2-Wert und Freiheitsgraden (*df*) berücksichtigt wird (χ^2/df). Der *SRMR* ist ein Maß für die Gesamtbewertung der Residuen, der *RMSEA* für die empirische Nähe von geschätztem und empirischem Modell (Geiser, 2010). Beim *CFI* wird das geschätzte Modell mit einem Baselinemodell verglichen. Er gibt an, wie viel besser das geschätzte Modell zu den Daten passt als ein Unabhängigkeitsmodell (Geiser, 2010), in dem unterstellt wird, dass zwischen den Modellvariablen keine Zusammenhänge bestehen. In den folgenden Analysen wird ein Modell dann angenommen, wenn die Fitmaße folgende Werte erreichen: $SRMR \leq .10$, $RMSEA \leq .08$ und $\chi^2/df \leq 3$ (Schermelleh-Engel, Moosbrugger & Müller, 2003). Zum *CFI* finden sich in der Literatur verschiedene Grenzwerte. Während bspw. Schermelleh-Engel et al. (2003) einen Mindestwert von $CFI > .95$ vorschlagen, legt Nagy (2005) einen Grenzwert von $CFI > .90$ fest. Da die Passungsgüte der Modelle hier eher unterschätzt wird, weil, wie oben beschrieben, zur Hypothesenprüfung keine mehrebenanalytischen Verfahren verwendet werden können, wird der von Nagy (2005) verwendete Wert ($CFI > .90$) übernommen.

Modellmodifikationen: Post hoc werden nur bestimmte Veränderungen an den theoretisch spezifizierten Modellen vorgenommen: Erstens werden Items ausgeschlossen, die zu geringe ($\lambda < .30$) und/oder nicht signifikante Faktorladungen aufweisen und die zu einer schlechten Modellpassung führen. Zweitens werden Residualkorrelationen modelliert, wo dies theoretisch begründet werden kann. Ansonsten werden die Modelle nachträglich *nicht* modifiziert.

Umgang mit fehlenden Werten: Da die einbezogenen Daten mitunter mit einem Multi-Matrix-Design erhoben wurden, fehlt ein größerer Datenanteil. Um diesem Datenausfall entgegenzuwirken, wird auf das in Mplus verfügbare Verfahren der *Multiplen Imputation* (*MI*), genauer, auf das bayesianische *MI*-Verfahren zurückgegriffen (Asparouhov & Muthén, 2010). Beim *MI*-Verfahren werden fehlende Werte mehrfach ersetzt, d. h. es werden mehrere vollständige Datensätze generiert. Geschätzt werden die fehlenden Daten anhand eines Imputationsmodells, das idealerweise die Variablen enthält, die den Datenausfall weitgehend erklären bzw. die eng mit den fehlenden Werten korrelieren (Lüdtke, Robitzsch, Trautwein & Köller, 2007). Hier werden folgende Variablen ins Imputationsmodell aufgenommen: (1) alle Parameter der analysierten Strukturgleichungsmodelle, (2) Intelligenz und (3) eine weitere Facette berufsfachlicher Kompetenz. D. h., falls berufsfachliches Wissen untersucht wird, wird das berufsfachliche Fertigkeitsniveau einbezogen, falls berufsfachliche Fertigkeit analysiert wird, hingegen berufsfachliches Wissen. In Anlehnung an Graham (2009) werden 40 Imputationen durchgeführt, also insgesamt 40 Datensätze generiert, die allesamt bei der Schätzung der Modellparamter berücksichtigt werden.

Das *MI*-Verfahren basiert auf der Annahme einer vollständig zufälligen (*Missing Completley at Random*, *MCAR*) oder noch zufälligen (*Missing At Random*, *MAR*) Datenreduktion. Ein größerer Anteil an Daten fehlt hier, wie bereits erwähnt, aufgrund eines Multi-Matrix-Designs. Im Anschluss an Lüdtke et al. (2007) erfüllen fehlende Werte bei einem solchen Design die *MCAR*-Bedingung. Im Hinblick auf die anderen fehlenden Werte liegen keine Gründe vor, einen systematischen Datenausfall (*Missing Not At Random*, *MNAR*) anzunehmen. Aus diesem Grund wird unterstellt, dass die Voraussetzungen des *MI*-Verfahrens erfüllt sind. Lüdtke et al. (2007) weisen darauf hin, dass das *MI*-Verfahren selbst bei einer Verletzung der *MAR*-Bedingung bessere Ergebnisse liefert als die meisten Alternativverfahren wie z. B. fallweiser oder listenweiser Ausschluss.

Prüfung der faktoriellen Validität: Die faktorielle Validität wird im Rahmen der Hypothesen H1 und H2 und anhand konfirmatorischer Faktorenanalysen untersucht, die zur Verfahrensgruppe der Strukturgleichungsmodelle gehören (Moosbrugger & Schermelleh-Engel, 2008). Auf Basis von Einfaktormodellen wird geprüft, ob die relevanten Indikatoren homogen, ausreichend hoch und signifikant auf dem Faktor laden ($\lambda \geq .30$). Indikatoren, die diese Kriterien nicht erfüllen, werden ausgeschlossen. Falls das so gebildete Modell die oben erwähnten Fitwerte erreicht, wird von einer eindimensionalen Struktur, d. h. von der faktoriellen Validität der Items ausgegangen. Zu beachten ist, dass bei Modellen mit ordinalen Variablen kein *SRMR* verfügbar ist.

Zur Prüfung der konvergenten und divergenten Validität ist a priori festzulegen, unter welcher Bedingung die konvergente bzw. divergente Validität zweier Maße angenommen wird. Von *diskriminanter Validität* wird hier gesprochen, wenn die Korrelation zweier Maße unterhalb eines bestimmten Korrelationswerts liegt, von *konvergenter Validität*, wenn die Korrelation diesen Grenzwert erreicht oder überschreitet.

Da bei der Validitätsprüfung die *wahre* Korrelation zwischen den Faktoren interessiert, muss sich dieser Grenzwert auf messfehlerfreie, d. h. latente Korrelationen beziehen. Bei bivariaten Korrelationsanalysen werden diese latenten Korrelationen anhand einer doppelten Minderungskorrektur bestimmt (vgl. Kapitel 9.1.2 und Hartig et al., 2008); Strukturgleichungsmodellen können die latenten Korrelationen direkt entnommen werden.

Die Festlegung des Grenzwerts folgt theoretischen Überlegungen. Wenn bspw. die diskriminante Validität berufsfachlichen Wissens und berufsfachlicher Fertigkeit untersucht wird, ist, da es sich um Facetten berufsfachlicher Kompetenz handelt, mit einer substantiellen Korrelation zu rechnen. Korrelationen nahe Null stellen folglich keinen geeigneten Grenzwert dar (siehe dazu die Ausführungen von Frey, 2006 im Abschnitt „vor allem das Konstrukt"). Bei der Validierung mithilfe bivariater Korrelationsanalysen wird hier ein Grenzwert von $r=.80$ angesetzt. Dies bedeutet, dass Faktoren dann unterscheidbar sind, wenn sie geringer als $r=.80$ korrelieren. Dagegen wird konvergente Validität unterstellt, wenn die Korrelationen mit dem genannten Grenzwert identisch oder höher sind. Da bei Verwendung von Strukturgleichungsmodellen nicht auf den vergleichsweise „groben" Ansatz der

Minderungskorrektur zurückgegriffen werden muss, wird in diesem Fall ein strengerer Grenzwert festgelegt: Diskriminante Validität wird unterstellt, wenn zwei Faktoren geringer als $r=.90$ korrelieren. Dagegen wird bei Faktorkorrelation von $r\geq.90$ von konvergenter Validität ausgegangen.

Konvergente Validität: Mit H1 und H2 wird unterstellt, dass bestimmte Faktoren konvergent valide sind. Dies wird mit Zweifaktormodellen geprüft, die spezielle Strukturgleichungsmodelle darstellen. Zunächst wird ein Modell spezifiziert, bei dem die untersuchten Faktoren mit $r=.90$ korrelieren (M_{Fix}). Anschließend wird ein Modell spezifiziert, bei dem die Faktorkorrelation frei geschätzt wird (M_{Frei}). Konvergente Validität wird angenommen, falls (1) M_{Fix} die empirischen Daten gut annähert, d. h. die oben festgelegten Fitwerte erreicht werden und falls (2) M_{Fix} die empirischen Daten genauso gut approximiert wie M_{Frei}. Um die letzte Bedingung prüfen zu können, ist ein Vergleich beider Modelle nötig.

Hier werden nur geschachtelte Modelle (nested modells) verglichen, also Modelle, die durch spezifische Parameterrestriktionen ineinander überführbar sind. Solche Modelle können anhand eines Likelihood-Ratio-Differenztests (auch: Chi-Quadrat-Differenzen-Test oder χ^2-Differenzen-Test) verglichen werden. Bei diesem Test wird geprüft, ob die χ^2-Werte beider Modelle (M_{Fix} und M_{Frei}) signifikant voneinander abweichen, wobei ein Signifikanzniveau von $\alpha=.01$ festgelegt wird. Um die Modellabweichung inferenzstatistisch absichern zu können, ist zum einen der χ^2-Differenzwert (X^2_{diff}) zu bestimmen und zum anderen die Differenz der Freiheitsgrade beider Modelle (Δdf). Falls das Modell nicht normalverteilte Variablen enthält und das *WLSMV*-Schätzverfahren verwendet wird, werden beim Differenztest Satorra-Bentler-korrigierte χ^2-Werte herangezogen (Eid et al., 2010). Falls M_{Fix} genauso gut zur empirischen Datenstruktur passt wie M_{Frei}, spricht dies für die konvergente Validität beider Faktoren.

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass Mplus im Falle Multipler Imputation keinen Satorra-Bentler-korrigierten χ^2-Differenztest ermöglicht, bei dem alle 40 generierten Datensätze gleichzeitigt berücksichtigt werden. Zur Absicherung von Modellunterschieden wird bei Modellen mit ordinalen Variablen deshalb behelfsweise folgender Weg gegangen: Aus den 40 Datensätzen der Multiplen Imputation werden zufällig 25% der Datensätze gezogen, anschließend wird pro Datensatz ein Satorra-Bentler-korrigierter χ^2-Differenzen-Test durchgeführt. Falls die Mehrzahl der Tests einen signifikanten Modellunterschied anzeigt, wird von Modellunterschieden ausgegangen, ansonsten werden beide Modelle als empirisch äquivalent betrachtet. Im Ergebnisteil wird jeweils in Klammern berichtet, wie viele der zehn Modellvergleiche signifikante Modelldifferenzen erbrachten.

Modelle mit metrischen Variablen werden außerdem anhand informationstheoretischer Maße verglichen. Von Interesse sind hier der *AIC* (*Akaike Information Criterion*) und der *BIC* (*Bayesian Information Criterion*), welche die Sparsamkeit eines Modells belohnen. Prinzipiell ist das Model zu bevorzugen, das den niedrigeren *AIC*- bzw. *BIC*-Wert aufweist. Falls sich der *AIC* und *BIC* von M_{Frei} und M_{Fix} kaum unterscheiden, wird die empirische Äquivalenz beider Modelle unterstellt. Um Missverständnisse zu vermeiden, sei explizit darauf hingewiesen, dass Mplus

bei der Verwendung des *WLSMV*-Schätzers keine informationstheoretischen Maße (*AIC* und *BIC*) zur Verfügung stellt.

Zur Prüfung der mit H2a angenommenen konvergenten Validität werden auch Produkt-Moment-Korrelationen (Pearson-Korrelationen) herangezogen. Wie bereits erwähnt, gilt in diesem Fall ein Grenzwert von r=.80. Entsprechend wird von konvergenter Validität zweier Maße ausgegangen, wenn die empirische Korrelation den Grenzwert nicht signifikant unterschreitet, was mithilfe des von Eid et al. (2010) empfohlenen inferenzstatistischen Verfahrens untersucht wird (S. 543). Auch hier wird ein Signifikanzniveau von α=*.01* festgesetzt.

Divergente Validität: Mit H1, H2 und H3 wird die divergente Validität von Wissen und Fertigkeit angenommen, was ebenfalls mit Zweifaktormodellen geprüft wird. Zunächst wird ein frei geschätztes Modell (M_{Frei}) untersucht und anschließend ein Modell, das auf eine Faktorkorrelation von r=.90 fixiert wird (M_{Fix}). Divergente Validität wird angenommen, falls (1) M_{Frei} die empirischen Daten gut annähert und (2) M_{Frei} die empirischen Daten besser approximiert als M_{Fix}. Somit ist auch in diesem Fall ein Modellvergleich angezeigt.

Da auch hier nur geschachtelte Modelle untersucht werden, können Unterschiede zwischen M_{Frei} und M_{Fix} sowohl mithilfe eines χ^2-Differenzen-Tests als auch informationstheoretischer Maße beurteilt werden. Nennenswerte Modelldifferenzen sprechen für die divergente Validität der untersuchten Faktoren. Bei Modellen mit ordinalen Variablen werden die Modelle mit dem oben beschriebenen Verfahren verglichen: Aus den 40 Datensätzen der Multiplen Imputation werden zufällig 10 Datensätze gezogen und pro Datensatz ein Satorra-Bentler-korrigierter χ^2-Differenztest durchgeführt. Falls die Mehrzahl dieser Tests signifikante Differenzen zwischen M_{Frei} und M_{Fix} anzeigt, wird divergente Validität angenommen.

Im Rahmen von H4 wird ein anderer Ansatz zur Prüfung der divergenten Validität verwendet. Berufsfachliche Kompetenz lässt sich von anderen Konstrukten abgrenzen, wenn die Kompetenzdimensionen „berufsfachliches Wissen“ und „berufsfachliche Fertigkeit“ untereinander mehr Gemeinsamkeiten aufweisen als mit anderen Konstrukten. Statistisch bedeutet dies, dass Wissen und Fertigkeit untereinander höher korrelieren müssen als jeweils mit den einbezogenen Außenkriterien. Dementsprechend wird von divergenter Validität ausgegangen, wenn die latente Korrelation zwischen Fertigkeit und Wissen größer ist als die latente Korrelation zwischen Wissen und den anderen Konstrukten bzw. zwischen Fertigkeit und den anderen Konstrukten. Ob sich die Korrelation signifikant unterscheiden, wird mithilfe des von Bortz und Schuster (2010) vorgeschlagenen inferenzstatistischen Verfahrens untersucht (S. 167, unten). Da im Rahmen von H4 auch vergleichsweise kleine Stichproben analysiert werden, wird ein Signifikanzniveau von α=*.05* festgelegt.

11.3 ERGEBNISSE

11.3.1 Bereichsspezifische Modellierung berufsfachlichen Wissens und berufsfachlicher Fertigkeit

H1a (Modellierung berufsfachlichen Wissens innerhalb eines Inhaltsbereichs): Ob das berufsfachliche Wissen eines Inhaltsbereichs mit einem latenten Faktor modellierbar ist, wird mit Teilstichprobe A2 und den verschiedenen inhaltsspezifischen Skalen (Motortechnik, Kraftübertagung, Fahrwerk sowie elektrische und elektronische Systeme) des allgemeinen Kfz-Wissenstests (im Weiteren: *Test 1*) sowie dem Wissenstest zu elektrischen und elektronischen Systemen (im Weiteren: *Test 2*) untersucht. Zunächst wird die faktorielle Validität der Items eines Inhaltsbereichs analysiert. Dann wird geprüft, ob der Wissenstest zu elektrischen und elektronischen Systemen (Test 2) und die gleichnamige Skala des allgemeinen Kfz-Wissenstests (Test 1) konvergent valide sind. Abschließend wird die divergente Validität der Wissenskalen verschiedener Inhaltsbereiche untersucht.

Abbildung 28 zeigt die Ergebnisse zur *faktoriellen Validität* der Items des Inhaltsbereichs *Kfz-Motortechnik*. Wie zu sehen ist, mussten von den ursprünglich 40 Skalenitems viele aufgrund nicht signifikanter und zu geringer Faktorladungen von der Analyse ausgeschlossen werden.

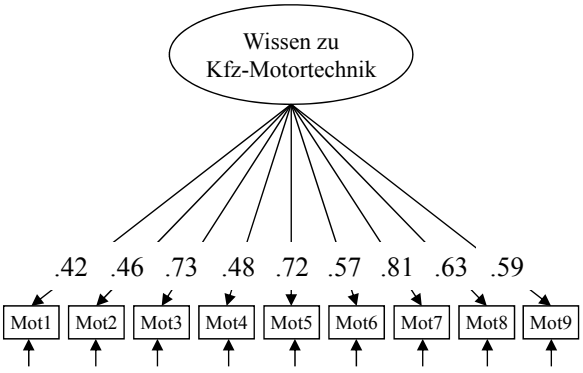


Abbildung 28: Ergebnisse zur faktoriellen Validität der Wissensitems im Inhaltsbereich „Kfz-Motortechnik“

Die verbleibenden neun Items, zu welchen ausgewählte deskriptive Statistiken und inhaltliche Kurzbeschreibungen im Anhang in Tabelle A 1[9] zu finden sind, laden deutlich auf dem Faktor *Kfz-Motortechnik* (λ=.42-.81). Wie zu sehen ist, nähert das

9 Die Tabellen im Anhang enthalten die empirischen Fallzahlen, die im Folgenden analysierten Modelle beziehen sich auf die imputierten Datensätze.

Modell die empirische Datenlage zudem zufriedenstellend an (n=399, χ^2/df=2.65, CFI=.93, $RMSEA$=.06), was für eine eindimensionale Struktur des Wissens zu Kfz-Motortechnik spricht.

In Tabelle 7 finden sich Ergebnisse zur faktoriellen Validität des Inhaltsbereichs *elektrische und elektronische Kfz-Systeme*. Das erste Modell (M1), das ausschließlich Items von Test 1 enthält, umfasst neun Indikatoren mit beachtlichen Faktorladungen (λ=.53-.74) und nähert die empirischen Daten ebenfalls zufriedenstellend an (n=399, χ^2/df=3.03, CFI=.94, $RMSEA$=.07).

M2 bezieht sich ebenfalls auf den Inhaltsbereich *elektrische und elektronische Kfz-Systeme*, allerdings basiert dieses Modell auf Test 2. Wie Tabelle 7 zeigt, enthält M2 neun Indikatoren, die deutlich auf den gebildeten Faktor laden (λ=.32-.61). Ferner weist M2 einen akzeptablen Modellfit auf (n=399, χ^2/df=1.64, CFI=.94, $RMSEA$=.04). Sowohl in M1 als auch M2 mussten einige Items aufgrund geringer Faktorladungen ausgeschlossen werden. Weitere Informationen zu den verbleibenden Items finden sich im Anhang (vgl. Tabelle A 2 und Tabelle A 3).

Tabelle 7: Ergebnisse zur faktoriellen Validität der Wissensitems des Inhaltsbereichs elektrische und elektronische Kfz-Systeme

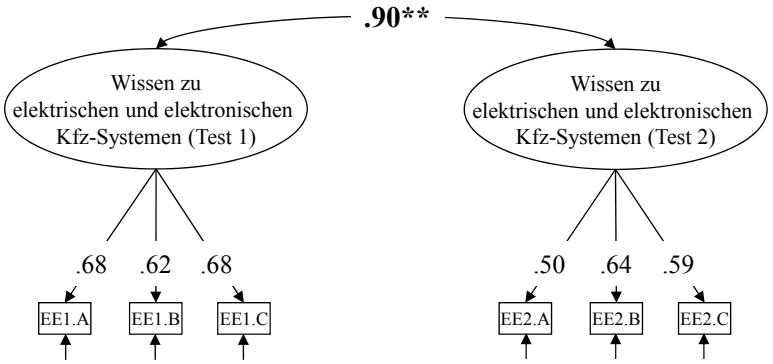
	M1	**M2**
	λ	λ
Elektrische und elektronische Kfz-Systeme (Test 1)		
Item: EE1.1	.66**	
Item: EE1.2	.62**	
Item: EE1.3	.58**	
Item: EE1.4	.57**	
Item: EE1.5	.74**	
Item: EE1.6	.69**	
Item: EE1.7	53**	
Item: EE1.8	.63**	
Item: EE1.9	.53**	
Elektrische und elektronische Kfz-Systeme (Test 2)		
Item: EE2.1		.32**
Item: EE2.2		.40**
Item: EE2.3		53**
Item: EE2.4		.42**
Item: EE2.5		.53**
Item: EE2.6		33**
Item: EE2.7		.60**
Item: EE2.8		.61**
Item: EE2.9		.58**
n	399	399
Anpassungsgüte		
χ^2/df	3.03	1.64
CFI	.94	.94
RMSEA	.07	.04

Anmerkungen: ** p<.01; λ : Faktorladung, *n* : Stichprobengröße.

Keine Modellbildung gelang bei den Skalen *Fahrwerk* und *Kraftübertragung,* da sich die ohnehin schon geringe Itemzahl pro Skala durch den Ausschluss von Items, die eine schlechte Modellpassung bewirken, weiter verringerte und für eine aussagekräftige Modellierung letztlich zu wenige Items übrig blieben.

Die *konvergente Validität* des Tests 2 und der Wissensskala zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen aus Test 1 wird anhand eines Zweifaktormodells geprüft, bei dem die Faktorenkorrelation auf r=.90 fixiert wird. Abbildung 29 zeigt die Ergebnisse dieses Modells (M_{Fix}), bei dem im Vergleich zu M2 nicht einzelne Items, sondern Itembündel verwendet wurden (Little et al., 2002; siehe auch Kapitel 11.2.4). An den Modellfitwerten ist zu erkennen, dass das Zweifaktormodell eine

gute Anpassungsgüte hat (n=399, χ^2/df=1.25, CFI=.99, $RMSEA$=.04, $SRMR$=.03). Um auch inferenzstatistische Aussagen zur Passungsgüte treffen zu können, wurde untersucht, ob ein frei geschätztes Modell, also ein Modell ohne fixierte Faktorkorrelation, besser zu den empirischen Daten passt als das Modell mit der fixierten Korrelation. Bei diesem Modell (M_{Frei}) korrelieren beide Wissensfaktoren zu r=.80 (n=399, χ^2/df=.97, CFI=1.00, $RMSEA$=.00, $SRMR$=.02). Der Chi-Quadrat-Differenztest zeigt, dass M_{Frei} die empirische Datenlage nicht signifikant besser annähert als M_{Fix} (X^2_{diff}=3.5, Δdf=1, p>.01). Mit Blick auf die informationstheoretischen Maße sind zwischen den Modellen nur marginale Unterschiede erkennbar (M_{Fix}-M_{Frei}: ΔAIC=*-3.2* und ΔAIC=1.4). Zusammengenommen spricht die Datenlage eher für die konvergente Validität beider Wissensskalen.

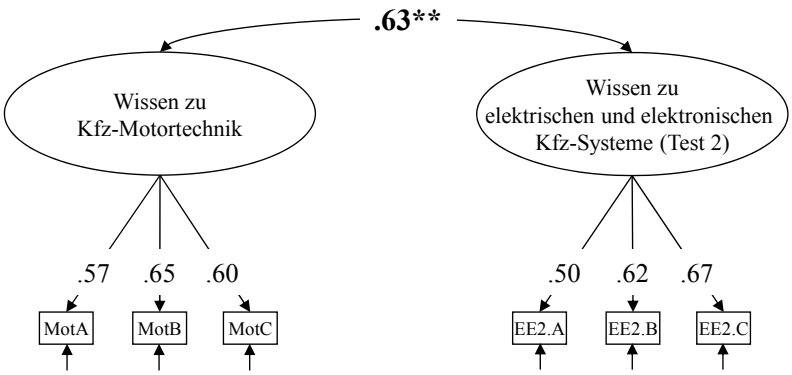


n=399, X^2/df=1.25, CFI=.99, $RMSEA$=.03, $SRMR$=.03; **p<.01, die Ladungen sind auf dem 1%-Niveau signifikant.

Abbildung 29: Ergebnisse zur konvergenten Validität zweier Wissensskalen im Inhaltsbereich "elektrische und elektronische Kfz-Systeme" (M_{Fix})

Indikatoren des Wissens zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen: Summenscores der Itembündel, die entweder anhand der entsprechenden Skala des Tests 1 (EE1.A, EE1.B und EE1.C) oder der Items des Tests 2 (EE2.A, EE2.B und EE2.C) gebildet wurden.

Wird das Verhältnis des Wissens zu *elektrischen und elektronischen Systemen* und zu *Kfz-Motortechnik* mit einem Zweifaktormodell analysiert (vgl. Abbildung 30), stellt sich in M_{Frei} zwischen beiden Faktoren eine Korrelation von r=.63 ein. Hier wird die Modellanpassung signifikant schlechter, wenn die Faktorkorrelation auf r=.90 fixiert wird (X^2_{diff}=12.8, Δdf=1, p<.01). Auch die informationstheoretischen Maße sprechen dafür, dass das Wissen in den beiden Inhaltsbereichen divergent valide ist (M_{Fix}-M_{Frei}: ΔAIC=*20.0* und ΔAIC=16.0). Diese Ergebnisse basieren auf der oben beschriebenen Skala zum Wissen in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen aus Test 2. Wird die Skala des Tests 1 in die Analysen einbezogen, ergeben sich erwartungsgemäß sehr ähnliche Ergebnisse: In diesem Fall korrelieren beide Faktoren mit r=.64.



n=399, X^2/df=1.44, *CFI*=.98, *RMSEA*=.03, *SRMR*=.03; **p<.01, die Ladungen sind auf dem 1%-Niveau signifikant.

Abbildung 30: Ergebnisse zur divergenten Validität der Wissensskalen in den Inhaltsbereichen „Kfz-Motortechnik" und „elektrische und elektronische Kfz-Systeme"

Indikatoren des Wissens zu Kfz-Motortechnik: Summenscores der Itembündel, die anhand der entsprechenden Skala des Test 1 (MotA, MotB und MotC) gebildet wurden.

H1b (Modellierung berufsfachlicher Fertigkeit im Tätigkeitsbereich Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Systemen): Ob berufsfachliche Fertigkeiten, die sich auf einen Tätigkeitsbereich beziehen, als eindimensionales Konstrukt aufgefasst werden können, wird im Bereich *Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Systemen* und mit Teilstichprobe A1 untersucht. Dabei werden computersimulierte Arbeitsproben (im Weiteren: *AP 1*) und reale Arbeitsproben aus dem Prüfungskontext (im Weiteren: *AP 2*) herangezogen. Zuerst wird die faktorielle Validität der realen und computersimulierten Arbeitsproben separat untersucht, anschließend deren konvergente Validität.

Bei der Analyse der *faktoriellen Validität* der computersimulierten Arbeitsproben (M1) mussten einige Items (Arbeitsaufträge) ausgeschlossen werden, da deren Ladungen nicht signifikant waren. Die verbleibenden Items, zu denen im Anhang in Tabelle A 5 weitere Informationen gegeben sind, laden signifikant und in beachtlicher Höhe auf den Faktor (λ=.52-.78, vgl. Tabelle 8). Die Anpassungsgüte von M1 spricht für die Eindimensionalität der mit der Computersimulation erfassten Fertigkeiten (*n*=260, χ^2/df=1.92, *CFI*=.96, *RMSEA*=.05).

Das zweite Modell (M2) bezieht sich auf drei Stationen der praktischen Abschlussprüfung (P1, P2 und P6), wobei bei der sechsten Prüfungsstation zwei Teilleistungen erfasst wurden (vgl. Tabelle 8, P6.1: Arbeitsprobe und P6.2: Fachgespräch zur Arbeitsprobe). Ausgewählte deskriptive Statistiken und Informationen zu den Prüfungsstationen finden sich im Anhang (vgl. Tabelle A 6). Im Unterschied zu den computersimulierten Arbeitsproben mussten hier keine Indikatoren exkludiert werden. Allerdings wurde bei Prüfungsstation 6 ein korrelierter Fehler zugelassen (*r*=.40), der sich inhaltlich vermutlich durch einen Beobachtereffekt erklärt: Die

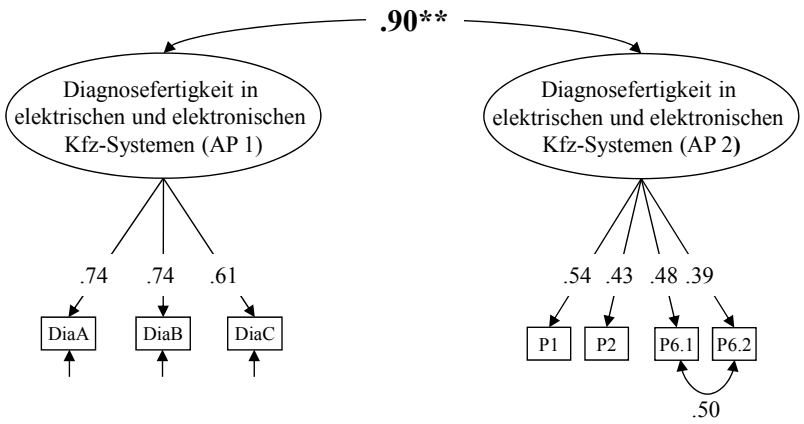
Beurteilung des Fachgesprächs wurde wahrscheinlich durch subjektive Eindrücke „überstrahlt“, welche die Prüfer bei der Beobachtung der zugehörigen, zeitlich vorausgehenden Arbeitsprobe gesammelt haben. M2 nähert die empirischen Daten sehr gut an (n=260, χ^2/df=.23, *CFI*=1.00, *RMSE*A=.00, *SRMR*=.01).

Tabelle 8: Ergebnisse zur faktoriellen Validität von Arbeitsproben im Tätigkeitsbereich „Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen“

	M1	**M2**	
	λ	r	λ
Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen (AP 1)			
Arbeitsauftrag 1 (Arbeitsprobe)	.72**		
Arbeitsauftrag 2 (Arbeitsprobe)	.52**		
Arbeitsauftrag 3 (Arbeitsprobe)	.56**		
Arbeitsauftrag 4 (Arbeitsprobe)	.69**		
Arbeitsauftrag 5 (Arbeitsprobe)	.76**		
Arbeitsauftrag 6 (Arbeitsprobe)	.78**		
Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen (AP 2)			
Prüfungsstation 1 (Arbeitsprobe)			.62**
Prüfungsstation 2 (Arbeitsprobe)			.33**
Prüfungsstation 6.1 (Arbeitsprobe)		.40**	.62**
Prüfungsstation 6.2 (Fachgespräch zur Arbeitsprobe)			.49**
n	260	260	
Anpassungsgüte			
χ^2/df	1.92	.23	
CFI	.96	1.00	
RMSEA	.05	.00	
SRMR	–	.01	

Anmerkungen: ** p<.01; r: Residualkorrelation, λ: Faktorladung.

Für die Prüfung der *konvergenten Validität* der computersimulierten und praktischen Arbeitsproben wurde ein Zweifaktormodell analysiert. Das auf eine Faktorkorrelation von r=.90 fixierte und in Abbildung 31 dargestellte Modell (M_{Fix}) approximiert die empirischen Daten zufrieden stellend (n=260, χ^2/df=1.96, *CFI*=.96, *RMSEA*=.06). Bei der inferenzstatistischen Untersuchung, ob ein frei geschätztes Modell (M_{Frei}) die Daten besser annähert als M_{Fix}, wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Modellen festgestellt (sieben der zehn Modellvergleiche erbrachten keine signifikanten Modelldifferenzen), d. h. die Arbeitsproben erwiesen sich als konvergent valide (zur Diskussion der Ergebnisse zu H1 siehe S. 201 ff.).



n=260, X^2/df=1.96, *CFI*=.96, *RMSEA*=.06; **p<.01, die Ladungen und die Residualkorrelation sind auf dem 1%-Niveau signifikant.

Abbildung 31: Ergebnisse zur konvergenten Validität der Arbeitsproben (AP) im Tätigkeitsbereich „Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen"

Indikatoren der Diagnosefertigkeit in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen: Summenscores der Itembündel, die anhand der computersimulierten Arbeitsproben (DiaA, DiaB und DiaC) gebildet wurden bzw. Arbeitsproben der praktischen Abschlussprüfung (P1, P2 und P6.1 sowie das zugehörige Fachgespräch P6.2).

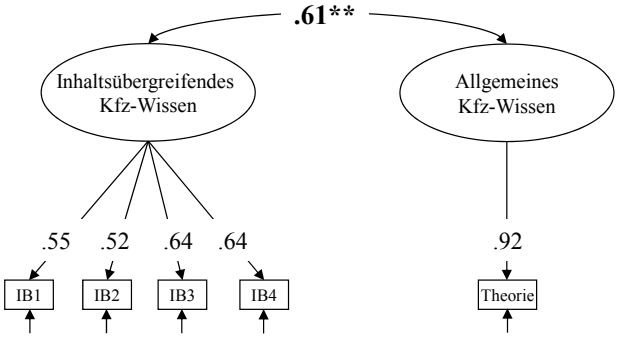
11.3.2 Bereichsübergreifende Modellierung berufsfachlichen Wissens und berufsfachlicher Fertigkeit

H2a (Modellierung inhaltsübergreifenden berufsfachlichen Wissens): Während es im vorigen Abschnitt um das Wissen in einzelnen Inhaltsbereichen ging, wird hier eine bereichsübergreifende Wissensmodellierung vorgenommen. Dabei wird analysiert, ob das berufsfachliche Wissen *verschiedener* Inhaltsbereiche als konvergent valide aufgefasst werden kann. Untersucht wird dies zunächst anhand von Stichprobe A1 und den Skalen des allgemeinen Kfz-Wissenstests und anschließend anhand der Teilstichproben B1 und B2 sowie berufsfachlicher Schulnoten (allgemeines berufsfachliches Wissen) sowie theoretischer Prüfungsergebnisse (allgemeines berufsfachliches Wissen).

Um die *konvergente Validität* des berufsfachlichen Wissens verschiedener Inhaltsbereiche zu prüfen, war ursprünglich geplant, einen übergeordneten Faktor zu bilden, der alle vier Subskalen (Kfz-Motortechnik, Kraftübertragung, Fahrwerk und elektrische und elektronische Kfz-Systeme) vereint. Da – wie die vorigen Analysen zeigten – die Wissensmodellierung aber nur in zwei von vier Inhaltsbereichen gelang, kann anhand dieses Tests kein Faktor gebildet werden, der für allgemeines berufsfachliches Wissen steht. Stattdessen wird ein Modell analysiert, das die Skalen *elektrische und elektronische Kfz-Systeme* sowie *Kfz-Motortechnik* umfasst und

inhaltsübergreifendes Kfz-Wissen repräsentiert. Dieses Modell, das vier Indikatoren enthält und grafisch nicht dargestellt ist, weist beachtliche Faktorladungen (λ=.53-.64) und eine gute Anpassungsgüte auf (n=399, χ^2/df=1.51, *CFI*=.99, *RMSEA*=.04, *SRMR*=.02).

Abbildung 32 zeigt das Verhältnis dieses Faktors, d. h. des inhaltsübergreifenden Kfz-Wissens zu allgemeinem Kfz-Wissen. Beide Faktoren korrelieren zu r=.61 (n=399, χ^2/df=.83, *CFI*=1.00, *RMSEA*=.00, *SRMR*=.03). Ein Modellvergleich zeigt, dass dieses frei geschätzte Modell (M_{Frei}) die empirischen Daten signifikant besser annähert als ein Modell, das auf eine Korrelation von r=.90 fixiert wird (M_{Fix}) (M_{Fix}-M_{Frei}: X^2_{diff}=8.8, Δdf=1, p<.01, ΔAIC=10; ΔBIC=6.1). Interessant ist, dass ein Modell mit einer Faktorkorrelation von r=.80 empirisch gerade noch vertretbar ist (M_{Fix}-M_{Frei}: X^2_{diff}=3.10, Δdf=1, p=.08, ΔAIC=-2; ΔBIC=1). Angesichts dieser Befunde ist festzuhalten, dass inhaltsübergreifendes Kfz-Wissen und allgemeines Kfz-Wissen zwei empirisch unterscheidbare, aber stark assoziierte Faktoren darstellen.



n=399, X^2/df=.83, *CFI*=1.00, *RMSEA*=.00, *SRMR*=.03; **p<.01, die Ladungen sind auf dem 1%-Niveau signifikant.

Abbildung 32: Ergebnisse zur divergenten Validität des inhaltsübergreifenden und allgemeinen Kfz-Wissens

Indikatoren des inhaltsübergreifenden Kfz-Wissens: Summenscores der Itembündel, die jeweils Items der Skalen „Kfz-Motortechnik" und „elektrische und elektronische Systeme" enthalten. Indikator des allgemeinen Kfz-Wissens: Ergebnisse der theoretischen Gesellenprüfung Teil 2.[10]

Im Unterschied dazu müssten verschiedene Skalen zum allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissen *konvergent valide* sein. Hier wird angenommen, dass berufsfachliche Schulnoten und die Ergebnisse der Theorie-Abschlussprüfung ein sehr ähnliches Inhaltsspektrum abdecken und jeweils für allgemeines berufsfachliches Wissen stehen (vgl. zur Deskriptivstatistik dieser Maße Tabelle A 4). Tatsächlich korrelieren bei einer globalen Analyse berufsfachliche Noten und das Abschneiden in

10 Der latente Faktor basiert auf einer angenommenen Reliabilität von *Rel*=.85 (vgl. dazu Kapitel 11.2.3).

der Theorie-Abschlussprüfung manifest mit r=.63[11] (n=396, p<.01) und latent mit r=.77 (n=396, p<.01). Da sich diese durch Minderungskorrektur ermittelte latente Korrelation von r=.77 nicht signifikant von r=.80 unterscheidet (p=.06), werden beide Maße als konvergent valide aufgefasst. Gruppenspezifische Korrelationsanalysen bestätigen diese Annahme ausnahmslos: In allen einbezogenen Ausbildungsberufen unterscheiden sich die latenten Korrelationen zwischen den berufsfachlichen Schulnoten und den Ergebnissen der Theorie-Abschlussprüfung nur zufällig (p>.01) von r=.80 (Kfz-Mechatroniker/-in (n=162): r=.80, Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik (n=76): r=.76, Fertigungsmechaniker (n=63): r=.72 und Mechatroniker/-in (n=94): r=.72). Damit bleibt in diesem Abschnitt nur noch zu klären, ob auch Fertigkeiten verschiedener Tätigkeitsbereiche eindimensional modelliert werden können.

H2b (Modellierung tätigkeitsübergreifender berufsfachlicher Fertigkeiten): Ob es empirisch vertretbar ist, tätigkeitsübergreifende Fertigkeiten als homogene Leistungsdisposition aufzufassen, wird anhand der für Stichprobe A1 vorliegenden praktischen Arbeitsproben geprüft. Untersucht wird, ob die angesprochenen Arbeitsproben faktoriell valide sind.

Insgesamt liegen Ergebnisse von sechs Arbeitsproben aus dem Prüfungskontext vor, die unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen angehören (*Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen*: P1, P2 sowie P6, *Reparatur*: P3 und P4 und *Standardservice*: P5, wobei P5 und P6 jeweils zwei Teilleistungen umfassen, nämlich eine Arbeitsprobe und ein Fachgespräch zur Arbeitsprobe (P5.1 und P5.2 und P6.1 und P6.2). Wie Tabelle 9 zeigt, besteht das formulierte Modell (M1) also aus acht Indikatoren, die durchweg beachtlich auf dem gebildeten Faktor laden (λ=.30-.79). M1 weist eine akzeptable Anpassungsgüte auf (vgl. Tabelle 9).

Ein Modellvergleich zeigt jedoch, dass die empirischen Daten signifikant besser angenähert werden, wenn zwischen P5.1 und P5.2 sowie P6.1 und P6.2 korrelierte Fehler zugelassen werden (M2-M1: X^2_{diff}=20.0, Δdf=2, p<.01). Auch die informationstheoretischen Maße belegen die bessere Anpassungsgüte von M2 gegenüber M1 (M2-M1: ΔAIC=-16; ΔBIC=-8). Wie bereits zuvor (vgl. Tabelle 8), wurden bei M2 zwischen den Arbeitsproben und dem dazugehörigen Fachgespräch Residualkorrelationen modelliert (P 5.1 und P 5.2: r=.16; P 6.1 und P 6.2: r=.34).

11 Die Schulnoten und Testergebnisse basieren auf unterschiedlich gepolten Skalen, weshalb im Falle eines positiven Zusammenhangs negative Korrelationen ermittelt werden. Um Verwirrungen zu vermeiden, werden diese Korrelationen durchgängig mit -1 multipliziert.

Tabelle 9: Ergebnisse zur faktoriellen Validität der Arbeitsproben verschiedener Tätigkeitsbereiche

Indikatoren	Tätigkeitsbereich	M1	M2		M3	
		λ	r	λ	r	λ
Prüfungsstation 1 (Arbeitsprobe)	Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen	.47**		.48**		.49**
Prüfungsstation 2 (Arbeitsprobe)		.30**		.34**		.32**
Prüfungsstation 3 (Arbeitsprobe)	Kfz-Reparatur	.38**		.45**	.29**	.37**
Prüfungsstation 4 (Arbeitsprobe)		.49**		.56**		.49**
Prüfungsstation 5.1 (Arbeitsprobe)	Kfz-Standardservice	.39**	.16**	.38**	.15**	.38**
Prüfungsstation 5.2 (Fachgespräch)		.57**		.57**		.58**
Prüfungsstation 6.1 (Arbeitsprobe)	Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen	.65**	.34**	.53**	.28**	.57**
Prüfungsstation 6.2 (Fachgespräch)		.79**		.69**		.74**
n		260	260		260	
Anpassungsgüte						
χ^2/df		2.39	1.54		.60	
CFI		.92	.97		1.00	
RMSEA		.07	.05		.00	
SRMR		.05	.04		.02	
AIC		18077	18061		18046	
BIC		18162	18154		18142	
Chi-Quadrat-Differenztests zwischen:		M1 und M2: X^2_{diff}=20.00 (Δdf=2, p <.01)				
		M2 und M3: X^2_{diff}=17.50 (Δdf=1, p <.01)				

Anmerkungen: ** p<.01; r: Residualkorrelation; λ: Faktorladung

Noch besser passt das Modell M3, das auch bei den beiden Arbeitsproben eine Residualkorrelation berücksichtigt (r=.29), die sich auf den Tätigkeitsbereich *Reparatur* beziehen (M3-M2: X^2_{diff}=17.50, Δdf=1, p<.01 und ΔAIC=-15, ΔBIC=-12). Damit scheinen diese Arbeitsproben jenseits des Faktors „allgemeine berufsfachliche Fertigkeit“ gemeinsame Varianz aufzuweisen, was später noch zu diskutieren sein wird (zur Diskussion der Ergebnisse zu H2 siehe S. 193 ff.).

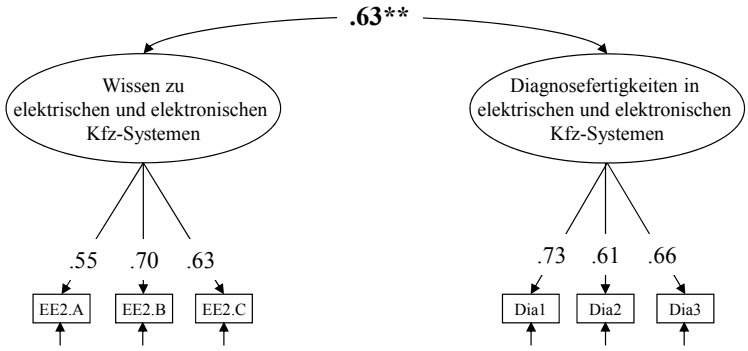
11.3.3 Divergente Validität berufsfachlichen Wissens und berufsfachlicher Fertigkeit

Während im zurückliegenden Abschnitt berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit separat besprochen wurden, wird in diesem Abschnitt das Verhältnis beider berufsfachlicher Kompetenzfacetten untersucht.

H3a (Verhältnis berufsfachlichen Wissens eines Inhaltsbereichs zu berufsfachlichen Fertigkeiten des zugehörigen Tätigkeitsbereichs): Das bereichsspezifische Verhältnis von berufsfachlichem Wissen und berufsfachlicher Fertigkeit wird mit Stichprobe A2 und der Skala zum Wissen in elektrischen und elektronischen Kfz-

Systemen sowie den computersimulierten Arbeitsproben[12] analysiert. Überprüft wird, ob beide Maße, obwohl sie eng korrelieren, divergent valide sind.

Abbildung 33 zeigt die Ergebnisse eines Zweifaktormodells, das zur Prüfung der konvergenten Validität formuliert wurde. Zu sehen ist, dass das Modell die Datenlage akzeptabel approximiert (n=399, χ^2/df=2.83, CFI=.98, $RMSEA$=.06) und dass beide Faktoren deutlich korrelieren (r=.63).[13] Ein Vergleich dieses Modells mit einem Modell, dessen Faktorkorrelation auf r=.90 fixiert wurde, spricht für die divergente Validität des Wissens und der Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen (neun von zehn Modellvergleichen erbringen signifikante Modelldifferenzen).



n= 399, X^2/df = 2.83, CFI = .98, $RMSEA$ = .06, die Ladungen sind auf dem 1%-Niveau signifikant.

Abbildung 33: Ergebnisse zur divergenten Validität berufsfachlichen Wissens und berufsfachlicher Fertigkeit in der Anforderungsklasse „elektrische und elektronische Kfz-Systeme“

Indikatoren des Wissens zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen: Summenscores der Itembündel, die anhand des Tests 2 (EE2.A - EE2.C) gebildet wurden.
Indikator der Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen: Summenscores der Itembündel (Dia1–Dia3), die mit den computersimulierten Arbeitsproben gebildet wurden.

12 Aufgrund einer anderen Stichprobenzusammensetzung muss bei der Modellierung der Diagnosefertigkeiten auch auf andere Arbeitsproben zurückgegriffen werden wie bei der Modellierung, die in Abbildung 36 dargestellt ist. Ausgewählte Informationen zu den hier verwendeten Items finden sich im Anhang in Tabelle A 8.

13 Das Modell basiert auf dem Wissenstest zu elektrischen und elektronischen Systemen (Test 2). Wird nicht dieser Test, sondern die entsprechende Skala des allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissenstest (Test 1) in die Analyse einbezogen, ergibt sich zwischen dem Wissen und den Diagnosefertigkeiten eine Korrelation von r=.83. Da dieses Modell allerdings eine schlechte Anpassungsgüte aufweist (n=399, χ^2/df=5.85, CFI=.91, $RMSEA$=.11), wird es hier nicht weiter berücksichtigt.

H3b (Verhältnis berufsfachlichen Wissens mehrerer Inhaltsbereiche zu berufsfachlichen Fertigkeiten mehrerer Tätigkeitsbereiche): Um das bereichsübergreifende Verhältnis von berufsfachlichem Wissen zu berufsfachlicher Fertigkeit zu untersuchen, werden die Ergebnisse der praktischen und theoretischen Abschlussprüfung sowie berufsfachliche Schulnoten verwendet, die für Teilstichprobe A1, B1 und B2 vorliegen. Dabei geht es um die Frage, ob allgemeines berufsfachliches Wissen (theoretische Prüfungsergebnisse und berufsfachliche Schulnoten) und allgemeine berufsfachliche Fertigkeit (praktische Prüfungsergebnisse) trotz einer substantiellen Korrelation divergent valide sind.

Auf der linken Seite von Tabelle 10 sind die Ergebnisse eines Zweifaktormodells (M1) dargestellt, das auf Teilstichprobe A1 und den Indikatoren *inhaltsübergreifendes Kfz-Wissen* und *Kfz-Diagnosewissen* (allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen) und vier Itembündel beruht, die anhand der *Arbeitsproben der praktischen Prüfung* gebildet wurden und allgemeines berufsfachliche Kfz-Fertigkeit abbilden. Beide Faktoren des Modells, das eine sehr gute Anpassungsgüte aufweist (n=260, χ^2/df=.82, *CFI*=1.00, *RMSEA*=.00, *SRMR*=.02), korrelieren deutlich (r=.78). Der Vergleich von M1 mit einem Modell (M_{Fix}), das auf eine Faktorkorrelation von r=.90 fixiert wurde, legt nahe, dass das frei geschätzte Modell insgesamt betrachtet besser zu den Daten passt als M_{Fix} (M_{Fix}-M1: X^2_{difl}=5.4, Δdf=1, p=.02 und ΔAIC=4.8, ΔBIC=1.2).

Tabelle 10: Ergebnisse zur konvergenten Validität allgemeinen berufsfachlichen Wissens und allgemeiner berufsfachlicher Fertigkeit

Faktoren und deren Indikatoren	**M1** λ	**Indikatoren**	**M2** λ	**M3** λ
Stichprobe A1		**Stichprobe B2**		
1. Faktor: Allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen				
Inhaltsübergreifendes Kfz-Wissen	.80**	Berufsfachliche Berufsschulnote	.68**	.65**
Kfz-Diagnosewissen	.79**	Wissen zur Kfz-Instandhaltungstechnik	.80**	.82**
		Wissen zur Kfz-Diagnosetechnik	.80**	.79**
2. Faktor: Allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit				
Itembündel 1	.57**	Betriebliche Arbeitsprobe	.55**	
Itembündel 2	.53**	Betriebliche Arbeitsaufträge (Prakt. Prüfung)	.68**	.67**
Itembündel 3	.60**	Fachgespräch zu den Arbeitsaufträgen (Prakt. Prüfung)	.55**	.60**
Itembündel 4	.68**			
Faktorkorrelation	.78**		.96**	.95**
n	260		164	164
Anpassungsgüte				
χ^2/df	.82		3.90	1.40
CFI	1.00		.92	.99
RMSEA	.00		.13	.05
SRMR	.02		.05	.03

Anmerkungen: ** p<.01; λ: Faktorladung, n: Stichprobengröße.

Auch für die Teilstichproben B1 und B2 liegen die Endergebnisse der theoretischen und praktischen Abschlussprüfung vor, zu denen im Anhang ausgewählte deskriptive Informationen gegeben werden (vgl. Tabelle A 4 und Tabelle A 7). Manifest korrelieren diese Maße zu r=.28 (n=398, p<.01), latent zu r=.37 (n=398, p<.01). Es sind also Korrelationswerte zu verzeichnen, die signifikant geringer ausfallen als

der festgelegte Grenzwert von r=.80, und damit die divergente Validität der Maße anzeigen. Interessante Einblicke liefern gruppenspezifische Analysen: Im Einklang mit der Globalanalyse fallen die latenten Korrelationen zwischen Wissen und Fertigkeit in den Ausbildungsberufen *Fertigungsmechaniker/-in* (r=.35, p<.01, n=63), *Mechatroniker/-in* (r=.29, p<.01, n=91) und *Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik* (r=.14, n.s., n=76) gering aus. Dagegen erreicht die latente Korrelation bei den Kfz-Mechatroniker/-innen einen Wert von r=.80 (n=163, p<.01). Da bei den Kfz-Mechatroniker/-innen mehrere Indikatoren zum berufsfachlichen Wissen und zur berufsfachlichen Fertigkeit verfügbar sind, kann dieser Befund anhand einer konfirmatorischen Faktorenanalyse überprüft werden.

Bei dieser Faktorenanalyse wird allgemeines berufsfachliches Wissen mit *berufsfachlichen Schulnoten*, *Wissen zur Kfz-Instandhaltungstechnik* und *Wissen zur Kfz-Diagnosetechnik* modelliert, berufsfachliche Fertigkeit mit der im dritten Ausbildungsjahr im Rahmen einer *betrieblichen Arbeitsprobe* gezeigten Leistungen und den *betrieblichen Arbeitsaufträgen* sowie den begleitenden *Fachgesprächen* der praktischen Abschlussprüfung (vgl. dazu auch die deskriptiven Informationen in Tabelle A 7). Tabelle 10 zeigt, dass dieses Modell (M2) keine befriedigende Anpassungsgüte erreicht *(*n=164, χ^2/df=3.90*, CFI*=.92, *RMSEA*=.13*, SRMR*=.05) und dass Wissen und Fertigkeit sehr hoch korrelieren (r=.96, p<.01). Eine gute Anpassungsgüte erbringt hingegen M3, bei dem die Ergebnisse der betrieblichen Arbeitsprobe ausgeschlossen wurden *(*n=164, χ^2/df=1.40, *CFI*=.99*, RMSEA*=.05, *SRMR*=.03*).* Auch bei M3 korrelieren beide Faktoren sehr hoch (r=.95). Damit wird der zuvor gewonnene Eindruck durch das strengere statistische Verfahren bestätigt: Die Maße zum allgemeinen berufsfachlichen Wissen und zur allgemeinen berufsfachlichen Fertigkeit korrelieren in Teilstichprobe B2 höher als erwartet, worauf in der Diskussion ausführlich eingegangen wird (zur Diskussion der Ergebnisse zu H3 siehe S. 207 ff.).

11.3.4 Divergente Validität berufsfachlicher Kompetenz zu anderen Konstrukten

Im Folgenden wird das Verhältnis berufsfachlicher Kompetenz zu anderen, für berufliche Handlungen ebenfalls relevanten Konstrukten (im Weiteren: Außenkriterien) beleuchtet (H4). Dabei wird auf Teilstichprobe A3 und Teilstichprobe B1 und B2 sowie Skalen zum Wissen und zu Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen zurückgegriffen sowie auf Ergebnisse zum allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissen (Ergebnisse der theoretischen Abschlussprüfung) und zu allgemeinen berufsfachlichen Fertigkeiten (Ergebnisse der praktischen Abschlussprüfung). Zudem werden folgende Außenkriterien berücksichtigt: (1) Intelligenz, (2) mathematische und (3) sprachliche Basiskompetenz bzw. Fähigkeit sowie (4) Interesse am Ausbildungsberuf. Untersucht wird, ob berufsfachliche Kompetenz gegenüber den Außenkriterien divergente Validität besitzt.

Die für Teilstichprobe A3 und den Bereich „elektrische und elektronische Kfz-Systeme“ ermittelten Ergebnisse sind in Tabelle 11 aufgeführt. In der *ersten Tabellenspalte* finden sich die berücksichtigten Konstrukte, in der *zweiten Spalte* die la-

tenten Korrelationen dieser Konstrukte mit Wissen zu elektrischen und elektronischen Systemen und in der *dritten Spalte* die latenten Korrelationen der Konstrukte mit der Diagnosefertigkeit in elektrischen und elektronischen Systemen. Die untere Zeile der Tabelle zeigt die Resultate der inferenzstatistischen Absicherung, die dokumentieren, ob die Kompetenzfacetten untereinander höher korrelieren als mit den Außenkriterien.

In Tabelle 11 ist zu erkennen, dass das Wissen zu elektrischen und elektronischen Systemen am engsten mit sprachlicher Basiskompetenz assoziiert ist (r=.53). Die inferenzstatistische Absicherung zeigt, dass diese Korrelation signifikant kleiner ist als die Korrelation zwischen den beiden berufsfachlichen Kompetenzfacetten (r=.69). Dasselbe Ergebnis liefert ein Blick auf die Diagnosefertigkeit: Die höchste Korrelation der Außenkriterien mit den Diagnosefertigkeiten (sprachliche Basiskompetenz: r=.49) unterschreitet die Interkorrelation beider Kompetenzfacetten (r=.69) signifikant.

Tabelle 11: Ergebnisse zur divergenten Validität berufsfachlicher Kompetenz der Anforderungsklasse „elektrische und elektronische Kfz-Systeme" und verschiedener Außenkriterien

Konstrukte	**Wissen zu elektrischen/ elektronischen Kfz-Systemen**	**Diagnosefertigkeiten in elektrischen/ elektronischen Kfz-Systemen**
(1) Fluide Intelligenz	.29**	.33**
(2) Mathematische Basiskompetenz	.51**	.43**
(3) Sprachliche Basiskompetenz	.53**	.49**
(4) Interesse am Ausbildungsberuf	n.s.	n.s.
(5) Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen	–	.69**
(6) Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen	.69**	–
Inferenzstatistische Absicherung des Korrelationsunterschieds zwischen:	(3) und (6): **	(3) und (5): **

Anmerkungen : n=123; ** p<.01, *p<.05, n.s.: nicht signifikantes Ergebnis; dargestellt sind die latenten Korrelationen zwischen den Konstrukten.

Tabelle 12 zeigt die Ergebnisse zur allgemeinen berufsfachlichen Kompetenz. Zwischen allgemeinem berufsfachlichem Wissen und mathematischer Basiskompetenz besteht eine deutliche Korrelation (r=.61), die allerdings signifikant kleiner ist als die Korrelation zwischen Wissen und Fertigkeit (r=.73). Der Blick auf allgemeine berufsfachliche Fertigkeiten offenbart, dass auch hier die Kompetenzfacetten untereinander stärker zusammenhängen als mit den Außenkriterien: Fertigkeit ist enger mit berufsfachlichem Wissen (r=.73) assoziiert als mit mathematischer Basiskompetenz (r=.67).

Erwähnenswert ist ferner der durchweg ausbleibende Zusammenhang von Interesse am Ausbildungsberuf und berufsfachlicher Kompetenz. Ob sich die gewonnenen Erkenntnisse anhand von Stichprobe B erhärten lassen, wird im Weiteren untersucht.

Tabelle 12: Ergebnisse zur divergenten Validität allgemeiner berufsfachlicher Kompetenz und verschiedener Außenkriterien (Teilstichprobe A3)

Konstrukte	Allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen	Allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit
	Latent	Latent
(1) Fluide Intelligenz	.59**	.42**
(2) Mathematische Basiskompetenz	.61**	.67**
(3) Sprachliche Basiskompetenz	.45**	n.s.
(4) Interesse am Ausbildungsberuf	n.s.	n.s.
(5) Allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen	–	.73**
(6) Allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit	.73**	–
Inferenzstatistische Absicherung des Korrelationsunterschieds zwischen:	(2) und (6): *	(2) und (5): *

Anmerkungen: n=123; ** p<.01, *p<.05, n.s.: nicht signifikantes Ergebnis; dargestellt sind die latenten Korrelationen zwischen den Konstrukten.

In Tabelle 13 sind Korrelationen aufgeführt, die auf Stichprobe B1 und den Ergebnissen der Abschlussprüfung beruhen. Mit Blick auf die *Gesamtgruppe* (*n*=390) und allgemeines berufsfachliches Wissen ergibt sich hier ein erwartungswidriger signifikanter Korrelationsunterschied: Berufsfachliches Wissen korreliert signifikant höher mit kristalliner Intelligenz (*r*=.51) als mit allgemeiner berufsfachlicher Fertigkeit (*r*=.37). Ein überraschendes Ergebnis tritt auch hinsichtlich berufsfachlicher Fertigkeit auf. So sind mathematische Fähigkeiten negativ mit berufsfachlicher Fertigkeit assoziiert (*r*=-.15). Dagegen hängen Fertigkeiten erwartungsgemäß stärker mit Wissen zusammen (*r*=.37) als mit den Außenkriterien.

Da die erwähnten erwartungswidrigen Befunde aus der Zusammenfassung verschiedener Berufsgruppen resultieren können, werden auch gruppenspezifische Analysen durchgeführt. Zuerst werden die Ergebnisse der *Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik* (*n*=75) besprochen. In dieser Berufsgruppe korreliert das allgemeine berufsfachliche Wissen signifikant höher mit sprachlichen Fähigkeiten (*r*=.55) als mit berufsfachlicher Fertigkeit (*r*=n.s.). Auffällig ist bei dieser Berufsgruppe ferner, dass das Fertigkeitsmaß mit keinem anderen Konstrukt korreliert.

Bei den *Fertigungsmechaniker/-innen* und *Mechatroniker/-innen* sind zwischen allgemeinem berufsfachlichem Wissen und allgemeinen berufsfachlichen Fertigkeiten moderate Korrelationen zu verzeichnen (Fertigungsmechaniker/-innen: *r*=.35 und Mechatroniker/-innen: *r*=.29), die *nicht* signifikant von der Korrelation zwischen Wissen und kristalliner Intelligenz differieren (Fertigungsmechaniker/-innen: *r*=.47 und Mechatroniker/-innen: *r*=.31). Berufsfachliche Fertigkeit hängt indes enger mit berufsfachlichem Wissen zusammen als mit den Außenkriterien.

Hinsichtlich der *Kfz-Mechatroniker/-innen* (*n*=161) fällt auf, dass berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit hier höher korrelieren (*r*=.93) als Wissen und kristalline Intelligenz, wobei die Korrelation zwischen kristalliner Intelligenz und allgemeinem berufsfachlichem Wissen ebenfalls sehr hoch ist (*r*=.89). Auch mit Blick auf allgemeine berufsfachliche Fertigkeit sind zwischen den beiden

Kompetenzfacetten höhere Korrelationen zu verzeichnen als zwischen Fertigkeit und kristalliner Intelligenz (r=.59).

Im Hinblick auf Stichprobe B1 ist zu erkennen, dass berufsfachliche Fertigkeit häufig überraschend gering mit den anderen Konstrukten korreliert. Darauf wird im kommenden Abschnitt nochmals eingegangen, welcher der Diskussion der referierten Befunde dient (zur Diskussion der Ergebnisse zu H4 siehe S. 209 ff.).

Tabelle 13: Ergebnisse zur divergenten Validität allgemeiner berufsfachlicher Kompetenz und verschiedener Außenkriterien (Teilstichprobe B1)

Konstrukte	Allgemeines berufsfachliches Wissen	Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit
Gesamtgruppe (*n* =390)		
(1) Kristalline Intelligenz	.51**	n.s.
(2) Mathematische Fähigkeit	.38**	-.15*
(3) Sprachliche Fähigkeit	.46**	n.s.
(4) Allgemeines berufsfachliches Wissen	–	.37**
(5) Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit	.37**	–
Inferenzstatistische Absicherung des Korrelationsunterschieds zwischen:	(1) und (5): **	**
Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik (*n* =75)		
(1) Kristalline Intelligenz	.49**	n.s.
(2) Mathematische Fähigkeit	.30**	n.s.
(3) Sprachliche Fähigkeit	.55**	n.s.
(4) Allgemeines berufsfachliches Wissen	–	n.s.
(5) Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit	n.s.	–
Inferenzstatistische Absicherung des Korrelationsunterschieds zwischen:	(3) und (5): **	n.s.
Fertigungsmechaniker/-in (*n* =63)		
(1) Kristalline Intelligenz	.47**	n.s.
(2) Mathematische Fähigkeit	.26**	n.s.
(3) Sprachliche Fähigkeit	.43**	n.s.
(4) Allgemeines berufsfachliches Wissen	–	.35**
(5) Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit	.35**	–
Inferenzstatistische Absicherung des Korrelationsunterschieds zwischen:	(1) und (5): n.s.	**
Mechatroniker/-in (*n* =91)		
(1) Kristalline Intelligenz	.31**	n.s.
(2) Mathematische Fähigkeit	n.s.	n.s.
(3) Sprachliche Fähigkeit	.21**	n.s.
(4) Allgemeines berufsfachliches Wissen	–	.29**
(5) Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit	.29**	–
Inferenzstatistische Absicherung des Korrelationsunterschieds zwischen:	(1) und (5): n.s.	**
Kfz-Mechatroniker/-in (*n* =161)		
(1) Kristalline Intelligenz	.89**	.59**
(2) Mathematische Fähigkeit	.56**	.31**
(3) Sprachliche Fähigkeit	.50**	.40**
(4) Allgemeines berufsfachliches Wissen	–	.93**
(5) Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit	.93**	–
Inferenzstatistische Absicherung des Korrelationsunterschieds zwischen:	(1) und (5): **	(1) und (5): **

Anmerkungen: ** $p < .01$, * $p < .05$, n.s.: nicht signifikantes Ergebnis; dargestellt sind die latenten Korrelationen zwischen den Konstrukten.

11.4 DISKUSSION

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der ersten Studie kurz jeweils hypothesenspezifisch zusammengefasst, vor dem Hintergrund der eingangs formulierten Hypothesen reflektiert und erwartungswidrige Befunde sowie die Generalisierbarkeit der Erkenntnisse diskutiert. Zudem werden, sofern möglich, die entdeckten Befundmuster anhand der im ersten Teil der Arbeit vorgestellten Theorien erklärt.

11.4.1 Berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit: Homogene Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz?

Ob berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit zwei homogene Dimensionen der berufsfachlichen Kompetenz darstellen, wurde sowohl bereichsspezifisch als auch bereichsüberreifend untersucht.

Bereichsspezifische Modellierung berufsfachlichen Wissens und berufsfachlicher Fertigkeit (H1)

Bei der bereichsspezifischen Modellierung des berufsfachlichen Wissens hat sich gezeigt, dass sich das Wissen in den Inhaltsbereichen *Kfz-Motortechnik* und *elektrische und elektronische Kfz-Systeme* jeweils anhand eines latenten Faktors modellieren lässt. Zudem korrelieren die Wissensleistungen zweier verschiedener Tests zu *elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen* erwartungsgemäß sehr hoch (r=.90), was die konvergente Validität beider Maße anzeigt. Auch Wissen zu Kfz-Motortechnik und zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen korreliert substantiell (r=.65), im Einklang mit H1 erweisen sich hier aber beide Maße als divergent valide.

Auffällig bei der Modellierung des Wissens war, dass mehrere Items und die Wissenskalen *Fahrwerk* und *Kraftübertragung* komplett von den Analysen ausgeschlossen werden mussten. Ein wesentlicher Grund für diese Item- und Skalenreduktion war die Heterogenität der Skalen, was bereits die von Gschwendtner (2011) für den einbezogenen Test referierten skalenspezifischen Reliabilitäten andeuteten, die durchweg gering sind. Vermutlich ist die Konstruktion reliabler, d. h. homogener Items im berufsbildenden Bereich besonders schwierig, da es hier besonders darauf ankommt, möglichst inhaltsvalide und realitätsnahe, also ökologisch valide Items zu formulieren (Schermelleh-Engel & Werner, 2008). Angesichts der Komplexität beruflicher Anforderungskontexte entstehen dadurch zwangsläufig sehr facettenreiche Items. Das von Rost (1996) thematisierte Reliabilitäts-Validitäts-Dilemma stellt in der beruflichen Bildung demnach eine große Herausforderung dar. Aus den angestellten Analysen lässt sich lernen, dass bei einer inhaltsspezifischen Wissensmodellierung mit einem deutlichen Itemausschluss zu rechnen ist, weswegen pro Inhaltsbereich deutlich mehr Items entwickelt werden sollten als letztlich

anvisiert. Wie die Wissensskalen „Fahrwerk“ und „Kraftübertragung“ gezeigt haben, wird mit wenigen Items pro Skala ein vollständiger Skalenausschluss riskiert. Hilfreich wäre zudem, künftig an einem präziseren Konstruktverständnis zu arbeiten und dieses für die Konstruktion homogener Items zu nutzen. Wenig plausibel ist, aus dem Item- und Skalenausschluss zu schließen, dass eine inhaltsspezifische Wissensmodellierung empirisch nicht angemessen ist. Einerseits gelang diese Modellierung in zwei Inhaltsbereichen, andererseits wird sie von anderen Studien gestützt (z. B. Seeber, 2008; Nickolaus et al., 2011b; siehe dazu auch die Darstellung des Forschungsstands in Kapitel 5.3).

Im Hinblick auf berufsfachliche Fertigkeit wurde zuerst die faktorielle Validität computersimulierter sowie im Prüfungskontext durchgeführter realer Arbeitsproben geprüft, die *Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen* erfassen. Sowohl die computersimulierten als auch die realen Arbeitsproben stellten sich jeweils als faktoriell valide heraus. In Übereinstimmung mit der Annahme, dass beide Faktoren dasselbe Konstrukt repräsentieren, korrelieren beide Maße sehr hoch (r=.90), was deren konvergente Validität belegt. Dieser Befund stellt eine weitere Evidenz für die ökologische Validität computersimulierter Arbeitsproben dar, womit die bereits ausführlich von Nickolaus et al. (2009b) diskutierte und belegte Validität dieses Testformats nochmals gestützt wird. Zusammengenommen bestätigen die Befunde – unter den genannten Einschränkungen – also H1 und damit, dass sowohl Wissen eines Inhaltsbereichs als auch Fertigkeit eines Tätigkeitsbereichs jeweils als homogene berufsfachliche Kompetenzdimensionen interpretiert werden können.

Bei der Verallgemeinerung der vorgetragenen Erkenntnisse auf die Population, d. h. in Baden-Württemberg ausgebildete Kfz-Mechatroniker/-innen, ist zu beachten, dass die untersuchte Stichprobe v. a Auszubildende des Handwerks enthält. Da der Anteil an industriell Ausgebildeten in der Population aber gering ist (≈10%), dürfte dies keine allzu große Auswirkung auf die Generalisierbarkeit der Befunde haben. Deutlich größere Vorsicht ist jedenfalls bei der Übertragung der Befunde auf eine Stichprobe geboten, die hauptsächlich aus Auszubildenden der Industrie besteht.

In einer theoretischen Perspektive ist v. a. interessant, den Ursachen des vorgestellten Befundmusters nachzugehen. Dafür werden zunächst Überlegungen zur Homogenität berufsfachlichen Wissens und anschließend zur Homogenität berufsfachlicher Fertigkeit angestellt.

(1) Fachliche Anforderungen von Kfz-Mechatroniker/-innen beziehen sich in letzter Konsequenz auf Arbeiten an einem Kraftfahrzeug. Ein Kraftfahrzeug kann einerseits als *ein* System betrachtet werden, denn die zahlreichen Einzelelemente eines Fahrzeugs stehen in einer gewissen Beziehung zueinander. Andererseits besteht ein Kraftfahrzeug aus mehreren Subsystemen. Im Anschluss an Gschwendtner (2011) können mit Blick auf ein Kraftfahrzeug verschiedene technologische Gegenstandsfelder, d. h. Inhaltsbereiche wie z. B. der Motor oder elektrische und elektronische Kfz-Systeme unterschieden werden (vgl. dazu auch Kapitel 5.1 und Kapitel 11.2.3). Diese Inhaltsbereiche dienen im Rahmen des Lernfeldunterrichts auch der Unterrichtsstrukturierung. So decken bspw. die zeitlich verschränkt oder

chronologisch unterrichteten Lernfelder 6 (Prüfen und Instandsetzen der Motormechanik) und 7 (Diagnostizieren und Instandsetzen von Motormanagementsystemen) Aspekte wie Motorsteuerung, Motorkühlung oder Abgasanlage ab und damit das, was hier unter dem Inhaltsbereich *Kfz-Motortechnik* gefasst wurde.

Die Vermittlung von Kfz-Inhalten erfolgt entlang bestimmter Inhaltsbereiche, in denen jeweils das Kernwissen eines Bereichs gebündelt ist. Da Elemente eines Inhaltsbereichs im Unterricht gemeinsam thematisiert werden, werden sie von den Auszubildenden auch gemeinsam verarbeitet und memoriert. Bei der Memorierung entstehen interne Repräsentationen (Wissenseinheiten), zwischen denen aufgrund der gemeinsamen Verarbeitung Assoziationen existieren. Weitere Lernerfahrungen führen dazu, dass größere Verbünde von Wissenseinheiten, also semantische Netze entstehen, welche die Elemente eines Inhaltsbereichs repräsentieren. Charakteristisch für diese Netze ist, dass bei der Aktivierung einzelner Elemente immer auch weitere Elemente dieses Netzes aktiviert werden, wodurch sowohl die aktivierten Elemente als auch deren Assoziationspartner gestärkt werden (vgl. Kapitel 6.1). Mindestens aus den folgenden drei Gründen könnten Wissenseinheiten eines Inhaltsbereichs besonders häufig gemeinsam aktiviert werden: Erstens kann das persönliche Interesse für die gemeinsame Verarbeitung von Elementen eines Inhaltsbereichs verantwortlich sein. So könnte ein Auszubildender, den die Kfz-Motortechnik besonders fasziniert, häufiger über die Funktionsweise von Motoren nachdenken. Zweitens regt eine Vermittlung des Kfz-Wissens entlang von Inhaltsbereichen die gemeinsame Aktivierung dieser Elemente an. Drittens können berufliche Arbeitsabläufe oder betriebliche Ausbildungsbedingungen die gemeinsame Verarbeitung der Elemente stimulieren. Die genannten Gründe bewirken, dass sich Wissenseinheiten eines Inhaltsbereichs festigen und dass abhängig davon relativ homogene semantische Netze heranwachsen, die das Kernwissen eines Inhaltsbereichs repräsentieren.

Auf der Basis dieser theoretischen Erklärung der internen Wissensrepräsentation, d. h. des individuellen Wissenserwerbs wird folgender Schluss möglich: Da Elemente eines Inhaltsbereichs nicht isoliert, sondern in einem oder mehreren eng verwandten, semantischen Netzen repräsentiert sind und die wie auch immer stimulierte gemeinsame Verarbeitung einzelner Elemente zur Festigung des Wissensverbunds führt, besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass bei Kenntnis eines einzelnen Wissenselements auch andere Elemente des Kernwissens bekannt sind. Dies kann der Grund dafür sein, dass Wissensleistungen eines Inhaltsbereichs korrelieren und berufsfachliches Wissen eines Inhaltsbereichs eine homogene berufsfachliche Kompetenzdimension darstellt. Gleichzeitig ist zu betonen, dass die Wissensleistungen in einem Inhaltsbereich oft nur mittlere Korrelationen aufweisen. Dies bedeutet, dass manche Individuen nur einzelne Fragen eines Inhaltsbereichs beantworten können und die konstruierten semantischen Netze bei aller Ähnlichkeit doch auch unterschiedlich sind. Daran wird deutlich, dass Hypothesen zur Strukturierung berufsfachlichen Wissens nur für den „durchschnittlichen" Auszubildenden gelten und Einzelfällen wohl häufiger nicht gerecht werden.

(2) Fertigkeiten entwickeln sich im Anschluss an die ACT-R Theorie durch Übung und im Rückgriff auf tätigkeitsspezifisches explizites Wissen (Anderson,

2007 und Kapitel 6.2). In der gewerblich-technischen Ausbildung entstehen Fertigkeiten dementsprechend bei der Bearbeitung konkreter beruflicher Aufgaben und im Rückgriff auf berufsfachliches Wissen. Da berufsfachliche Aufgaben eines Tätigkeitsbereichs gewisse Strukturähnlichkeiten aufweisen, sollten Fertigkeiten korrelieren, die in einem Tätigkeitsbereich erworben wurden. So weisen bspw. Diagnosetätigkeiten in elektrischen und elektronischen Systemen insofern Strukturähnlichkeiten auf, als sie meist die Verwendung eines computerbasierten Expertensystems oder das Lesen elektrischer Anschlusspläne beinhalten. Ein Zusammenhang zwischen Fertigkeiten eines Tätigkeitsbereichs ist auch deswegen zu erwarten, weil sie sich abhängig von berufsfachlichem Wissen entwickeln, das ebenfalls, wie zuvor erläutert, eine gewisse Homogenität aufweist. So wird bspw. beim Erwerb der Diagnosefertigkeit in elektronischen und elektrischen Kfz-Systemen auf das relativ homogene Wissen des einschlägigen Inhaltsbereichs (also Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen) zurückgegriffen. Von daher überrascht nicht, dass tätigkeitspezifische berufsfachliche Fertigkeiten eine relativ homogene Dimension berufsfachlicher Kompetenz repräsentieren.

Bereichsübergreifende Modellierung berufsfachlichen Wissens und berufsfachlicher Fertigkeiten (H2)

Bei der bereichsübergreifenden Modellierung berufsfachlichen Wissens zeigte sich, dass die Wissensleistungen der Inhaltsbereiche *Kfz-Motortechnik* und *elektrische und elektronische Kfz-Systeme* anhand *eines* Faktors modelliert werden können. Dieser als inhaltsübergreifendes Wissen interpretierte Faktor korreliert substantiell mit allgemeinem berufsfachlichem Kfz-Wissen (r=.61), beide Konstrukte waren aber diskriminant valide. Dies war theoretisch zu erwarten, da inhaltsübergreifendes Kfz-Wissen ein geringeres inhaltliches Spektrum abdeckt als allgemeines Kfz-Wissen. Weiterhin wurde festgestellt, dass *berufsfachliche Schulnoten* und die *Ergebnisse der Theorie-Abschlussprüfung* sowohl berufsübergreifend als auch berufsspezifisch sehr hoch korrelieren (r=.72-.80) und den festgelegten Grenzwert von r=.80 nicht unterschreiten. Erwartungsgemäß erwiesen sich also beide allgemeinen berufsfachlichen Wissensmaße als konvergent valide. Die referierten Befunde bestätigen H2a und damit, dass berufsfachliches Wissen mehrerer Inhaltsbereiche als homogene berufsfachliche Kompetenzdimension interpretiert werden kann.

Die Homogenität bereichsübergreifenden Wissens wurde mit zwei Stichproben geprüft: Die erste Stichprobe besteht ausschließlich aus Kfz-Mechatroniker/-innen, die in Handwerksbetrieben ausgebildet wurden, die zweite besteht aus Kfz-Mechatroniker/-innen, Fertigungsmechaniker/-innen, Mechatroniker/-innen und Elektroniker/-innen der Automatisierungstechnik, die in einem Industrieunternehmen ausgebildet wurden. In beiden Stichproben stellte sich übergreifendes berufsfachliches Wissen als homogen heraus, was für die Übertragbarkeit dieses Befunds auf die Population aller hier untersuchter Ausbildungsberufe spricht. Da der Befund zur konvergenten Validität von berufsfachlichen Noten und berufsfachlichem Wissen

auf der Stichprobe eines Unternehmens basiert, sind dort betriebsspezifische Effekte denkbar. So besteht eine Besonderheit dieser Stichprobe bspw. darin, dass sie im Vergleich zur Bezugspopulation überproportional viele Frauen und Ausländer beinhaltet, was vermutlich größtenteils auf die „Philosophie" der betrieblichen Personalauswahl zurückzuführen ist. Aufgrund geringer Gruppengrößen konnten Effekte dieses höheren Frauen- und Ausländeranteils jedoch nicht kontrolliert werden. Was die Übertragbarkeit der Befunde auf weitere gewerblich-technische Berufe anbelangt, stimmen die von Lehmann et al. (2006) publizierten Ergebnisse vorsichtig: Dort korrelieren berufsfachliche Noten und die Leistungen in einem gewerblich-technischen Fachwissenstest vergleichsweise gering (r=.20-.40).

Ein Problem, das bereits bei der Prüfung der ersten Hypothese diskutiert wurde, war, dass zwei Skalen (Fahrwerk und Kraftübertragung) von den Analysen ausgeschlossen werden mussten. Dies war insofern folgenreich, als nur zwei Inhaltsbereiche einbezogen und damit nur inhaltsübergreifendes und nicht wie geplant allgemeines Wissen modelliert werden konnte. Damit konnte nicht geprüft werden, ob der allgemeine Wissenstest, wie theoretisch angenommen, dasselbe Konstrukt abbildet wie die Ergebnisse der theoretischen Abschlussprüfung. Zwar kann die empirisch vertretbare substantielle Korrelation des inhaltsübergreifenden und allgemeinen Wissens (r=.80) als „sanfter" Beleg dieser Hypothese betrachtet werden, letztlich ist aber in Folgestudien zu prüfen, ob verschiedene Tests zum allgemeinen Kfz-Wissen konvergent valide sind.

Auch hier wird kurz erläutert, wie sich die Homogenität bereichsübergreifenden berufsfachlichen Wissens theoretisch erklären lässt. Oben wurde ein theoretischer Ansatz vorgestellt, wonach die Vermittlung von Kfz-Wissen entlang von Inhaltsbereichen dafür sorgt, dass die Lernumwelten von Kfz-Auszubildenden trotz erheblicher Differenzen auch Ähnlichkeiten aufweisen. Aufgrund dieser Ähnlichkeiten sollten Auszubildende am Ausbildungsende über das Kernwissen verschiedener Inhaltsbereiche verfügen. Das Kernwissen eines Inhaltsbereichs ist in einem oder in mehreren semantischen Netzen abgelegt, weshalb es häufig gemeinsam aktiviert und elaboriert wird. Die gemeinsame Aktivierung führt dazu, dass sich das bereichsspezifische Wissen festigt und dass aus der Kenntnis eines Wissenselements mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit geschlossen werden kann, dass auch ein anderes Element des Kernwissens verfügbar ist.

Dieser Ansatz wird hier durch den folgenden Gedanken erweitert: Da im Rahmen der Kfz-Ausbildung nicht nur das Kernwissen eines Inhaltsbereichs, sondern zentraler Inhaltsbereiche vermittelt wird, bilden sich mehrere bereichsspezifische semantische Netze. In vielen Situationen wird die Verarbeitung und Vernetzung von Elementen dieser Netze stimuliert, wodurch sich auch zwischen den bereichsspezifischen Netzen Assoziationen herausbilden. Durch diese Assoziationen steigt die Wahrscheinlichkeit, dass künftig Wissenselemente verschiedener Netze gemeinsam verarbeitet werden. Dadurch intensivieren sich die Verbindungen zwischen den bereichsspezifischen Netzen, die zusammen allgemeines Kfz-Wissen repräsentieren. Vor diesem Hintergrund sollten auch Wissensleistungen verschiedener Inhaltsbereiche korrelieren. Jedoch bleibt zu diskutieren, warum Wissensleistungen innerhalb eines Bereichs stärker korrelieren als Leistungen verschiedener

Bereiche. Erstens ist davon auszugehen, dass semantische Netze, die das Kernwissen eines Inhaltsbereichs abdecken, homogener sind, da deren Elemente häufiger gemeinsam verarbeitet werden. So werden bspw. bei Diagnosetätigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen v. a. Elemente des einschlägigen Inhaltsbereichs verarbeitet. Zweitens ist im Anschluss an Gschwendtner (2011) davon auszugehen, dass abhängig von der Klassenzugehörigkeit und damit einhergehender curricularer Schwerpunktsetzungen das Kernwissen bestimmter Inhaltsbereiche besser beherrscht wird als das Kernwissen anderer Bereiche. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, warum sowohl eine bereichsspezifische als auch eine bereichsübergreifende Modellierung berufsfachlichen Wissens möglich ist.

Zur Modellierung bereichsübergreifender Fertigkeiten wurden praktische Arbeitsproben aus dem Prüfungskontext herangezogen. Diese Arbeitsproben, die sich auf die Tätigkeitsbereiche „Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen“, „Kfz-Reparatur“ und „Kfz-Standardservice“ beziehen, bilden zusammen einen Faktor, der sich als allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit interpretieren lässt. Zudem erbrachte die Strukturanalyse zwei weitere Erkenntnisse: Erstens scheinen Leistungen, die sich auf eine Arbeitsprobe und ein zugehöriges Fachgespräch beziehen, nicht nur das Fertigkeitsniveau anzuzeigen, sondern auch andere diagnostische Informationen zu enthalten – zumindest legen dies die Residualkorrelationen zwischen den entsprechenden Leistungen nahe. Vermutlich symbolisieren diese Residualkorrelationen einen Beobachtereffekt: Die Prüfer beobachten den Prüfling während der Arbeitsprobe und nehmen die dabei gewonnenen Eindrücke mit ins Fachgespräch. Diese basieren wohl auch auf situativen Besonderheiten und subjektiven Überzeugungen der Prüfer. Aus diesem Grund sind die Leistungen bei der Arbeitsprobe und beim Fachgespräch jenseits berufsfachlicher Fertigkeit assoziiert, womit der von Abele (2011b) publizierte Befund bestätigt wird. Zweitens deutet die Residualkorrelation zwischen den beiden Reparatur-Arbeitsproben einen spezifischen Fertigkeitsfaktor an. Es ist gut vorstellbar, dass die Reparatur-Arbeitsproben einerseits allgemeine berufsfachliche Fertigkeiten und andererseits spezifische Reparatur-Fertigkeiten erfordern, die sich bspw. stärker auf manuelle Anforderungen beziehen. Ein konkreter Blick auf die Reparaturaufgaben, die z. B. den Ausbau, das Zerlegen und den anschließenden Zusammenbau einer Trommelbremse verlangen, verdeutlicht die Plausibilität dieser Vermutung. Um empirisch fundierte Aussagen zu erhalten, sind allerdings auch hier weitere Studien nötig.

Zusammengenommen bestätigen die Befunde H2b und damit, dass berufsfachliche Fertigkeiten verschiedener Tätigkeitsbereiche als homogene berufsfachliche Kompetenzdimension interpretiert werden können. Bei der Generalisierung dieses Befunds ist zu beachten, dass er auf einer Stichprobe beruht, die ausschließlich aus Kfz-Auszubildenden des Handwerks besteht.

Zur Erklärung der Homogenität bereichsübergreifender berufsfachlicher Fertigkeiten wird zunächst auf das bereits oben angeführte Argument zurückgegriffen: Da sich Fertigkeiten abhängig von berufsfachlichem Wissen entwickeln und dieses Wissen eine gewisse Homogenität aufweist, sollten auch die Fertigkeiten eine gewisse Homogenität aufweisen. Hier kommt noch ein weiterer Aspekt hinzu: Der

Fertigkeitserwerb wird auch von weiteren homogenen Konstrukten beeinflusst. So sprechen empirische Befunde z. B. dafür, dass der Fertigkeitserwerb von fluider Intelligenz abhängt (vgl. Kapitel 8). Zudem dürften reale berufliche Anforderungen forcieren, dass Fertigkeiten verschiedener Tätigkeitsbereiche „zusammenwachsen".

11.4.2 Berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit: Eigenständige und eng assoziierte Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz?

Während die erste und zweite Forschungshypothese nur Aussagen zur separaten Modellierung berufsfachlichen Wissens und berufsfachlicher Fertigkeit enthalten, trifft die dritte Hypothese Aussagen zum bereichsspezifischen und bereichsübergreifenden Verhältnis von Wissen und Fertigkeit. Bei der Prüfung des bereichsspezifischen Verhältnisses (H3a) zeigte sich, dass Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen und Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen eng korrelieren (r=.63) und dass das gebildete Zweifaktormodell empirisch nicht mehr passt, wenn eine Faktorkorrelation von r=.90 unterstellt wird. Berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit stellen hier also zwei deutlich assoziierte, aber diskriminant valide Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz dar. Erwartungskonforme Ergebnisse stellten sich auch bei der Untersuchung des bereichsübergreifenden Verhältnisses von Wissen und Fertigkeit (H3b) ein: Allgemeines berufsfachliches Wissen und allgemeine berufsfachliche Fertigkeit korrelieren deutlich (r=.78), stellen aber zwei empirisch unterscheidbare Größen dar. Damit erwiesen sich auch bereichsübergreifendes Wissen und Fertigkeit als eng verwoben und diskriminant valide. Komplizierter wird die Bewertung von H3b, wenn auch die Ergebnisse aus Stichprobe B einbezogen werden.

Bei der undifferenzierten Analyse aller in Stichprobe B vertretenen Berufsgruppen stellen sich allgemeines Wissen und allgemeine Fertigkeit zwar ebenso als diskriminant valide heraus, allerdings korrelieren beide Facetten geringer als erwartet (r=.37). Berufsspezifische Analysen bestätigen diesen Befund fast ausnahmslos: Bei den *Fertigungsmechaniker/-innen* (r=.35) und *Mechatroniker/-innen* (r=.29) sind allgemeines Wissen und allgemeine Fertigkeit moderat assoziiert, in der Gruppe der *Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik* hängen beide Konstrukte überhaupt nicht zusammen. Im Einklang mit den obigen Befunden bestätigen diese Ergebnisse, dass allgemeines Wissen und allgemeine Fertigkeit zwei verschiedene Kompetenzfacetten sind, jedoch korrelieren beide Dimensionen gering oder überhaupt nicht. Wie die im nächsten Abschnitt diskutierten Ergebnisse zeigen, sind diese geringen Korrelationen mit großen Unsicherheiten verbunden. Sie werden zur Prüfung von (H3) nicht weiter berücksichtigt.

Bei den Kfz-Mechatroniker/-innen aus Stichprobe B sind die Maße zum allgemeinen berufsfachlichen Wissen und zur allgemeinen berufsfachlichen Fertigkeit so stark assoziiert, dass sie als konvergent valide aufzufassen sind. Damit stellt sich die Frage, warum diese Maße hier konvergent valide sind.

Zunächst ist zu entscheiden, ob die beiden Maße eher Wissen oder eher Fertigkeit repräsentieren. Bei der Diagnostik dieser Maße wurden einerseits schriftliche Tests und andererseits authentische Arbeitsproben verwendet. Im Anschluss an Kapitel 4.3 ist davon auszugehen, dass bei Kfz-Mechatroniker/-innen mit schriftlichen Tests eher berufsfachliches Wissen als berufsfachliche Fertigkeit erfasst wird. Aus diesem Grund ist die konvergente Validität wohl so zu interpretieren, dass beide Maße eher berufsfachliches Wissen repräsentieren. Für diese Interpretation spricht auch, dass die Ergebnisse der „theoretischen" Prüfung empirisch dasselbe Konstrukt abzubilden scheinen wie berufsfachliche Schulnoten. Denn aus der Annahme, die Ergebnisse der „theoretischen" Prüfung erfassten die berufsfachliche Fertigkeit, würde folgen, dass auch Schulnoten berufsfachliche Fertigkeiten repräsentieren. Dies scheint wenig plausibel und empirisch nicht haltbar. Angesichts dieser Argumentation stellt sich eine weitere Frage: Wie ist es möglich, dass praktische Prüfungsleistungen das berufsfachliche Wissensniveau indikatorisieren?

Für die Beantwortung dieser Frage sind Hintergrundinformationen zur praktischen Prüfung hilfreich: Seit einigen Jahren basiert die praktische Kfz-Abschlussprüfung im angesprochenen Unternehmen auf produktionsnahen Arbeitsproben. Durchgeführt werden diese Arbeitsproben an einer Station des regulären Produktionsprozesses, an der die Qualitätssicherung der vom Band laufenden Fahrzeuge stattfindet. Vereinfacht ausgedrückt besteht der erste Schritt dieser Qualitätssicherung aus einem Screening, das eine Entscheidung darüber ermöglicht, ob Fahrzeuge fehlerhaft sind, und das ggf. grobe Informationen zur Fehlerart liefert. Diese groben Informationen werden im Vorfeld praktischer Prüfungen genutzt, um geeignete produktionsnahe Problemstellungen auszuwählen. Nachdem Kfz-Ausbildungsexperten in Rücksprache mit erfahrenen Mitarbeitern geeignete Problemstellungen ausgewählt haben, werden diese den Prüflingen vorgelegt. Deren Aufgabe besteht nun u. a. darin, die konkreten Fahrzeugdefekte zu diagnostizieren. Obwohl die Auswahl der Prüfungsaufgaben erfahrungsbasiert stattfindet und die Art und Schwierigkeit der Anforderungen von den Experten – zumindest nach Auffassung des Betriebs – gut abgeschätzt werden können, treten gelegentlich Situationen ein, in denen ein Prüfling zwar eine korrekte Diagnose durchgeführt hat, die Fehlerursache in der gegebenen Zeit aber nicht finden kann. Im Hinblick auf die Beurteilungen der Leistung ist dies unproblematisch, da auch in solchen Fällen sehr gute Bewertungen, d. h. Noten vergeben werden. Sichtbar wird indes, dass keine konkrete Vorbereitung auf die praktische Prüfung stattfinden kann. Im Gegenteil, mit diesem Prüfungszuschnitt ist das Unternehmen ganz bewusst von der früheren Praxis abgekehrt, die Auszubildenden gezielt und konkret auf die praktische Prüfung vorzubereiten. Während also bei früheren Prüfungen im Vorfeld der Aufbau prüfungsrelevanter Fertigkeiten forciert wurde, unterbleibt dies bei den neueren Prüfungen bewusst. Damit haben die Prüflinge im Rahmen der praktischen Prüfung häufig *wenig bekannte* Problemstellungen zu bearbeiten.

Für die weitere Argumentation sei daran erinnert, dass berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit erst ab der zweiten Phase des Kompetenzerwerbs unterschieden werden kann (vgl. Kapitel 6.5). Bezogen auf die besprochenen praktischen Prüfungsaufgaben dürften sich die Probanden aber eher in der kognitiven

Erwerbsphase befinden, da weitgehend neue Aufgabenstellungen zu bearbeiten sind. In der kognitiven Phase wird auch mit Arbeitsproben vorwiegend berufsfachliches Wisse erfasst. Daher überrascht die bei den Kfz-Mechatroniker/-innen aus Stichprobe B festgestellte hohe Korrelation zwischen den theoretischen und praktischen Prüfungsergebnissen nicht. Dieser Argumentation zufolge trifft die bei der Hypothesenformulierung getroffene Zusatzannahme hier nicht zu: Die Fertigkeitsdiagnostik scheint sich auf die kognitive Phase des Kompetenzerwerbs zu beziehen (vgl. Kapitel 11.1). Angesichts dessen wird die konvergente Validität der Prüfungsergebnisse nicht zum Anlass genommen, die These der diskriminanten Validität von Wissen und Fertigkeit zu verwerfen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit zwei unterschiedliche Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz darstellen, und zwar sowohl bei einer bereichsspezifischen als auch bei einer bereichsübergreifenden Modellierung. Zudem sind beide Dimensionen eng assoziiert. Damit wurde H3 bestätigt und es gibt wenig Anlass, an der Generalisierbarkeit dieses Befunds auf die betrachteten gewerblich-technischen Ausbildungsberufe (Kfz-Mechatroniker/-innen, Fertigungs-mechaniker/-innen, Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik und Mechatroniker/-innen) zu zweifeln. Deutlich weisen die referierten Befunde auf die Notwendigkeit einer theoretischen Durchdringung der berufsfachlichen Kompetenzmodellierung hin. So erfassen z. B. Arbeitsproben nie generell nur Fertigkeiten, sondern vermutlich abhängig von der individuellen Kompetenzerwerbsphase unterschiedliche Kompetenzdimensionen.

11.4.3 Berufsfachliche Kompetenz: Ein eigenständiges Konstrukt?

Ob das Konstrukt „berufsfachliche Kompetenz“ von anderen psychologischen Konstrukten abgrenzbar ist, wurde im Rahmen der vierten und letzten Hypothese der ersten Studie untersucht (H4). Zusätzlich zu berufsfachlicher Kompetenz wurden folgende differenziellen Konstrukte einbezogen, die als Außenkriterien der Validitätsprüfung fungieren: Intelligenz, mathematische und sprachliche Basiskompetenz bzw. Fähigkeit und das Interesse am Ausbildungsberuf.

Vorab ist zu erwähnen, dass das Interesse am Ausbildungsberuf überraschenderweise durchweg nicht mit berufsfachlicher Kompetenz assoziiert war. Darauf wird im Rahmen der zweiten Studie genauer eingegangen (vgl. Kapitel 12.4.1). Erwartungskonform war hingegen, dass berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit im Anforderungsbereich „elektrische und elektronische Kfz-Systeme“ untereinander enger korrelieren (r=.69) als mit den berücksichtigten Außenkriterien (r=.29-.53). Ebenfalls war zwischen allgemeinem berufsfachlichem Wissen und allgemeiner berufsfachlicher Fertigkeit eine höhere Korrelation beobachtbar (r=.73) als zwischen den Kompetenzfacetten und den Außenkriterien. Beide Befunde belegen, dass die berufsfachlichen Kompetenzfacetten untereinander mehr Gemeinsamkeiten aufweisen als mit anderen Konstrukten, was für die diskriminante Validität berufsfachlicher Kompetenz spricht.

Bestätigt wird diese Hypothese durch die Befunde zu den Kfz-Mechatroniker/-innen aus Stichprobe B, bei denen beide Kompetenzfacetten ebenfalls stärker miteinander (r=.93) als mit den Außenkriterien korrelieren (r=.31-.89). Bemerkenswert ist die zwar signifikant von r=.93 verschiedene, aber sehr hohe Korrelation zwischen berufsfachlichem Wissen und kristalliner Intelligenz (r=.89) sowie der Befund, dass Wissen deutlich höher mit den kognitiven Außenkriterien korreliert (r=.50-.89) als Fertigkeit (r=.31-.59). Komplizierter wird die Bewertung von H4, wenn auch die Ergebnisse der anderen Ausbildungsberufe aus Stichprobe B berücksichtigt werden.

Bei den *Elektroniker/-innen* war berufsfachliche Kompetenz nicht von den Außenkriterien abgrenzbar. Bei den *Fertigungsmechaniker/-innen* und *Mechatroniker/-innen* korreliert berufsfachliche Fertigkeit höher mit berufsfachlichem Wissen (r=.35 bzw. r=.29) als mit den Außenkriterien (r=n.s.). Berufsfachliches Wissen war in beiden Berufsgruppen dagegen mindestens genauso eng mit den Außenkriterien assoziiert (r=.23-.47) wie mit berufsfachlicher Fertigkeit. In den genannten Berufen gelang die Abgrenzung berufsfachlicher Kompetenz von den Außenkriterien also nicht bzw. nicht vollständig.

Eine Unterscheidung berufsfachlicher Kompetenz von den Außenkriterien war insbesondere deswegen nicht möglich, weil Fertigkeit und Wissen bei den Fertigungsmechaniker/-innen und den Mechatroniker/-innen überraschend gering und bei den Elektroniker/-innen sogar überhaupt nicht korrelieren. Überraschend war in diesen Berufsgruppen ferner, dass die Fertigkeitsmaße mit keinem einbezogenen kognitiven Außenkriterium assoziiert sind. Dieser Befund steht im Widerspruch zu Vorgängerstudien (z. B. Abele, 2011b; Schmidt-Atzert et al., 2004; Jungkunz & Bodinet, 1989). Die angesprochenen Fertigkeitsmaße scheinen hier also eine Sonderrolle einzunehmen.

Etwas überraschend ist allerdings, dass berufsfachliches Wissen in dieser Berufsgruppe deutlich enger mit den Außenkriterien assoziiert ist als mit berufsfachlicher Fertigkeit. Verwunderlich ist dies insofern, als sich beide Maße zuvor als konvergent valide erwiesen, weshalb vergleichbare Korrelationen erwartet wurden. Trotz einer weitgehenden Entsprechung scheinen beide Maße folglich auch Besonderheiten zu beinhalten.

Dafür können u. a. die folgende Gründe verantwortlich sein: (1) Die Anforderungen bei der Fertigkeitsprüfung unterscheiden sich in diesen Berufen grundlegend von denen der Wissensprüfung, weshalb kognitive Merkmale weniger einflussreich sind. So spielen bspw. manuelle Anforderungen bei der praktischen Prüfung von Fertigungsmechaniker/-innen eine vergleichsweise große Rolle. Verwunderlich ist allerdings der vollständig ausbleibende Zusammenhang zwischen Fertigkeit und den kognitiven Außenkriterien. Dies lässt sich jedoch diagnostisch und/oder theoretisch erklären, womit zwei weitere Gründe angesprochen sind: (2) Aus einer diagnostischen Perspektive ist die Qualität der Fertigkeitsmaße zu hinterfragen. Vielleicht liefern sie viele Informationen, die nichts oder nur wenig mit der fachlichen Leistung zu tun haben. Möglicherweise werden sie von Beobachtereffekten überlagert oder anderen externen Faktoren beeinflusst. Da in den betreffenden Berufen keine detaillierten Ergebnisse und Informationen zur praktischen

Prüfung verfügbar sind, kann die Qualität der Fertigkeitsmaße nicht eingehender studiert werden. (3) Aus einer theoretischen Perspektive kann argumentiert werden, dass die Fertigkeitsdiagnostik in der dritten Phase des Kompetenzerwerbs erfolgt und auf einer weitgehend routinierten Aufgabenbearbeitung beruht. So deuten Informationen aus dem Unternehmen darauf hin, dass die praktische Prüfung nicht wie bei den Kfz-Mechatroniker/-innen reformiert wurde, sondern, dass sich ein Großteil der Prüflinge in der autonomen Kompetenzerwerbsphase befindet, in der die Bedeutung kognitiver Faktoren gering ist (vgl. Kapitel 10). Die Beurteilung von H4, d. h. der diskriminanten Validität berufsfachlicher Kompetenz fällt unterschiedlich aus, je nachdem welcher der genannten Gründe für die Erklärung der Befunde herangezogen wird.

(1) Falls sich die Anforderungen bei einer Wissens- und Fertigkeitsdiagnostik in einem Beruf grundsätzlich unterscheiden, ermöglicht eine Wissensdiagnostik kaum Aussagen zum fachlichen Leistungsniveau. Das diagnostizierte Wissen wäre dann nicht mehr Teil berufsfachlicher Kompetenz, denn diese wurde als Voraussetzung für erfolgreiches berufsfachliches Handeln ausgewiesen (vgl. Kapitel 2.3). Falls dies zutrifft, ist H4 in den betreffenden Berufen zu verwerfen. In Anlehnung an den verwendeten Validierungsansatz (vgl. Kapitel 11.2.3) bedeutet dies, dass das nomologische Netz, d. h. das entwickelte Kompetenzverständnis nicht im Einklang mit den empirischen Gesetzen steht.

(2) Falls die Qualität der Fertigkeitsmaße unzureichend ist, können sich ebenfalls erwartungswidrige Befunde einstellen, die für die Beurteilung der Hypothesen allerdings wertlos sind. Wird diese Position bezogen, ist H4 beizubehalten und künftig anhand optimierter Fertigkeitsmaße erneut zu prüfen.

(3) Falls sich die Fertigkeitsmaße auf die autonome Kompetenzerwerbsphase und damit sehr gut bekannte Tätigkeiten beziehen, ist H4 beizubehalten, denn das entwickelte Kompetenzverständnis gilt nur, wenn Tätigkeiten nicht vollständig routiniert ablaufen. Für diesen Fall wäre schon aus theoretischen Überlegungen ein anderes Kompetenzverständnis zu entwickeln, das jedoch nur in späten Erwerbsphasen und in Berufen haltbar sein dürfte, die durch wenig komplexe und konsistente Anforderungen gekennzeichnet sind.

Da die komplett ausbleibenden Korrelationen zwischen den kognitiven Außenkriterien und den Fertigkeitsmaßen sowohl theoretisch als auch empirisch kaum erklärbar sind, dürfte die Qualität der Fertigkeitsmaße ein besonders ernstzunehmender Grund sein. Für die geringe Qualität der Fertigkeitsmaße spricht auch, dass die Fertigkeiten bei einer Globalanalyse negativ mit mathematischen Fähigkeiten assoziiert sind. Gut denkbar ist ferner, dass der im Punkt (3) genannte Grund für die geringe Korrelation von Wissen bzw. den kognitiven Außenkriterien und Fertigkeit verantwortlich ist.

Vor dem Hintergrund dieser Ausführungen wird H4 beibehalten und damit die Eigenständigkeit berufsfachlicher Kompetenz angenommen. Bei der Generalisierung dieses Befunds ist zu berücksichtigen, dass sie nur in den Stichproben der Kfz-Mechatroniker/-innen geprüft werden konnte. Vermutlich gilt H4 aber auch in den

anderen einbezogenen Berufen. Um größere Sicherheit zu erlangen, wäre dies künftig weiter zu untersuchen. Dabei sind auch die praktischen Anforderungen dieser Berufe eingehend zu studieren.

Abschließend sei noch auf einen überraschenden Befund hingewiesen: Bei den Kfz-Mechatroniker/-innen aus Stichprobe B korreliert das berufsfachliche Wissen deutlich enger mit den Außenkriterien als berufsfachliche Fertigkeit. Verwunderlich ist dies insofern, als sich beide Maße zuvor als konvergent valide erwiesen, weshalb vergleichbare Korrelationen erwartet wurden. Da beide Maße also trotz einer weitgehenden Entsprechung wohl auch Besonderheiten beinhalten, werden sie im Rahmen der zweiten Studie gesondert betrachtet.

12 STUDIE 2: SELEKTIVE PRÜFUNG DES MODELLS ZUR BERUFSFACHLICHEN KOMPETENZENTWICKLUNG

12.1 HYPOTHESEN

Im Rahmen der zweiten Studie werden Hypothesen untersucht, die dem Untersuchungsmodell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung zugrunde liegen, das in Kapitel 10 vorgestellt wurde. Diese Hypothesen werden im nächsten Abschnitt präsentiert. Dabei werden zunächst Hypothesen zum Verhältnis ausgewählter Determinanten zur berufsfachlichen Kompetenz vorgestellt und anschließend zum Einfluss dieser Determinanten auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung, wobei auch verschiedene Wechselwirkungen berücksichtigt werden. Abschließend kommen Hypothesen zur differenziellen Bedeutung der Determinanten zur Sprache.

12.1.1 Empirisches Verhältnis ausgewählter Determinanten zur berufsfachlichen Kompetenz

Zum empirischen Verhältnis ausgewählter Determinanten zur berufsfachlichen Kompetenz werden zwei Hypothesen untersucht. Die erste Hypothese bezieht sich auf kognitive Determinanten und lautet folgendermaßen:

> *H1*: Zwischen den im Modell enthaltenen *kognitiven Determinanten* und *berufsfachlichem Wissen* bzw. *berufsfachlicher Fertigkeit* besteht ein beachtlicher Zusammenhang. Erwartet wird, dass zwischen den Determinanten und berufsfachlicher Kompetenz mindestens mittlere messfehlerbereinigte Korrelationen ($r \geq .40$) beobachtbar sind. Zudem wird unterstellt, dass die Korrelationen zwischen den Determinanten und berufsfachlicher Kompetenz entlang der folgenden Merkmale abnehmen: (1) Berufsspezifische Basiskompetenz bzw. technische Fähigkeit, (2) mathematische und sprachliche Basiskompetenz bzw. Fähigkeiten und (3) fluide bzw. kristalline Intelligenz.

Die Grundlage dieser Hypothese bilden die im Modell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung (vgl. Kapitel 10) enthaltenen Effektstärken der kognitiven Determinanten (++). Mit der Hypothese wird unterstellt, dass die kognitiven Determinanten mit berufsfachlicher Fertigkeit genauso hoch korrelieren wie mit berufsfachlichem Wissen. Zu diesem Zusammenhang liegen jedoch widersprüchliche Befunde vor. In Anlehnung an den berufsbildenden Forschungskontext kann angenommen werden, dass der Fertigkeitserwerb geringer mit kognitiven Determinanten korreliert als der Erwerb berufsfachlichen Wissens (vgl. Kapitel 9). Dagegen

wurde im Rahmen der Vier-Quellen-Theorie festgestellt, dass Intelligenz einen erheblichen Einfluss auf den kognitiven Fertigkeitserwerb hat (vgl. Kapitel 8.2). Studien zur Drei-Phasen-Theorie belegen, dass auch der Erwerb motorischer Fertigkeiten meist deutlich mit Intelligenz zusammenhängt (vgl. Kapitel 8.1.5). Hier wird den Befunden zur Vier-Quellen- und zur Drei-Phasen-Theorie gefolgt und angenommen, dass die geringeren Korrelationen zwischen kognitiven Determinanten und berufsfachlicher Fertigkeit in den berufsbildenden Studien v. a. auf einem höheren Messfehleranteil bei der Fertigkeitsdiagnostik beruhen. In den gesichteten Studien waren keine Aussagen zur Bedeutungsrangfolge der kognitiven Determinanten enthalten. Die antizipierten Bedeutungsunterschiede basieren auf den Ausführungen in Kapitel 9.

Bei der Analyse dieser, aber auch der weiteren Hypothesen ist folgender Punkt zu beachten: Wenn das Fertigkeitsmaß hauptsächlich auf motorischen Fertigkeiten basiert, die in wenig komplexen Tätigkeitsbereichen erworben wurden, könnten zwischen den kognitiven Determinanten und dem Fertigkeitsniveau auch geringere Korrelationen zu beobachten sein als zwischen den kognitiven Determinanten und berufsfachlichem Wissen. Zwischen den Determinanten und dem Fertigkeitsniveau sind auch dann geringere Korrelationen zu erwarten, wenn sich viele Probanden bei der Fertigkeitsdiagnostik bereits in der autonomen Erwerbsphase befinden (vgl. Kapitel 8.1.5).

Im Hinblick auf die Bedeutung nicht-kognitiver Determinanten wird folgende Hypothese untersucht:

> *H2*: Das *Interesse am Ausbildungsberuf* hat eine nennenswerte, im Vergleich zu den kognitiven Determinanten aber geringere Bedeutung für den berufsfachlichen Wissens- sowie berufsfachlichen Fertigkeitserwerb. Zwischen dem Interesse und den berufsfachlichen Maßen wird eine latente Korrelation von $r \approx .30$ erwartet.

Diese Hypothese basiert auf Studien zur PPIK-Theorie, in denen zwischen Fachleistungen und Interesse ein mittlerer Zusammenhang beobachtet wurde (vgl. Kapitel 7.4). Im Vergleich zur PPIK-Theorie beinhaltet diese Hypothese insofern eine Neuerung, als hier zudem eine Aussage zur Bedeutung des berufsspezifischen Interesses für *berufsfachliche Fertigkeit* getroffen wird.

12.1.2 Einfluss zentraler Determinanten auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung

Wie bereits erwähnt, enthält das Modell zur Kompetenzentwicklung keine Informationen dazu, welche Bedeutung einzelne Determinanten haben, wenn der Effekt anderer kontrolliert wird. Um inkrementelle Effekte zu prüfen, bietet es sich an, die mit dem Modell implizierte entwicklungspsychologische Perspektive einzunehmen (vgl. Kapitel 10): Zunächst ist die Bedeutung fluider Intelligenz für die berufsfach-

liche Kompetenzentwicklung zu untersuchen, anschließend die Bedeutung der kristallinen Intelligenz und ihrer verschiedenen Dimensionen (spezifische Fähigkeiten und Basiskompetenzen), wobei der Effekt der fluiden Intelligenz zu kontrollieren ist. Von Bedeutung ist in diesem Kontext auch, welche Rolle das Interesse am Ausbildungsberuf bei Berücksichtigung der anderen Determinanten spielt. Am Ende ist die Frage zu klären, welchen Effekt das berufsfachliche Wissen auf die berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung hat, wenn die vorgenannten Determinanten berücksichtigt werden.

Zur Bedeutung von Intelligenz

H3: Fluide Intelligenz hat einen beachtlichen Einfluss auf den berufsfachlichen Kompetenzerwerb. Erwartet werden latente Effekte von $\beta \geq .40$.

H4: Fluide Intelligenz hat einen deutlichen Einfluss auf den Erwerb *kristalliner Intelligenz*, die wiederum die berufsfachliche Kompetenzentwicklung beachtlich beeinflusst. Dementsprechend wird erwartet, dass *fluide Intelligenz* einen *direkten Effekt* auf kristalline Intelligenz hat ($\beta \geq .50$, messfehlerbereinigt) und kristalline Intelligenz wiederum einen *direkten* Effekt auf berufsfachliche Kompetenz ($\beta \approx .40$-$.50$, messfehlerbereinigt). Fluide Intelligenz übt also einerseits, über kristalline Intelligenz vermittelt, einen *indirekten Effekt* und andererseits einen *direkten Effekt* auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung aus.

Die angenommenen Effektstärken basieren auf den Befunden zum Kompetenzerwerb (vgl. Kapitel 7 und Kapitel 9).

H5: Werden *kristalline Intelligenz* und der *Schulerfolg* berücksichtigt, hat der Schulerfolg, wenn überhaupt, nur einen geringen eigenständigen Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung. Dementsprechend wird erwartet, dass *Schulnoten* allenfalls einen *geringen direkten Effekt* auf berufsfachliche Kompetenz haben, wenn der direkte Einfluss kristalliner Intelligenz kontrolliert wird. Zudem sollte zwischen Schulnoten und kristalliner Intelligenz eine hohe Korrelation ($r \geq .70$, messfehlerbereinigt) beobachtbar sein.

Dieser Hypothese unterliegen zwei Annahmen: Zum einen wird davon ausgegangen, dass der anhand weniger Studien abgesicherte Effekt, wonach Schulnoten zusätzlich zu Intelligenz ausbildungsspezifische Leistungsvarianzen erklären (vgl. Kapitel 9.7), bei einer latenten Modellierung der Zusammenhänge (fast) verschwindet. Zum anderen basiert diese Hypothese auf der theoretischen Vorstellung, dass ein anhand verschiedener Schulnoten gebildeter latenter Faktor (Schulerfolg) ein (sehr) ähnliches Konstrukt abbildet wie kristalline Intelligenz. Aus diesem Grund sollten Schulnoten gegenüber kristalliner Intelligenz allenfalls eine geringe inkrementelle Validität besitzen.

Zur Bedeutung kognitiver Primärfähigkeiten

H6: Kognitive Primärfähigkeiten haben jeweils einen eigenständigen Einfluss auf die Kompetenzentwicklung, wobei technische Fähigkeiten den größten Einfluss haben sollten. Erwartet wird, dass *mathematische*, *sprachliche* und *technische Fähigkeiten* jeweils einen *direkten* Effekt auf den berufsfachlichen Kompetenzerwerb haben. Das *räumliche Vorstellungsvermögen* sollte den Fertigkeitserwerb *direkt* beeinflussen, wenn der Effekt der anderen Primärfähigkeiten kontrolliert wird.

Die Frage der Bedeutung spezifischer kognitiver Fähigkeiten wird meist vor dem Hintergrund diskutiert, ob sie zusätzlich zu Intelligenz einflussreich sind (vgl. Kapitel 9.4). Welche Bedeutung die spezifischen Fähigkeiten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung haben, wenn alle Fähigkeiten einzeln und *kein* Intelligenzfaktor berücksichtigt werden, wird selten diskutiert und deshalb hier untersucht.

Räumliches Vorstellungsvermögen erwies sich insbesondere im Hinblick auf den Fertigkeitserwerb als bedeutsam (vgl. Kapitel 9.4). Deshalb wird in der Hypothese ein direkter Effekt des räumlichen Vorstellungsvermögens auf den Fertigkeitserwerb angenommen. Der berufsfachliche Wissenserwerb sollte hingegen nicht von dieser Fähigkeit abhängen.

H7: *Technische Fähigkeiten* beeinflussen die berufsfachliche Kompetenzentwicklung auch unabhängig von kristalliner Intelligenz, mathematische und sprachliche Fähigkeiten dagegen nicht. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass *räumliches Vorstellungsvermögen* den Fertigkeitserwerb unabhängig von kristalliner Intelligenz beeinflusst.

Zur Bedeutung berufsspezifischen Interesses

H8: Das *berufsspezifische Interesse* beeinflusst den berufsfachlichen Kompetenzerwerb. Bei Integration fluider Intelligenz sollte ein *direkter*, bei Integration berufsspezifischer Basiskompetenz hingegen nur noch ein *indirekter* Effekt des Interesses feststellbar sein, der über berufsspezifische Basiskompetenz vermittelt wird.

Fachinteresse kommt neben Aspekten wie der Qualität von Bildungsprozessen und Intelligenz eine wichtige Bedeutung für den Wissenserwerb zu (Asendorpf, 2007, Nickolaus & Abele, 2009). Wissensleistungen spiegeln somit immer auch Informationen zum Fachinteresse. Da Wissen als integrativer Faktor aber eine höhere Erklärungskraft besitzt als das Interesse, kann die empirische Bedeutung des Fachinteresses für den Kompetenzerwerb unterschätzt werden, wenn das Wissen in die Analysen einbezogen wird. Im Anschluss an die Investmenttheorie ist anzunehmen (vgl. Kapitel 7.1), dass das Interesse am Ausbildungsberuf mit fluider Intelligenz geringer korreliert als mit berufsspezifischen Basiskompetenzen.

Zur Bedeutung der Basiskompetenzen

H9: *Basiskompetenzen* haben jeweils einen eigenständigen Einfluss auf den berufsfachlichen Kompetenzerwerb, wobei berufsspezifische Basiskompetenzen am bedeutsamsten sind. Bei Berücksichtigung von Basiskompetenzen beeinflusst fluide Intelligenz den berufsfachlichen Kompetenzerwerb nur noch über die Basiskompetenzen. Entsprechend wird erwartet, dass die *Basiskompetenzen* bei gleichzeitiger Berücksichtigung jeweils einen *direkten Effekt* auf den berufsfachlichen Kompetenzerwerb ausüben, wobei berufsspezifische Basiskompetenzen den höchsten Effekt erbringen. *Fluide Intelligenz* hat bei Kontrolle der vorgenannten Merkmale nur noch einen *indirekten Effekt* auf die Kompetenzentwicklung.

H10: Die besondere Bedeutung *berufsspezifischer Basiskompetenzen* für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung sollte auch bei Kontrolle kristalliner Intelligenz beobachtbar sein. Empirisch wird erwartet, dass *berufsspezifische Basiskompetenzen* den berufsfachlichen Kompetenzerwerb auch bei Kontrolle kristalliner Intelligenz *direkt* beeinflussen, *sprachliche* und *mathematische Basiskompetenzen* haben unter diesen Umständen hingegen *keinen direkten Einfluss* mehr

Hier wird die offene Forschungsfrage adressiert, ob Basiskompetenzen jenseits von Intelligenz bedeutsam sind (vgl. Kapitel 9.5). Unterstellt wird, dass die eigenständige Bedeutung der Basiskompetenzen davon abhängt, wie stark bei der Intelligenzdiagnostik Bildungsprozesse fokussiert werden. Bei Berücksichtigung fluider Intelligenz (weitgehende Unabhängigkeit von Bildungsprozessen) sollten Basiskompetenzen beachtliche inkrementelle Validität besitzen, bei Berücksichtigung kristalliner Intelligenz (Einbezug von Bildungsprozessen) sollte diese inkrementelle Validität zurückgehen: Je stärker bei der Intelligenztestung Bildungsprozesse in den Blick genommen werden, desto höher ist die Überschneidung zwischen Intelligenz und Basiskompetenz und desto geringer sollte die eigenständige Bedeutung der Basiskompetenzen für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung sein. Der mit der Hypothese angenommene besondere Stellenwert berufsspezifischer Basiskompetenz ist breit belegt (vgl. Kapitel 9.6).

Zur Bedeutung berufsfachlichen Wissens

H11: *Berufsfachliches Wissen* hat einen deutlichen Einfluss auf den berufsfachlichen Fertigkeitserwerb. Erwartet wird ein latenter Effekt von $\beta \geq .50$. Bei Berücksichtigung berufsfachlichen Wissens haben die vorgenannten Determinanten keinen eigenständigen Einfluss auf die berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung. Die Determinanten üben also keinen direkten Effekt auf die berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung aus, wenn der Effekt berufsfachlichen Wissens kontrolliert wird.

Im Rückgriff auf die Modelle zur erwerbsphasenspezifischen Bedeutung einzelner Determinanten (vgl. Abbildung 22 und Abbildung 23) wird hier angenommen, dass berufsfachliches Wissen die wichtigste Determinante des berufsfachlichen Fertigkeitserwerbs darstellt. Allerdings sei in diesem Kontext erwähnt, dass dazu widersprüchliche Befunde vorliegen. So attestieren Befunde zum Vier-Quellen-Ansatz dem Wissen eher einen moderaten Einfluss (vgl. Kapitel 8.2). Dagegen legen Befunde aus dem berufsbildenden Forschungskontext nahe, dass berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit (sehr) hoch korrelieren (vgl. Kapitel 4.4). Hier wird den Befunden berufsbildender Forschungsarbeiten gefolgt.

12.1.3 Differenzieller Einfluss zentraler Determinanten auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung

Im Hinblick auf die differenzielle Bedeutung der Determinanten wird Folgendes vermutet:

> *H12*: Lediglich die Bedeutung des *räumlichen Vorstellungsvermögens* variiert abhängig von der betrachteten Kompetenzdimension, und zwar insofern, als es für den berufsfachlichen Fertigkeitserwerb bedeutsamer ist als für den Wissenserwerb.

Die differenzielle Validität ist nicht nur mit dieser, sondern implizit mit allen zuvor genannten Hypothesen angesprochen, da verschiedene berufsfachliche Kompetenzmaße in die Analysen einbezogen werden.

12.1.4 Erklärungsmodell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung

Wie bereits erwähnt, basieren die vorgestellten Hypothesen auf dem Untersuchungsmodell zur Bedeutung ausgewählter Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung (vgl. Kapitel 10). Dementsprechend wird erwartet, dass sich die bei der Untersuchung der einzelnen Hypothesen gewonnenen Erkenntnisse in ein umfassendes Erklärungsmodell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung integrieren lassen, das im Einklang mit dem entwickelten Untersuchungsmodell (vgl. Kapitel 10) steht.

12.2 METHODE

12.2.1 Datenherkunft und Untersuchungsdesign

Zur Hypothesenprüfung werden die bereits ausführlich im Rahmen der ersten Studie besprochenen Datensätze verwendet (vgl. Kapitel 11.2.1). Zur Erinnerung sei

erwähnt, dass der *erste* Datensatz Ergebnisse verschiedener Forschungsprojekte und der Gesellenprüfung Teil 2 enthält. Dagegen stammt der *zweite* Datensatz aus einem Industrieunternehmen und enthält Ergebnisse der Auszubildendenauswahl sowie ausbildungsbezogene fachliche Leistungsdaten. Im Rahmen der zweiten Studie werden bei der Hypothesenprüfung meist Ergebnisse verwendet, die am Anfang und am Ende der Ausbildung erhoben wurden, d. h. die Analysen basieren auf einem längsschnittlichen Untersuchungsdesign.

12.2.2 Stichprobe

Für die Hypothesenprüfung werden dieselben Stichproben wie in der ersten Studie, also *Stichprobe A* und *Stichprobe B* herangezogen (vgl. Kapitel 11.2.2). Zur Erinnerung seien wesentliche Eigenschaften dieser Stichproben genannt: Stichprobe A besteht aus Kfz-Mechatroniker/-innen, die überwiegend in baden-württembergischen Handwerks- und teilweise in baden-württembergischen Industriebetrieben ausgebildet wurden. Stichprobe B bezieht sich auf *einen* Automobilhersteller und verschiedene Ausbildungsberufe (Kfz-Mechatroniker/-innen, Fertigungsmechaniker/-innen, Elektroniker/-innen für Automatisierungs-technik und Mechatroniker/-innen). Bei der Hypothesenprüfung wird nur auf einen Teil dieser Stichprobe, nämlich die Teilstichproben B1 und B2 zurückgegriffen, die bereits in Kapitel 11.2.2 ausführlich besprochen wurden. Im Hinblick auf Stichprobe A erfordert die im Rahmen der zweiten Studie eingenommene Untersuchungsperspektive dagegen, dass eine neue Teilstichprobe herangezogen werden muss.

In Tabelle 4 sind zentrale Eigenschaften dieser Teilstichprobe A4 aufgeführt, zu Vergleichszwecken sind dort auch Populationsstatistiken gegeben, deren Zustandekommen ebenfalls in Kapitel 11.2.2 diskutiert wurde.

Tabelle 14: Zusammensetzung der Population und der Teilstichprobe A4 nach Geschlecht, betrieblicher Ausbildungsvariante und erreichtem allgemein bildendem Schulabschluss

Stichprobencharakteristika		**Teilstichprobe A4 (n =200)**	**Population (N≈2800)**
Geschlecht	Männlich	98.0%	97.2%
Ausbildungsvariante	Industrie	42.5%	9.8%
	Handwerk	57.5%	90.2%
Allgemein bildender Schulabschluss	Hauptschule	23.6%	44.7%
	Realschule	66.7%	49.4%
	Studienberechtigung	9.7%	5.9%

Wie Tabelle 4 zeigt, weist Teilstichprobe A4 einen nahezu identischen relativen Anteil männlicher Auszubildender auf (98.0%) wie die Population (97.2%). Dagegen enthält die Teilstichprobe prozentual betrachtet deutlich mehr Auszubildende der Industrie (42.5%) als die Population (9.8%). Vermutlich ist der höhere Anteil an industriell Ausgebildeten auch für den im Vergleich zur Population geringeren

Anteil an Probanden mit Hauptschulabschluss verantwortlich (Teilstichprobe A4: 23.6% und Population: 44.7%), denn häufig nehmen Industrieunternehmen eine strenge Personalauswahl vor, bei der Hauptschüler/-innen im Schnitt schlechter abschneiden als Bewerber mit höherem Schulabschluss. Am häufigsten sind in Teilstichprobe A4 Auszubildende mit Realschulabschluss vertreten (66.7%). Die Dominanz einer Abschlussart und die erwähnten Auswahlprozesse deuten an, dass Teilstichprobe A4 leistungshomogener ist als die Population, woraus verzerrte Korrelationskoeffizienten resultieren können (vgl. Kapitel 9.1.2). Aus diesem Grund wird im Vorfeld der Hypothesenprüfung untersucht, ob Korrelationen aufgrund eingeschränkter Leistungsvarianzen korrigiert werden müssen. Bevor dies geschieht, werden im nächsten Abschnitt die zur Hypothesenprüfung verwendeten Maße vorgestellt.

12.2.3 Erhebungsinstrumente und verwendete Maße

Ein Großteil der relevanten Erhebungsinstrumente und Maße wurde bereits in der ersten Studie verwendet und dort ausführlich beschrieben (vgl. Kapitel 11.2.3). Diese Maße werden hier kurz in Erinnerung gerufen und, wo nötig, um Informationen ergänzt. Außerdem werden bislang noch nicht verwendete Maße vorgestellt.

Im Hinblick auf *Stichprobe A4* werden folgende *Determinanten* einbezogen, die allesamt zum Ausbildungsbeginn erhoben wurden: *Fluide Intelligenz* (beide Testteile des *CFT 3*, Weiß, 1971), *sprachliche Basiskompetenzen* (Norwig et al., in Druck; hier: 12 faktoriell valide Items: χ^2/df=1.36, *CFI*=.92, *RMSEA*=.04, *n*=270, λ=.30-.69), *mathematische Basiskompetenz* (Nickolaus et al., 2008; hier: 14 faktoriell valide Items: χ^2/df=1.23, *CFI*=.96, *RMSEA*=.03, *n*=271, λ=.34-.75) und das *Interesse am Ausbildungsberuf* (Gesamtskala des angepassten Fragebogens zum Studieninteresse; Schiefele et al., 1993).

Neben diesen bereits in der ersten Studie verwendeten Maßen werden hier auch *berufsspezifische Basiskompetenzen* berücksichtigt. Berufsspezifische Basiskompetenzen wurden zum Beginn der Ausbildung anhand eines Tests erhoben, der Kfz-technische Inhalte umfasst, die – zumindest teilweise – durch den Technik- und Physikunterricht bekannt sein dürften und die sich bspw. auf das Benennen von Kfz-Motorbauteilen, die Kenntnis zentraler Motorprinzipien oder das Berechnen elektrischer Größen auf Basis eines gegebenen Stromlaufplans beziehen. Hier werden 12 Items dieses Tests verwendet, die sich als faktoriell valide erwiesen (χ^2/df=1.59, *CFI*=.96, *RMSEA*=.06, *n*=200, λ=.32-.78). Tabelle A 10 enthält zentrale deskriptive Werte zum Summenscore dieser Items. Weitere Informationen zu diesem Test finden sich bei Gschwendtner (2008). *Kristalline Intelligenz* wird anhand dieser berufsspezifischen sowie mathematischer und sprachlicher Basiskompetenzen modelliert, eine Modellierungsvariante, die später noch zu diskutieren sein wird.

Berufsfachliche Kompetenz wird in Anlehnung an die Erkenntnisse der ersten Studie modelliert und bezieht sich auf das Ausbildungsende. *Allgemeines berufsfachliches Wissen* wird mit den Ergebnissen der theoretischen Gesellenprüfung

Teil 2 abgebildet. Diese Theorieprüfung umfasst einen *übergreifenden Kfz-Wissenstest* und einen Test zum *Kfz-Diagnosewissen*. Zudem liegen zwei Maße zum *spezifischen berufsfachlichen Wissen* vor, nämlich zum Wissen zur *Kfz-Motortechnik* und zum Wissen zu *elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen* (Gschwendtner, 2011). Die Zusammenfassung beider Maße erlaubt ferner die Berücksichtigung *übergreifenden berufsfachlichen Kfz-Wissens*.

Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit wird anhand der Ergebnisse der praktischen Gesellenprüfung Teil 2 modelliert, wobei Ergebnisse zu den einzelnen Prüfungsstationen verfügbar sind. Darüber hinaus liegt ein Maß zu *Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen* vor, das auf computersimulierten Arbeitsproben basiert (Abele et al., 2012).

In *Stichprobe B1* und *B2* wird kristalline Intelligenz, wie bereits in der ersten Studie, mit einschlägigen Subskalen zu *mathematischer* und *sprachlicher Fähigkeit* bzw. *räumlichem Vorstellungsvermögen* abgebildet (Gesamttest bzw. entsprechende Skalen der Intelligenz-Struktur-Analyse, Fay et al., 1998). Außerdem werden in diesen Stichproben t*echnische Fähigkeiten* berücksichtigt, die mit einem mechanisch-technischen Verständnistest (*MTVT*) erhoben wurden (Lienert, 1958). Der *MTVT* beinhaltet Aufgaben, deren Lösung die Kenntnis und Anwendung allgemeiner physikalisch-technischer Prinzipien erfordern. Für diesen Test, der eine Reliabilität von *Rel*=.84 aufweist (ebd.), sind nur Gesamtergebnisse verfügbar.

Der *Schulerfolg* wird erstens mit *Noten des allgemein bildenden Abschlusszeugnisses* in den folgenden Fächern operationalisiert: Deutsch, Mathematik, Englisch, Physik, Technik und Gemeinschaftskunde sowie der Durchschnittsnote. Bei Schulnoten wird, wie bereits in der ersten Studie, eine Reliabilität von *Rel*≥.80 unterstellt (vgl. Kapitel 11.2.3). Zweitens wird der Schulerfolg mit dem *Schulabschluss* operationalisiert, was eine vergleichsweise „grobe“ Operationalisierungsvariante darstellt.

Außerdem wird in Stichprobe B das *Ausbildungsinteresse* berücksichtigt. Dies erfolgt anhand der Information, ob der ergriffene Ausbildungsberuf dem ersten Wunschberuf entspricht oder nicht, wobei dieses dichotome Maß nur einen groben Anhaltspunkt liefern kann.

Um das *allgemeine berufsfachliche Wissen* abzubilden, werden in Stichprobe B1 die Gesamtergebnisse der theoretischen Gesellenprüfung Teil 2 sowie die berufsfachlichen Schulnoten verwendet. In Stichprobe B2 wird auf die berufsfachlichen Schulnoten sowie die theoretischen Prüfungsergebnisse zur *Instandhaltungs-* und *Diagnosetechnik* zurückgegriffen.

Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit wird abhängig vom betrachteten Ausbildungsberuf entweder mit dem Gesamtergebnis (Mechatroniker/-innen, Fertigungsmechaniker/-innen, Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik) oder den Resultaten eines betrieblichen Arbeitsauftrags und des zugehörigen Fachgesprächs (Kfz-Mechatroniker/-innen) abgebildet. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass die betrieblichen Arbeitsaufträge keine schriftlichen Ausarbeitungen, sondern reale Arbeitsproben umfassen.

12.2.4 Grundlagen der Hypothesenprüfung und Prüfstrategie

Geprüft werden die Hypothesen mit *bivariaten Korrelationen* oder mit *Erklärungsmodellen*, die Spezialfälle von Strukturgleichungsmodellen darstellen. Dabei werden *einfache Erklärungsmodelle* verwendet, die dazu dienen, den messfehlerbereinigten *direkten Effekt* von zwei oder mehr Determinanten auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung zu analysieren. Zudem werden *Mediatormodelle* herangezogen, in denen eine Determinante (z. B. fluide Intelligenz) einen direkten Effekt auf eine andere Determinante (z. B. mathematische Basiskompetenz) ausübt, die wiederum die berufsfachliche Kompetenzentwicklung direkt beeinflusst. Dabei steht die Frage im Vordergrund, ob eine Determinante über eine andere Determinante einen messfehlerbereinigten *indirekten Effekt* auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung ausübt.

Umgang mit Varianzeinschränkungen: Generell ist bei korrelativen Analysen zu beachten, dass eingeschränkte Merkmalsvarianzen zu erheblich verzerrten Koeffizienten führen können (vgl. Kapitel 9.1.2). Aus diesem Grund wird im Vorfeld der Hypothesenprüfung untersucht, ob eingeschränkte Leistungsvarianzen vorliegen. Falls das Verhältnis von empirischer Standardabweichung (*SD*) zur Standardabweichung der Population (SD_{Pop}) ungefähr *eins* beträgt, liegt keine Varianzeinschränkung vor. Falls das Verhältnis deutlich kleiner ist als eins, wird von einer Varianzeinschränkung ausgegangen. In diesem Fall werden Korrelationen mit dem von Wiberg und Sundström (2009) vorgeschlagenen Verfahren korrigiert.

Modellierung der latenten Variablen und Effekte: Falls die Modelle latente Variablen enthalten, werden diese nicht anhand einzelner Items, sondern anhand von Itembündeln (Little et al., 2002) oder Skalenergebnissen abgebildet. Im Unterschied zur vorigen Studie stehen hier nicht die Messmodelle, sondern die Strukturmodelle im Vordergrund, denn diese enthalten die interessierenden Effekte. Die festgelegten Effektrichtungen ergeben sich aus theoretischen Überlegungen und/oder aus dem längsschnittlichen Untersuchungsdesign.

Modellanpassungsgüte: Es werden nur Erklärungsmodelle analysiert, die mindestens eine zufriedenstellende Modellanpassungsgüte aufweisen ($SRMR \leq .10$, $RMSEA \leq .08$ und $\chi^2/df \leq 3$; Schermelleh-Engel et al., 2003 sowie $CFI > .90$; Nagy, 2005). Falls nur exakt identifizierte Modelle formuliert werden können, d. h. falls genauso viele empirische Informationen zur Verfügung stehen wie Parameter zu schätzen sind, kann die Passungsgüte nicht beurteilt werden (Eid et al., 2010). Dann werden wie bei herkömmlichen Regressionsanalysen lediglich die ermittelten Effekte betrachtet.

Umgang mit fehlenden Werten: Fehlende Werte werden auch hier anhand *MI*-Imputation ersetzt, wobei wie in der ersten Studie 40 Imputationsdatensätze generiert werden (Graham, 2009). Die Imputationsmodelle werden hypothesenspezifisch formuliert und enthalten jeweils alle Variablen des Erklärungsmodells, das zur Prüfung einer Hypothese gebildet wird.

Inferenzstatistische Absicherung indirekter Effekte: Da indirekte Effekte nicht normalverteilt sind, sollten sie inferenzstatistisch *nicht* anhand gewöhnlicher Signifikanztests beurteilt werden (MacKinnon, Lockwood & Williams, 2004). Aus

diesem Grund werden indirekte Effekte inferenzstatistisch mit 95%-Konfidenzintervallen abgesichert, die auf Basis bias-korrigierter Bootstraps (1.000 Bootstrap-Stichproben) geschätzt werden (ebd.). Von einem statistisch bedeutsamen indirekten Effekt wird ausgegangen, wenn das 95%-Konfidenzintervall den Wert Null *nicht* einschließt. Diesbezüglich ergibt sich insofern ein Problem, als Mplus bei *MI*-Imputation dafür keine Prüfroutine zur Verfügung stellt. Dem wird hier folgendermaßen begegnet: Falls die Datenanalyse auf *MI*-Imputation basiert, wird aus den 40 Datensätzen auch hier zufällig ein Viertel der Datensätze gezogen und die Signifikanz des indirekten Effekts jeweils anhand des erwähnten Bootstrapverfahrens geprüft. Wenn die Mehrzahl der Tests signifikante indirekte Effekte erbringt, wird ein indirekter Effekt angenommen, andernfalls wird von einem *nicht* signifikanten indirekten Effekt ausgegangen. Die Anzahl signifikanter Ergebnisse wird jeweils in runden Klammern angegeben.

H1 und H2 werden mithilfe *bivariater Korrelationen* geprüft. Als statistisch bedeutsam werden Korrelationen gewertet, die ein Signifikanzniveau von $\alpha \leq .05$ erreichen. Im Rahmen von H1 wird auch untersucht, ob die Korrelationen einen festgelegten Grenzwert (r=.40) unterschreiten. Dafür wird auf das bereits in Kapitel 11.2.4 angewandte Verfahren von Eid et al. (2010) zurückgegriffen. Ferner wird inferenzstatistisch abgesichert, ob die Determinanten unterschiedlich hoch mit Wissen bzw. Fertigkeit korrelieren. Hierbei wird untersucht, ob die höchste (z. B. Korrelation zwischen sprachlicher Basiskompetenz und Wissen) und die niedrigste Korrelation (z. B. Korrelation zwischen fluider Intelligenz und Wissen) signifikant voneinander abweichen, was anhand des ebenfalls bereits in Kapitel 11.2.4 erwähnten Verfahrens von Bortz und Schuster (2010) überprüft wird. Dasselbe Verfahren wird verwendet, wenn analysiert wird, ob eine Determinante unterschiedlich eng mit berufsfachlichem Wissen oder berufsfachlicher Fertigkeit assoziiert ist. Von unterschiedlichen Korrelationen wird ausgegangen, wenn Unterschiede ein Signifikanzniveau von $\alpha \leq .01$ erreichen.

Am häufigsten werden bei der Hypothesenprüfung *einfache Erklärungsmodelle* verwendet (H3, H4, H5, H6, H7, H9, H10 und H11). Im einfachsten Fall enthalten diese Modelle *eine* Determinante (z. B. H3: fluide Intelligenz), im umfangreichsten Fall *vier* Determinanten (z. B. H6: technische, mathematische und sprachliche Fähigkeit sowie räumliches Vorstellungsvermögen). Die Modelle dienen letztlich der Erklärung der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung, wobei berufsfachliche Kompetenz unterschiedlich operationalisiert wird (z. B. Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen, allgemeines berufsfachliches Wissen usw.). Von einem bedeutsamen Einfluss der Determinanten wird ausgegangen, wenn die Effekte ein Signifikanzniveau von $\alpha \leq .05$ erreichen. Erweisen sich Effekte als nicht signifikant, werden sie in Folgemodellen nicht mehr berücksichtigt. Technisch gesprochen bedeutet das, dass diese Effekte auf *Null* fixiert werden.

Zur Prüfung von H4 und H9 werden *Mediatormodelle* formuliert, in denen einmal ein indirekter und ein direkter Effekt fluider Intelligenz auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung enthalten ist (M1) und einmal nur ein indirekter Effekt fluider Intelligenz (M2). Anhand dieser Modelle wird geprüft, ob M2, also das Modell, das nur den indirekten Effekt fluider Intelligenz enthält, ähnlich gut zur empirischen

Datenlage passt wie M1, d. h. das Modell mit indirektem und direktem Effekt. Hierbei wird auf einen χ^2-Differenzen-Test und informationstheoretische Maße (*AIC* und *BIC*) zurückgegriffen (vgl. Kapitel 11.2.4). Im Falle ähnlich gut passender Modelle, wird das einfachere Modell (z. B. Byrne, 2012), also M2 bevorzugt.

Für die Prüfung von H5 wird auch ein Zweigruppenmodell herangezogen und damit untersucht, ob der Schulerfolg und kristalline Intelligenz bei Haupt- und Realschüler/-innen identische Effekte auf die Kompetenzentwicklung haben. Hierfür wird folgendermaßen vorgegangen: Zunächst werden für Haupt- und Realschüler/-innen getrennte, also gruppenspezifische Einfaktormodelle untersucht (M1 und M2), anschließend wird ein Zweigruppenmodell analysiert (M3), in dem beide Gruppen gleichzeitig betrachtet und alle Modellparameter frei geschätzt werden. In einem weiteren Schritt werden die Faktorladungen in beiden Gruppen gleichgesetzt (M4), d. h. es wird die gruppenübergreifende Invarianz der Faktorladungen geprüft (Brown, 2006). Damit wird eine Voraussetzung des nächsten Prüfschritts untersucht, nämlich ob die berücksichtigten Faktoren in beiden Gruppen dasselbe Konstrukt „messen". Falls diese Bedingung erfüllt ist, wird analysiert, ob ein Modell (M5), das sowohl von invarianten Faktorladungen als auch invarianten Effekten ausgeht, die empirische Datenlage genauso gut annähert wie M4 und somit geklärt, ob der Effekt der untersuchten Determinanten in beiden Gruppen identisch ist (Byrne, 2012).

Am Ende dieses Abschnitts seien zwei Punkte erwähnt, die möglicherweise für Irritationen sorgen: (1) Im Gegensatz zur ersten Studie wird zur latenten Modellierung der kognitiven Primärfähigkeiten hier nicht auf den im *ISA*-Manual angegebenen Reliabiliätswert von *Rel*=.90 zurückgegriffen, sondern auf einen eigens ermittelten. Um diese Reliabilität zu bestimmen, wurde zunächst mithilfe einer konfirmatorischen Faktorenanalyse die Reliabilität kristalliner Intelligenz ermittelt (*Rel*=.72)[1] und anschließend festgelegt, dass die Skalen der einzelnen Primärfähigkeiten eine Reliabilität von *Rel*=.70 aufweisen. Dieser Wert liegt deutlich unterhalb der im *ISA*-Manual angegebenen Reliabiliät (*Rel*=.90). Mit dieser im Vergleich zur ersten Studie abweichenden Modellierung wird verhindert, dass die latenten Korrelationen der kognitiven Primärfähigkeiten deutlich unterschätzt werden, was in der zweiten Studie folgenreicher wäre als in der ersten. (2) Eine weitere Besonderheit besteht darin, dass allgemeines berufsfachliches Wissen in *Stichprobe B* mit den Ergebnissen der theoretischen Abschlussprüfung *und* den berufsfachlichen Schulnoten modelliert wird, wogegen es in der ersten Studie lediglich mit den theoreti-

1 Zur Berechnung dieser Reliabilität wurde ein Messmodell formuliert, bei dem die Testscores der *ISA*-Subskalen und der Gesamtscore des Tests zum mechanisch-technischen Verständnis (*MTVT*) Indikatoren eines Generalfaktors sind, der kristalline Intelligenz repräsentiert. Bei der Modellierung wurde keine Parameterfixierung vorgenommen, d. h. der Reliabilitätsanalyse liegt ein Modell τ-kongenerischer Variablen zugrunde, das eine gute Anpassungsgüte aufweist (n=392, χ^2/df=1.85, *CFI*=.99, *RMSEA*=.05, *SRMR*=.02). Bei einem solchen Modell entspricht die Reliabilität des Generalfaktors (also hier: kristalliner Intelligenz) McDonalds Omega, das mithilfe der bei Eid et al. (2010) gegebenen Formel (F 22.46) berechnet wurde und im vorliegenden Fall ω=.72 beträgt.

schen Prüfungsergebnissen modelliert wurde. Relevant sind beide Punkte insbesondere im Hinblick auf H1, da sich bei deren Prüfung (leichte) Unterschiede zu den in Tabelle 13 (S. 200) dargestellten Befunden ergeben. Da diese Unterschiede keinen erwähnenswerten Einfluss auf die Hypothesenprüfung haben, werden sie nicht weiter diskutiert.

12.3 ERGEBNISSE

Bei der Ergebnispräsentation werden zunächst Befunde von Voranalysen referiert, die sich damit beschäftigen, ob Auswahlprozesse in den Stichproben zu eingeschränkten Merkmalvarianzen geführt haben und, ob diese Merkmalvarianzen für eine fundierte Hypothesenprüfung zu korrigieren sind. Anschließend werden die Hypothesen in der Reihenfolge geprüft, in der sie zu Beginn vorgestellt wurden. Zuerst geht es um die grundsätzliche Bedeutung verschiedener Determinanten für die Kompetenzentwicklung, anschließend um deren entwicklungspsychologische und differenzielle Bedeutung. Am Ende werden die Erkenntnisse in ein Erklärungsmodell integriert, welches nicht mehr der Hypothesenprüfung, sondern einer gebündelten Ergebnisdarstellung dient.

12.3.1 Voranalyse: Liegen eingeschränkte Leistungsvarianzen vor?

In Kapitel 9.1.2 wurde thematisiert, dass Merkmale innerhalb einer Stichprobe infolge von Auswahlprozessen geringer streuen können als in der Population. Da Korrelationen und damit auch die Bedeutung bestimmter Determinanten aufgrund dessen ernsthaft unterschätzt werden können, wird dieser Effekt vor der Hypothesenprüfung untersucht. Um eventuelle Varianzeinschränkungen identifizieren zu können, sind in Tabelle 15 deskriptive Befunde zu ausgewählten Determinanten und zu Stichprobe A4 sowie Stichprobe B1 und B2 dargestellt.
Überraschen mag zunächst vielleicht das relativ hohe fluide Intelligenzniveau der Kfz-Mechatroniker/-innen aus Stichprobe A (M=109.8), das deutlich über dem Mittelwert der Normstichprobe liegt (M=100). Im Wesentlichen erklärt sich dies jedoch über veraltete Normtabellen des *CFT 3*.[2] Die Standardabweichung der fluiden Intelligenz (SD=17.1) bietet wenige Anlass zur Diskussion. Sie unterscheidet sich nur geringfügig von der Standardabweichung der Normstichprobe (SD=15) und zeigt deshalb keine nennenswerte Varianzeinschränkung an, was auch der Quotient aus der Standardabweichung der Stichprobe A4 und der Standardabweichung der Population dokumentiert (SD/SD_{Pop}=1.1). Plausibilität weist dieser Befund v. a. auch deswegen auf, weil Stichprobe A überwiegend aus Auszubildenden des Handwerks besteht, die keine oder wenig strenge Auswahlprozesse durchlaufen.

2 Für 83 Personen aus Stichprobe A liegen auch Ergebnisse des CFT 20-R vor (Weiß, 2006); diese bescheinigen den Kfz-Mechatroniker/-innen einen erwartungskonformen durchschnittlichen Intelligenzquotienten von 102.0.

Andere Befunde sind dagegen mit Blick auf Stichprobe B zu erwarten, da es sich hier ausschließlich um Auszubildende der Industrie handelt. Zur Beurteilung der Varianzeinschränkung wird der Intelligenz-Struktur-Analyse-Test (*ISA*) herangezogen, der Ergebnisse zur kristallinen Intelligenz, zur sprachlichen und mathematischen Fähigkeit sowie zum räumlichen Vorstellungsvermögen bereitstellt. Ferner wird auf den mechanisch-technischen Verständnistest (*MTVT*) und durchschnittliche Schulnoten des allgemein bildenden Abschlusszeugnisses zurückgegriffen. Die Normskala der genannten Tests weist eine Standardabweichung von *SD*=10 auf.[3] Erwartungsgemäß belegen die Streuungen der Testergebnisse berufsübergreifend beachtliche Auswahleffekte (SD/SD_{Pop}=.48-.87). Mit Blick auf die durchschnittlichen Schulnoten sind dagegen keine nennenswerten Auswahleffekte zu verzeichnen (SD/SD_{Pop}=.92-1.1). Für deren Beurteilung wurde die bei Abele (2011b) publizierte Standardabweichung von *SD*=.51 herangezogen, die sich auf eine unselegierte Stichprobe gewerblich-technischer Auszubildender bezieht.

3 Der *ISA* wird nicht mehr vertrieben und es sind keine genauen Informationen zur Normierung verfügbar. Im Anschluss an Punter und Kubinger (2002) wird hier angenommen, dass der *ISA* in der Tradition der Intelligenz-Struktur-Tests (*IST*) steht, bei denen die Normskala einen Mittelwert von *M*=100 und eine Standardabweichung von *SD*=10 aufweist. Für diese Standardabweichung sprechen auch die in Tabelle 15 enthaltenen Streuungswerte, die zwischen SD=4.9 und 8.7 liegen und die bei einer im Rahmen von Intelligenztests ebenfalls geläufigen Norm-Standardabweichung von *SD*=15 eine unwahrscheinlich große Varianzeinschränkung anzeigen würden.

Tabelle 15: Deskriptive Befunde zu ausgewählten Determinanten: Mittelwerte, Standardabweichungen und das Verhältnis von Stichproben- zu Populationsstreuung

	M	*SD*	SD/SD_{Pop}
Stichprobe A4			
Kfz-Mechatroniker/-innen (n=200)			
Fluide Intelligenz	109.8	17.1	1.1
Stichprobe B			
Gesamtgruppe (n=390, Stichprobe B1)			
Kristalline Intelligenz	106.5	5.6	.56
Mathematische Fähigkeit	106.7	7.7	.77
Sprachliche Fähigkeit	104.4	6.7	.67
Räumliches Vorstellungsvermögen	107.7	7.8	.78
Technische Fähigkeit	107.1	8.3	.83
Notendurchschnitt (allgemein bildendes Abschlusszeugnis)	3.0	.50	1.0
Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik (n=75)			
Kristalline Intelligenz	108.7	4.9	.49
Mathematische Fähigkeit	109.4	6.7	.67
Sprachliche Fähigkeit	106.7	6.1	.61
Räumliches Vorstellungsvermögen	109.3	7.8	.78
Technische Fähigkeit	109.5	7.9	.79
Notendurchschnitt (allgemein bildendes Abschlusszeugnis)	2.9	.47	.92
Fertigungsmechaniker/-innen (n=63)			
Kristalline Intelligenz	101.1	6.2	.62
Mathematische Fähigkeit	100.4	7.5	.75
Sprachliche Fähigkeit	99.5	8.2	.82
Räumliches Vorstellungsvermögen	102.1	7.7	.77
Technische Fähigkeit	102.2	8.7	.87
Notendurchschnitt (allgemein bildendes Abschlusszeugnis)	3.3	.47	.92
Mechatroniker/-innen (n=91)			
Kristalline Intelligenz	108.0	4.9	.49
Mathematische Fähigkeit	109.0	6.8	.68
Sprachliche Fähigkeit	106.0	5.3	.53
Räumliches Vorstellungsvermögen	109.0	7.8	.78
Technische Fähigkeit	108.1	7.2	.72
Notendurchschnitt (allgemein bildendes Abschlusszeugnis)	2.9	.50	.98
Kfz-Mechatroniker/-innen (n=161, Stichprobe B2)			
Kristalline Intelligenz	106.7	4.8	.48
Mathematische Fähigkeit	106.6	7.4	.74
Sprachliche Fähigkeit	104.4	6.2	.62
Räumliches Vorstellungsvermögen	108.5	6.8	.68
Technische Fähigkeit	107.3	8.2	.82
Notendurchschnitt (allgemein bildendes Abschlusszeugnis)	3.0	.56	1.1

Anmerkungen: SD_{Pop}: Standardabweichung in der Population; bei fluider Intelligenz wird gemäß der Normskala des CFT 3 ein Wert von SD_{Pop}=15, bei kristalliner Intelligenz gemäß der Normskala des ISA ein Wert von SD_{Pop}=10 und beim Notendurchschnitt in Anlehung an Abele (2011b) ein Wert von SD_{Pop}=.51 unterstellt.

Während also die in Tabelle 15 enthaltenen Befunde im Falle von Stichprobe A4 keinen Hinweis auf eingeschränkte Leistungsvarianzen liefern, liegen in Stichprobe B1 und B2 im Hinblick auf die Testergebnisse eingeschränkte Leistungsvarianzen vor. Bei den durchschnittlichen Schulnoten sind dagegen keine Varianzeinschränkungen zu verzeichnen. Entsprechend werden bei der nächsten Analyse Varianzeinschränkungen nur dann korrigiert, wenn *Test*ergebnisse aus Stichprobe B betrachtet werden.

12.3.2 Korrelationen zwischen den Determinanten und berufsfachlicher Kompetenz

Korrelationen kognitiver Determinanten (H1)

Um die Korrelation kognitiver Determinanten mit berufsfachlichen Kompetenzmaßen zu untersuchen, werden die Teilstichproben A4 und B1 bzw. B2 sowie folgende Konstrukte betrachtet: (1) Berufsspezifische Basiskompetenz bzw. technische Fähigkeit, (2) mathematische und sprachliche Basiskompetenz bzw. Fähigkeit, (3) fluide und kristalline Intelligenz sowie (4) Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen, (5) Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen, (6) allgemeines berufsfachliches Wissen und schließlich (7) allgemeine berufsfachliche Fertigkeit.[4]

Stichprobe A4: Mit Blick auf Tabelle 16 wird deutlich, dass teilweise ein bemerkenswerter Unterschied zwischen manifesten und latenten Korrelationen zu beobachten ist. So korrelieren bspw. sprachliche Basiskompetenz und Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen manifest mit r=.40 und latent mit r=.58. Übergreifend ist zudem festzustellen, dass fluide Intelligenz und die verschiedenen Basiskompetenzen sowohl mit *Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen* als auch mit *Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen* eng und höher als r=.40 korrelieren (latente Korrelationen beim Wissen: r=.47-.58 und bei Fertigkeit: r=.47-.54). Sprachliche Basiskompetenzen sind am engsten (r=.58) und fluide Intelligenz am schwächsten (r=.47) mit Wissen assoziiert, wobei sich beide Korrelationen nur zufällig unterscheiden (p>.01). Die Diagnosefertigkeiten hängen am stärksten mit fluider Intelligenz (r=.54) und am schwächsten mit berufsbezogener Basiskompetenz (r=.48) zusammen, wobei auch hier die Korrelationen nur zufällig differieren. Die beiden fett gedruckten latenten Korrelationen zeigen signifikante Korrelationsunterschiede an: Sprachliche Basiskompetenzen korrelieren enger mit Wissen (r=.58) als mit Diagnosefertigkeiten (r=.48). Dieser Befund stellt allerdings eine Ausnahme dar: Die anderen kognitiven Determinanten sind jeweils mit Wissen und Fertigkeit gleich eng assoziiert. Da in der Hypothese nur Aussagen zu latenten Korrelationen enthalten sind, wurde der Unterschied manifester Korrelationen nicht geprüft.

4 Ausgewählte deskriptive Statistiken zu den Determinanten finden sich in Tabelle A 9.

Tabelle 16: Korrelationen zwischen ausgewählten Determinanten und Wissen zu sowie Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen

Konstrukte	Wissen zu elektrischen/ elektronischen Kfz-Systemen		Diagnosefertigkeiten in elektrischen/ elektronischen Kfz-Systemen	
	Manifest	Latent	Manifest	Latent
(1) Fluide Intelligenz	.41**	.47**	.33**	.54**
(2) Mathematische Basiskompetenz	.44**	.53**	.30**	.52**
(3) Sprachliche Basiskompetenz	.40**	**.58****	.27**	**.48****
(4) Berufspezifische Basiskompetenz	.42**	.54**	.34**	.47**
(5) Interesse am Ausbildungsberuf	-.11	-.18	.24**	.21

Anmerkungen : n=200; ** p<.01; in der Spalte "Manifest" stehen die manifesten Korrelationen zwischen den Konstrukten, in der Spalte "Latent" die latenten; die fett gedruckten Korrelationen einer Zeile unterscheiden sich signifikant, die Unterschiede manifester Korrelationen wurden nicht geprüft.

Die Ergebnisse zur allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Kompetenz finden sich in Tabelle 17. Zu sehen ist dort, dass die meisten kognitiven Determinanten sowohl mit *allgemeinem berufsfachlichem Wissen* als auch mit *allgemeiner berufsfachlicher Fertigkeit* in der erwarteten Höhe (r=.40) korrelieren (latente Korrelationen beim Wissen: r=.49-.65 und bei Fertigkeit: r=.37-.55). Lediglich sprachliche Basiskompetenzen sind mit allgemeiner berufsfachlicher Fertigkeit signifikant geringer assoziiert (r=.21) als erwartet. Was die Bedeutung der Determinanten anbelangt, zeigt sich, dass allgemeines berufsfachliches Wissen am höchsten mit mathematischer Basiskompetenz (r=.65) korreliert und dass berufsbezogene Basiskompetenzen diesen Korrelationswert signifikant unterschreiten (r=.49). Im Hinblick auf allgemeine Fertigkeit ist ebenfalls die Korrelation mit mathematischer Basiskompetenz am höchsten (r=.55). Die Korrelationen fluider Intelligenz und berufsbezogener Basiskompetenzen liegen signifikant unterhalb dieses Werts und fallen ähnlich hoch aus (r=.39 bzw. r=.37). Im Gegensatz zu den vorigen Befunden hängen hier *alle* kognitiven Determinanten signifikant enger mit Wissen zusammen als mit Fertigkeit, was die fett gedruckten Koeffizienten einer Zeile dokumentieren.

Bevor auf Stichprobe B eingegangen wird, seien noch zentrale Befunde zum Wissen zu Kfz-Motortechnik und zum inhaltsübergreifenden Kfz-Wissen referiert (vgl. Tabelle A 11): Auch dort unterschreiten die Korrelationen den Grenzwert von r=.40 nicht signifikant. Außerdem korrelieren hier sprachliche Basiskompetenzen am höchsten und mathematische Basiskompetenzen am niedrigsten mit den beiden Wissensmaßen.

Tabelle 17: Korrelationen zwischen ausgewählten Determinanten und allgemeinem berufsfachlichen Kfz-Wissen sowie allgemeiner berufsfachlicher Kfz-Fertigkeit

Konstrukte	Allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen		Allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit	
	Manifest	Latent	Manifest	Latent
(1) Fluide Intelligenz	.49**	**.63****	.36**	**.39****
(2) Mathematische Basiskompetenz	.40**	**.65****	.39**	**.55****
(3) Sprachliche Basiskompetenz	.44**	**.53****	.21**	**.21****
(4) Berufspezifische Basiskompetenz	.37**	**.49****	.39**	**.37****
(5) Interesse am Ausbildungsberuf	.11	.14	.22**	.21**

Anmerkungen : n=200; ** p<.01; in der Spalte "Manifest" stehen die manifesten Korrelationen zwischen den Konstrukten, in der Spalte "Latent" die latenten; die fett gedruckten Korrelationen einer Zeile unterscheiden sich signifikant, die Unterschiede manifester Korrelationen wurden nicht geprüft.

Stichproben B1 und B2: Da im vorigen Abschnitt hinsichtlich kristalliner Intelligenz und den kognitiven Primärfähigkeiten eine beachtliche Varianzeinschränkung festgestellt wurde, werden im Weiteren v. a. korrigierte Korrelationen besprochen. Entsprechend enthält Tabelle 18 neben unkorrigierten auch korrigierte Korrelationen, die jeweils in Klammern angegeben sind. Dargestellt sind die Ergebnisse zur Gesamtgruppe, den Fertigungsmechaniker/-innen und den Kfz-Mechatroniker/-innen. Die Ergebnisse zu den Elektroniker/-innen und Mechatroniker/-innen sind im Anhang aufgeführt (vgl. Tabelle A 12). Es ist festzustellen, dass die korrigierten Korrelationen meist deutlich höher ausfallen als die unkorrigierten. So erreicht in der Gesamtgruppe bspw. die unkorrigierte Korrelation zwischen kristalliner Intelligenz und allgemeinem berufsfachlichem Wissen einen Wert von r=.60 und die korrigierte Korrelation einen Wert von r=.80.

Was *allgemeines berufsfachliches Wissen* anbelangt, fallen die korrigierten Korrelationen der kognitiven Determinanten meist *nicht* signifikant geringer aus als der Grenzwert von r=.40. Eine Ausnahme bildet das räumliche Vorstellungsvermögen, das bei den Kfz-Mechatroniker/-innen signifikant niedriger mit Wissen korreliert (r=.20) als erwartet (r=.40). Dem Anhang ist zu entnehmen, dass bei den Mechatroniker/-innen das räumliche Vorstellungsvermögen ebenfalls überraschend gering mit berufsfachlichem Wissen korreliert (r=.24, vgl. Tabelle A 12). Kristalline Intelligenz weist in allen Gruppen die höchste Korrelationen mit Wissen auf (r=.80, r=.67 und r=.95).

Im Hinblick auf *allgemeine berufsfachliche Fertigkeit* wird in Tabelle 18 auf eine Darstellung der Gesamtgruppenergebnisse verzichtet, da sich die Qualität dieses Kompetenzmaßes in der ersten Studie als besonders fragwürdig erwiesen hat. Bei den *Fertigungsmechaniker/-innen* korrelieren die kognitiven Determinanten geringer mit den Fertigkeitsmaßen als erwartet: Die Korrelationen sind entweder nicht signifikant oder signifikant und negativ (r=-.34, r=-.30 und r=-.28). Der Blick auf die Elektroniker/-innen und Mechatroniker/-innen bekräftigt diesen Befund: Die kognitiven Determinanten korrelieren in diesen Berufen meist nicht mit den

Fertigkeitsmaßen (vgl. Tabelle A 12). Bei den Kfz-Mechatroniker/-innen korrelieren die Determinanten und Fertigkeit dagegen substantiell (r=.30-r=.82) und nicht signifikant geringer als der festgelegte Grenzwert von r=.40. Zudem und im Einklang mit den Befunden zur Stichprobe A4 sind die kognitiven Determinanten durchweg enger mit berufsfachlichem Wissen als mit Fertigkeit assoziiert, was die fett gedruckten Korrelationen einer Zeile dokumentieren.

Tabelle 18: Korrelationen zwischen ausgewählten Determinanten und allgemeinem berufsfachlichem Wissen sowie allgemeiner berufsfachlicher Fertigkeit (Stichprobe B)

Konstrukte	Allgemeines berufsfachliches Wissen	Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit
Gesamtgruppe (n =390)		
(1) Kristalline Intelligenz	.60** (.80**)	
(2) Mathematische Fähigkeit	.43** (.53**)	
(3) Sprachliche Fähigkeit	.54** (.69**)	
(4) Räumliches Vorstellungsvermögen	.29** (.36**)	
(5) Technische Fähigkeit	.53** (.60**)	
Fertigungsmechaniker/-in (n =63)		
(1) Kristalline Intelligenz	**.49**** (**.67**)	**−.22*** (**−.34**)
(2) Mathematische Fähigkeit	**.31**** (**.40**)	**−.21*** (**−.28***)
(3) Sprachliche Fähigkeit	**.52**** (**.60**)	**−.25** (**−.30**)
(4) Räumliches Vorstellungsvermögen	**.38**** (**.47**)	**.12** (**.16**)
(5) Technische Fähigkeit	**.46**** (**.51**)	**−.09** (**−.10**)
Kfz-Mechatroniker/-in (n =161)		
(1) Kristalline Intelligenz	**.83**** (**.95**)	**.56**** (**.82**)
(2) Mathematische Fähigkeit	**.59**** (**.70**)	**.33**** (**.43**)
(3) Sprachliche Fähigkeit	**.59**** (**.76**)	**.46**** (**.64**)
(4) Räumliches Vorstellungsvermögen	**.14*** (**.20**)	**.21**** (**.30**)
(5) Technische Fähigkeit	**.58**** (**.66**)	**.39**** (**.46**)

Anmerkungen : ** p <.01, * p <.05; dargestellt sind latente Korrelationen; die fett gedruckten Korrelationen einer Zeile unterscheiden sich signifikant; in Klammern sind die aufgrund von Varianzeinschränkung korrigierten Korrelationen angegeben.

Schließlich sei noch erwähnt, dass die Korrektur von Varianzeinschränkungen zwar meist höhere Korrelationen hervorbringt, aber zu sehr ähnlichen Aussagen führt wie die Verwendung unkorrigierter Korrelationen. Aus diesem Grund werden Varianzeinschränkung in den weiteren Analysen nicht mehr korrigiert (zur Diskussion der Ergebnisse zu H1 siehe 259 ff.)

Korrelationen des Interesses am Ausbildungsberuf (H2)

Wie die in Tabelle 16 und Tabelle 17 dargestellten Ergebnisse zeigen, korreliert das Ausbildungsinteresse mit keinem einzigen berufsfachlichen *Wiss*ensmaß. Ferner ist das Interesse latent nur mit einem *Fertigkeit*smaß assoziiert, nämlich mit allgemeiner berufsfachlicher Fertigkeit (r=.21). Werden auch manifeste Korrelationen berücksichtigt, ist zudem die Korrelation des Interesses mit Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen zu nennen (r=.24). Nicht in den Tabellen dargestellt ist, dass das Interesse in Stichprobe B in der Gesamtgruppe zwar signifikant mit allgemeinem berufsfachlichem Wissen (r=.19) korreliert, dies aber in den anderen Berufen durchweg nicht der Fall ist (zur Diskussion der Ergebnisse zu H2 siehe S. 245 f.).[5]

12.3.3 Direkte und indirekte Effekte der Determinanten

Die Effekte zentraler Determinanten auf den berufsfachlichen Kompetenzerwerb werden entsprechend des erarbeiteten Erklärungsmodells entwicklungschronologisch untersucht. Zunächst wird der Effekt fluider Intelligenz, anschließend werden die Effekte kristalliner Intelligenz, kognitiver Primärfähigkeiten, verschiedener Basiskompetenzen, berufsfachlichen Wissens sowie des Interesses am Ausbildungsberuf analysiert.

Der Effekt fluider Intelligenz (H3)

Der Effekt fluider Intelligenz auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung kann nur anhand der Teilstichprobe A4 geprüft werden, wobei auf folgende berufsfachliche Kompetenzmaße zurückgegriffen wird: (1) Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen, (2) Wissen zu Kfz-Motortechnik, (3) inhaltsübergreifendes Kfz-Wissen und (4) allgemeines Kfz-Wissen sowie (5) Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen und schließlich (6) allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit.

5 Es fällt auf, dass das Ausbildungsinteresse und berufsfachliche Fertigkeit hier teilweise korrelieren und in Tabelle 11 und Tabelle 12 (vgl. S. 189 und S. 189) nicht: Diese Diskrepanz beruht darauf, dass beiden Analysen unterschiedliche Stichproben zugrunde liegen. Überwiegend stimmen die Ergebnisse beider Betrachtungen aber überein.

Wie Tabelle 19 zu entnehmen ist, hat fluide Intelligenz sowohl auf berufsfachliches Wissen als auch auf berufsfachliche Fertigkeit einen deutlichen Effekt, und zwar unabhängig davon, ob spezifische oder allgemeine berufsfachliche Kompetenzen betrachtet werden (β=.35-.63). So erklärt fluide Intelligenz bspw. jeweils 23% der Varianz (β=.47) des Wissens zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen sowie zu Kfz-Motortechnik und 40% der allgemeinen Kfz-Wissensvarianz (β=.63). Meist fallen die Effekte also sogar höher aus als erwartet ($\beta \geq .40$). Allenfalls die Befunde zum allgemeinen Fertigkeitserwerb bergen etwas Unsicherheit, da sich der Determinationskoeffizient (R^2) fluider Intelligenz statistisch nicht absichern lässt. Jedoch erreicht das β-Gewicht auch hier einen signifikanten Wert (β=.35), der sich zudem nicht vom festgelegten Grenzwert (β=.40) unterscheidet. Tabelle 19 attestiert den analysierten Erklärungsmodellen ferner mindestens eine zufrieden stellende Anpassungsgüte (zur Diskussion der Ergebnisse zu H3 siehe S. 263).

Tabelle 19: Messfehlerbereinigte Effekte fluider Intelligenz auf die berufsfachliche Kfz-Kompetenzentwicklung

Informationen zu den Erklärungsmodellen	Effekte		Anpassungsgüte				
	β	R^2	χ^2/df	*CFI*	*RMSEA*	*SRMR*	*n*
Berufsfachliches Wissen							
Fluide Intelligenz → Wissen zu elektr./elektron. Kfz-Systeme	.47**	.23**	2.17	.92	.08	–	199
Fluide Intelligenz → Wissen zu Kfz-Motortechnik	.45**	.23**	1.14	.99	.03	.05	198
Fluide Intelligenz → inhaltsübergreifendes Kfz-Wissen (Inhaltsbereiche: Motortechnik u. elektr./elektron. Systeme)	.49**	.24**	2.17	.96	.08	.05	198
Fluide Intelligenz → allgemeines Kfz-Wissen	.63**	.40**	.35	1.00	.00	.00	207
Berufsfachliche Fertigkeit							
Fluide Intelligenz → Diagnosefertigkeit in elektr./elektron. Systemen	.52**	.27**	2.34	.94	.08	–	199
Fluide Intelligenz → allgemeine Kfz-Fertigkeit	.35**	.13	1.21	.97	.03	.05	207

Anmerkungen: ** $p<.01$, * $p<.05$.

Der Effekt kristalliner Intelligenz bei Kontrolle des Effekts fluider Intelligenz (H4)

Welchen Effekt kristalline Intelligenz auf die berufsfachliche Kompetenz hat, wenn der Effekt fluider Intelligenz kontrolliert wird, wird anhand von Teilstichprobe A4 und denselben Maßen untersucht, die bereits im vorigen Abschnitt herangezogen wurden. Zudem wird hier kristalline Intelligenz berücksichtigt, die mithilfe der Testergebnisse zu den mathematischen, sprachlichen sowie berufsbezogenen Basiskompetenzen abgebildet wird. Inwieweit ein so gebildeter Generalfaktor tatsächlich kristalline Intelligenz repräsentiert, ist später zu diskutieren.

Abbildung 34 veranschaulicht am Beispiel des allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissens die Struktur der gebildeten Modelle. Zu erkennen ist, dass fluide Intelligenz einen sehr hohen Effekt auf kristalline Intelligenz (β=.78) und kristalline

Intelligenz einen sehr hohen Effekt auf allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen hat (β=.74). Erwähnenswert ist darüber hinaus der beachtliche Anteil an aufgeklärter Wissensvarianz von R^2=.54, der im Wesentlichen auf kristalline Intelligenz zurückzuführen ist. Der direkte Effekt fluider Intelligenz ist nicht nur gering (β=.11), sondern auch nicht signifikant. Dagegen ist der indirekte Effekt fluider Intelligenz, der sich aus dem Produkt der beiden direkten Effekte ergibt ($\beta_{Fluid\text{-}Ind}$=.78*.74), mit β=.58 beachtlich und signifikant (alle zehn Prüfungen zeigen einen signifikanten indirekten Effekt an).

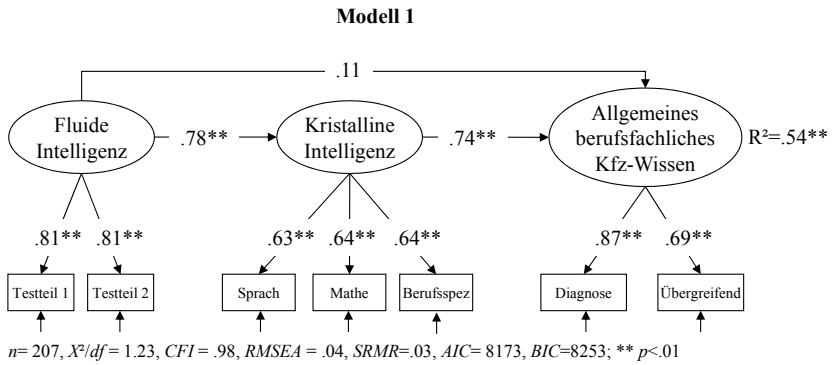


Abbildung 34: Messfehlerbereinigte Effekte fluider und kristalliner Intelligenz auf allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen (Modell 1)

Indikatoren fluider Intelligenz: Summenscores des 1. und 2. Testteils des CFT 3
Indikatoren kristalliner Intelligenz: Summenscores der Tests zur sprachlichen (Sprach), mathematischen (Mathe) und berufsspezifischen (Berufsspez) Basiskompetenz
Indikatoren allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissens: Summenscores des Tests zum Kfz-Diagnosewissen (Diagnose) und des übergreifenden Kfz-Wissenstests (Übergreifend) (Ergebnisse der theoretischen Gesellenprüfung Teil 2)

Da sich der direkte Effekt fluider Intelligenz im obigen Erklärungsmodell inferenzstatistisch nicht absichern lässt, wird in einem weiteren Schritt ein Modell ohne diesen Effekt analysiert. Dieses Modell, bei dem der direkte Effekt von fluider Intelligenz auf allgemeines Wissen auf Null fixiert ist, ist in Abbildung 35 dargestellt. Im Vergleich zum vorigen Erklärungsmodell sind abgesehen von dem fehlenden direkten Effekt kaum Unterschiede zu erkennen: Sowohl die Ladungen und Effekte als auch der Determinationskoeffizient beider Modelle sind (nahezu) identisch. M1 und M2 nähern die empirische Datenlage ähnlich gut an (M1-M2: X^2_{diff}=.44, Δdf=1, p>.01, ΔAIC=-1, ΔBIC=-4). Da M2 das einfachere Modell ist, wird es bevorzugt (z. B. Byrne, 2012).

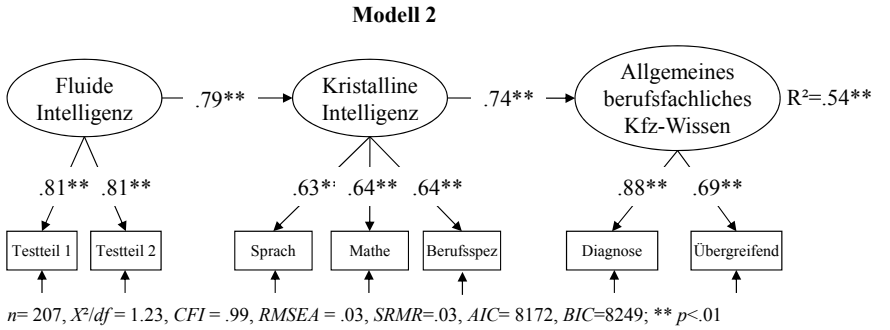


Abbildung 35: Messfehlerbereinigte Effekte fluider und kristalliner Intelligenz auf allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen (Modell 2)

Die weiteren Erklärungsmodelle entsprechen im Hinblick auf die Messmodelle fluider und kristalliner Intelligenz den bislang diskutierten Modellen. Sie unterscheiden sich aber hinsichtlich der Modellierung berufsfachlicher Kompetenz. Die Ergebnisse dieser Modelle sind in Tabelle 20 zusammengefasst.

Tabelle 20: Messfehlerbereinigte Effekte fluider und kristalliner Intelligenz auf berufsfachliche Kfz-Kompetenz

Informationen zu den Erklärungsmodellen	**Fluide Intelligenz** →	**Kristalline Intelligenz** →	**Berufsfachliche Kompetenz**	**Indirekter Effekt fluider Intelligenz**	**Anpassungsgüte**				
	β_{Fluid}	$\beta_{Kristal}$	R^2	$\beta_{Fluid\text{-}Ind}$	χ^2/df	*CFI*	*RMSEA*	*SRMR*	*n*
Berufsfachliches Wissen									
Wissen zu elektrischen/ elektronischen Kfz-Systemen	.73**	.71**	.51**	.52$^+$	2.09	.93	.07	–	199
Wissen zu Kfz-Motortechnik	.81**	.67**	.46**	.54$^+$	1.13	.99	.03	.04	198
Übergreifendes Kfz-Wissen (Motortechnik & elektrische/ elektronische Systeme)	.80**	.52**	.28*	.42$^+$	1.13	.99	.03	.04	198
Allgemeines Kfz-Wissen	.79**	.74**	.54**	.58$^+$	1.23	.99	.03	–	207
Berufsfachliche Fertigkeit									
Diagnostizieren in elektrischen/ elektronischen Kfz-Systemen	.80**	.67**	.46**	.54$^+$	2.07	.92	.07	–	199
Allgemeine Kfz-Fertigkeit	.76**	.56**	.33**	.43$^+$	1.45	.92	.05	.07	207

Anmerkungen: ** p<.01, * p<.05, $^+$signifikanter indirekter Effekt (siehe zur inferenzstatistischen Absicherung indirekter Effekte die Ausführungen zum statistischen Vorgehen).

Da der direkte Effekt fluider Intelligenz durchgängig nicht signifikant ist, wurde er bei den Modellen auf Null fixiert und er erscheint in der Tabelle daher nicht. Dargestellt sind dagegen abhängig von der konkreten Operationalisierung berufsfachlicher Kompetenz der direkte Effekt fluider auf kristalline Intelligenz (β_{Fluid}), der direkte Effekt kristalliner Intelligenz auf berufsfachliche Kompetenz ($\beta_{Kristal}$), der Determinationskoeffizient (R^2), d. h. der Anteil aufgeklärter Kompetenzvarianz sowie der indirekte Effekt fluider Intelligenz auf berufsfachliche Kompetenz ($\beta_{Fluid\text{-}Ind}$). Im Falle des Wissens zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen beträgt der direkte Effekt fluider auf kristalline Intelligenz bspw. β=.73 und der direkte

Effekt kristalliner Intelligenz auf berufsfachliche Kompetenz β=.71. In diesem Modell, das eine akzeptable Anpassungsgüte aufweist (χ^2/df=2.09, *CFI*=.93, *RMSEA*=.07, *n*=199), wird eine Varianzaufklärung von R^2=.51 erzielt. Zudem übt fluide Intelligenz über kristalline Intelligenz einen beachtlichen und signifikanten indirekten Effekt auf berufsfachliche Kompetenz aus (β=.52). Der am Beispiel des Wissens zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen gewonnene Eindruck wird durchweg bestätigt: In jedem Modell erreichen fluide und kristalline Intelligenz substantielle direkte Effekte (β=.73-.81 bzw. β=.52-.74), ferner fallen die indirekten Effekte fluider Intelligenz beachtlich und durchweg signifikant aus (β=.42-.58). Im Vergleich zur Untersuchung von H3 fällt auf, dass kristalline Intelligenz mehr Kompetenzvarianz erklärt als fluide Intelligenz. Dort lagen die Varianzaufklärungen zwischen 13% und 40%, hier erreichen sie Werte zwischen 28% und 54% (zur Diskussion der Ergebnisse zu H4 siehe S. 246 ff.).

Der Effekt des Schulerfolgs bei Kontrolle des Effekts kristalliner Intelligenz (H5)

Welchen Effekt der Schulerfolg auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung hat, wenn gleichzeitig der Effekt kristalliner Intelligenz kontrolliert wird, wird mit den Teilstichproben B1 und B2 sowie folgenden Maßen untersucht: (1) Fachspezifische und (2) mittlere Schulnoten des allgemein bildenden Abschlusszeugnisses, (3) kristalline Intelligenz sowie den berufsfachlichen Kompetenzmaßen (4) zum allgemeinen berufsfachlichen Wissen und (5) zur allgemeinen berufsfachlichen Fertigkeit. Wie sich zeigen wird, erfordert diese Untersuchung ein differenziertes Vorgehen und die Integration vieler Befunde. Abschließend werden einige Befunde aus Teilstichprobe A4 referiert, die nicht mehr der Hypothesenprüfung dienen, sondern auf explorativen Analysen beruhen.

Für eine erste Einschätzung des Effekts der *Schulnoten* werden die bivariaten Korrelationen der Noten in Deutsch, Mathematik, Englisch, Physik, Technik, Gemeinschaftskunde und des Notendurchschnitts mit berufsfachlicher Kompetenz analysiert. Tabelle 21 zeigt diese Korrelationen für die Gesamtgruppe und die Ausbildungsberufe „Mechatroniker/-innen“ sowie „Kfz-Mechatroniker/-innen“. Im Hinblick auf *allgemeines berufsfachliches Wissen* und die Gesamtgruppe fallen die Korrelationen entweder *nicht* signifikant oder signifikant und schwach aus (Mathematik: *r*=.10, Physik: *r*=.20, Gemeinschaftskunde: *r*=.19 und Notendurchschnitt: *r*=.15). Der Blick auf die beiden Ausbildungsberufe offenbart, dass bei den Mechatroniker/-innen überhaupt keine und bei den Kfz-Mechatroniker/-innen nur drei Korrelationen signifikant sind (Physiknote: *r*=.29 und Note in Gemeinschaftskunde: *r*=.23 und Notendurchschnitt: *r*=.14). Insgesamt korrelieren die Noten also nur selten und wenn, eher schwach mit berufsfachlichem Wissen.

Im Hinblick auf die *allgemeinen berufsfachlichen Fertigkeiten* der Mechatroniker/-innen ist ebenfalls zu erkennen, dass die Schulnoten überhaupt keine oder nur geringe Korrelationen aufweisen (Deutsch- bzw. Durchschnittsnote bei den Mechatroniker/-innen: *r*=.21 und *r*=.19). Auch bei den Kfz-Mechatroniker/-innen

sind Schulnoten und Fertigkeit entweder gar nicht oder eher gering assoziiert (Physik: r=.26 und Notendurchschnitt: r=.13).

Dagegen korreliert der *Schulabschluss* jeweils signifikant und durchweg deutlicher mit berufsfachlichem Wissen (zwischen r=.26 und r=.44) als die Noten. Bestätigt wird diese Befundlage durch die Ergebnisse bei den Fertigungsmechaniker/-innen und Elektroniker-/innen, die in Tabelle A 13 im Anhang dargestellt sind. Um diese überraschenden Befunde besser einschätzen zu können, werden die Zusammenhänge in einem weiteren Schritt latent modelliert und auch kristalline Intelligenz in die Analysen einbezogen.

Tabelle 21: Korrelationen zwischen Noten des allgemein bildenden Abschlusszeugnisses und allgemeiner berufsfachlicher Kompetenz

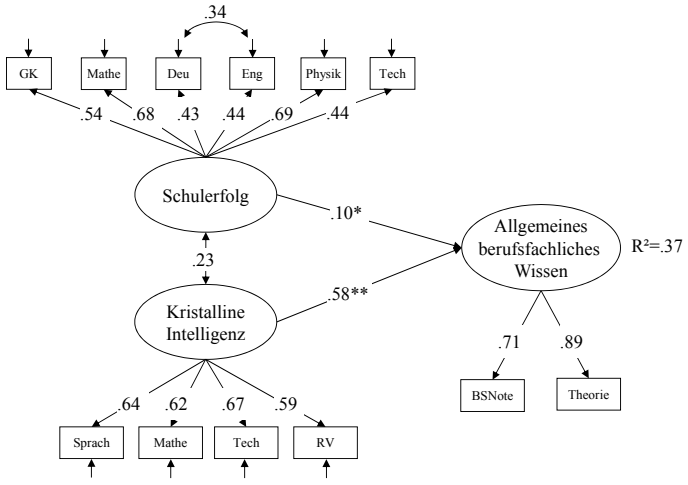
	Allgemeines berufsfachliches Wissen	**Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit**
Gesamtgruppe (n=398)		
(1) Deutsch	.06	
(2) Mathematik	.10**	
(3) Englisch	.05	
(4) Physik	.20**	
(5) Technik	.08	
(6) Gemeinschaftskunde	.19**	
(7) Notendurchschnitt	.15**	
(8) Schulabschluss	.40**	
Mechatroniker/-in (n=91)		
(1) Deutsch	.01	.21*
(2) Mathematik	.00	.17
(3) Englisch	.00	.16
(4) Physik	.08	.14
(5) Technik	.09	.12
(6) Gemeinschaftskunde	.12	.05
(7) Notendurchschnitt	.07	.19*
(8) Schulabschluss	.26**	.08
Kfz-Mechatroniker/-in (n=163)		
(1) Deutsch	.10	.06
(2) Mathematik	.05	.04
(3) Englisch	-.03	.07
(4) Physik	.29**	.26**
(5) Technik	.08	.10
(6) Gemeinschaftskunde	.23**	.07
(7) Notendurchschnitt	.14*	.13*
(8) Schulabschluss	.44**	.20**

Anmerkungen: ** p <.01, *p <.05.

Auch bei der latenten Modellierung wird zwischen globalen und berufsspezifischen Betrachtungen unterschieden, wobei zunächst die Gesamtgruppe analysiert wird.

Das in Abbildung 36 dargestellte Erklärungsmodell bezieht sich somit auf die Gesamtgruppe und enthält die Determinanten *Schulerfolg*, der anhand der Einzelfachnoten abgebildet wurde, und *kristalline Intelligenz*. Bei der Modellierung des Schulerfolgs wurde zwischen den Deutsch- und Englischnoten eine Residualkorrelation berücksichtigt (r=.34), die wahrscheinlich besondere Gemeinsamkeiten sprachlicher Leistungen anzeigt. Beide Determinanten erklären einen signifikanten Anteil der berufsfachlichen Wissensvarianz (R^2=.37), wobei der Erklärungsbeitrag des Schulerfolgs gering (β=.10) und der Beitrag kristalliner Intelligenz hoch ist (β=.58) und beide Determinanten nur leicht korrelieren (r=.23).

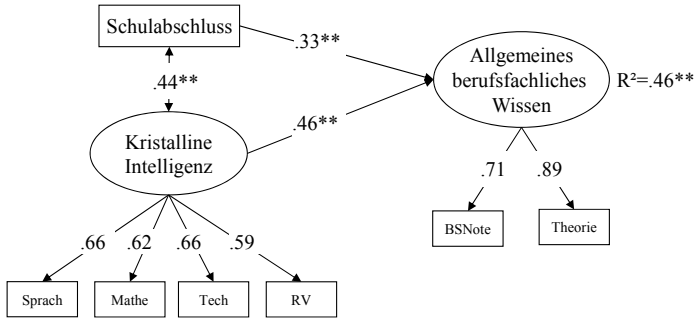
Wird anstatt des Schulerfolgs der Schulabschluss berücksichtigt, ist nicht nur ein höherer Einfluss des schulischen Bildungsniveaus auf allgemeines Wissen zu verzeichnen (β=.33), sondern im Vergleich zum vorigen Modell auch eine höhere Varianzaufklärung (R^2=.46) (vgl. Abbildung 37), wobei Schulabschluss und kristalline Intelligenz mit r=.44 korrelieren. Auch bei einer latenten Modellierung hat der Schulabschluss also einen größeren Effekt als Schulnoten. Aufgrund dieses überraschenden Befunds wurde in einem weiteren Schritt geprüft, ob die Bedeutung des Schulerfolgs zunimmt, wenn nur Auszubildende mit dem gleichen allgemein bildenden Schulabschluss analysiert werden.



n= 398, X^2/df = 3.03, *CFI* = .91, *RMSEA* = .07, *SRMR*=.05, *p<.01, **.p>.05, die Ladungen, die Faktorkorrelation und die Residualkorrelation sind auf dem 1%-Niveau signifikant.

Abbildung 36: Messfehlerbereinigte Effekte des Schulerfolgs und kristalliner Intelligenz auf die allgemeine berufsfachliche Wissensentwicklung

Indikatoren des Schulerfolgs: Noten in Gemeinschaftskunde (GK), Mathematik (Mathe), Deutsch (Deu), Englisch (Eng), Physik (Physik) sowie Technik (Tech)
Indikatoren kristalliner Intelligenz: Summenscores der Skalen zur sprachlichen (Sprach), mathematischen (Mathe) und technischen (Tech) Fähigkeit sowie zum räumlichen Vorstellungsvermögen (RV)
Indikatoren allgemeinen berufsfachlichen Wissens: mittlere berufsfachl. Schulnote Ausbildungsende (BSNote) und Ergebnisse Abschlussprüfung (Theorie)



n= 398, X^2/df = 3.58, *CFI* = .96, *RMSEA* = .08, *SRMR*=.04, **.p>.05, die Ladungen sind auf dem 1%-Niveau signifikant.

Abbildung 37: Messfehlerbereinigte Effekte des Schulabschlusses und kristalliner Intelligenz auf die allgemeine berufsfachliche Wissensentwicklung

Da nur wenige Probanden der Gesamtgruppe eine Hochschulzugangsberechtigung besitzen, werden bei den gruppenspezifischen Analysen nur Haupt- und Realschüler/-innen betrachtet. In einem ersten Schritt wird geprüft, ob ein Erklärungsmodell, das dieselbe Struktur aufweist wie das in Abbildung 36 dargestellte Modell, jeweils innerhalb der beiden Gruppen (Haupt- vs. Realschüler/-innen) haltbar ist. Wie Tabelle 22 zeigt, weisen diese Modelle (M1 und M2) sowohl bei den Hauptschüler/-innen (M1: χ^2/df=1.83, *CFI*=.91, *RMSEA*=.07, *SRMR*=.06, *n*=113) als auch bei den Realschüler/-innen (M2: χ^2/df=1.44, *CFI*=.93, *RMSEA*=.06, *SRMR*=.07, *n*=177) eine akzeptable Anpassungsgüte auf. Aus diesem Grund wird in einem weiteren Schritt ein Zweigruppenmodell analysiert, in dem die Modellparameter gruppenspezifisch und frei geschätzt werden und das als Basismodell fungiert. Auch das Zweigruppenmodell (M3) erreicht eine zufriedenstellende Anpassungsgüte (M3: χ^2/df=1.64, *CFI*=.91, *RMSEA*=.07, *SRMR*=.07). Im anschließend gebildeten Modell (M4) wird gruppenübergreifend von invarianten Faktorladungen ausgegangen. Am Beispiel des Faktors *Schulerfolg* verdeutlicht bedeutet dies, dass die unstandardisierte Faktorladung der Deutschnote in beiden Gruppen (Gruppe der Haupt- und Gruppe der Realschüler/-innen) identisch ist. Dasselbe gilt für die Faktorladung der Mathematiknote, der Physiknote usw. Tabelle 22 kann entnommen werden, dass auch dieses Modell die empirische Datenlage zufriedenstellend (M4: χ^2/df=1.57, *CFI*=.91, *RMSEA*=.07, *SRMR*=.08) und besser als das Basismodell annähert (M4-M3: X^2_{diff}=12.0, Δ*df*=12, *p*>.01, Δ*AIC*=-12, Δ*BIC*=-56).

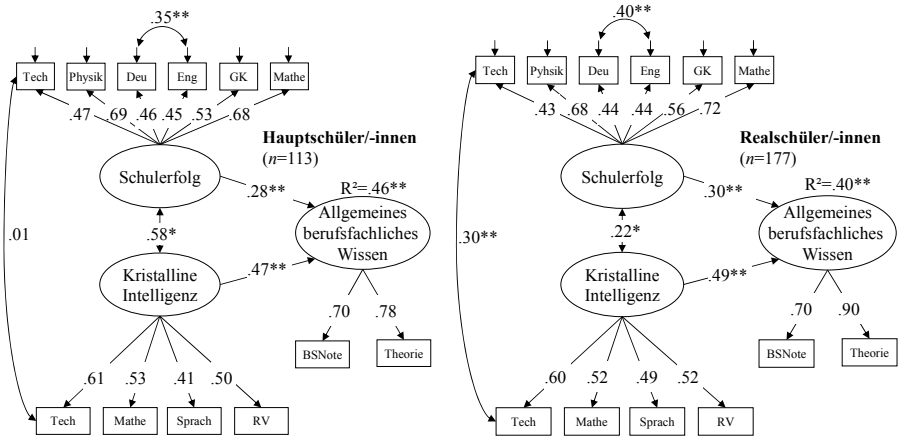
Tabelle 22: Verschiedene Ein- und Zweigruppenmodelle (Haupt- vs. Realschüler/-innen) zu den messfehlerbereinigten Effekten des Schulerfolgs und kristalliner Intelligenz auf die allgemeine berufsfachliche Wissensentwicklung

Modelle	χ^2	df	χ^2_{diff}	Δdf	*AIC*	*BIC*	*RMSEA*	*SRMR*	*CFI*
Eingruppenmodelle:									
M1: Hauptschüler/-innen (n=113)	89.9	49			8240	8370	.07	.06	.91
M2: Realschüler/-innen (n=177)	70.6	49			5394	5506	.06	.07	.93
Zweigruppenmodelle									
M3: Basismodell	160.4	98			13586	13799	.07	.07	.91
M4: Invariante Faktorladungen	172.4	110	12.0	12	13574	13743	.06	.08	.91
M5: Invariante Faktorladungen und Effekte	177.1	112	4.7	2	13575	13736	.06	.08	.91

χ^2_{diff}: χ^2- Differenz der verschachtelten Modelle (*nested models).*

Schließlich wird in einem letzten Schritt ein Modell untersucht, das sowohl von invarianten Faktorladungen als auch von invarianten Effekten ausgeht. M5 erreicht eine annehmbare (M5: χ^2/df=1.58, *CFI*=.91, *RMSEA*=.06, *SRMR*=.08) und mindestens eine genauso gute Anpassungsgüte wie M4 (M5-M4: X^2_{diff}=4.7, Δdf=2, p>.01, Δ*AIC*=1, Δ*BIC*=-7). Angesichts dieser Ergebnisse werden M3 und M4 verworfen und das einfachere Modell M5 beibehalten. Inhaltlich bedeutet die Invarianz der Faktorladungen und Effekte, dass der Schulerfolg und kristalline Intelligenz in beiden Gruppen dasselbe Konstrukt messen und diese Determinanten in beiden Gruppen einen gleich großen unstandardisierten Effekt auf berufsfachliches Wissen haben.

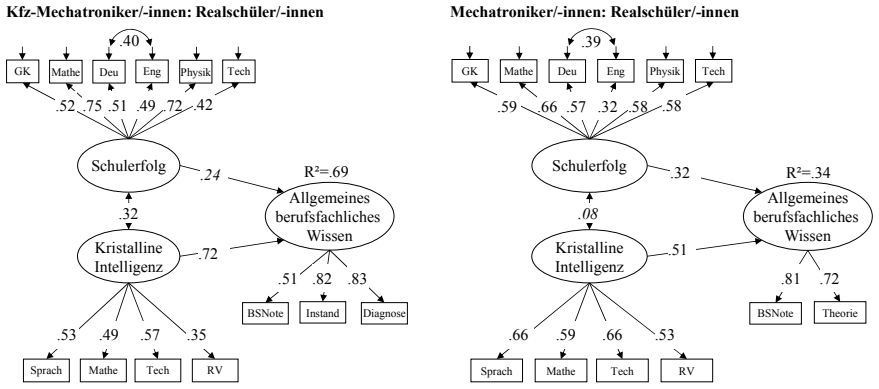
M5 ist in Abbildung 38 graphisch dargestellt. Um Missverständnissen vorzubeugen, sei darauf hingewiesen, dass die erwähnten Invarianzen in dem Zweigruppenmodell (M5, vgl. Abbildung 38) nicht direkt ersichtlich sind. Denn dort sind die standardisierten Parameter dargestellt, die aufgrund gruppenspezifischer Residualvarianzen voneinander abweichen. Im Hinblick auf M5 sei zunächst auf die plausible Residualkorrelation zwischen technischer Fähigkeit und den Techniknoten hingewiesen, die allerdings nur bei den Realschüler/-innen signifikant ausfällt (r=.30). Das Modell macht deutlich, dass der Schulerfolg in beiden Gruppen einen eigenständigen und beachtlichen *standardisierten* Effekt auf die allgemeine Wissensentwicklung hat (Hauptschüler/-innen: β=.28 und Realschüler/-innen: β=.30). Höher fällt indes der standardisierte Effekt kristalliner Intelligenz aus (Hauptschüler/-innen: β=.47 und Realschüler/-innen: β=.49). Ferner sind der Schulerfolg und kristalline Intelligenz geringer assoziiert als erwartet (Hauptschüler/-innen: r=.58 und Realschüler/-innen: r=.22). Im Weiteren wird die Stabilität dieser Befunde anhand berufsspezifischer Analysen überprüft.



X^2/df = 1.34, *CFI* = .91, *RMSEA* = .06, *SRMR*=.08, **p<.01,*p<.05; alle Faktorladungen sind auf dem 1%-Niveau signifikant.

Abbildung 38: Zweigruppenmodell (M5, Haupt- und Realschüler/-innen) zu den messfehlerbereinigten (standardisierten) Effekten des Schulabschlusses und kristalliner Intelligenz auf die allgemeine berufsfachliche Wissensentwicklung

Für berufsspezifische Analysen kommen nur die Kfz-Mechatroniker/-innen und Mechatroniker/-innen in Frage, da nur in diesen Berufen eine ausreichend große Anzahl von Probanden mit gleichem Schulabschluss vorliegt. Abbildung 39 zeigt die Ergebnisse der schulabschluss- und berufsspezifischen Auswertungen. Bei den Realschüler/-innen der Kfz-Mechatroniker-Gruppe verpasst der Effekt (β=.24) des Schulerfolgs das Signifikanzniveau knapp (p=.06). Bei den Realschüler/innen der Mechatroniker-Gruppe hat der Schulerfolg einen eigenständigen Effekt (β=.32), wobei kristalline Intelligenz auch hier einen größeren Erklärungsbeitrag leistet (β=.51). In beiden Berufsgruppen korrelieren Schulerfolg und kristalline Intelligenz erwartungswidrig gering (r=.32 bzw. r=n.s.). In M5 sind die unstandardisierten Faktorladungen und unstandardisierten Effekte beider Gruppen identisch, wogegen die Residualvarianzen gruppenspezifisch variieren können.



n=105, X²/df = 1.43, *CFI* = .91, *RMSEA* = .06, *SRMR*=.08, der Effekt des Schulerfolgs ist *nicht* signifikant, die weiteren Modellparameter sind signifikant.

n=73, X²/df = 1.10, *CFI* = .97, *RMSEA* = .04, *SRMR*=.07, die Faktorkorrelation ist *nicht* signifikant, die weiteren Modellparameter sind dagegen signifikant.

Abbildung 39: Berufsspezifische (Kfz-Mechatroniker/-innen und Mechatroniker/innen) und messfehlerbereinigte (standardisierte) Effekte des Schulerfolgs und kristalliner Intelligenz auf die allgemeine berufsfachliche Wissensentwicklung

Indikatoren allgemeinen berufsfachlichen Wissens bei den Kfz-Mechatroniker/-innen: mittlere berufsfachliche Schulnote am Ausbildungsende (BSNote); Summenscores zum Wissen zur Instandhaltungstechnik (Instand) und zur Diagnosetechnik (Diagnose) der theoretischen Abschlussprüfung

Werden *allgemeine berufsfachliche Fertigkeiten* betrachtet (ohne Abbildung), zeigt sich Folgendes: Im Falle der Kfz-Mechatroniker/-innen erreicht der Schulerfolg einen Effekt von β=.32 (p<.01) und kristalline Intelligenz einen Effekt von β=.47 (p<.01). Beide Determinanten zusammen klären 47% der Fertigkeitsvarianz auf (R^2=.47, p<.01). Allerdings ist die Modelanpassung nicht vollständig zufrieden stellend (χ^2/df=1.50, *CFI*=.88, *RMSEA*=.07, *SRMR*=.08, n=105). Im Modell der Mechatroniker/-innen (χ^2/df=1.03, *CFI*=.99, *RMSEA*=.02, *SRMR*=.07, n=73) erklärt der Schulerfolg ebenfalls einen substantiellen Beitrag des allgemeinen Fertigkeitserwerbs (β=.35), wobei kristalline Intelligenz hier *keinen* signifikanten Effekt erbringt (β=n.s.).

Zusammengenommen sprechen die Befunde also dafür, dass Schulnoten auch dann einen Effekt auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung haben, wenn der Effekt kristalliner Intelligenz kontrolliert wird. Da sich der Schulabschluss bei den bisherigen Analysen als wichtige Determinante der Kompetenzentwicklung herausgestellt hat, werden zu diesem Merkmal noch einige zentrale Ergebnisse aus Teilstichprobe A4 referiert. Tabelle 23 zeigt diese Ergebnisse.

Tabelle 23: Ergebnisse zur Bedeutung des Schulabschlusses für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung in Teilstichprobe A4

Variablen	Schul-abschluss	Simultane Regression			Anpassungsgüte				
	r	$\beta_{Schulabschluss}$	$\beta_{Kristalline\ Intelligenz}$	R^2	χ^2/df	CFI	RMSEA	SRMR	n
Kristalline Intelligenz	.73**-.80**	–	–	–	–	–	–	–	–
Wissen zu elektrische/ elektronischen Kfz-Systemen	.54**	-.09	.84**	.61**	2.03	.94	.07	–	199
Diagnosefertigkeiten in elektrischen/ elektronischen Kfz-Systemen	.51**	.44**	.26*	.43**	1.90	.96	.07	–	199
Allgemeines Kfz-Wissen	.51**	-.08	.74**	.50**	1.21	.98	.03	.03	199
Allgemeine Kfz-Fertigkeit	.48**	.11	.49*	.36**	1.41	.90	.05	.06	199

Anmerkungen: ** $p<.01$, * $p<.05$.

Erkennbar ist, dass der Schulabschluss und kristalline Intelligenz hier deutlich höher korrelieren als in den vorigen Stichproben: Abhängig davon, welches Kriterium (Wissen zu elektrischen/elektronischen Kfz-Systemen, Diagnostizieren in elektrischen/elektronischen Kfz-Systemen usw.) in das Erklärungsmodell einbezogen wird, liegen die Korrelationen zwischen r=.73 und r=.80. Der Schulabschluss leistet nur im Falle der Diagnosefertigkeiten einen inkrementellen Erklärungsbeitrag gegenüber kristalliner Intelligenz (β=.44), dagegen erklärt kristalline Intelligenz in den anderen Modellen exklusiv einen substantiellen Anteil der Kompetenzvarianz (R^2=.43-.61). Welche theoretischen Schlüsse aus diesen Befunden gezogen werden können, wird später diskutiert (zur Diskussion der Ergebnisse zu H5 siehe S. 248 ff.).

Die Effekte kognitiver Primärfähigkeiten (H6)

Um zu untersuchen, welche Bedeutung kognitive Primärfähigkeiten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung haben, werden die Teilstichproben B1 und B2 sowie folgende Konstrukte herangezogen: (1) sprachliche, (2) mathematische und (3) technische Fähigkeiten und (4) räumliches Vorstellungsvermögen sowie (5) allgemeines berufsfachliches Wissen und (6) allgemeine berufsfachliche Fertigkeit.

Tabelle 24 zeigt die Effekte, welche die kognitiven Primärfähigkeiten bei simultaner Berücksichtigung auf berufsfachliche Kompetenz haben. Unterschieden wird zwischen den Effekten in der Gesamtgruppe sowie den Effekten in den verschiedenen Ausbildungsberufen ($M_{Gesamt\text{-}Wiss}$, $M_{Kfz\text{-}Wiss}$, $M_{Mecha\text{-}Wiss}$ usw.) und bei den Kfz-Mechatroniker/-innen auch zwischen dem Effekt auf die allgemeine berufsfachliche Wissens- und die allgemeine berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung ($M_{Kfz\text{-}Wiss}$ und $M_{Kfz\text{-}Fert}$). In den anderen Berufsgruppen (Mechatroniker/-innen, Elektroniker/-innen und Fertigungsmechaniker/-innen) korrelieren weder kristalline Intelligenz noch die kognitiven Primärfähigkeiten nennenswert mit Fertigkeit (vgl. Tabelle 18 und Tabelle A 12), weshalb dort nur die Effekte auf Wissen betrachtet werden.

Tabelle 24: Messfehlerbereinigte Effekte kognitiver Primärfähigkeiten auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung

Informationen zu den Erklärungsmodellen	**$M_{Gesamt\text{-}Wiss}$**	**$M_{Kfz\text{-}Wiss}$**	**$M_{Kfz\text{-}Fert}$**	**$M_{Mecha\text{-}Wiss}$**	**$M_{Elektro\text{-}Wiss}$**	**$M_{Fertigung\text{-}Wiss}$**
Sprachliche Fähigkeit	.33**	.31**	.36**	.00	.71**	.37
Mathematische Fähigkeit	.22*	.38**	.15	-.18	.32	-.09
Technische Fähigkeit	.34**	.39**	.23	.66**	.04	.30
Räumliches Vorstellungsvermögen	-.23*	-.20**	-.08	-.02	-.24	-.01
$R^2_{Simultane\ Regression}$	.39**	.59**	.29**	.33**	.53**	.30*
Anpassungsgüte						
χ^2/df	.03	2.08	1.27	.06	.41	.17
CFI	1.00	.97	1.00	1.00	1.00	1.00
RMSEA	.00	.08	.00	.00	.00	.00
SRMR	.00	.04	.02	.01	.01	.01
n	398	164	164	95	76	63

Anmerkungen: ** p <.01, * p <.05; n : Stichprobengröße; $R^2_{Simultane\ Regression}$: Determinationskoeffizient bei Berücksichtigung aller kognitiver Primärfähigkeiten, $M_{Gesamt\text{-}Wiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeines berufsfachliches Wissen" der Gesamtgruppe, $M_{Kfz\text{-}Wiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeines berufsfachliches Wissen" der Kfz-Mechatroniker/-innen, $M_{Kfz\text{-}Fert}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit" der Kfz-Mechatroniker/-innen, $M_{Mecha\text{-}Wiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeines berufsfachliches Wissen" der Mechatroniker/-innen, $M_{Elektro\text{-}Wiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeines berufsfachliches Wissen" der Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik, $M_{Fertigung\text{-}Wiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeines berufsfachliches Wissen" der Fertigungsmechaniker/-innen.

Tabelle 24 ist zu entnehmen, dass bspw. im Modell der Gesamtgruppe ($M_{Gesamt\text{-}Wiss}$) 39% der allgemeinen berufsfachlichen Wissensvarianz erklärt wird ($R^2_{Simultane\ Regression}$=.39). Aber auch in den anderen Erklärungsmodellen wird ein deutlicher Anteil berufsfachlicher Kompetenzvarianz erklärt ($R^2_{Simultane\ Regression}$=.29-.59).

Bei näherer Betrachtung fällt allerdings auf, dass die Effekte der Primärfähigkeiten oft nicht signifikant sind. Nur in der Gesamtgruppe ($M_{Gesamt\text{-}Wiss}$) und mit Blick auf die Wissensentwicklung bei den Kfz-Mechatroniker/-innen ($M_{Kfz\text{-}Wiss}$) sind bei allen Primärfähigkeiten durchgängig signifikante Effekte zu beobachten. In den anderen Fällen hat, wenn überhaupt, nur eine Primärfähigkeit einen signifikanten Effekt, so z. B. bei den Kfz-Mechatroniker/-innen (Sprachliche Fähigkeit: β=.36) oder den Elektroniker/-innen (Sprachliche Fähigkeit: β=.71). Auch in der Gruppe der Fertigungstechniker/-innen ($M_{Fertigung\text{-}Wiss}$) erreicht die sprachliche Fähigkeit einen beachtlichen Effekt von β=.37, der allerdings – vermutlich aufgrund der geringen Stichprobengröße – nicht signifikant ist. Teilweise sind jedoch geringe oder gar negative Effekte zu verzeichnen.

Was technische Fähigkeiten angeht, sind teils deutliche ($M_{Gesamt\text{-}Wiss}$: β=.34, $M_{Kfz\text{-}Wiss}$: β=.39 und $M_{Mecha\text{-}Wiss}$: β=.66) und teils keine Effekte zu verzeichnen ($M_{Kfz\text{-}Fert}$, $M_{Elektro\text{-}Wiss}$, und $M_{Fertigung\text{-}Wiss}$). Insgesamt stellen sich abhängig von der betrachteten Gruppe unterschiedliche Primärfähigkeiten als besonders bedeutsam heraus. Wenn überhaupt eine Primärfähigkeit hervorzuheben ist, dann sprachliche

Fähigkeit, denn diese erreicht am häufigsten beachtliche Effekte ($M_{Gesamt\text{-}Wiss}$: β=.33, $M_{Kfz\text{-}Wiss}$: β=.31, $M_{Kfz\text{-}Fert}$: β=.36, $M_{Elektro\text{-}Fert}$: β=.71 und $M_{Fertigung\text{-}Wiss}$: β=.37).

Das räumliche Vorstellungsvermögen hat entweder keinen oder negative Effekte auf die berufsfachliche Wissensentwicklung ($M_{Gesamt\text{-}Wiss}$: β=-.23 und $M_{Kfz\text{-}Wiss}$: β=-.20). Zudem hat es keinen Effekt auf die berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung ($M_{Kfz\text{-}Fert}$). Diese überraschenden Befunde werden später diskutiert (zur Diskussion der Ergebnisse zu H6 siehe S. 251 ff.).

Der Effekt der kognitiven Primärfähigkeiten bei Kontrolle des Effekts kristalliner Intelligenz (H7)

Während in der vorigen Hypothese die simultanen Effekte aller einbezogenen kognitiven Primärfähigkeiten untersucht wurden, geht es hier darum, ob *eine* einzelne Primärfähigkeit einen Effekt auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung hat, wenn der Effekt kristalliner Intelligenz kontrolliert wird. Für diese Analyse werden die Teilstichproben B1 und B2 sowie Maße zu den folgenden Konstrukten herangezogen: (1) sprachliche, (2) mathematische und (3) technische Fähigkeiten, (4) räumliches Vorstellungsvermögen, (5) kristalline Intelligenz sowie (6) allgemeines berufsfachliches Wissen und (7) allgemeine berufsfachliche Fertigkeit.

Um den Effekt der kognitiven Primärfähigkeiten zu untersuchen, wurden verschiedene Erklärungsmodelle formuliert, die als Determinante jeweils kristalline Intelligenz sowie *eine* kognitive Primärfähigkeit und als Kriterium jeweils berufsfachliche Kompetenz enthalten. Das Kriterium, d. h. Kompetenzmaß bezieht sich entweder auf die Gesamtgruppe oder die einzelnen Berufsgruppen und bei den Kfz-Mechatroniker/-innen entweder auf berufsfachliches Wissen oder berufsfachliche Fertigkeit. In Tabelle 25 sind die Ergebnisse dieser Modelle zusammengefasst. Zudem sind zu Vergleichszwecken links in der Tabelle auch die Determinationskoeffizienten ($R^2_{Krist.\ Intell.}$) von Erklärungsmodellen angegeben, die nur die Determinante „kristalline Intelligenz“ enthalten.

Im oberen Teil der Tabelle ist erkennbar, dass technische Fähigkeiten nur im Hinblick auf die berufsfachliche Wissensentwicklung in der Gesamtgruppe ($M_{Gesamt\text{-}Wiss}$: β=.22) und bei den Mechatroniker/-innen ($M_{Mecha\text{-}Wiss}$: β=.77) einen signifikanten Effekt ausüben, wenn der Effekt kristalliner Intelligenz kontrolliert wird. Ersichtlich ist zudem, dass kristalline Intelligenz und technische Fähigkeit zusammen selten mehr Varianz aufklären als kristalline Intelligenz alleine. So erklären die beiden Determinanten zusammen bspw. 34% der Wissensvarianz in der Gesamtgruppe ($M_{Gesamt\text{-}Wiss}$: R^2=.34) und kristalline Intelligenz alleine 36% ($M_{Gesamt\text{-}Wiss}$: $R^2_{Krist.\ Intell.}$=.36). Nur bei den Mechatroniker/-innen erklären beide Determinanten nennenswert mehr Varianz ($M_{Mecha\text{-}Wiss}$: R^2=.33) als kristalline Intelligenz alleine betrachtet ($M_{Mecha\text{-}Wiss}$: $R^2_{Krist.\ Intell.}$=.23).

Der nächste Tabellenabschnitt liefert Informationen zum Effekt sprachlicher Fähigkeit. Wie zu sehen ist, leisten sprachliche Fähigkeiten häufig zusätzlich zu kristalliner Intelligenz einen signifikanten Erklärungsbeitrag zur Kompetenzent-

wicklung (z. B. $M_{Gesamt\text{-}Wiss}$: β=.29), wobei auch sprachliche Fähigkeit und kristalline Intelligenz zusammen durchweg nicht erwähnenswert mehr Varianz aufklären als kristalline Intelligenz alleine.

Überhaupt kein signifikanter Effekt der kognitiven Primärfähigkeiten ist mit Blick auf den unteren Teil der Tabelle zu verzeichnen. Mathematische Fähigkeiten haben bei Berücksichtigung kristalliner Intelligenz durchweg keinen eigenständigen Effekt auf die allgemeine berufsfachliche Kompetenzentwicklung. Ebenfalls beeinflusst das räumliche Vorstellungsvermögen die berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung bei den Kfz-Mechatroniker/-innen ($M_{Kfz\text{-}Fert}$) nicht zusätzlich zu kristalliner Intelligenz.

Tabelle 25: Messfehlerbereinigte Effekte kognitiver Primärfähigkeiten auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung bei Kontrolle des Effekts kristalliner Intelligenz

Informationen zu den Erklärungsmodellen	Effekt krist. Intell.	Effekte der simultanen Regression						Anpassungsgüte				
	$R^2_{Krist.Intell.}$	$R^2_{Simultan}$	$\beta_{Krist.\ Intell.}$	$\beta_{Techn.\ Fähig.}$	$\beta_{Sprach.\ Fähig.}$	$\beta_{Math.\ Fähig.}$	$\beta_{Räum.\ Vorst.}$	χ^2/df	CFI	RMSEA	SRMR	n
$M_{Gesamt\text{-}Wiss}$	.36**	.34**	.40**	.22*	–	–	–	2.85	.98	.07	.03	398
$M_{Kfz\text{-}Wiss}$	.69**	.68**	.80**	.04	–	–	–	2.77	.92	.10	.06	164
$M_{Kfz\text{-}Fert}$	.31**	.32**	.59**	-.03	–	–	–	1.16	.99	.03	.04	164
$M_{Mecha\text{-}Wiss}$	.23**	.33**	-.28	.77**	–	–	–	.13	1.00	.00	.02	95
$M_{Elektro\text{-}Wiss}$	.51**	.54**	.79**	-.10	–	–	–	1.98	.93	.11	.06	76
$M_{Fertigung\text{-}Wiss}$	.24**	.23*	.34	.15	–	–	–	.51	1.00	.00	.04	63
$M_{Gesamt\text{-}Wiss}$	.36**	.34**	.34**	–	.29**	–	–	2.41	.98	.06	.03	398
$M_{Kfz\text{-}Wiss}$	.69**	.62**	.62**	–	.25*	–	–	2.57	.93	.10	.06	164
$M_{Kfz\text{-}Fert}$	.31**	.30**	.31*	–	.32*	–	–	.73	1.00	.00	.03	164
$M_{Mecha\text{-}Wiss}$	.23**	.26*	.59**	–	-.13	–	–	.89	1.00	.00	.04	95
$M_{Elektro\text{-}Wiss}$	.51**	.48**	−.07	–	.65**	–	–	1.42	.97	.07	.06	76
$M_{Fertigung\text{-}Wiss}$	.24**	.28*	.38	–	.19	–	–	.20	1.00	.00	.02	63
$M_{Gesamt\text{-}Wiss}$	.36**	.37**	.63**	–	–	-.03	–	3.17	.98	.07	.03	398
$M_{Kfz\text{-}Wiss}$	.69**	.61**	.64**	–	–	.21	–	2.67	.92	.10	.06	164
$M_{Kfz\text{-}Fert}$	.31**	.31**	.55**	–	–	.01	–	1.16	.99	.03	.04	164
$M_{Mecha\text{-}Wiss}$	.23**	.38*	.86**	–	–	-.44	–	.56	1.00	.00	.03	95
$M_{Elektro\text{-}Wiss}$	.51**	.50**	.68**	–	–	.07	–	1.99	.93	.11	.06	76
$M_{Fertigung\text{-}Wiss}$	.24**	.31*	.74**	–	–	-.28	–	.42	1.00	.00	.03	63
$M_{Kfz\text{-}Fert}$	.31**	.48	.86**	–	–	–	-.36	.78	1.00	.00	.03	164

Anmerkungen: ** p <.01, *p <.05; $M_{Gesamt\text{-}Wiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeines berufsfachliches Wissen" der Gesamtgruppe, $M_{Kfz\text{-}Wiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeines berufsfachliches Wissen" der Kfz-Mechatroniker/-innen, $M_{Kfz\text{-}Fert}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit" der Kfz-Mechatroniker/-innen, $M_{Mecha\text{-}Wiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeines berufsfachliches Wissen" der Mechatroniker/-innen, $M_{Elektro\text{-}Wiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeines berufsfachliches Wissen" der Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik, $M_{Fertigung\text{-}Wiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeines berufsfachliches Wissen" der Fertigungsmechaniker/-innen.

Zu den Erklärungsmodellen ist anzumerken, dass sie teilweise den festgelegten *RMSEA*-Wert überschreiten (*RMSEA*≤.08). Dies ist v. a. auf die latente Modellierung der kristallinen Intelligenz zurückzuführen, bei der aus Vergleichsgründen der Indikator „räumliches Vorstellungsvermögen" durchweg berücksichtigt wurde, obwohl dieser teilweise für die nicht vollständig befriedigende Passung verantwortlich war (zur Diskussion der Ergebnisse zu H7 siehe S. 253 f.).

Der Effekt des Interesses am Ausbildungsberuf (H8)

Wie bereits bei den Ergebnissen zu H2 referiert, korreliert das Ausbildungsinteresse nur mit allgemeiner berufsfachlicher Fertigkeit und auch dort eher gering (r=.21, vgl. Tabelle 17). Aus diesem Grund ist H8, bei der es um die Bedeutung des Ausbildungsinteresses bei zusätzlicher Berücksichtigung fluider Intelligenz und berufsspezifischer Basiskompetenz geht, mit den vorliegenden Daten nicht angemessen prüfbar war (zur Diskussion der Ergebnisse zu H8 siehe S. 254).

Der Effekt der Basiskompetenzen bei Kontrolle des Effekts fluider Intelligenz (H9)

Nachdem in den vorigen Hypothesen der Effekt kognitiver Primärfähigkeiten untersucht wurde, geht es im Folgenden um den Effekt der Basiskompetenzen auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung. Um diesen Effekt zu untersuchen, wird auf Teilstichprobe A4 und folgende Konstrukte zurückgegriffen: (1) Sprachliche, (2) mathematische und (3) berufsspezifische Basiskompetenz, (4) fluide Intelligenz sowie (5) allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen, (6) allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit, (7) übergreifendes Kfz-Wissen, (8) Wissen zu Kfz-Motortechnik, (9) Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen sowie (10) Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen. Die Ergebnispräsentation erfolgt in drei Schritten: Zunächst wird der Effekt der Basiskompetenzen auf berufsfachliche Kompetenz besprochen. Anschließend wird darauf eingegangen, ob fluide Intelligenz bei Berücksichtigung der Basiskompetenzen einen direkten Effekt auf die Kompetenzentwicklung hat. Abschließend wird der indirekte Effekt fluider Intelligenz behandelt.

Für die Prüfung des direkten Effekts der Basiskompetenzen werden die in Tabelle 26 dargestellten Ergebnisse herangezogen.

Tabelle 26: Messfehlerbereinigte Effekte der Basiskompetenzen auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung im Vergleich zu den Determinationskoeffizienten fluider Intelligenz

Informationen zu den Erklärungsmodellen	$M_{AllgWiss}$	$M_{AllgFert}$	$M_{ÜberWiss}$	$M_{MotorWiss}$	$M_{EESWiss}$	$M_{EESFert}$
Sprachliche Basiskompetenz	.28*	-.16	.48*	.51*	.39**	.16
Mathematische Basiskompetenz	.34	.56*	-.17	-.39	.10	.21
Berufsspezifische Basiskompetenz	.10	.15	.46**	.49*	.32*	.21
$R^2_{Simultane\ Regression}$:	.42**	.37*	.51*	.43**	.51**	.26**
Zum Vergleich: $R^2_{fluide\ Intelligenz}$	.40**	.15**	.24**	.23**	.23**	.29**
Anpassungsgüte						
χ^2/df	1.31	1.21	1.01	1.04	1.64	2.40
CFI	.98	.96	1.00	1.00	.93	.85
RMSEA	.04	.03	.01	.01	.06	.08
SRMR	.04	.06	.04	.04	-	-
n	199	199	198	198	199	199

Anmerkungen: ** $p<.01$, * $p<.05$; $R^2_{Simultane\ Regression}$: Determinationskoeffizient bei simultaner Berücksichtigung aller Basiskompetenzen, $R^2_{Fluide\ Intelligenz}$: Determinantionskoeffizient bei exklusiver Berücksichtigung fluider Intelligenz; $M_{AllgWiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen", $M_{AllgFert}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit", $M_{ÜberWiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "übergreifendes Kfz-Wissen", das Wissen zu Kfz-Motortechnik und zu elektrischen/elektronischen Kfz-Systemen repräsentiert, $M_{MotorWiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Wissen zu Kfz-Motortechnik", $M_{EESWiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Wissen zu elektrischen/elektronischen Kfz-Systemen", $M_{EESFert}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Diagnosefertigkeiten in elektrischen/elektronischen Kfz-Systemen".

In der Tabelle sind die Effekte aufgeführt, welche die Basiskompetenzen bei simultaner Berücksichtigung auf verschiedene Kompetenzmaße ($M_{AllgWiss}$: Allgemeines berufsfachliches Wissen, $M_{AllgFert}$: Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit usw.) haben sowie die einschlägigen Determinationskoeffizienten ($R^2_{Simultane\ Regression}$). Der Tabelle ist zu entnehmen, dass sprachliche Basiskompetenzen einen signifikanten Effekt auf die *allgemeine berufsfachliche Wissen*sentwicklung ($M_{AllgWiss}$) haben (β=.28), wogegen die Effekte der anderen Basiskompetenzen nicht signifikant sind.[6] Insgesamt erklärt dieses Modell 42% der Kriterienvarianz ($R^2_{Simultane\ Regression}$=.42). Zu Vergleichszwecken ist in der Tabelle auch die Varianzaufklärung fluider Intelligenz angegeben, die im beschriebenen Fall 40% beträgt ($R^2_{Fluide\ Intelligenz}$=.40) und damit ähnlich hoch ist wie die Varianzaufklärung der Basiskompetenzen. Auch die *allgemeine berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung* ($M_{AllgFert}$) wird nur von einer Determinante, nämlich mathematischer Basiskompetenz, signifikant beeinflusst (β=.56). Bei diesem Kriterium erreicht das Erklärungsmodell mit den Basiskompetenzen ($R^2_{Simultane\ Regression}$=.37) aber eine deutlich höhere Varianzaufklärung als fluide Intelligenz alleine ($R^2_{Fluide\ Intelligenz}$=.15). Im Hinblick auf Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen ($M_{EESWiss}$) fallen zwei Effekte signifikant aus, und zwar die der sprachlichen und berufsspezifischen Basiskompetenzen (β=.39 und β=.32). Dieses Modell erbringt eine Varianzaufklärung von 51%

6 Bei der Betrachtung des allgemeinen Wissens mag vielleicht überraschen, dass der Effekt sprachlicher Basiskompetenz (β=.28) signifikant ist, während der größere Effekt der mathematischen Basiskompetenz (β=.34) das Signifikanzniveau, wenn auch nur knapp (p=.07), verfehlt. Dies ist auf den vergleichsweise hohen Standardfehler des Effekts der mathematischen Basiskompetenz zurückzuführen.

($R^2_{\text{Simultane Regression}}$=.51), was wiederum deutlich über der Varianzaufklärung fluider Intelligenz liegt ($R^2_{\text{Fluide Intelligenz}}$=.23). Was sich am Beispiel der drei besprochenen Kriterienmaße zeigt, gilt übergreifend. Kein berufsfachliches Kompetenzmaß wird gleichzeitig von allen einbezogenen Determinanten signifikant beeinflusst: In einem Fall ist überhaupt kein Effekt ($M_{EESFert}$), teilweise sind ein oder zwei Effekte und niemals alle drei Effekte signifikant. Außerdem heben sich die Effekte berufsspezifischer Basiskompetenz nicht positiv von den Effekten der beiden anderen Basiskompetenzen ab und auch keine andere Basiskompetenz erweist sich übergreifend als besonders bedeutsam. In den folgenden Modellen werden nur noch die Basiskompetenzen berücksichtigt, die in Tabelle 26 bedeutsame Effektstärken erreichen.

Tabelle 27 zeigt die Ergebnisse verschiedener Erklärungsmodelle, die jeweils fluide Intelligenz und besonders einflussreiche Basiskompetenzen enthalten. Im Modell zur *allgemeinen berufsfachlichen Wissensentwicklung* ($M_{AllgWiss}$) haben sowohl fluide Intelligenz als auch mathematische Basiskompetenz einen deutlichen Effekt (β=.39 und β=.36). Mit Blick auf die anderen Kompetenzmaße wird aber deutlich, dass dieser Befund eine Ausnahme darstellt: In allen anderen Erklärungsmodellen sind die direkten Effekte fluider Intelligenz nicht mehr statistisch bedeutsam, wenn der Einfluss der Basiskompetenzen kontrolliert wird. Demzufolge hat fluide Intelligenz bei Berücksichtigung von Basiskompetenzen meist keinen *direkten* Effekt mehr auf die Kompetenzentwicklung. Im nächsten Schritt wird untersucht, ob für fluide Intelligenz bei Berücksichtigung der Basiskompetenzen ein *indirekter* Effekt verbleibt.

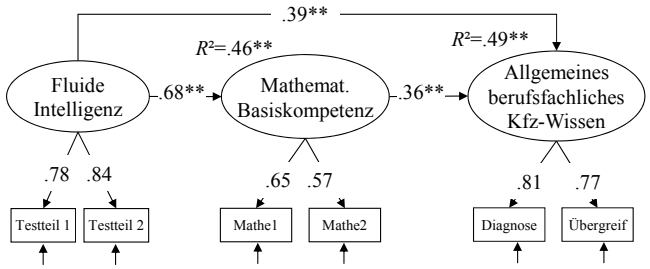
Tabelle 27: Messfehlerbereinigter Effekt fluider Intelligenz auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung bei Kontrolle des Effekts der Basiskompetenzen

Informationen zu den Erklärungsmodellen	**$M_{AllgWiss}$**	**$M_{AllgFert}$**	**$M_{ÜberWiss}$**	**$M_{MotorWiss}$**	**$M_{EESWiss}$**	**$M_{EESFert}$**
Fluide Intelligenz	.39*	.16	.00	-.02	.05	.26
Sprachliche Basiskompetenz	–	–	.41*	.37	.40**	–
Mathematische Basiskompetenz	.36*	.37	–	–	–	.38*
Berufsspezifische Basiskompetenz	–	–	.38*	.32	.35**	–
$R^2_{\text{Simultane Regression}}$:	.49**	.26*	.50**	.40**	.51**	.35**
Anpassungsgüte						
χ^2/df	1.46	1.28	.99	.93	1.85	2.65
CFI	.99	.96	1.00	1.00	.91	.90
RMSEA	.05	.04	.01	.00	.07	.09
SRMR	.03	.06	.04	.04	-	-
n	199	199	198	198	199	199

Anmerkungen: ** p<.01, * p<.05; n: Stichprobengröße; $R^2_{\text{Simultane Regression}}$: Determinationskoeffizient bei simultaner Berücksichtigung aller Determinanten; $M_{AllgWiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen", $M_{AllgFert}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit", $M_{ÜberWiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "übergreifendes Kfz-Wissen", das Wissen zu Kfz-Motortechnik und zu elektrischen/elektronischen Kfz-Systemen repräsentiert, $M_{MotorWiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Wissen zu Kfz-Motortechnik", $M_{EESWiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Wissen zu elektrischen/elektronischen Kfz-Systemen", $M_{EESFert}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Diagnosefertigkeiten in elektrischen/elektronischen Kfz-Systemen".

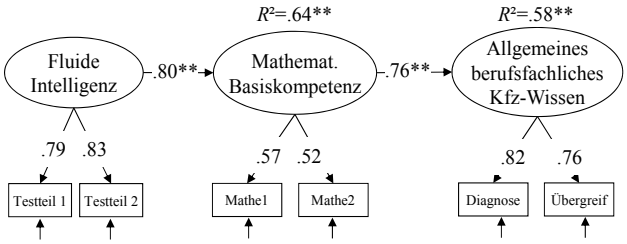
Da sich gezeigt hat, dass fluide Intelligenz die *allgemeine Kfz-Wissensentwicklung* auch dann direkt beeinflusst, wenn der Effekt mathematischer Basiskompetenzen kontrolliert wird, wird im betreffenden Mediatormodell nicht nur ein indirekter Effekt, sondern auch ein direkter Effekt fluider Intelligenz berücksichtigt. Abbildung 40 zeigt dieses Modell (M1). Erkennbar ist, dass fluide Intelligenz einerseits einen signifikanten *direkten* Effekt (β=.39) und andererseits einen *indirekten* Effekt von β_{Ind}=.25 (β_{Ind}=.68*.37) auf den Wissenserwerb ausübt, der allerdings nicht signifikant ist (acht von zehn Tests erbringen keinen signifikanten *indirekten* Effekt). Erwähnenswert sind ferner der hohe Effekt fluider Intelligenz auf mathematische Basiskompetenz (β=.68) und die hohe Varianzaufklärung des Modells (R^2=.49). Im Gegensatz zu M1 ist in dem ebenfalls in Abbildung 40 dargestellten Modell (M2) lediglich ein indirekter Effekt fluider Intelligenz berücksichtigt. Zunächst ist anzumerken, dass auch dieses Modell zufrieden stellend zur empirischen Datenlage passt (χ^2/df=1.54, *CFI*=.98, *RMSEA*=.05, *SRMR*=.04, *n*=199). Hier fällt der indirekte Effekt fluider Intelligenz sehr deutlich (β_{Ind}=.61) und durchweg signifikant aus (zehn von zehn Tests erbrachten signifikante *indirekte* Effekte). Ferner werden in M2 58% der Wissensvarianz erklärt, also mehr als in M1. Angesichts dieser Ergebnisse und der Resultate des Modellvergleichs (M1-M2: X^2_{diff}=2.0, Δdf=1, p>.01, ΔAIC=-2, ΔBIC=1) wird das einfachere Modell (M2) bevorzugt und somit ein indirekter Effekt fluider Intelligenz angenommen.

Modell 1



n= 199, X^2/df = 1.47, *CFI* = .99, *RMSEA* = .05, *SRMR*=.03, *AIC*= 6121, *BIC*= 6190;
** *p*<.01, die Faktorladungen sind auf dem 1% -Niveau signifikant.

Modell 2

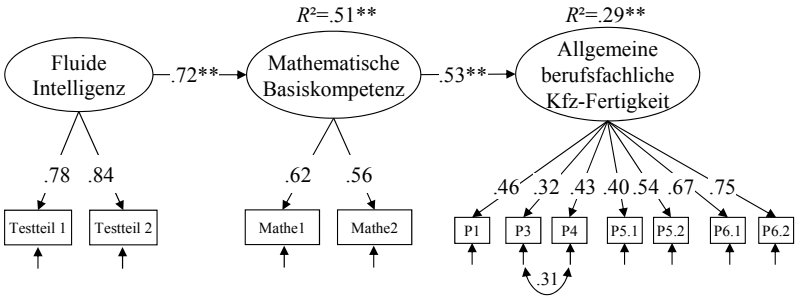


n= 199, X^2/df = 1.54, *CFI* = .98, *RMSEA* = .05, *SRMR*=.04, *AIC*= 6123, *BIC*= 6189;
** *p*<.01, die Faktorladungen sind auf dem 1% -Niveau signifikant.

Abbildung 40: Mediatormodelle zur Erklärung der allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissensentwicklung mit den Determinanten „fluide Intelligenz" und „mathematische Basiskompetenz"

Indikatoren fluider Intelligenz: Summenscores des 1. und 2. Testteils des CFT 3
Indikatoren mathematischer Basiskompetenz: Summenscores zweier Itembündel (Mathe1 und 2), die jeweils zur Hälfte aus Items des Tests zur mathematischen Basiskompetenz bestehen
Indikatoren allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissens: Summenscores des Tests zum Kfz-Diagnosewissen (Diagnose) und des übergreifenden Kfz-Wissenstests (Übergreifend) (Ergebnisse der theoretischen Gesellenprüfung Teil 2)

Im Mediatormodell zum allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Fertigkeitserwerb wurde in Anlehnung an die vorige Analyse (vgl. Tabelle 27) angenommen, dass mathematische Basiskompetenzen einen direkten Effekt und fluide Intelligenz einen indirekten Effekt haben. Wie aus Abbildung 41 hervorgeht, bestätigt das formulierte Modell sowohl den direkten Effekt der Basiskompetenz (β=.53) als auch den indirekten Effekt fluider Intelligenz (β_{Ind}=.38) auf berufsfachliche Fertigkeit.

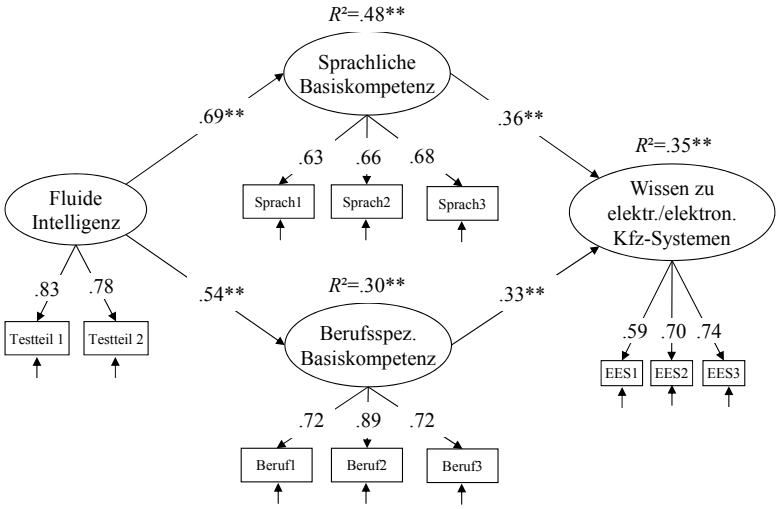


n= 199, X^2/df = 1.25, *CFI* = .96, *RMSEA* = .04, *SRMR*=.06; ** p<.01, die Faktorladungen und die Residualkorrelation sind auf dem 1% -Niveau signifikant.

Abbildung 41: Mediatormodell zur Erklärung der allgemeinen berufsfachlichen Fertigkeitsentwicklung mit den Determinanten „fluide Intelligenz" und „mathematische Basiskompetenz"

Indikatoren der allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Fertigkeit: Ergebnisse der Arbeitsproben (P1…P6.2) der praktischen Gesellenprüfung Teil 2

Ein ähnliches Bild ergibt sich mit Blick auf die in Abbildung 42 und Abbildung 43 dargestellten Mediatormodelle zur Erklärung der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung. Im *ersten* Modell (vgl. Abbildung 42) erklärt fluide Intelligenz einen erheblichen Anteil des sprachlichen und berufsspezifischen Basiskompetenzerwerbs (R^2=.48 bzw. R^2=.30) und die Basiskompetenzen erklären zusammen einen beachtlichen Varianzanteil des Wissens zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen (R^2=.35). Sowohl der direkte Effekt sprachlicher (β=.36) und berufsspezifischer Basiskompetenzen (β=.33) als auch der über die Basiskompetenzen vermittelte indirekte Effekt fluider Intelligenz ist beachtlich und signifikant ($\beta_{Ind\text{-}Ges}$=.43).

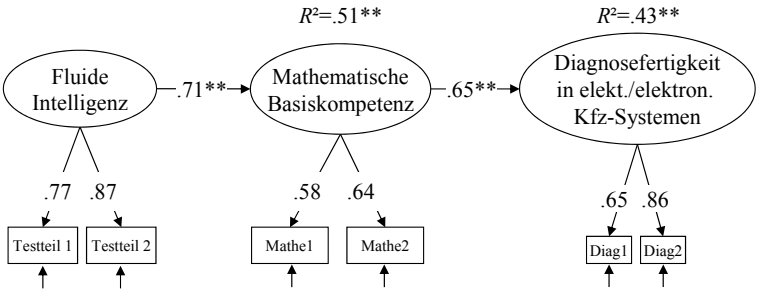


n= 199, X^2/df = 1.10, *CFI* = .99, *RMSEA* = .02, *SRMR*=.06; ** *p*<.01, die Ladungen sind auf dem 1% -Niveau signifikant.

Abbildung 42: Mediatormodell zur Erklärung der Wissensentwicklung im Inhaltsbereich „elektrische und elektronische Kfz-Systeme" mit fluider Intelligenz und sprachlicher sowie berufsspezifischer Basiskompetenz als erklärende Variablen

Indikatoren sprachlicher Basiskompetenz: Summenscores dreier Itembündel (Sprach1, Sprach2 und Sprach3), die aus gleich vielen Items des Tests zur sprachlichen Basiskompetenz bestehen
Indikatoren berufsspezifischer Basiskompetenz: Summenscores dreier Itembündel (Beruf1, Beruf2 und Beruf3), die jeweils aus gleich vielen Items des Tests zur berufsspezifischen Basiskompetenz bestehen
Indikatoren des Wissens zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen: Summenscores dreier Itembündel (EES1, EES2 und EES3), die jeweils aus gleich vielen Items der Wissensskalen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen bestehen

Auch im *zweiten* Mediatormodell (vgl. Abbildung 43) wirkt fluide Intelligenz indirekt (β_{Ind}=.46), und zwar auf den Erwerb von Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen. Zusammengenommen ergeben die Befunde also ein einheitliches Bild: Die besprochenen Mediatormodelle weisen eine zufrieden stellende Anpassungsgüte auf, die berücksichtigten Basiskompetenzen erklären einen erheblichen Anteil der Kompetenzvarianz und fluide Intelligenz wirkt über die Basiskompetenzen indirekt auf den Kompetenzerwerb ein. Diese Befundlage wird auch von den Mediatormodellen zum Erwerb des Wissens zu Kfz-Motortechnik und zum Erwerb übergreifenden Kfz-Wissens widerspruchslos gestützt (vgl. Abbildung A 1 und Abbildung A 2; zur Diskussion der Ergebnisse zu H9 siehe S. 254 f.).



n= 199, X^2/df = 1.65, *CFI* = .97, *RMSEA* = .06, *SRMR*=.04; ** *p*<.01, die Faktorladungen sind auf dem 1% -Niveau signifikant.

Abbildung 43: Mediatormodell zur Erklärung der Fertigkeitsentwicklung im Tätigkeitsbereich „Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen" mit fluider Intelligenz und mathematischer Basiskompetenz als erklärende Variablen

Indikatoren der Diagnosefertigkeit in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen: Summenscores zweier Indikatorenbündel, die entweder auf den computersimulierten Arbeitsproben (Diag1) oder den Arbeitsproben der praktischen Gesellenprüfung Teil 2 (Diag2) basieren

Der Effekt der Basiskompetenzen bei Kontrolle des Effekts kristalliner Intelligenz (H10)

Die nächsten Analysen beschäftigen sich mit dem Effekt der Basiskompetenzen, wenn der Effekt kristalliner Intelligenz kontrolliert wird. Dabei werden dieselbe Stichprobe und dieselben Maße wie bereits zuvor verwendet. Zudem wird hier kristalline Intelligenz einbezogen.

In Tabelle 28 sind die Ergebnisse verschiedener Erklärungsmodelle dargestellt, die als Determinanten jeweils kristalline Intelligenz und *eine* Basiskompetenz enthalten.

Tabelle 28: Messfehlerbereinigte Effekte der Basiskompetenzen auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung bei Kontrolle des Effekts kristalliner Intelligenz

Informationen zu den Erklärungsmodellen	Effekte der simultanen Regression					Anpassungsgüte				
	β Krist. Intell.	β Sprach. Basis.	β Mathe. Basis.	β Beruf. Basis.	R^2	χ^2/df	*CFI*	*RMSEA*	*SRMR*	*n*
$M_{AllgWiss}$	.53**	.18	–		.45**	1.26	.98	.04	.05	199
$M_{AllgFert}$	.84**	-.34	–		.44**	1.20	.96	.03	.06	199
$M_{EESWiss}$	.71*	-.02	–		.50**	.79	1.00	.00	.03	199
$M_{EESFert}$	.71*	-.14	–		.39*	1.50	.96	.05	.04	199
$M_{AllgWiss}$	.76	–	-.08	–	.52**	1.32	.98	.04	.05	199
$M_{AllgFert}$	.04	–	.53	–	.35**	1.20	.96	.03	.06	199
$M_{EESWiss}$	.66*	–	.03	–	.49**	.80	1.00	.00	.03	199
$M_{EESFert}$	.41	–	.18	–	.36**	2.52	.88	.09	.04	199
$M_{AllgWiss}$	.87**	–	–	-.18	.57**	1.27	.98	.04	.04	199
$M_{AllgFert}$	.49	–	–	.04	.30**	1.22	.96	.03	.06	199
$M_{EESWiss}$	.69**	–	–	-.01	.49**	.80	1.00	.00	.03	199
$M_{EESFert}$	.74**	–	–	-.18	.42*	1.58	.95	.05	.04	199

Anmerkungen: $^{**}p < .01$, $^{*}p < .05$; $M_{AllgWiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen", $M_{AllgFert}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit"; $M_{EESWiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Wissen zu elektrischen/elektronischen Kfz-Systemen", $M_{EESFert}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Diagnosefertigkeit in elektrischen/elektronischen Kfz-Systemen".

Ein Blick auf den oberen Tabellenabschnitt verdeutlicht, dass kristalline Intelligenz deutliche Effekte auf verschiedene Kompetenzmaße ($M_{AllgWiss}$, $M_{AllgFert}$ usw.) hat (β=.53-.84) und sprachliche Basiskompetenzen durchweg keinen eigenständigen signifikanten Erklärungsbeitrag leisten. So übt bspw. kristalline Intelligenz (β=.53) einen bedeutsamen Einfluss auf die allgemeine berufsfachliche Wissensentwicklung aus ($M_{AllgWiss}$), wogegen der Effekt sprachlicher Basiskompetenz gering und nicht signifikant ist (β=.18). Dasselbe Bild ergibt sich mit Blick auf den zweiten und dritten Tabellenabschnitt: Weder mathematische noch berufsspezifische Basiskompetenzen haben unabhängig von kristalliner Intelligenz einen Effekt auf die Kompetenzentwicklung (zur Diskussion der Ergebnisse zu H10 siehe S. 255 f.)

Der Effekt berufsfachlichen Wissens auf den berufsfachlichen Fertigkeitserwerb (H11)

Welchen Effekt berufsfachliches Wissen auf berufsfachliche Fertigkeit hat, wird mit Teilstichprobe A4 sowie den Teilstichprobe B1 und B2 untersucht. Es werden Maße zum (1) allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissen, zu (2) allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Fertigkeiten, zum (3) Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen (spezifisches Wissen) sowie zu (4) Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen (spezifische Fertigkeit) berücksichtigt.

In Tabelle 29 sind die Effekte berufsfachlichen Wissens auf den Fertigkeitserwerb aufgeführt. Unterschieden wird dort zwischen den in den Teilstichproben A4

sowie B1 und B2 beobachteten Effekten und innerhalb Teilstichproben A4 zwischen dem Effekt, den spezifisches (Anforderungsklasse: Elektrische und elektronische Kfz-Systeme) und allgemeines Wissen ausübt.

Tabelle 29: Messfehlerbereinigte Effekte berufsfachlichen Wissens auf den berufsfachlichen Fertigkeitserwerb

Informationen zu den Erklärungsmodellen	Effekte		Anpassungsgüte				
	β_{Wiss}	R^2_{Wiss}	χ^2/df	*CFI*	*RMSEA*	*SRMR*	*n*
Teilstichprobe A4							
Spezifisches Kfz-Wissen → spezifische Kfz-Fertigkeit (Anforderungsklasse: Elektrische/elektronische Kfz-Systeme)	.56**	.33**	2.42	.91	.08	–	199
Allgemeines Kfz-Wissen → allgemeine Kfz-Fertigkeit	.73**	.54**	1.14	.98	.03	.05	207
Teilstichproben B1 und B2							
Allg. berufsfachl. Wissen → allg. berufsfachl. Fertigkeit:							
Kfz-Mechatroniker/-innen	.95**	.90**	1.42	.99	.05	.03	163
Mechatroniker/-innen	.57**	.33*	k.A.				94
Elektroniker/-innen	.26*	.07	k.A.				76
Fertigungsmechaniker/-innen	.44**	.19	k.A.				63

Anmerkungen: ** $p<.01$, * $p<.05$, k.A.: keine Angaben zur Anpassungsgüte möglich, da es sich um exakt identifizierte Modelle handelt.

Der Blick auf die Ergebnisse in Teilstichprobe A4 zeigt, dass sowohl *spezifisches* (β_{Wiss}=.56, R^2=.33) als auch *allgemeines Kfz-Wissen* (β_{Wiss}=.73, R^2=.54) den Erwerb von Kfz-Fertigkeiten beachtlich beeinflusst. Zu erkennen ist zudem, dass die Erklärungsmodelle jeweils eine zufriedenstellende Anpassungsgüte aufweisen (χ^2/df=2.42, *CFI*=.91, *RMSEA*=.08, *n*=199 und χ^2/df=1.14, *CFI*=.98, *RMSEA*=.03, *SRMR*=.05, *n*=207). Bei den Kfz-Mechatroniker/-innen (β_{Wiss}=.95) und Mechatroniker/-innen (β_{Wiss}=.57) aus Teilstichprobe B1 übt allgemeines berufsfachliches Wissen ebenfalls einen beachtlichen Effekt aus. Auch bei den Elektroniker/-innen (β=.26) und den Fertigungsmechaniker/-innen (β=.44) sind signifikante Effekte zu verzeichnen, wobei der Effekt bei den Elektroniker/-innen signifikant von β=.50 abweicht ($p<.01$). In beiden Berufen lassen sich die Determinantionskoeffizienten inferenzstatistisch nicht absichern, was wohl auch auf den relativ geringen Stichprobenumfang zurückzuführen ist. Zu einem erheblichen Teil ist dies wohl aber auf die bereits thematisierte geringe Qualität der einschlägigen Fertigkeitsmaße zurückzuführen, weshalb die entsprechenden Koeffizienten im Folgenden nicht mehr betrachtet werden.

Im Hinblick auf die verbleibenden Fertigkeitsmaße ist zunächst auf die hohe Varianzaufklärung hinzuweisen, die das berufsfachliche Wissen erbringt (R^2=.33-.90). Dieser Befund liefert einen ersten Hinweis dazu, dass weitere Determinanten die Fertigkeitsentwicklung, wenn überhaupt, allenfalls gering zusätzlich zu berufsfachlichem Wissen beeinflussen. Um diese Vermutung zu prüfen, wurden Erklärungsmodelle formuliert, in denen die Fertigkeitsentwicklung gleichzeitig anhand

berufsfachlichen Wissens und weiterer Determinanten[7] erklärt wird. Zu beobachten war, dass die Parameterschätzung, d. h. die Modellbildung entweder misslang oder dass die Determinanten keinen erwähnenswerten Erklärungsbeitrag leistete, wenn berufsfachliches Wissen kontrolliert wurde. Bei Berücksichtigung berufsfachlichen Wissens haben die anderen Determinanten also keinen eigenständigen Effekt auf den Fertigkeitserwerb (zur Diskussion der Ergebnisse zu H11 siehe S. 256).

12.3.4 Differenzielle Effekte der Determinanten

Was die differenziellen Effekte der einbezogenen Determinanten angeht (H12), interessiert hier besonders, ob das räumliche Vorstellungsvermögen den berufsfachlichen Fertigkeitserwerb deutlicher beeinflusst als den Wissenserwerb. Prüfen lässt sich diese Hypothese nur anhand von Stichprobe B, weil nur dort Daten zum räumlichen Vorstellungsvermögen und zur berufsfachlichen Fertigkeit vorliegen. Allerdings weisen die betreffenden Fertigkeitsmaße, wie die oben und die im Rahmen der ersten Studie präsentierten Ergebnisse (vgl. Kapitel 11.4.3) belegen, eine sehr fragwürdige Qualität auf: Bei den Kfz-Mechatroniker/-innen scheint das Fertigkeitsmaß eher Wissen als Fertigkeit anzuzeigen, in den restlichen Berufen korrelieren die Fertigkeitsmaße überraschenderweise gering oder gar nicht mit den einbezogenen Determinanten. Der Effekt des räumlichen Vorstellungsvermögens kann demzufolge mit den vorliegenden Daten nicht geprüft werden.

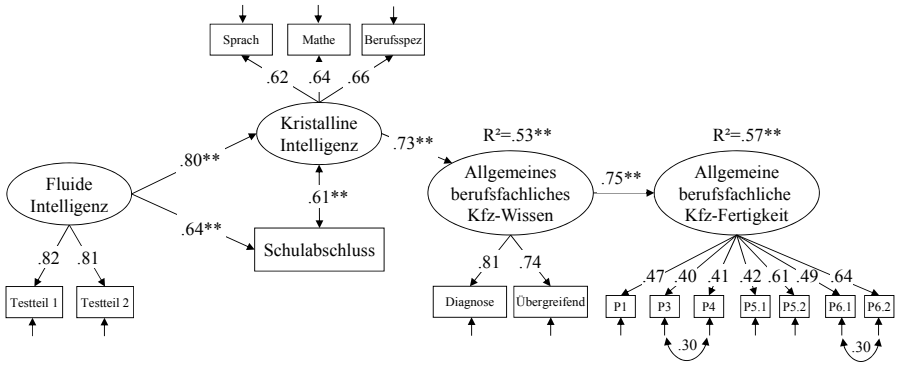
Wie bereits bei der Hypothesenformulierung erwähnt, ist die differenzielle Validität mit fast allen Hypothesen angesprochen, da der Einfluss der Determinanten anhand verschiedener Wissens- und Fertigkeitsmaße analysiert wurde. Die Ergebnisse zu H1 haben gezeigt, dass die Determinanten einen ähnlich hohen Effekt auf den Erwerb von Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen haben wie auf den Erwerb von Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen (vgl. Tabelle 16). Wird dagegen allgemeine berufsfachliche Kompetenz betrachtet, zeigt sich, dass die Determinanten enger mit Wissen als mit Fertigkeit assoziiert sind (vgl. Tabelle 17 und Tabelle 18). Bei der Zusammenfassung der Ergebnisse wird zu diskutieren sein, warum die Determinanten in der Anforderungsklasse „elektrische und elektronische Kfz-Systeme“ keine differenzielle Validität aufweisen, während sie mit Blick auf allgemeines Wissen und allgemeine Fertigkeit differenziell valide sind (zur Diskussion der Ergebnisse zu H12 siehe S. 273 f.).

12.3.5 Erklärungsmodell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung

Im letzten Abschnitt der Ergebnispräsentation wird untersucht, ob sich die bislang gewonnenen Erkenntnisse in ein Erklärungsmodell integrieren lassen. Es bietet sich an, bei dieser Untersuchung auf Teilstichprobe A4 zurückzugreifen, da dort im Unterschied zu Teilstichprobe B1 und B2 auch fluide Intelligenz erfasst wurde.

7 In Stichprobe A4 wurde fluide Intelligenz, mathematische, sprachliche und berufsspezifische Basiskompetenz, in Stichprobe B1 und B2 mathematische, sprachliche und technische Fähigkeit sowie räumliches Vorstellungsvermögen berücksichtigt.

Abbildung 44 zeigt die Ergebnisse des formulierten Erklärungsmodells. Wie zu sehen ist, hat fluide Intelligenz einen beachtlichen Effekt auf die kristalline Intelligenz (β=.80 und R^2=.64) und kristalline Intelligenz einen bemerkenswerten Effekt auf die berufsfachliche Wissensentwicklung (β=.73 und R^2=.53). Berufsfachliches Wissen wiederum beeinflusst die berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung substantiell (β=.75 und R^2=.57).



n= 199, X^2/df = 1.17, *CFI* = .97, *RMSEA* = .03, SRMR=.06; die Faktorladungen und Residualkorrelationen sind auf dem 1%-Niveau signifikant.

Abbildung 44: Zusammenfassendes empirisches Erklärungsmodell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung

Indikatoren fluider Intelligenz: Summenscores des 1. und 2. Testteils des CFT 3
Indikatoren kristalliner Intelligenz: Ergebnisse der Tests zur sprachlichen (Sprach), mathematischen (Mathe) und berufsspezifischen (Berufsspez) Basiskompetenz
Indikatoren allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissens: Summenscores des Tests zum Kfz-Diagnosewissen (Diagnose) und des übergreifenden Kfz-Wissenstests (Übergreifend) (Ergebnisse der theoretischen Gesellenprüfung Teil 2)
Indikatoren allgemeiner berufsfachlicher Kfz-Fertigkeit: Ergebnisse der Arbeitsproben (P1…P6.2) der praktischen Gesellenprüfung Teil 2

Zudem ist erkennbar, dass fluide Intelligenz auch beeinflusst, welcher Schulabschluss erworben wird (β=.64). Der Schulabschluss und kristalline Intelligenz korrelieren deutlich (r=.61). Der Schulabschluss besitzt keine inkrementelle Validität gegenüber kristalliner Intelligenz.[8] Bemerkenswert ist die gute Passung des komplexen Modells (χ^2/df=1.17, *CFI*=.97, *RMSEA*=.03, *SRMR*=.06, n=199). Im nächsten Abschnitt werden die im Rahmen der zweiten Studie erarbeiteten Ergebnisse zusammengefasst und vor dem Hintergrund der Hypothesen reflektiert.

8 Im Anschluss an die in Tabelle 23 dargestellten Befunde wurde der Effekt des Schulabschlusses auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung im Modell auf Null fixiert.

12.4 DISKUSSION

Bei der Ergebnisdiskussion wird zunächst das empirische Verhältnis der einbezogenen Determinanten zur berufsfachlichen Kompetenz besprochen. In einem nächsten Schritt wird die Bedeutung der Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung diskutiert. Abschließend kommt die differenzielle Bedeutung der Determinanten zur Sprache.

12.4.1 Zum Verhältnis der einbezogenen Determinanten zur berufsfachlichen Kompetenz

Kognitive Determinanten (H1)

Mit H1 werden die folgenden Aussagen getroffen: (1) Alle berücksichtigten kognitiven Determinanten hängen beachtlich mit berufsfachlicher Kompetenz zusammen. Erwartet werden latente Korrelationen von $r \geq .40$. (2) Berufsspezifische Basiskompetenzen und technische Fähigkeiten korrelieren enger mit berufsfachlicher Kompetenz als mathematische und sprachliche Basiskompetenzen bzw. Fähigkeiten, die wiederum höhere Korrelationen mit berufsfachlicher Kompetenz aufweisen als fluide bzw. kristalline Intelligenz. (3) Die kognitiven Determinanten sind mit berufsfachlichem Wissen genauso hoch assoziiert wie mit berufsfachlicher Fertigkeit.

(1) Was die erste Aussage anbelangt, hat sich gezeigt, dass die kognitiven Determinanten mit berufsfachlichem Wissen substantiell korrelieren und dass die Korrelationen – trotz vielfältiger Prüfung – den festgelegten Grenzwert von $r=.40$ fast ausnahmslos erreichen. Einzig das räumliche Vorstellungsvermögen korreliert gelegentlich geringer als erwartet (z. B. bei den Kfz-Mechatroniker/-innen aus Stichprobe B mit $r=.20$). Diskussionswürdig sind die Korrelationen zwischen den kognitiven Determinanten und berufsfachlicher Fertigkeit, die bei den Fertigungsmechaniker/-innen, aber auch den Elektroniker/-innen und Mechatroniker/-innen aus Stichprobe B beobachtet wurden. Denn diese fallen meist überraschend gering oder gar negativ aus. Da sich diese Befunde theoretisch kaum erklären lassen, verdichtet sich der bereits in der ersten Studie gewonnene Eindruck (vgl. Kapitel 11.4.3): Die Fertigkeitsmaße weisen in den *genannten Berufen* eine sehr fragwürdige Qualität auf, weshalb sie bei der Beurteilung von H1 nicht weiter berücksichtigt werden.

(2) Nicht eingestellt hat sich das mit H1 angenommene Korrelationsmuster: Abhängig vom gewählten berufsfachlichen Kompetenzmaß erbrachten unterschiedliche Determinanten die höchste Korrelation. Entgegen der Annahme stellte sich also keine kognitive Determinante durchgängig als besonders bedeutsam heraus. Überraschend ist dies insbesondere im Hinblick auf berufsspezifische Basiskompetenzen, da deren besonderer Stellenwert in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen gut belegt ist (vgl. Kapitel 9.6). Für diesen überraschenden Befund bieten sich zwei Erklärungen an.

(A) Die überlegene Bedeutung berufsspezifischer Basiskompetenzen wird v. a. von Studien dokumentiert, in denen berufsfachliche Kompetenzen nach einem Ausbildungsjahr, also am Ende der Grundbildung erfasst wurden (Geißel, 2008, Gschwendtner, 2011, Knöll, 2007). Hier beziehen sich die berufsfachlichen Kompetenzmaße indes auf das Ausbildungsende. Bereits in Kapitel 9.6 wurde in Anlehnung an die bei Nickolaus et al. (2011a) referierten Ergebnisse erwähnt, dass die Bedeutung berufsspezifischer Basiskompetenzen mit fortschreitender Ausbildungsdauer abnehmen kann. Möglicherweise erklärt sich die überraschende Befundlage also über unterschiedliche Zeitpunkte der Kompetenzdiagnostik: Berufsspezifische Basiskompetenzen korrelieren dann enger als andere kognitive Determinanten mit berufsfachlicher Kompetenz, wenn kürzere Entwicklungszeiträume betrachtet werden. Werden dagegen längere Entwicklungszeiträume betrachtet, sind mathematische und sprachliche Basiskompetenzen sowie fluide Intelligenz genauso wichtig für die Kompetenzentwicklung wie berufsspezifische Basiskompetenzen.

(B) In der vorliegenden Untersuchung unterscheiden sich die Tests zur Erfassung berufsspezifischer Basiskompetenzen und berufsfachlicher Kompetenz deutlich. Dagegen werden in den Studien, die berufsspezifischen Basiskompetenzen eine hervorzuhebende Bedeutung attestieren (Geißel, 2008, Gschwendtner, 2011, Knöll, 2007), oft sehr ähnliche Tests zur Erfassung der berufsspezifischen Basiskompetenzen und berufsfachlicher Kompetenz eingesetzt. Möglicherweise wird die Bedeutung berufsspezifischer Basiskompetenz aufgrund dieser Testähnlichkeit höher eingeschätzt. Beide Ansätze erklären die diskrepante Befundlage plausibel, müssen letztlich aber in Folgeuntersuchungen geprüft werden.

(3) Im Einklang mit H1 korrelieren die kognitiven Determinanten mit Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen genauso eng wie mit Diagnosefertigkeiten in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen. Mit Blick auf allgemeine berufsfachliche Kompetenz sind jedoch erwartungswidrige Korrelationen zu verzeichnen, und zwar insofern, als die Determinanten mit allgemeinem Wissen signifikant höher assoziiert sind als mit allgemeiner Fertigkeit. Da latente Korrelationen betrachtet wurden, kann dieser hypothesenwidrige Befund nicht mit Messfehlern erklärt werden. Bereits bei der Hypothesenformulierung wurden zwei weitere Gründe genannt, warum zwischen kognitiven Determinanten und dem Fertigkeitsniveau geringere Korrelationen auftreten können als zwischen kognitiven Determinanten und Wissen: (A) Die Fertigkeitsdiagnostik bezieht sich hauptsächlich auf motorische Fertigkeiten, die in weniger komplexen Tätigkeitsbereichen erworben wurden. (B) Die Probanden befinden sich zum Zeitpunkt der Kompetenzdiagnostik bereits in der autonomen Phase des Kompetenzerwerbs.

(A) Das allgemeine berufsfachliche Fertigkeitsmaß basiert auf zwei Reparatur- und einer Serviceaufgabe sowie drei Aufgaben zum Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen. Anforderungen, wie sie bei der Fehlerdiagnose in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen gestellt werden, können nicht dafür verantwortlich sein, dass die Determinanten geringer mit allgemeiner Fertigkeit korrelieren als mit allgemeinem Wissen. Denn die referierten Befunde zeigen, dass

Wissen und Fertigkeit in diesem Tätigkeitsbereich ähnlich hoch mit den Determinanten korrelieren. Damit kann der Korrelationsunterschied nur in den Anforderungen der Reparatur- und der Serviceaufgaben gründen. Die *Reparaturaufträge* beinhalten bspw. Tätigkeiten wie die Demontage, das Zerlegen und Zusammenbauen einer Trommelbremse. Bei diesen Arbeiten wird in der Testsituation i. d. R. ein Reparaturplan verwendet, der die relevanten Arbeitsschritte und Informationen enthält, und der von den Probanden systematisch abgearbeitet werden kann. Anforderungen dieser Art sind meist weniger komplex als das Diagnostizieren in elektrischen Kfz-Systemen, da die zu berücksichtigenden Elemente in den Anleitungen gegeben und schon sinnvoll verknüpft sind. Ferner spielen motorische Fertigkeiten hier eine wichtige Rolle. Insofern ist vorstellbar, dass die Leistungen in den Reparaturaufgaben weniger stark von kognitiven Voraussetzungen abhängen. Eine Sonderstellung dieser Aufgaben deutete sich bereits in der ersten Studie an: Dort wiesen die Reparaturaufgaben untereinander mehr Gemeinsamkeiten auf als mit den anderen Aufgaben (vgl. Kapitel 11.4.1). Möglicherweise deuten diese Gemeinsamkeiten eine eigene Dimension an, bei der psychomotorische Fertigkeiten stärker zum Tragen kommen und deren Entwicklung weniger stark von kognitiven Determinanten abhängt.

(B) Im Rahmen der *Serviceaufgabe* sind typischerweise Arbeiten wie eine Hauptuntersuchung durchzuführen, bei der bspw. per Sichtprüfung Mängel an der Abgasanlage zu identifizieren sind. Da Aufgaben dieser Art während der Ausbildung relativ häufig ausgeführt werden und sich eher auf einen konsistenten Tätigkeitsbereich beziehen, ist – zumindest teilweise – eine routinierte Bearbeitung wahrscheinlich. Damit kann angenommen werden, dass sich einige Auszubildende bezogen auf die Serviceaufgabe bereits in der autonomen Phase des Kompetenzerwerbs befanden, in der kognitive Determinanten weniger leistungskritisch sind. Somit liegen zwei plausible Erklärungen vor, warum die kognitiven Determinanten geringer mit dem allgemeinen Fertigkeitsmaß korrelieren als mit dem allgemeinen Wissensmaß.

Zusammenfassend lässt sich im Hinblick auf H1 Folgendes festhalten: Berufsspezifische Basiskompetenz und technische Fähigkeit, mathematische und sprachliche Basiskompetenz bzw. Fähigkeit sowie kristalline und fluide Intelligenz hängen substantiell und ähnlich eng mit berufsfachlichem Wissen zusammen ($r \geq .40$). Bei komplexen Anforderungen und zu Beginn des Lernprozesses sind die genannten Determinanten mit berufsfachlicher Fertigkeit vermutlich ähnlich eng assoziiert. In der autonomen Erwerbsphase und in wenig komplexen Tätigkeitsbereichen hängen sie dagegen geringer mit Fertigkeiten zusammen als mit Wissen. Räumliches Vorstellungsvermögen ist ebenfalls bedeutsam, im Vergleich zu den anderen Determinanten scheint es aber eher eine untergeordnete Rolle zu spielen. Die referierten Befunde geben wenig Anlass, an der Generalisierbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse auf die einbezogenen Berufe (Kfz-Mechatroniker/-innen, Fertigungsmechaniker/-innen, Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik und Mechatroniker/-innen) zu zweifeln, und zwar unabhängig davon, ob Auszubildende der Industrie oder des Handwerks betrachtet werden. Sicherlich ist in weiteren Studien genauer zu prüfen, ob und inwieweit der Einfluss der kognitiven Determinanten auf

berufsfachliche Fertigkeit von der Komplexität der Anforderung und/oder der Kompetenzerwerbsphase abhängt.

Interesse am Ausbildungsberuf (H2)

Mit H2 wird angenommen, dass das Interesse am Ausbildungsberuf einen nennenswerten Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung hat, wobei Korrelationen von r=.30 erwartet werden. Wider Erwarten waren zwischen dem Ausbildungsinteresse und den berufsfachlichen Wissensmaßen überhaupt keine Korrelationen und zwischen Interesse und den Fertigkeitsmaßen nur selten und wenn, eher geringe Korrelationen festzustellen (r=.21-.24). Angesichts dieser Befunde wäre H2 eher zu verwerfen, wobei einige Punkte diskussionswürdig sind.

(1) In diesem Kontext ist zunächst die Erfassung des Ausbildungsinteresses zu thematisieren. In Stichprobe A wurde Interesse anhand einer adaptierten Version des Fragebogens zum Studieninteresse erhoben (Schiefele et al., 1993). Dagegen wurde in den Studien, die den Einfluss des Interesses auf die Wissensentwicklung in technischen Domänen belegen (z. B. Ackerman, 2000; Ackerman & Beier, 2006; Ackerman et al., 2001, vgl. dazu auch die Ausführungen in Kapitel 7.3), das praktisch-technische Interesse erfasst, das im Anschluss an die von Holland (1997) vorgelegte Interessentheorie operationalisiert wurde. Möglicherweise hätten sich hier erwartungskonforme Ergebnisse eingestellt, wenn nicht der adaptierte Test zum Studieninteresse eingesetzt, sondern das praktisch-technische Interesse diagnostiziert worden wäre. In Stichprobe B wurde das Ausbildungsinteresse mit der Frage bestimmt, ob der erlernte Ausbildungsberuf dem ersten Wunschberuf eines Probanden entspricht. Diese Interessensdiagnostik ist weder theoretisch noch psychometrisch befriedigend, weshalb daraus resultierende Erkenntnisse auch nur sehr bedingt belastbar sind.

(2) Nagy (2005) führt aus, dass dem Interesse zwei verschiedene Funktionen zukommen können. Erstens kann das Interesse eine *Lenkungsfunktion* haben. In dieser Perspektive sind Interessen dafür verantwortlich, welcher Ausbildungsberuf ergriffen wird oder in Anlehnung an die PPIK-Theorie nach Ackerman (1996) ausgedrückt, in welche Domäne individuelle kognitive Ressourcen investiert werden. Demnach beeinflusst das Ausbildungsinteresse v. a. die Wahl des Ausbildungsberufs. Hier wurden bei den Interessensanalysen allerdings nur Auszubildende eines Ausbildungsberufs betrachtet, d. h. es ist gut vorstellbar, dass die Probanden in Bezug auf technisches Interesse keine bedeutsamen Unterschiede aufweisen. Daher müssen die ausbleibenden oder geringen Korrelationen zwischen Interesse und berufsfachlicher Kompetenz nicht überraschen. Quer zu diesem Erklärungsansatz liegen allerdings die von Nickolaus et al. (2011b) publizierten Ergebnisse, welche die zweite Funktion des Interesses berühren: In der erwähnten Studie erklärt das Interesse am Ausbildungsberuf die Kompetenzentwicklung bei Elektroniker/-innen für Energie- und Gebäudetechnik substantiell. Hier hat das Interesse am Ausbildungsberuf offensichtlich keine Lenkungsfunktion, sondern einen Einfluss auf das er-

reichte Kompetenzniveau, und das, obwohl im Sinne der bisher geführten Argumentation eine homogene Stichprobe (Personen eines Ausbildungsberufs) untersucht wurde. Vor dem Hintergrund dieser komplizierten Erkenntnislage und der unter (1) beschriebenen Punkte können keine belastbaren Aussagen zu H2 gemacht werden. Insofern wird H2 hier weder bestätigt noch verworfen, vielmehr wird auf die Notwendigkeit klärender Studien hingewiesen.

12.4.2 Zur Bedeutung der einbezogenen Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung

Ob die einbezogenen Determinanten die berufsfachliche Kompetenzentwicklung beeinflussen, wird anhand der Erkenntnisse zu den Hypothesen 4 bis 11 diskutiert. Die Ergebnisdiskussion erfolgt schrittweise und mit dem Ziel, im nächsten Abschnitt ein entwicklungspsychologisches Erklärungsmodell präsentieren zu können.

Zur Bedeutung fluider Intelligenz (H3)

Mit H3 wird angenommen, dass fluide Intelligenz einen deutlichen Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung hat, wobei ein messfehlerbereinigter Effekt von $\beta \geq .40$ erwartet wird. Keiner der untersuchten Effekte von fluider Intelligenz ($\beta = .35$-$.63$) auf berufsfachliche Kompetenz lag signifikant unterhalb des festgelegten Grenzwerts ($\beta \geq .40$). Im Gegenteil, meist übertrafen die Effekte den Grenzwert und das unabhängig davon, ob spezifische oder allgemeine Kompetenzen bzw. Wissen oder Fertigkeit betrachtet wurden. Damit bestätigen die Ergebnisse H3 einhellig. Da diese Hypothese ausschließlich anhand von Kfz-Mechatroniker/-innen untersucht wurde, die größtenteils in Handwerks-, aber auch in Industriebetrieben ausgebildet wurden, sind die Befunde eigentlich nur auf diesen Personenkreis generalisierbar. Angesichts der Fülle an Studien, die die Bedeutung der Intelligenz für die fachliche Entwicklung belegen (z. B. Hülsheger et al., 2007; Salgado et al., 2003; Schmidt & Hunter, 2004, vgl. dazu auch Kapitel 9.2), sollte H3 allerdings auch auf andere gewerblich-technische Ausbildungsberufe übertragbar sein.

Zur Bedeutung kristalliner Intelligenz bei gleichzeitiger Berücksichtigung fluider Intelligenz (H4)

In H4 sind Aussagen zur Bedeutung fluider und kristalliner Intelligenz enthalten. Konkret wird mit dieser Hypothese Folgendes behauptet: (1) Fluide Intelligenz hat einen deutlichen Einfluss auf den kristallinen Intelligenzerwerb, wobei ein messefehlerbereinigter Effekt von $\beta \geq .50$ erwartet wird. (2) Kristalline Intelligenz beeinflusst die berufsfachliche Kompetenzentwicklung deutlich. Hier wird ein Effekt von $\beta \approx .40$-$.50$ erwartet. (3) Fluide Intelligenz hat bei Berücksichtigung kristalliner

Intelligenz sowohl einen *direkten* als auch einen über kristalline Intelligenz vermittelten *indirekten* Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung.

Sowohl der direkte Effekt fluider Intelligenz auf kristalline Intelligenz (β=.73-.81) als auch der direkte Effekt kristalliner Intelligenz auf berufsfachliche Kompetenz (β=.52-.74) wird von den Befunden bestätigt. Ebenfalls wird der angenommene indirekte Effekt fluider Intelligenz auf berufsfachliche Kompetenz eindrücklich bestätigt (β=.42-.58). Keine Bestätigung fand dagegen der direkte Effekt fluider Intelligenz auf berufsfachliche Kompetenz, wenn gleichzeitig der Effekt kristalliner Intelligenz kontrolliert wird. Auffällig ist, dass kristalline Intelligenz mehr Kompetenzvarianz erklärt (R^2=.28-.54) als fluide Intelligenz (R^2=.13-.40). Inhaltlich bedeuten diese Ergebnisse, dass fluide Intelligenz die kristalline Intelligenz und kristalline Intelligenz den berufsfachlichen Kompetenzerwerb entscheidend beeinflusst. In dem deutlichen Einfluss kristalliner Intelligenz spiegelt sich auch die zwar vergleichsweise geringe, aber dennoch bedeutsame Rolle fluider Intelligenz, weshalb diese kognitive Determinante bei der Erklärung der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung zu berücksichtigen ist und das, obwohl sie keine Kompetenzvarianz zusätzlich zu kristalliner Intelligenz erklärt.

Folgen hat diese theoretische Erkenntnis für statistische Analysen, die sich mit der Bedeutung fluider und kristalliner Intelligenz für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung beschäftigen. Wird bspw. der Effekt fluider Intelligenz anhand eines einfachen Regressionsmodells untersucht und auch kristalline Intelligenz einbezogen, ist fluide Intelligenz bei der Vorhersage der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung oft nicht inkrementell valide. Daraus lässt sich der empirisch begründete Schluss ziehen, dass fluide Intelligenz für die Kompetenzentwicklung unbedeutend ist. Deutlich machen die zurückliegenden Ausführungen allerdings, dass dieser Schluss weder theoretisch sinnvoll noch empirisch zwingend ist. Dagegen entsprechen Mediatormodelle, in denen der indirekte, über kristalline Intelligenz vermittelte Einfluss fluider Intelligenz berücksichtigt wird, dem theoretischen Erkenntnisstand (Cattell, 1987) *und* erbringen empirisch belastbare Ergebnisse.

Im Kontext von H4 ist außerdem zu diskutieren, ob die Modellierung kristalliner Intelligenz anhand mathematischer, sprachlicher und berufsspezifischer Basiskompetenzen angemessen ist. Rindermann (2006) weist darauf hin, dass Schulleistungstests wie sie in PISA eingesetzt werden zu einem erheblichen Teil Intelligenz messen (vgl. dazu auch Rindermann, 2007). In Anlehnung daran kann angenommen werden, dass ein Generalfaktor, der anhand der Basiskompetenzen gebildet wird, kristalline Intelligenz repräsentiert. Dieser Gedanke lässt sich auch theoretisch fundieren: Im Anschluss an die Investmenttheorie (Cattell, 1987, vgl. dazu auch Kapitel 7.1) entwickelt sich kristalline Intelligenz u. a. durch die Investition fluider Intelligenz in schulische Lernprozesse. Da Basiskompetenzen überwiegend im Rahmen schulischer Lernprozesse erworben werden, können sie als Teil und damit auch als vernünftige Indikatoren kristalliner Intelligenz interpretiert werden. Allerdings machen die tiefergehenden statistischen Analysen von Baumert, Brunner, Lüdtke und Trautwein (2007) deutlich, dass zwischen Intelligenz und Schulleistungen auch bemerkenswerte Differenzen bestehen, wenngleich beide Facetten deutlich korrelieren. Insofern ist zu vermuten, dass sich ein Generalfaktor, der anhand kognitiver

Primärfähigkeiten gebildet wird, empirisch von einem Generalfaktor unterscheidet, der anhand von Basiskompetenzen modelliert wird. Inhaltlich könnten diese Generalfaktoren so interpretiert werden, dass der erste kristalline Intelligenz und der zweite allgemeine ausbildungsbezogene Basiskompetenz repräsentiert, wobei kristalline Intelligenz eine größere Nähe zu fluider Intelligenz und eine geringere Bildungsabhängigkeit aufweist als allgemeine ausbildungsbezogene Basiskompetenz. Beide Faktoren dürften jedoch stark assoziiert sein. Dieser Gedanke wird bei der Diskussion von H5 wieder aufgegriffen.

Zur Bedeutung des Schulerfolgs bei gleichzeitiger Berücksichtigung kristalliner Intelligenz (H5)

Im Sinne von H5 ist zu erwarten, dass der Schulerfolg die berufsfachliche Kompetenzentwicklung kaum oder gar nicht beeinflusst, wenn auch der Einfluss kristalliner Intelligenz berücksichtigt wird. Entsprechend wird unterstellt, dass Schulnoten des allgemein bildenden Abschlusszeugnisses keinen oder nur einen geringen Effekt auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung ausüben, wenn der Effekt kristalliner Intelligenz kontrolliert wird. Die Basis dieser Annahme bildet die Idee, dass das Notenniveau und kristalline Intelligenz ein sehr ähnliches Konstrukt abbilden, weshalb zwischen beiden Maßen auch eine hohe Korrelation erwartet wird *(r*≥.70). Bei der Diskussion der Ergebnisse werden zunächst Befunde referiert, die sich auf die Analyse der Gesamtgruppe (globale Analyse) beziehen, und anschließend die Befunde schulabschluss- und berufsspezifischer Analysen (spezifische Analyse).

Befunde der globalen Analyse: Überraschend ist zunächst, dass weder verschiedene Fachnoten noch die Durchschnittsnote des allgemein bildenden Abschlusszeugnisses – von wenigen Ausnahmen abgesehen – substantiell mit dem berufsfachlichen Kompetenzniveau korrelieren. Dagegen stellen sich zwischen dem Schulabschluss und berufsfachlicher Kompetenz durchgängig vergleichsweise deutliche Korrelationen ein (*r*=.26-.44). Bei gleichzeitiger Berücksichtigung von Schulnoten und kristalliner Intelligenz weisen beide Determinanten signifikante messfehlerbereinigte Effekte auf, wobei die Noten erwartungsgemäß einen geringeren Effekt haben (*β*=.10) als kristalline Intelligenz (*β*=.58). Gezeigt hat sich zudem, dass Schulerfolg und kristalline Intelligenz nicht in der erwarteten Höhe *(r*≥.70) korrelieren (*r*=.23). Einerseits stützen die vorgetragenen Befunde also H5: Die Noten beeinflussen die berufsfachliche Kompetenzentwicklung nur gering, wenn der Einfluss kristalliner Intelligenz kontrolliert wird. Andererseits stehen die Befunde im Widerspruch zu H5: Die mittleren Noten und kristalline Intelligenz korrelieren geringer als erwartet. Noch schwieriger wird die Befundlage, wenn der Schulerfolg nicht mit Schulnoten, sondern mit dem Schulabschluss operationalisiert wird. Denn dann hat der Schulerfolg einen substantiellen Effekt auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung (*β*=.33), wobei auch hier der Effekt kristalliner Intelligenz höher ist (*β*=.46). Aufgrund dieser schwer zu interpretierenden Befundlage wurden in einem weiteren Schritt spezifische Analysen durchgeführt.

Befunde der spezifischen Analysen: Bei den spezifischen Analysen zeigt sich, dass Schulnoten sowohl bei den *Hauptschüler/-innen* (β=.28) als auch den *Realschüler/-innen* (β=.30) einen beachtlichen Effekt auf die *allgemeine berufsfachliche Wissensentwicklung* haben, wobei der Effekt kristalliner Intelligenz auch hier höher ausfällt (Hauptschüler/-innen: β=.47 und Realschüler/-innen: β=.49). *Berufsspezifische* Analysen ergeben, dass Schulnoten bei den Mechatroniker/-innen mit Realschulabschluss die Wissensentwicklung zusätzlich zu kristalliner Intelligenz beeinflussen (β=.32). Bei den Kfz-Mechatroniker/-innen mit Realschulabschluss verfehlt der Effekt der Noten (β=.25) das Signifikanzniveau nur knapp (p=.06), was wohl größtenteils auf der relativ kleinen Stichprobengröße (n=105) beruht. Was die *allgemeine berufsfachliche Fertigkeit* anbelangt, weisen die Schulnoten sowohl bei den Kfz-Mechatroniker/-innen als auch bei den Mechatroniker/-innen mit Realschulabschluss eine substantielle inkrementelle Validität gegenüber kristalliner Intelligenz auf (β=.32 bzw. β=.35). Auch bei den spezifischen Analysen korrelieren Schulerfolg und kristalline Intelligenz erwartungswidrig gering (r=n.s.-.58).

Im Hinblick auf die Bewertung von H5 fällt auf, dass die globalen Analysen zu einem anderen Ergebnis führen als die spezifischen Analysen: Während die Schulnoten bei den globalen Analysen die berufsfachliche Kompetenzentwicklung nur gering oder gar nicht beeinflussen, ist den Schulnoten bei den differenzierten Analysen ein nennenswerter Einfluss zu attestieren. Damit stellt sich die Frage, wie es zu dieser widersprüchlichen Einschätzung kommt und wie H5 letztlich zu bewerten ist.

Bei den globalen Analysen wurden die Noten von Haupt- und Realschüler/-innen sowie von Probanden mit Hochschulreife gemeinsam analysiert. Dabei werden alle Personen gleich behandelt, die bspw. eine Durchschnittsnote von „3“ haben. Dieses Vorgehen basiert auf der Annahme, dass die Note „3“ eines Hauptschülers dasselbe Leistungsniveau anzeigt wie die Note „3“ eines Abiturienten. Obwohl diese Annahme zunächst wenig plausibel scheint, erwiesen sich Schulnoten in vielen Studien, die mit dieser Annahme arbeiten, als wichtige Prädiktoren der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung (vgl. dazu z. B. die Metaanalyse von Baron-Boldt et al., 1988). Die vorgetragenen Ergebnisse sprechen allerdings dafür, dass diese Annahme hier nicht trägt: Wird der Effekt von Schulnoten anhand von Probanden mit verschiedenen Schulabschlüssen untersucht, fällt dieser Effekt gering aus, wird er anhand von Probanden mit dem gleichen Schulabschluss untersucht, fällt er dagegen substantiell aus. Werden also alle Probanden in denselben „Topf geworfen“, wird die *tatsächliche* Bedeutung der Schulnoten verkannt. Korrekterweise müssen hier also sowohl der Schulabschluss als auch die Schulnoten berücksichtigt werden, um die Bedeutung des Schulerfolgs für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung angemessen beurteilen zu können. Aus diesem Grund werden bei der Beurteilung von H5 die Ergebnisse der undifferenzierten, also globalen Analysen nicht berücksichtigt.

Damit lässt sich im Hinblick auf H5 zusammenfassend Folgendes festhalten: Erstens hat der Schulerfolg einen substantiellen Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung, und zwar auch dann, wenn der (wohl größere) Einfluss kristalliner Intelligenz berücksichtigt wird. Zweitens repräsentieren der Schulerfolg

und kristalline Intelligenz zwar zwei assoziierte, letztlich aber deutlich verschiedene Konstrukte. Damit ist H5 also zu verwerfen. Ob diese Befunde damit zusammenhängen, dass nur Auszubildende eines Industrieunternehmens untersucht wurden, oder ob sie generell in Stichproben gelten, die auf den einbezogenen Ausbildungsberufen (Kfz-Mechatroniker/-innen, Fertigungsmechaniker/-innen, Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik und Mechatroniker/-innen) und auf Auszubildenden der Industrie basieren, kann hier nicht beurteilt werden.

Bei der Analyse von H5 fand abschließend eine explorative Analyse statt. Dabei wurde die Bedeutung des Schulabschlusses in Teilstichprobe A4 untersucht und unterstellt, dass der Schulabschluss eine weitere, wenngleich relativ „grobe", Möglichkeit darstellt, den Schulerfolg zu operationalisieren. Bei dieser Analyse war zu beobachten, dass der Schulerfolg und kristalline Intelligenz sehr hoch korrelieren (r=.73-.80). Außerdem erklärt der Schulerfolg – von einer Ausnahme abgesehen – keine Kompetenzvarianz, wenn kristalline Intelligenz berücksichtigt wird. In gewisser Weise können diese Ergebnisse als Bestätigung von H5 aufgefasst werden: Der Zusammenhang zwischen Schulerfolg und kristalline Intelligenz erreicht den festgelegten Grenzwert *(*$r \geq .70$), beide Facetten bilden also ein sehr ähnliches Konstrukt ab, und der Schulerfolg weist keine inkrementelle Validität gegenüber kristalliner Intelligenz auf.

Ausgehend von dieser Erkenntnis lässt sich der oben angedachte Gedanke weiterführen, nämlich die Frage, ob ein anhand von Basiskompetenzen gebildeter Generalfaktor kristalline Intelligenz abbildet. In Stichprobe B wird kristalline Intelligenz anhand kognitiver Primärfähigkeit modelliert und es sind geringe Korrelationen zwischen kristalliner Intelligenz und Schulerfolg zu beobachten. In Stichprobe A wird kristalline Intelligenz anhand von Basiskompetenzen modelliert und es sind hohe Korrelationen zwischen kristalliner Intelligenz und Schulerfolg zu beobachten. Vor diesem Hintergrund kann Folgendes vermutet werden: Wird kristalline Intelligenz anhand kognitiver Primärfähigkeiten modelliert, hat sie einen geringeren Bildungsbezug, als wenn sie anhand von Basiskompetenzen modelliert wird. Dies bestärkt die oben bereits eingebrachte Idee, zwischen kristalliner Intelligenz und allgemeiner ausbildungsbezogener Basiskompetenz zu unterscheiden. Im Hinblick auf H5 könnte dies bedeuten, dass der Schulerfolg die berufsfachliche Kompetenzentwicklung bei Berücksichtigung *kristalliner Intelligenz eigenständig* beeinflusst und bei Berücksichtigung *allgemeiner ausbildungsbezogener Basiskompetenz* dagegen *kaum* oder gar *nicht*. Natürlich ist diese Idee, die Evidenzen und Spekulationen vereint, in Folgestudien kritisch zu prüfen.

Zur Bedeutung kognitiver Primärfähigkeiten (H6)

In H6 geht es um die Bedeutung kognitiver Primärfähigkeiten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung. Konkret wird mit dieser Hypothese behauptet, dass mathematische, sprachliche und technische Fähigkeiten bei gleichzeitiger Berücksichtigung die Kompetenzentwicklung jeweils eigenständig beeinflussen, wobei die technischen Fähigkeiten den größten Einfluss haben sollten. Dagegen sollte das räumliche Vorstellungsvermögen nur den Erwerb berufsfachlicher Fertigkeiten eigenständig beeinflussen. Es hat sich gezeigt, dass abhängig vom betrachteten Kriterium und bei simultaner Betrachtung teilweise alle kognitiven Primärfähigkeiten signifikante direkte Effekte erbringen und teilweise nur eine einzelne Primärfähigkeit. Insgesamt erweisen sich mathematische, sprachliche und technische Fähigkeiten mehrfach als bedeutsam, wobei die Effekte der technischen Fähigkeit wider Erwarten nicht höher sind als die Effekte sprachlicher und mathematischer Fähigkeit. Wenn überhaupt eine Determinante positiv hervorzuheben ist, dann am ehesten sprachliche Fähigkeit, da diese am häufigsten signifikante und deutliche Effekte erbringt. Im Hinblick auf das räumliche Vorstellungsvermögen wurde Folgendes festgestellt: Hinsichtlich der berufsfachlichen Wissensentwicklung sind keine oder negative Effekte zu beobachten, wenn gleichzeitig mathematische, sprachliche und technische Fähigkeiten berücksichtigt werden. Mit Blick auf die berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung übt das räumliche Vorstellungsvermögen überraschenderweise keinen Effekt aus.

Angesichts dieser Ergebnisse sind die folgenden Punkte diskussionswürdig: (1) Die Bedeutung der einzelnen kognitiven Primärfähigkeiten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung, (2) der partiell auftretende *negative* Effekt des räumlichen Vorstellungsvermögens auf die berufsfachliche Wissensentwicklung sowie (3) die Frage, warum das räumliche Vorstellungsvermögen keinen Effekt auf die berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung hat.

(1) Einerseits hat sich der generell antizipierte eigenständige Einfluss mathematischer, sprachlicher und technischer Primärfähigkeiten nicht gezeigt. Andererseits erwies sich jede der genannten Primärfähigkeit mehrfach als einflussreich. Angesichts dessen ist jede Determinante prinzipiell als bedeutsam zu erachten und es stellt sich die Frage, welche Primärfähigkeit in welchem Kontext (besonders) wirksam wird. Möglicherweise hängt die Bedeutung der Primärfähigkeiten vom betrachteten Ausbildungsberuf, vom individuellen Lernstand, von der jeweiligen Entwicklungsphase, der konkreten Anforderungssituation, vorgeschalteten Auswahlprozessen etc. ab. So ist z. B. denkbar, dass sprachliche Fähigkeiten hier deswegen etwas bedeutsamer sind als die anderen Determinanten, weil Stichprobe A im Vergleich zur Population einen höheren Ausländeranteil hat (vgl. Kapitel 11.2.2). Belastbare Aussagen sind aber erst in Folgestudien zu erwarten.

(2) Bei der Diskussion der negativen Effekte des räumlichen Vorstellungsvermögens sei zunächst an Tabelle 18 und die dort enthaltenen Korrelationen erinnert. Diese belegen, dass zwischen dem räumlichen Vorstellungsvermögen und berufsfachlichem Wissen prinzipiell ein positiver bivariater Zusammenhang besteht

(r=.14-.38). Im Rahmen von H6 wurde die Bedeutung des räumlichen Vorstellungsvermögens anhand von Strukturgleichungsmodellen untersucht, in denen auch mathematische, sprachliche und technische Fähigkeit berücksichtigt wurden. Dabei waren gelegentlich negative Effekte des räumlichen Vorstellungsvermögens festzustellen. Diese möglicherweise widersprüchlich scheinende Befundlage (positive bivariate Korrelation und negatives β-Gewicht im Strukturgleichungsmodell) kann folgendermaßen erklärt werden: Das räumliche Vorstellungsvermögen weist einen erheblichen Anteil gemeinsamer Varianz mit den anderen kognitiven Primärfähigkeiten auf, ansonsten wäre die in den vorigen Analysen vorgenommene Modellierung kristalliner Intelligenz anhand *aller* einbezogenen Primärfähigkeiten gar nicht möglich gewesen. Die Befunde legen nahe, dass die bivariate Korrelation des räumlichen Vorstellungsvermögens mit berufsfachlichem Wissen auf der gemeinsamen Varianz aller Primärfähigkeiten, d. h. letztlich auf kristalliner Intelligenz beruht. Erst wenn kristalline Intelligenz, wie in den formulierten Strukturgleichungsmodellen, kontrolliert wird, tritt gelegentlich ein negativer Effekt des räumlichen Vorstellungsvermögens auf das berufsfachliche Wissen auf. Inhaltlich bedeutet dies, dass das räumliche Vorstellungsvermögen eine „Komponente" enthält, die negativ mit dem Wissen zusammenhängt. Ob diese Komponente ein Spezifikum des Instruments, d. h. der im *ISA* enthaltenen Skala zum räumlichen Vorstellungsvermögen ist, Besonderheiten der Erhebungssituation spiegelt, ob sie „tatsächlich" mit dem Konstrukt *räumliches Vorstellungsvermögen* zu tun hat oder andere Gründe dafür verantwortlich sind, kann auf Basis der verfügbaren Daten und Befunde nicht beurteilt werden. Deshalb wird hier keine Aussage darüber gemacht, ob und wie das räumliche Vorstellungsvermögen bei Kontrolle kristalliner Intelligenz die berufsfachliche Wissensentwicklung beeinflusst.

(3) Was die Fertigkeitsentwicklung anbelangt, mag bei einem ersten Blick der ausbleibende Effekt des räumlichen Vorstellungsvermögens überraschen. Bei genauer Betrachtung bieten allerdings die im Rahmen der ersten Studie gewonnenen Erkenntnisse eine gute Erklärung dafür. Dort stellte sich heraus, dass das einzige Fertigkeitsmaß, das zur Prüfung von H6 verwendet wurde, wohl eher Wissen als Fertigkeit repräsentiert (vgl. Kapitel 11.4.2). Damit stellt dieses Maß keine geeignete Grundlage für die Prüfung von H6 dar. Vermutlich wird das räumliche Vorstellungsvermögen v. a. dann wirksam, wenn Tätigkeiten (z. B. bestimmte handwerkliche Tätigkeiten) eine räumliche Orientierung erfordern. Dieser Vermutung kann hier nicht weiter nachgegangen werden.

Welche Schlüsse sind nun im Hinblick auf H6 zu ziehen? Was die Bedeutung mathematischer, sprachlicher und technischer Fähigkeiten anbelangt, haben sich prinzipiell alle genannten Determinanten als bedeutsam erwiesen, allerdings war ihr gleichzeitiger Einfluss auf die Kompetenzentwicklung nur teilweise zu beobachten. Die Annahme, dass die kognitiven Fähigkeiten generell einen eigenständigen Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung haben, ist also zu verwerfen. An der prinzipiellen Bedeutung kognitiver Primärfähigkeiten besteht aber kein Zweifel. Ebenfalls zu verwerfen ist die Annahme, dass technische Fähigkeiten generell einen höheren Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung in

technischen Domänen haben als die ebenfalls einbezogenen kognitiven Primärfähigkeiten. Keine belastbaren Aussagen können dazu getroffen werden, ob das räumliche Vorstellungsvermögen die berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung zusätzlich zu den anderen Primärfähigkeiten beeinflusst.

Zur Bedeutung kognitiver Primärfähigkeiten bei gleichzeitiger Berücksichtigung kristalliner Intelligenz (H7)

Im Sinne von H7 ist zu erwarten, dass technische Fähigkeiten auch bei Berücksichtigung kristalliner Intelligenz einen eigenständigen Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung haben. Dagegen beeinflussen sprachliche und mathematische Fähigkeiten die berufsfachliche Kompetenzentwicklung nicht, wenn der Einfluss kristalliner Intelligenz kontrolliert wird. Das räumliche Vorstellungsvermögen sollte nur die *Fertigkeits*entwicklung zusätzlich zu kristalliner Intelligenz beeinflussen. Gezeigt hat sich, dass technische Fähigkeiten nur selten jenseits von kristalliner Intelligenz einen Effekt auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung ausüben. Sprachliche Fähigkeiten haben dagegen häufiger unabhängig von kristalliner Intelligenz einen eigenständigen Effekt auf die Kompetenzentwicklung. Mathematische Fähigkeiten beeinflussen die Kompetenzentwicklung durchgängig nicht, wenn der Effekt kristalliner Intelligenz kontrolliert wird. Gezeigt hat sich ferner, dass das räumliche Vorstellungsvermögen bei Berücksichtigung kristalliner Intelligenz keinen eigenständigen Effekt auf die berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung hat. Übergreifend war erkennbar, dass kristalline Intelligenz *alleine* die Kompetenzentwicklung meist genauso gut erklärt wie kristalline Intelligenz und eine kognitive Primärfähigkeit *zusammen*.

Vor dem Hintergrund dieser Befunde ist H7 folgendermaßen zu beurteilen: Die Ergebnisse bestätigen weder die Annahme, dass technische Fähigkeiten die berufsfachliche Kompetenzentwicklung in technischen Domänen generell jenseits von kristalliner Intelligenz beeinflussen, noch die Annahme, dass sprachliche Fähigkeiten generell *nicht* relevant sind, wenn der Einfluss kristalliner Intelligenz berücksichtigt wird. Bestätigt wurde hingegen, dass mathematische Fähigkeiten bei Berücksichtigung kristalliner Intelligenz keinen Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung haben. Ob dieser Befund generalisierbar ist oder ob er ein Stichprobenspezifikum darstellt, müssen weitere Studien zeigen. Zur Bedeutung des räumlichen Vorstellungsvermögens für die Fertigkeitsentwicklung können keine Aussagen gemacht werden, da, wie oben bereits erwähnt, das einbezogene Fertigkeitsmaß (größtenteils) Wissen widerspiegelt.

Da die Befunde nahelegen, dass die Berücksichtigung einzelner kognitiver Primärfähigkeiten keinen Mehrwert gegenüber der bloßen Berücksichtigung kristalliner Intelligenz hat, wird im Weiteren nur noch das kristalline Intelligenzmaß herangezogen, womit allerdings immer auch die einzelnen kognitiven Primärfähigkeiten angesprochen sind.

Zur Bedeutung des Interesses am Ausbildungsberuf bei gleichzeitiger Berücksichtigung fluider Intelligenz (H8)

Bereits im Rahmen der Diskussion von H2 wurde darauf hingewiesen, dass die Bedeutung des Interesses am Ausbildungsberuf hier nicht angemessen untersucht werden kann. Für weitere Studien könnte aber der folgende Gedanke relevant sein: H8 beruht auf der Annahme, dass fluide Intelligenz und das Ausbildungsinteresse relativ unabhängig voneinander sind, weshalb sie auch den Kompetenzerwerb unabhängig voneinander beeinflussen können. Dagegen sind das Ausbildungsinteresse und berufsspezifische Basiskompetenzen deutlich assoziiert, da das Interesse den Basiskompetenzerwerb beeinflusst. Werden beide Determinanten gleichzeitig betrachtet, sollte nur noch ein indirekter, über berufsspezifische Basiskompetenz vermittelter Effekt des Interesses feststellbar sein. Relevant ist diese Hypothese insofern, als sie Erkenntnisse dazu liefert, wie der Einfluss des Interesses statistisch zu modellieren ist: Falls H8 empirisch trägt, wird die Bedeutung des Interesses unterschätzt, wenn bei gleichzeitiger Berücksichtigung berufsspezifischer Basiskompetenzen nur ein direkter Effekt des Interesses auf die Kompetenzentwicklung modelliert wird. Denn berufsspezifische Basiskompetenzen sind meist deutlich einflussreicher als das Interesse, was bspw. in einfachen Regressionsmodellen zum Ausschluss des Interesses führen kann. Besser kann der Stellenwert des Interesses dagegen untersucht werden, wenn auch ein indirekter Effekt modelliert wird.

Zur Bedeutung der Basiskompetenzen bei gleichzeitiger Berücksichtigung fluider Intelligenz (H9)

Während es in der vorigen Hypothese um kognitive Primärfähigkeiten ging, bezieht sich H9 auf die Bedeutung von Basiskompetenzen für den Kompetenzerwerb. Mit H9 wird zum einen behauptet, dass mathematische, sprachliche und berufsspezifische Basiskompetenzen bei simultaner Berücksichtigung jeweils einen eigenständigen Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung haben und dass der Einfluss der berufsspezifischen Basiskompetenzen am stärksten ist. Zum anderen wird angenommen, dass fluide Intelligenz die berufsfachliche Kompetenzentwicklung nur noch indirekt beeinflusst, wenn auch die Basiskompetenzen in die Analysen einbezogen werden.

Bei der Prüfung von H9 hat sich herausgestellt, dass prinzipiell alle Basiskompetenzen einen signifikanten Effekt auf die Kompetenzentwicklung haben, wobei je nach betrachtetem Kriterium (allgemeines bzw. spezifisches berufsfachliches Wissen oder allgemeine bzw. spezifische berufsfachliche Fertigkeit) unterschiedliche und niemals alle Basiskompetenzen gleichzeitig einen Effekt ausüben. Entgegen der Erwartung waren berufsspezifische Basiskompetenzen nicht bedeutsamer als die anderen Basiskompetenzen und auch sonst kristallisiert sich keine Basiskompetenz als besonders einflussreich heraus. Meist erklären die Basiskompetenzen die Kompetenzentwicklung deutlich besser als fluide Intelligenz. Durchgängig

war der erwartungskonforme indirekte, über die Basiskompetenzen vermittelte Effekt fluider Intelligenz zu beobachten. Im Anschluss an diese Befunde ist H9 teilweise zu verwerfen und teilweise beizubehalten.

Zu verwerfen sind die Annahmen, dass sprachliche, mathematische und berufsspezifische Basiskompetenzen die berufsfachliche Kompetenzentwicklung generell eigenständig beeinflussen und dass berufsspezifische Basiskompetenzen einen größeren Einfluss auf die Kompetenzentwicklung haben als die anderen Basiskompetenzen. Vielmehr scheinen alle Basiskompetenzen prinzipiell bedeutsam, wobei in weiteren Studien zu klären ist, unter welchen Bedingungen welche Basiskompetenz besonders relevant ist. Damit ähnelt die Erkenntnislage zu den Basiskompetenzen der Erkenntnislage zu den kognitiven Primärfähigkeiten. Ausnahmslos sprechen die Befunde dafür, dass fluide Intelligenz nur noch indirekt auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung einwirkt, wenn gleichzeitig der Einfluss der Basiskompetenzen kontrolliert wird. Inhaltlich bedeutet dies, dass sich im Effekt der Basiskompetenzen auf den Kompetenzerwerb auch die Bedeutung fluider Intelligenz spiegelt oder anders ausgedrückt: In den Basiskompetenzen ist jeweils auch das individuelle fluide Intelligenzniveau „eingebunden", das sich auf den späteren Kompetenzerwerb auswirkt. Obwohl der indirekte Effekt fluider Intelligenz nur am Beispiel von Kfz-Mechatroniker/-innen untersucht wurde, ist angesichts des Forschungsstands (z. B. Abele et al., 2012; Palumbo, Miller, Shalin & Steele-Johnson, 2005; Schmidt & Hunter, 2004) davon auszugehen, dass dieser Befund auf weitere gewerblich-technische Ausbildungsberufe generalisierbar ist.

Zur Bedeutung der Basiskompetenzen bei gleichzeitiger Berücksichtigung kristalliner Intelligenz (H10)

Auch H10 bezieht sich auf die Bedeutung der Basiskompetenzen für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung. Allerdings steht hier deren Bedeutung im Zusammenspiel mit kristalliner Intelligenz im Zentrum. Unterstellt wird, dass berufsspezifische Basiskompetenzen die berufsfachliche Kompetenzentwicklung zusätzlich zu kristalliner Intelligenz beeinflussen. Sprachliche und mathematische Basiskompetenzen sollten dagegen keinen Einfluss haben, wenn gleichzeitig kristalline Intelligenz berücksichtigt wird. Gezeigt hat sich, dass weder berufsspezifische noch mathematische und sprachliche Basiskompetenzen Kompetenzvarianz erklären, wenn der Einfluss kristalliner Intelligenz kontrolliert wird. Somit ist H10 teilweise zu verwerfen und teilweise beizubehalten.

Verworfen wird die Annahme, dass berufsspezifische Basiskompetenzen den berufsfachlichen Kompetenzerwerb unabhängig von kristalliner Intelligenz beeinflussen. Damit hat sich auch bei dieser Analyse die antizipierte überlegene Bedeutung berufsspezifischer Vorerfahrungen nicht gezeigt. Beizubehalten ist dagegen die Annahme, dass sprachliche und mathematische Basiskompetenzen keine Bedeutung haben, wenn der Einfluss kristalliner Intelligenz auf die Kompetenzentwicklung berücksichtigt wird. Ob und auf welche Stichprobe diese Erkenntnis ge-

neralisierbar ist, kann nicht abschließend beurteilt werden. Möglicherweise erlauben Studien, die sich damit auseinandersetzen, welche Basiskompetenz unter welchen Bedingungen besonders einflussreich ist, dazu belastbare Aussagen.

Mit Blick auf die hier untersuchte Stichprobe legen die Befunde nahe, dass im kristallinen Intelligenzfaktor die zentralen Informationen zur Erklärung der Kompetenzentwicklung enthalten sind und Basiskompetenzen keine wesentlichen Zusatzinformationen mehr liefern. Bei der Formulierung der Hypothesen H9 und H10 wurde die Vermutung geäußert, dass sich die Bedeutung der Basiskompetenzen und die Bedeutung der Intelligenz für die Kompetenzentwicklung umso weniger unterscheiden, je stärker bei der Intelligenzdiagnostik allgemein bildende Lernerfahrungen fokussiert werden. Die referierten Erkenntnisse stützen diese Vermutung: Während die Basiskompetenzen die berufsfachliche Kompetenzentwicklung zusätzlich zum weitgehend bildungsunabhängigen fluiden Intelligenzfaktor beeinflussen, liefern sie kaum wichtige Informationen, wenn der bildungsabhängige kristalline Intelligenzfaktor einbezogen wird.

Zur Bedeutung des berufsfachlichen Wissens für den berufsfachlichen Fertigkeitserwerb (H11)

Mit H11 wird angenommen, dass das berufsfachliche Wissen eine beachtliche Bedeutung für den berufsfachlichen Fertigkeitserwerb hat, wobei ein messfehlerbereinigter Effekt von $\beta \geq .50$ erwartet wird. Zudem sollten die zuvor betrachteten Determinanten die Fertigkeitsentwicklung nicht mehr direkt beeinflussen, wenn berufsfachliches Wissen kontrolliert wird. Abgesehen von einer Ausnahme war der antizipierte Effekt ($\beta \geq .50$) berufsfachlichen Wissens auf die Fertigkeitsentwicklung durchgängig zu beobachten, und zwar unabhängig davon, welcher der einbezogenen Ausbildungsberufe oder ob spezifisches bzw. allgemeines Wissen betrachtet wurde. Zudem sprechen die Befunde dafür, dass die einbezogenen Determinanten keinen direkten Einfluss mehr auf die berufsfachliche Fertigkeit haben, wenn der Effekt des berufsfachlichen Wissens kotrolliert wird. Zusammengenommen bestätigen die Befunde H11 überzeugend. Generalisierbar sollte dieser Befund zumindest auf Auszubildende sein, die in Handwerks- oder Industriebetrieben ausgebildet werden und den Beruf des Kfz-Mechatronikers, Fertigungsmechanikers oder Mechatronikers erlernen.

12.4.3 Zur differenziellen Bedeutung der einbezogenen Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass H12, d. h. die differenzielle Validität des räumlichen Vorstellungsvermögens aufgrund ungeeigneter Fertigkeitsmaße hier nicht geprüft werden konnte. Bei der Diskussion von H1 zeigte sich, dass die anderen kognitiven Determinanten je nach betrachtetem Kriterium unterschiedlich bedeutsam sein können: Während in der Anforderungsklasse „Diagnostizieren in

elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen“ alle Determinanten einen ähnlich hohen Einfluss auf den Wissens- und Fertigkeitserwerb haben, beeinflussen sie den allgemeinen berufsfachlichen Wissenserwerb deutlich stärker als den allgemeinen berufsfachlichen Fertigkeitserwerb. Ein Erklärungsansatz für diese Befundlage wurde bereits bei der Diskussion von H1 entfaltet.

12.4.4 Zusammenfassendes Modell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung

Vor dem Hintergrund des zusammenfassenden empirischen Erklärungsmodells und des zugrunde gelegten theoretischen Modells zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung (vgl. Kapitel 10, S 153) lassen sich die Erkenntnisse der zurückliegenden Abschnitte graphisch zusammenfassen. In Abbildung 45 ist zu sehen, dass *fluide Intelligenz* einen deutlichen Einfluss auf den Erwerb *kristalliner Intelligenz* hat ($\beta \geq .50$, messfehlerbereinigt). Kristalline Intelligenz umfasst sprachliche, mathematische und technische Fähigkeiten sowie räumliches Vorstellungsvermögen (kognitive Primärfähigkeiten) und wirkt sich vermutlich beachtlich auf den Erwerb von Basiskompetenzen aus. Sprachliche, mathematische und berufsspezifische Basiskompetenz sind im Faktor *allgemeine ausbildungsbezogene Basiskompetenz* zusammengefasst, der einen deutlichen Einfluss auf den *berufsfachlichen Wissenserwerb* hat ($\beta \approx .40$-$.50$, messfehlerbereinigt). Berufsfachliches Wissen schließlich beeinflusst die *Fertigkeitsentwicklung* substantiell ($\beta \geq .50$, messfehlerbereinigt).

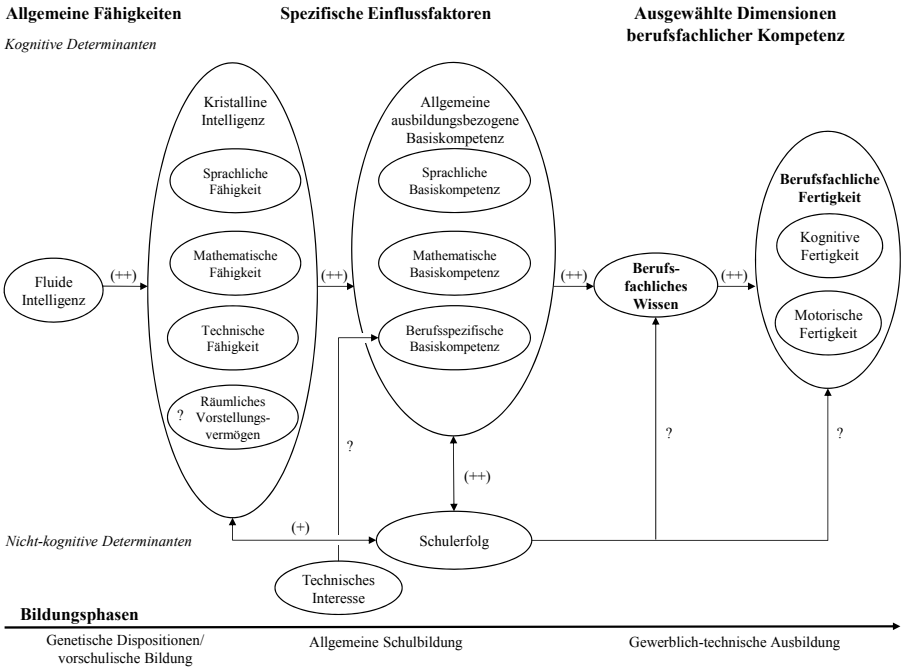


Abbildung 45: Zusammenfassendes Modell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung in der gewerblich-technischen Ausbildung

Entsprechend der Befunde wird weder der Stellenwert einer bestimmten kognitiven Primärfähigkeit noch einer bestimmten Basiskompetenz hervorgehoben. Unklar ist die konkrete Bedeutung des räumlichen Vorstellungsvermögens, weshalb im Modell an der entsprechenden Stelle ein Fragezeichen zu sehen ist. Keine belastbaren Aussagen sind überdies im Hinblick auf das technische Interesse möglich, was ebenfalls durch ein Fragezeichen dokumentiert wird.

Wie aus dem Modell hervorgeht, wird der Schulerfolg als Konstrukt aufgefasst, das sowohl kognitive als auch nicht-kognitive Anteile enthält. Offen ist, ob der Schulerfolg den berufsfachlichen Kompetenzerwerb zusätzlich zu den im Erklärungsmodell enthaltenen Determinanten beeinflusst. Zwischen Schulerfolg und allgemeiner berufsbezogener Basiskompetenz besteht vermutlich eine größere Korrelation (++) als zwischen Schulerfolg und kristalliner Intelligenz (+). Daher hat der Schulerfolg möglicherweise bei Berücksichtigung kristalliner Intelligenz einen erwähnenswerten eigenständigen Einfluss, bei Berücksichtigung der allgemeinen ausbildungsbezogenen Basiskompetenzen dagegen eher einen geringen oder gar keinen. Letztlich muss dies aber in Folgestudien geklärt werden.

Im Gegensatz zu dem im Theorieteil erarbeiteten Modell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung (vgl. Kapitel 10) enthält das Modell in Abbildung 45 auch Aussagen dazu, ob einzelne Determinanten bei Kontrolle anderer noch wirksam sind: So dürfte fluide Intelligenz bei Kontrolle kristalliner Intelligenz nur noch einen indirekten Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenz haben. Ebenso sollte

kristalline Intelligenz die Kompetenzentwicklung nur noch indirekt beeinflussen, wenn auch allgemeine ausbildungsbezogene Basiskompetenzen berücksichtigt werden. Mit dem Modell wird also unterstellt, dass die vorgeordneten Determinanten die Kompetenzentwicklung nur noch indirekt beeinflussen, wenn der Einfluss der nachgeordneten Determinanten kontrolliert wird. In den einzelnen Determinanten zeigt sich allerdings jeweils auch die Bedeutung der vorgeordneten Faktoren. So drückt sich im Einfluss kristalliner Intelligenz auch die Bedeutung fluider Intelligenz für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung aus. Es ist gut vorstellbar, dass die vorgeordneten Determinanten unter bestimmten Bedingungen auch dann einen direkten Einfluss haben, wenn nachgeordnete Determinanten kontrolliert werden. Allerdings sollte dieser Einfluss eher gering sein.

13 STUDIE 3: SELEKTIVE PRÜFUNG DER MODELLE ZUR ERWERBSPHASENSPEZIFISCHEN BEDEUTUNG AUSGEWÄHLTER DETERMINANTEN

13.1 HYPOTHESEN

Im Rahmen der dritten Studie geht es um die empirische Prüfung einiger Annahmen, die den Modellen zur erwerbsphasenspezifischen Bedeutung ausgewählter Determinanten der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung zugrunde liegen (vgl. Kapitel 10).

Die Modelle basieren auf der theoretischen Vorstellung, dass das aktuelle berufsfachliche Wissensniveau bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt des Kompetenzerwerbs die weitere berufsfachliche Entwicklung stärker beeinflusst als andere ebenfalls bedeutsame Determinanten. Allerdings sollten fluide sowie kristalline Intelligenz (und damit auch Basiskompetenzen) in späteren Erwerbsphasen relevant sein, sofern neues Wissen und/oder neue Fertigkeiten erworben werden. Da Intelligenz den Kompetenzerwerb auch während der Ausbildung beeinflusst, sollten interindividuelle Kompetenzunterschiede zunehmen. Vor dem Hintergrund dieser Modellannahmen werden folgende Hypothesen untersucht:

H1: Das *berufsfachliche Kompetenzniveau* beeinflusst die berufsfachliche Kompetenzentwicklung stärker als fluide Intelligenz und die Basiskompetenzen. Das während der Ausbildung diagnostizierte berufsfachliche Wissen erklärt die weitere berufsfachliche Wissensentwicklung (nahezu) exklusiv. Fluide Intelligenz und Basiskompetenzen leisten, wenn überhaupt, nur einen *geringfügigen* eigenständigen Erklärungsbeitrag.

H2: Dennoch bleiben *fluide Intelligenz* und *Basiskompetenzen* bedeutsam: Die genannten Determinanten wirken über berufsfachliche Kompetenz *indirekt* auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung ein.

H3: *Fluide Intelligenz* hat einen stabilen Einfluss auf den berufsfachlichen Wissenserwerb während der Ausbildung. Erwartet wird, dass Auszubildende mit einem höheren Intelligenzniveau in einer gegebenen Zeit mehr Wissen erwerben als Auszubildende mit einem niedrigeren Intelligenzniveau, d. h. fluide Intelligenz hat einen positiven Effekt auf die intraindividuelle berufsfachliche Wissensentwicklung.

H4: Da die berufsfachliche Wissensentwicklung von fluider Intelligenz abhängt, werden *Wissensunterschiede* zwischen Auszubildenden größer, wenn ein Wissenszuwachs zu verzeichnen ist. Sofern Wissen erworben wird, sollten Wissensvarianzen während der Ausbildung also zunehmen.

13.2 METHODE

Da bei der Prüfung der genannten Hypothesen eine ähnliche Stichprobe sowie ähnliche Maße und statistische Verfahren verwendet werden wie in den beiden anderen Studien, werden im Weiteren nur ausgewählte Aspekte behandelt, wobei mit einigen wesentlichen Informationen zur Datenherkunft und zum Untersuchungsdesign begonnen wird.

13.2.1 Datenherkunft und Untersuchungsdesign

In der dritten Studie wird nur auf Daten der Stichprobe A zurückgegriffen und somit auf Ergebnisse von Forschungsprojekten und der Gesellenprüfung. Auf Besonderheiten und die Herkunft dieser Daten wurde bereits zu Beginn der ersten Studie eingegangen (vgl. Kapitel 11.2.1).

Im Hinblick auf das Untersuchungsdesign unterscheidet sich die dritte Studie von den anderen Studien insofern, als hier auch ein Kompetenzmaß berücksichtigt wird, das während der Ausbildung erhoben wurde. Die folgenden längsschnittlichen Analysen beziehen sich auf drei Messzeitpunkte: den Ausbildungsbeginn (1. Messzeitpunkt), das Ende des ersten Ausbildungsjahrs, d. h. der Grundbildung (2. Messzeitpunkt) und das Ausbildungsende (3. Messzeitpunkt).

13.2.2 Stichprobe

Wie bereits erwähnt, werden hier nur Daten der Stichprobe A verwendet. Tabelle 30 zeigt einige Charakteristika dieser Stichprobe.

Tabelle 30: Zusammensetzung der Population und der Teilstichprobe A5 (Kfz-Mechatroniker/-innen) nach Geschlecht, betrieblicher Ausbildungsvariante und allgemein bildendem Schulabschluss

Stichprobencharakteristika		Population ($N \approx 2800$)	Teilstichprobe A5 ($n = 270$)
Geschlecht	Männlich	97.2%	95.6%
Ausbildungsvariante	Industrie	9.8%	37.3%
	Handwerk	90.2%	62.7%
Allgemein bildender Schulabschluss	Hauptschule	44.7%	33.7%
	Realschule	49.4%	58.0%
	Studienberechtigung	5.9%	8.3%

Teilstichprobe A5 umfasst 270 Auszubildende der Kfz-Mechatronik, die erwartungsgemäß fast ausschließlich männlich sind (95.6%). Nahezu zwei Drittel dieser Personen werden in baden-württembergischen Handwerksbetrieben ausgebildet (62.7%), der Rest in baden-württembergischen Industriebetrieben (37.3%). Im Vergleich zur Population (N=2800)[1] ist der Anteil an Auszubildenden hoch, der in der Industrie ausgebildet wird. Dies ist wenig überraschend, da die Stichprobe im Raum Stuttgart gezogen wurde, der zwei große Automobilbauer beherbergt. Vor dem Hintergrund der relativ strengen Personalauswahl dieser Unternehmen erklärt sich auch das gegenüber der Population höhere Bildungsniveau der Probanden, was sich darin zeigt, dass Teilstichprobe A5 im Vergleich zur Population deutlich mehr Personen mit Realschulabschluss (58.0% vs. 49.4%) und deutlich weniger mit Hauptschulabschluss (33.7% vs. 44.7%) enthält. Der hohe Anteil an Realschüler/-innen könnte ein Hinweis auf eine relativ leistungshomogene Stichprobe sein. Wie die Standardabweichung des Intelligenzquotienten (SD=17.23) zeigt, wird dieser erste Eindruck aber nicht bestätigt. Dies ist auch plausibel, denn Teilstichprobe A5 beinhaltet die in der zweiten Studie analysierte Teilstichprobe A4 (n=200), bei der ebenfalls keine eingeschränkten Leistungsvarianzen beobachtet wurden (vgl. Kapitel 12.3.1).

13.2.3 Erhebungsinstrumente und verwendete Maße

In der dritten Studie werden Instrumente und Maße verwendet, die bereits in der ersten Studie beschrieben wurden (vgl. Kapitel 11.2.3): (1) *Fluide Intelligenz* (CFT 3, Weiß, 1971), (2) *sprachliche Basiskompetenz* (Norwig et al., in Druck), (3) *mathematische Basiskompetenz* (Nickolaus et al., 2008) und (4) *berufsspezifische Basiskompetenz* (Gschwendtner, 2008) sowie (5) *allgemeines berufsfachliches Wissen*

1 Die Population repräsentiert alle Kfz-Mechatroniker/-innen, die im Jahr 2006 in baden-württembergischen Handwerks- oder Industrieunternehmen ihre Ausbildung begonnen haben.

(Ergebnisse der „theoretischen" Gesellenprüfung Teil 2) und (6) *allgemeine berufsfachliche Fertigkeit* (Ergebnisse der praktischen Gesellenprüfung Teil 2). Hinzu kommt hier noch ein Test zum berufsfachlichen Kfz-Wissen, der einerseits zur Modellierung des berufsfachlichen Kfz-Wissens zum 2. Messzeitpunkt (2. MZ) und andererseits zur Längsschnittanalyse verwendet wird. Zur Modellierung des berufsfachlichen Kfz-Wissens werden 21 Items herangezogen, die eine gute psychometrische Qualität aufweisen (sie sind faktoriell valide und haben Faktorladungen von $\lambda > .42$). Diese Items werden auf drei gleich große Itembündel verteilt (Little et al., 2002). In die Längsschnittanalyse werden nur die Items einbezogen, die eine Überschneidung mit dem Test zur berufsspezifischen Basiskompetenz (1. MZ) aufweisen. Die im Anhang je Messzeitpunkt aufgeführten deskriptiven Kennwerte dieser sieben Items dokumentieren keine Auffälligkeiten (vgl. Tabelle A 14, A 15, A 16 und A 17). Wie die ebenfalls im Anhang gegebene inhaltliche Kurzbeschreibung verdeutlicht, decken die sieben Items v. a. den Inhaltsbereich Kfz-Motortechnik ab. Die gestellten Aufgaben beziehen sich bspw. auf die Kenntnis verschiedener Motortypen und Einspritzverfahren oder auf Ursachen verölter Zündkerzen oder das Verständnis der Motorventilsteuerung. Die weiteren Ausführungen werden zeigen, dass auch diese Items faktorielle Validität besitzen. Die Itemladungen weisen ferner auf eine akzeptable Reliabilität der Items und somit auch des Tests hin ($\lambda = .45$-$.80$, die meisten Ladungen liegen im Bereich von $\lambda \approx .60$).

13.2.4 Grundlagen der Hypothesenprüfung und Prüfstrategie

Auch hier erfolgt die Hypothesenprüfung anhand der Statistiksoftware *Mplus* und Strukturgleichungsmodellen, deren Grundlagen in der ersten Studie dargelegt wurden (vgl. Kapitel 11.2.4).

Erklärungsmodelle: Für die Untersuchung von H1 werden Erklärungsmodelle formuliert, die der Vorhersage des berufsfachlichen Kompetenzstands am Ende der Ausbildung dienen. Diese Modelle umfassen drei Messzeitpunkte und verschiedene Variablen: Zum *ersten Messzeitpunkt* (Ausbildungsbeginn) gehören *fluide Intelligenz* und die *Basiskompetenzen*, zum *zweiten Messzeitpunkt* (Ende des ersten Ausbildungsjahrs) *berufsfachliches Kfz-Wissen* und zum *dritten Messzeitpunkt* (Ausbildungsende) *allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen* bzw. *allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit*. Als Determinanten enthalten die Erklärungsmodelle jeweils das berufsfachliche Kfz-Wissen des zweiten Messzeitpunkts und ein weiteres Merkmal des ersten Messzeitpunkts (fluide Intelligenz oder eine der Basiskompetenzen). Geprüft wird, ob fluide Intelligenz oder die Basiskompetenzen einen signifikanten *direkten* Effekt auf den berufsfachlichen Kompetenzstand des dritten Messzeitpunkts haben ($\alpha \leq .05$), wenn der Effekt des berufsfachlichen Kfz-Wissens des zweiten Messzeitpunkts kontrolliert wird.

Mediatormodelle: H2 wird mithilfe von Mediatormodellen geprüft, die ebenfalls die erwähnten Variablen enthalten. In diesen Modellen werden folgende Effekte berücksichtigt (Abbildung 46 und Abbildung 47 veranschaulichen die Medi-

atormodelle): Im Hinblick auf fluide Intelligenz wird ein *direkter Effekt* auf die Basiskompetenzen, im Hinblick auf die Basiskompetenzen ein *direkter Effekt* auf das berufsfachliche Kfz-Wissen zum zweiten Messzeitpunkt und im Hinblick auf dieses berufsfachliche Kfz-Wissen ein *direkter Effekt* auf den Kompetenzstand zum dritten Messzeitpunkt modelliert. Fluide Intelligenz und Basiskompetenzen haben folglich nur einen *indirekten Effekt* auf den berufsfachlichen Kompetenzstand zum dritten Messzeitpunkt. Wie bereits in der zweiten Studie, werden zur inferenzstatischen Absicherung der indirekten Effekte auch hier 95%-Konfidenzintervalle herangezogen, die auf Basis bias-korrigierter Bootstraps (1.000 Bootstrap-Stichproben) geschätzt werden (MacKinnon et al., 2004). Von einem statistisch bedeutsamen indirekten Effekt wird ausgegangen, wenn das 95%-Konfidenzintervall, dessen obere und untere Grenze in eckigen Klammern angegeben wird, den Wert Null *nicht* einschließt.

Latent-Change-Modell: H3 und H4 werden mit einem Latent-Change-Modell (auch: Latent-Difference-Modelle) geprüft, das ein spezielles Strukturgleichungsmodell für Längsschnittanalysen darstellt (Geiser, 2010). Latent-Change-Modelle ermöglichen eine latente, d. h. messfehlerbereinigte Modellierung der Wissensveränderung von Personen zwischen *zwei* Messzeitpunkten und bilden sowohl die Wissensentwicklung der Gruppe als auch die intraindividuelle Wissensentwicklung ab. Die Wissensentwicklung wird anhand eines Faktors modelliert, der die Veränderungswerte einzelner Personen vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt repräsentiert. Im Falle variierender Veränderungswerte kann untersucht werden, ob Kovariaten die Veränderungswerte, d. h. die Entwicklungsunterschiede erklären.

Um Längsschnittanalysen mit Latent-Change-Modellen durchführen zu können, müssen die Testitems mindestens die Bedingung der starken faktoriellen Invarianz erfüllen (ebd.). Diese Invarianzbedingung besagt, dass die Ladungen und Achsenabschnitte (*intercepts*) korrespondierender Items an beiden Messzeitpunkten identisch sein müssen. So muss bspw. das erste Item am ersten Messzeitpunkt dieselbe unstandardisierte Ladung und denselben Achsenabschnitt aufweisen wie am zweiten Messzeitpunkt. Ob die Items diese Bedingung erfüllen, wird anhand der Modellanpassungsgüte und vergleichender Modelltests geprüft. In diesem Zusammenhang seien nochmals die zur Beurteilung der Modellpassung verwendeten Grenzwerte erwähnt: $SRMR \leq .10$, $RMSEA \leq .08$, $\chi^2/df \leq 3$ (Schermelleh-Engel et al., 2003) und $CFI > .90$ (Nagy, 2005).

Entsprechend den vorigen Ausführungen wurde im Vorfeld der Prüfung von H3 und H4 die Bedingung der starken faktoriellen Invarianz untersucht. Wie die Passungsgüte des gebildeten Latent-Change-Modells nahe legt (vgl. Abbildung 48), kann diese Bedingung hier als erfüllt gelten: Das Modell nähert, trotz entsprechender Itemrestriktionen, die empirische Datenlage zufriedenstellend an. Auf eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse der Invarianzprüfung wird verzichtet. Hingegen wird das formulierte Latent-Change-Modell besprochen. Hierbei wird zunächst analysiert, ob das berufsfachliche Kfz-Wissen der Probanden zwischen dem ersten Messzeitpunkt und dem zweiten Messzeitpunkt signifikant zunimmt. Anschließend wird untersucht, ob die Veränderungswerte signifikant variieren. Im Falle signifikant variierender Veränderungswerte, wird analysiert, ob fluide Intelligenz einen

signifikanten Varianzanteil dieser Veränderungswerte erklärt ($\alpha \leq .05$). Zudem wird überprüft, ob die Wissensunterschiede zwischen den Messzeitpunkten zunehmen.

Umgang mit fehlenden Werten: Zum Umgang mit fehlenden Werten werden zwei Verfahren verwendet: (1) die *Full Information Maximum Likelihood*-Methode (*FIML*-Methode), bei der weder fehlende Werte geschätzt noch ein fall- oder paarweiser Datenausschluss vorgenommen wird, sondern alle vorhandenen Daten zur Schätzung der Modellparameter herangezogen werden (Lüdtke et al., 2007) und (2) Multiple Imputation, ein Verfahren, das bereits in Kapitel 11.2.4 beschrieben wurde. Der Einsatz der *FIML*-Methode setzt einen noch *zufälligen* (*missing at random*, MAR) Datenausfall voraus, was hier angenommen wird, da keine Anzeichen einer systematischen Fallreduktion erkennbar sind. In diesem Zusammenhang sei auch nochmals auf Lüdtke et al. (2007) verwiesen, die selbst bei Verletzungen der MAR-Bedingung auf die Vorteile der *FIML*-Methode (aber auch der Multiplen Imputation) gegenüber Alternativverfahren wie z. B. listenweiser Ausschluss hinweisen. Zudem erfordert der Einsatz der *FIML*-Methode eine multivariate Normalverteilung der einbezogenen Modellvariablen. Die Annahme multivariat normalverteilter Variablen wird mit dem bereits erwähnten Verfahren von Byrne (2012) untersucht: Hierbei werden die χ^2-Werte zweier Modelle verglichen, die anhand eines *ML*- bzw. eines *MLM*-Schätzers ermittelt werden. Die χ^2-Werte der im Rahmen von H1 und H2 analysierten Modelle weisen abhängig vom verwendeten Schätzer (*ML*- oder *MLM*-Schätzer) keine erwähnenswerten χ^2-Differenzen auf, was für die multivariate Normalverteilung der einbezogenen Variablen spricht.

Da zur Prüfung von H3 und H4 kategoriale, also nicht normalverteilte Daten vorliegen, werden fehlende Werte anhand Multipler Imputation ersetzt. Zur Schätzung der fehlenden Werte werden alle Variablen des Latent-Change-Modells ins Imputationsmodell aufgenommen und insgesamt 40 Datensätze generiert (Graham, 2009).

13.3 ERGEBNISSE

13.3.1 Effekt berufsfachlichen Wissens auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung

Um zu untersuchen, welchen Effekt fluide Intelligenz und die Basiskompetenzen auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung haben, wenn der Effekt des früheren berufsfachlichen Kfz-Wissensstands kontrolliert wird, wurden verschiedene Erklärungsmodelle formuliert (vgl. Tabelle 31). Gemeinsamkeiten weisen diese Modelle insofern auf, als sie jeweils das berufsfachliche Kfz-Wissen des zweiten Messzeitpunkts (2. MZ) als Determinante enthalten. Unterschiede sind insofern erkennbar, als sie entweder fluide Intelligenz oder sprachliche, mathematische sowie berufsbezogene Basiskompetenz enthalten, die zum ersten Messzeitpunkt (1. MZ) erhoben wurden. Ferner unterscheiden sich die Modelle im Hinblick auf die Kriterienvariable: Einmal enthalten die Modelle das allgemeine berufsfachliche Kfz-

Wissen ($M_{AllgWiss}$) des dritten Messzeitpunkts und einmal die allgemeine berufsfachliche Fertigkeit ($M_{AllgFert}$) des dritten Messzeitpunkts.

Wie aus der Tabelle hervorgeht, weisen die Erklärungsmodelle generell eine zufriedenstellende Anpassungsgüte auf. Ferner zeigt sich, dass fluide Intelligenz einen eigenständigen Effekt auf die allgemeine berufsfachliche Kfz-Wissensentwicklung ($M_{AllgWiss}$) hat (β=.30), wobei der Effekt des berufsfachlichen Kfz-Wissens des zweiten Messzeitpunkts erwartungsgemäß höher ausfällt (β=.61). Beide Merkmale zusammen erklären einen beachtlichen Anteil der Wissensvarianz (R^2=.68). Wie ein Blick auf die restlichen Ergebnisse zeigt, stellt dieser Befund aber eine Ausnahme dar: So übt bspw. fluide Intelligenz keinen eigenständigen Effekt auf die allgemeine berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung aus ($M_{AllgFert}$). Außerdem haben sprachliche, mathematische und berufsbezogene Basiskompetenzen weder einen signifikanten Effekt auf die allgemeine Wissensentwicklung noch auf die allgemeine Fertigkeitsentwicklung, wenn der Effekt des berufsfachlichen Kfz-Wissens kontrolliert wird. Die Determinanten prognostizieren die berufsfachliche Kompetenzentwicklung durchgängig gut (R^2>.37), wobei die Wissensentwicklung (R^2≈.60) besser vorhergesagt werden kann als die Fertigkeitsentwicklung (R^2≈.40).

Tabelle 31: Messfehlerbereinigte Effekte fluider Intelligenz und der Basiskompetenzen (1. MZ) auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung (3. MZ) bei Kontrolle des Effekts des früheren berufsfachlichen Kfz-Wissensstands (2. MZ)

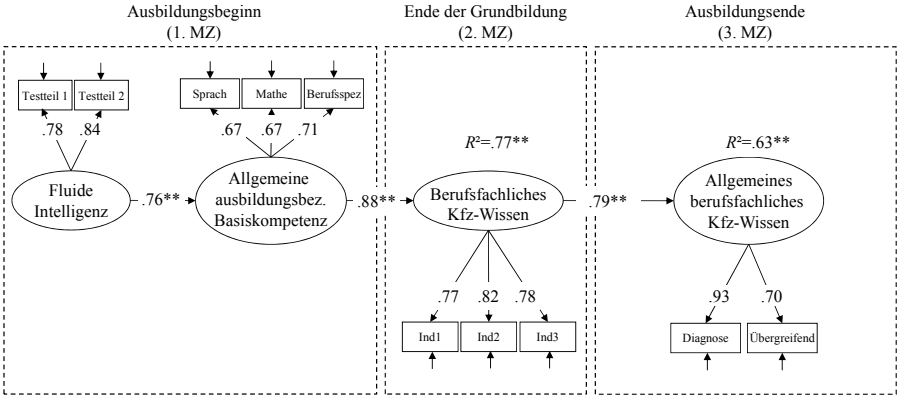
	Erklärungsmodelle mit latenten Variablen						**Anpassungsgüte**			
	β Berufsfachliches Kfz-Wissen (2. MZ)	β Fluide Intelligenz (1. MZ)	β Sprach. Basis. (1. MZ)	β Mathe. Basis. (1. MZ)	β Beruf. Basis. (1. MZ)	R^2	χ^2/df	*CFI*	*RMSEA*	*SRMR*
$M_{AllgWiss}$ (3. MZ)	.61**	.30**	–	–	–	.68**	1.01	1.00	.01	.05
$M_{AllgFert}$ (3. MZ)	.53**	.14	–	–	–	.39**	1.61	.94	.05	.07
$M_{AllgWiss}$ (3. MZ)	.61**	–	.22	–	–	.60**	1.07	1.00	.02	.03
$M_{AllgFert}$ (3. MZ)	.66**	–	-.08	–	–	.37**	1.48	.95	.04	.07
$M_{AllgWiss}$ (3. MZ)	.66**	–	–	.15	–	.60**	.99	1.00	.00	.05
$M_{AllgFert}$ (3. MZ)	.40*	–	–	.27	–	.39**	1.49	.95	.04	.07
$M_{AllgWiss}$ (3. MZ)	.94**	–	–	–	-.27	.59**	1.52	.99	.04	.05
$M_{AllgFert}$ (3. MZ)	.43*	–	–	–	.22	.37**	1.21	.98	.03	.07

Anmerkungen: n=270; **p<.01; $M_{AllgWiss}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeines berufsfachliches Kfz-Wissen", $M_{AllgFert}$: Modell mit der Kriteriumsvariablen "Allgemeine berufsfachliche Kfz-Fertigkeit"; Sprach. Basis.: Sprachliche Basiskompetenz, Mathe. Basis.: Mathematische Basiskompetenz, Beruf. Basis.: Berufsspezifische Basiskompetenz; 1. MZ: Erster Messzeitpunkt am Anfang der Ausbildung, 2. MZ: Zweiter Messzeitpunkt am Ende der Grundbildung, d. h. des ersten Ausbildungsjahrs, 3. MZ: Dritter Messzeitpunkt am Ausbildungsende.

Kritisch könnte in diesem Zusammenhang gefragt werden, ob der (nahezu) exklusive Effekt des berufsfachlichen Kfz-Wissens nicht damit zusammenhängt, dass fluide Intelligenz und die Basiskompetenzen zeitlich (deutlich) früher erhoben wurden als das Kfz-Wissen. Weitere Analysen zeigen allerdings, dass der Effekt fluider Intelligenz und der Basiskompetenzen (wohl) weitgehend unabhängig vom Messzeitpunkt ist: So korreliert z. B. fluide Intelligenz mit dem berufsfachlichen Kfz-Wissen des zweiten Messzeitpunkts zu r=.59 und mit dem allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissen des dritten Messzeitpunkt zu r=.66 und sprachliche Basiskompetenzen sind mit dem Wissen des zweiten Messzeitpunkts ähnlich eng assoziiert (r=.70) wie mit dem Wissen des dritten Messzeitpunkts (r=.64).

Diese Befunde werden hier aber nicht so verstanden, dass fluide Intelligenz und die Basiskompetenzen keinen Effekt auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung haben. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass die genannten Determinanten über das berufsfachliche Kfz-Wissen des zweiten Messzeitpunkts auf die Kompetenzentwicklung einwirken.

Das in Abbildung 46 dargestellte Mediatormodell dient der Erklärung der allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissensentwicklung (3. MZ) und enthält die folgenden Determinanten: (1) berufsfachliches Kfz-Wissen, (2) die Basiskompetenzen, die summarisch anhand des Faktors allgemeine berufsbezogene Basiskompetenz repräsentiert sind, und (3) fluide Intelligenz. Das Mediatormodell approximiert die empirische Datenlage gut (χ^2/df=1.74, *CFI*=.98, *RMSEA*=.05, *SRMR*=.06, n=270).



n= 270, X^2/df = 1.74, *CFI* = .98, *RMSEA* = .05, SRMR=.06; **p<.01, die Faktorladungen sind auf dem 1%-Niveau signifikant.

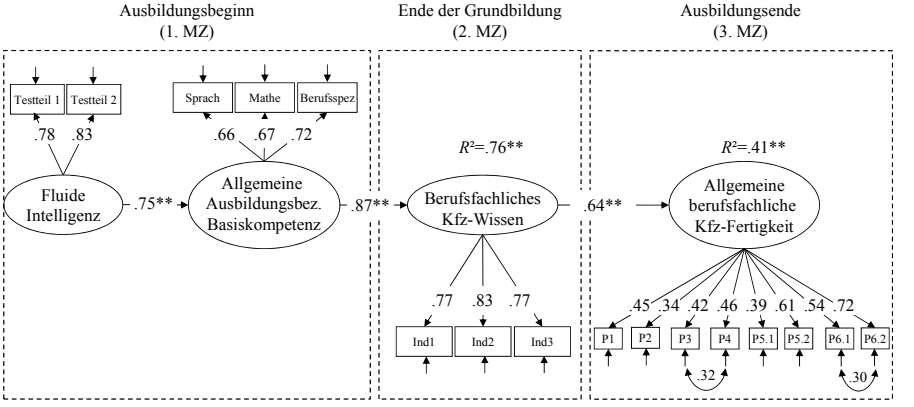
Abbildung 46: Mediatormodell zur Erklärung der allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissensentwicklung mit den Determinanten „fluide Intelligenz", „allgemeine berufsbezogene Basiskompetenz" und „berufsfachliches Kfz-Wissen"

Indikatoren fluider Intelligenz: Summenscores des 1. und 2. Testteils des CFT 3
Indikatoren allgemeiner berufsbezogener Basiskompetenz: Summenscores des Tests zur sprachlichen (Sprach), mathematischen (Mathe) und berufsspezifischen (Berufsspez) Basiskompetenz
Indikatoren berufsfachlichen Kfz-Wissens: Summenscores der drei Itembündel des Tests zum berufsfachlichen Kfz-Wissen (Ind1, 2 und 3)
Indikatoren allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissens: Summenscores des Tests zum Kfz-Diagnosewisse (Diagnose) und des übergreifenden Kfz-Wissenstests (Übergreifend) (Ergebnisse der theoretischen Gesellenprüfung Teil 2)

Dem Mediatormodell ist zu entnehmen, dass fluide Intelligenz einen hohen Effekt auf die allgemeine berufsbezogene Basiskompetenzentwicklung hat (β=.76) und die Basiskompetenzen wiederum einen hohen Effekt auf die berufsfachliche Kfz-Wissensentwicklung (β=.88), was auch die erreichte Varianzaufklärung von R^2=.77 verdeutlicht. Das berufsfachliche Wissen erklärt wiederum einen substantiellen Anteil der allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Wissensvarianz des dritten Messzeitpunkts (β=.79, R^2=.63).

Auch der indirekte Effekt fluider Intelligenz auf das allgemeine Kfz-Wissen fällt substantiell (β_{Ind}=.52) und, wie das 95%-Konfidenzintervall verdeutlicht [.36 .69], statistisch bedeutsam aus. Die Basiskompetenzen üben ebenfalls einen hohen (β_{Ind}=.69) und statistisch bedeutsamen [.49 .90] indirekten Effekt auf die allgemeine berufsfachliche Wissensentwicklung aus. Ob sich mit Blick auf den Erwerb allgemeiner berufsfachlicher Kfz-Fertigkeiten ähnliche Befunde zeigen, wird anhand von Abbildung 47 besprochen.

Bevor auf die Ergebnisse eingegangen wird, ist festzuhalten, dass das in der Abbildung dargestellte Mediatormodell eine akzeptable Passungsgüte aufweist (χ^2/df=1.63, *CFI*=.94, *RMSEA*=.05, *SRMR*=.07, *n*=270). Wie bereits im vorigen Mediatormodell, hat fluide Intelligenz einen erheblichen Effekt auf die Basiskompetenzentwicklung (β=.75) und die Basiskompetenzen wiederum einen deutlichen Effekt auf das berufsfachliche Kfz-Wissen zum zweiten Messzeitpunkt (β=.87, R^2=.76). Der Effekt des berufsfachlichen Wissens auf die allgemeine Kfz-Fertigkeitsentwicklung ist ebenfalls substantiell (β=.64, R^2=.41). Auch die indirekten Effekte fluider Intelligenz und der Basiskompetenzen fallen deutlich und statistisch bedeutsam aus (Fluide Intelligenz: β_{Ind}=.42, [.23 .61] und allgemeine berufsbezogene Basiskompetenz: β_{Ind}=.56, [.32 .80]).



n= 270, X^2/df = 1.63, *CFI* = .94, *RMSEA* = .05, SRMR=.07; **p<.01, die Faktorladungen u. Residualkorrelationen sind auf dem 1%-Niveau signifikant.

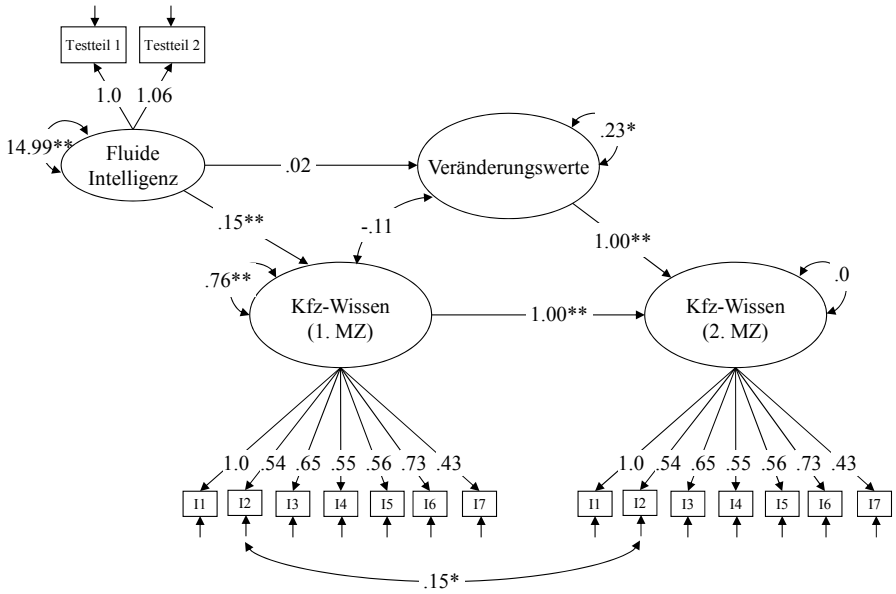
Abbildung 47: Mediatormodell zur Erklärung der allgemeinen berufsfachlichen Kfz-Fertigkeitsentwicklung mit den Determinanten „fluide Intelligenz", „allgemeine berufsbezogene Basiskompetenz" und „berufsfachliches Kfz-Wissen"

Indikatoren allgemeiner berufsfachlicher Kfz-Fertigkeit: Ergebnisse der Arbeitsproben (P1…P6.2) der praktischen Gesellenprüfung Teil 2

13.3.2 Effekt fluider Intelligenz auf die intraindividuelle berufsfachliche Wissensentwicklung

Der Effekt fluider Intelligenz auf die Kfz-Wissensentwicklung wird mit dem Latent-Change-Modell untersucht, das in Abbildung 48 dargestellt ist. Wie bereits erwähnt (vgl. Kapitel 13.2.4), weisen die Items des Latent-Change-Modells starke faktorielle Invarianz auf, d. h. die unstandardisierten Ladungen korrespondierender Items sind identisch (λ_{11}=1.0 und λ_{12}=1.0, λ_{21}=.54 und λ_{22}=.54 usw.). Zudem sind die Achsenabschnitte korrespondierender Items identisch, wobei dies nicht aus der Abbildung hervorgeht. Wie die Modellanpassungsgüte verdeutlicht, sind diese Itemrestriktionen mit der empirischen Datenlage vereinbar (χ^2/df=1.62, *CFI*=.94, *RMSEA*=.05, *n*=270). Erwähnenswert ist ferner die Kovarianz zwischen den Items I_{12} und I_{22} (.15), die einen indikatorspezifischen Effekt anzeigt und für Gemeinsamkeiten beider Items steht, die von den gebildeten Faktoren unabhängig sind.

Vorab ist zu klären, ob zwischen den Messzeitpunkten überhaupt ein Wissenszuwachs zu verzeichnen ist. Wie Tabelle 32 zeigt, erreichen die Probanden zum ersten Messzeitpunkt eine mittlere latente Wissensausprägung von M_1=1.32 und einen signifikanten Wissenszuwachs von M_2-M_1=1.42 (durchschnittliche Mittelwertsdifferenz), im Mittel erreichen die Probanden zum zweiten Messzeitpunkt also einen Wert von M_2=2.74. Auf manifester Ebene betrachtet erzielen die Probanden zum ersten Messzeitpunkt im Durchschnitt 3.72 (*SD*=3.76) und zum zweiten Messzeitpunkt im Durchschnitt 9.46 (*SD*=5.71) Punkte. Folglich legen die Probanden zwischen den Messzeitpunkten an Wissen zu. Für die Ergebnisinterpretation wird sich folgende Zusatzinformation als wichtig erweisen: Die Probanden konnten insgesamt 30 Punkte in dem Wissenstest erzielen. Der beste Proband des ersten Messzeitpunkts erreichte 19 Punkte, der beste des zweiten Messzeitpunkts 24. Mit Blick auf die Wissensdiagnostik sind also keine Deckeneffekte erkennbar, wofür auch die bereits erwähnten manifesten Mittelwerte beider Testzeitpunkte sprechen (3.72 und 9.46), die deutlich unterhalb des maximal möglichen Mittelwerts von *M*=30 liegen.



n= 270, X^2/df = 1.39, *CFI* = .96, *RMSEA* = .04, *p<.01, die Faktorladungen und die Residualkorrelation sind auf dem 1%-Niveau signifikant; 1. MZ: Messzeitpunkt am Anfang der Ausbildung, 2. MZ: Messzeitpunkt am Ende des ersten Ausbildungsjahrs.

Abbildung 48: Latent-Change-Modell zur Entwicklung des Kfz-Wissens während des ersten Ausbildungsjahrs

Abbildung 48 zeigt, dass die Veränderungswerte, also die intraindividuellen Wissensentwicklungen signifikant variieren (*Var*=.23). Fluide Intelligenz übt einen unstandardisierten Effekt von β_1=.02 und, wie Tabelle 32 belegt, einen standardisierten Effekt von β_1=.13 (R^2=.02) auf die Veränderungswerte aus, beide Effekte sind nicht signifikant. Dagegen hat fluide Intelligenz einen signifikanten Effekt auf das Kfz-Wissen zum ersten Messzeitpunkt, d. h. auf das Ausgangsniveau der Wissensentwicklung ($\beta_{2,\ Unstandardisiert}$=.15 und $\beta_{2,\ Standardisiert}$=.57, R^2=.33). Das Ausgangsniveau weist eine moderate negative Korrelation mit den Veränderungswerten (*r*=-.28) auf. Diejenigen mit einem höheren Ausgangsniveau erwerben tendenziell weniger Wissen als diejenigen mit einem geringeren Ausgangsniveau.

Tabelle 32: Ergebnisse des Latent-Change-Modells zur Entwicklung des Kfz-Wissens während des ersten Ausbildungsjahrs

Latente Parameter	Unstandardisierte Schätzwerte	Standardisierte Schätzwerte
Mittelwert des Kfz-Wissens (1. MZ)	1.32**	-
Veränderungswert (durchschnittliche Mittelwertsdifferenz)	1.42**	-
Varianz der Mittelwerte des Kfz-Wissens	.76**	-
Varianz der Veränderungswerte	.23*	-
Kovarianz der Mittel- und Veränderungswerte	-.11	-.28*
Effekt fluider Intelligenz auf das Kfz-Wissen (1. MZ) (β_1)	.15**	.57** (R^2=.33**)
Effekt fluider Intelligenz auf die Veränderungswerte (β_2)	.02	.13 (R^2=.02)

Anmerkungen: ** p<.01, *p<.05; 1. MZ: Messzeitpunkt am Anfang der Ausbildung.

Die Varianzen des Wissens zum ersten und zweiten Messzeitpunkt können weder dem abgebildeten Latent-Change-Modell noch der Tabelle entnommen werden. Um diese Varianzen zu bestimmen, wurde ein Latent-Change-Modell formuliert, das nur das Kfz-Wissen beider Messzeitpunkte und die Veränderungswerte beinhaltet und hier nur auszugsweise besprochen wird. In diesem Modell, das die empirische Datenlage ebenfalls zufriedenstellend annähert (χ^2/df=1.50, *CFI*=.96, *RMSEA*=.04, n=270), variiert das Wissen des zweiten Messzeitpunkts (*Var*=1.15) nur unwesentlich höher als das Wissen des ersten Messzeitpunkts (*Var*=1.09). Die Wissensleistungen beider Messzeitpunkte sind sehr eng korreliert (r=.90), d. h. interindividuelle Wissensunterschiede bleiben weitgehend stabil. Erwähnenswert ist ferner, dass fluide Intelligenz mit dem Wissen zum Ausbildungsbeginn zu r=.57 und mit dem Wissen am Ende des ersten Ausbildungsjahrs zu r=.61 korreliert.

13.4 DISKUSSION

Im Weiteren werden zunächst die Ergebnisse zum Einfluss fluider Intelligenz und der Basiskompetenzen auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung zusammengefasst und diskutiert, anschließend werden die Ergebnisse zur Rolle fluider Intelligenz für den Wissenserwerb behandelt.

13.4.1 Berufsfachliches Wissen als Hauptdeterminante der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung und vielschichtiger Mediator

Angenommen wurde, dass fluide Intelligenz und die Basiskompetenzen keinen oder nur einen geringfügigen eigenständigen Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung haben, wenn der Einfluss des früheren berufsfachlichen Wissens kontrolliert wird (H1). Gezeigt hat sich, dass das frühere berufsfachliche Wissen einen beachtlichen Einfluss auf die Wissens- ($R^2\approx.60$) und Fertigkeitsentwicklung ($R^2\approx.40$) hat. Ferner hat fluide Intelligenz einen eigenständigen Effekt auf die allgemeine berufsfachliche Kfz-Wissensentwicklung (β=.30), wenn der Effekt des früheren Kfz-Wissens kontrolliert wird. Erwartungsgemäß ist der Effekt des vorgängigen berufsfachlichen Wissens aber deutlich höher (β=.61). Angesichts dieses Befunds fällt eine klare Aussage zur Bewährung von H1 schwer. Diese unsichere Entscheidungssituation ändert sich mit Blick auf die anderen Befunde: So hat – bei Kontrolle des früheren berufsfachlichen Wissensniveaus – fluide Intelligenz keinen Einfluss auf die allgemeine berufsfachliche *Fertigkeit*sentwicklung. Die einzelnen Basiskompetenzen haben weder einen Effekt auf die allgemeine Wissens- noch auf die allgemeine Fertigkeitsentwicklung. Zusammengenommen bestätigen die Befunde also H1 und damit, dass das vorherige berufsfachliche Kompetenzniveau für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung wichtiger ist als fluide Intelligenz und mathematische, sprachliche sowie berufsbezogene Basiskompetenzen.

Möglicherweise hat Intelligenz unter bestimmten Bedingungen aber ebenfalls einen bedeutsamen eigenständigen Einfluss. Zumindest deutet dies der erwähnte

eigenständige Effekt fluider Intelligenz auf die berufsfachliche Wissensentwicklung an. Denkbar wäre bspw., dass der Aufbau spezifischen (vielleicht besonders komplexen) Wissens in stärkerem Umfang von Intelligenz abhängt. Aus diesem Grund wäre künftig zur Prüfung von H1, die hier ausschließlich anhand von Kfz-Mechatroniker/-innen untersuchte wurde, auch Auszubildende anderer Ausbildungsberufe und unterschiedliche Anforderungsbereiche heranzuziehen.

Ferner wurde angenommen, dass fluide Intelligenz und die Basiskompetenzen über das vorherige berufsfachliche Wissensniveau indirekt auf die spätere berufsfachliche Kompetenzentwicklung einwirken (H2). Gezeigt hat sich, dass fluide Intelligenz sowohl auf die allgemeine berufsfachliche Wissens- (β_{Ind}=.52) als auch auf die allgemeine berufsfachliche Fertigkeitsentwicklung (β_{Ind}=.42) einen substantiellen messfehlerfreien indirekten Effekt hat. Beachtlich fallen auch die latenten indirekten Effekte der Basiskompetenzen aus (Wissensentwicklung: β=.69 und Fertigkeitsentwicklung β=.56). Vor diesem Hintergrund ist im Einklang mit H2 davon auszugehen, dass fluide Intelligenz und mathematische, sprachliche sowie berufsbezogene Basiskompetenzen die berufsfachliche Kompetenzentwicklung auch dann beeinflussen, wenn das frühere berufsfachliche Wissensniveau berücksichtigt wird. Allerdings wirken Intelligenz und die Basiskompetenzen in diesem Fall v. a. indirekt, und zwar über das frühere berufsfachliche Wissen, das folglich als Mediator fungiert. Obwohl auch H2 nur mit einer Stichprobe von Kfz-Mechatroniker/-innen geprüft wurde, spricht einiges für die Generalisierbarkeit dieser Hypothese (vgl. dazu auch Palumbo et al., 2005). Zumindest liegen hier keine anders lautenden Hinweise vor.

13.4.2 Zur entwicklungsspezifischen Bedeutung fluider Intelligenz für die berufsfachliche Wissensentwicklung

Im Hinblick auf die berufsfachliche Wissensentwicklung wurde unterstellt, dass das fluide Intelligenzniveau die Effizienz des Wissenserwerbs beeinflusst (H3) und sich berufsfachliche Wissensunterschiede zwischen Auszubildenden verschärfen, sofern ein Wissenszuwachs zu verzeichnen ist (H4). Zunächst ist festzuhalten, dass das Wissen in der untersuchten Stichprobe signifikant zunahm und dass fluide Intelligenz einen stabilen Einfluss auf die Wissensentwicklung hat. Entgegen den Erwartungen hat fluide Intelligenz aber keinen Effekt auf die intraindividuelle Wissensentwicklung. Zudem unterscheiden sich die Wissensvarianzen nur marginal, die zu Beginn der Ausbildung (*Var*=1.09) und nach dem ersten Ausbildungsjahr (*Var*=1.15) zu beobachten sind. Dieser geringe Varianzunterschied und die sehr hohe Korrelation des Wissens beider Messzeitpunkte (r=.90) deuten auf die hohe Stabilität interindividueller Unterschiede hin. Damit liegen erwartungswidrige Befunde vor, die einer gründlichen Diskussion bedürfen.

(1) Die Prüfung von H3 und H4 basiert auf einer Stichprobe von 270 Probanden und einem Datenausfall von ca. 7%. Beide Punkte deuten keine Auffälligkeiten an. Auch die Itemladungen und andere psychometrische Itemkennwerte weisen auf

keine Besonderheiten hin. Statistische und/oder psychometrische Gründe sind also kein aussichtsreicher Erklärungsansatz für die überraschende Befundlage.

(2) Sicherlich sind sieben Items zu wenig, um die Wissensentwicklung des ersten Ausbildungsjahrs repräsentativ zu modellieren. Dies ist hier allerdings unproblematisch. Denn für die Prüfung der Hypothesen ist eine prinzipielle Modellierung der Wissensentwicklung ausreichend. Der substantielle Wissenszuwachs, der sowohl auf manifester als auch auf latenter Ebene zu verzeichnen ist, belegt, dass eine prinzipielle Modellierung des Wissenszuwachses gelang und dass die Items hinreichend entwicklungssensitiv sind.

(3) Die Bearbeitung der dargebotenen Items verlangt Wissen, das weder aus dem Aufgabenkontext noch aus anderen Testmaterialien erschließbar ist. So können die Ursachen für verölte Zündkerzen nach langem und wiederholtem Nachdenken genauso wenig benannt werden wie Mechanismen der Ventilsteuerung, wenn nicht weitere Lernerfahrungen gemacht wurden. Folglich ist eine Erklärung der erwartungswidrigen Befunde anhand eines bloßen Retest-Effekts wenig plausibel. Denkbar ist hingegen, dass die Auszubildenden im Anschluss an die Wissenstestung gezielt Wissensdefizite aufgearbeitet haben. In diesem Fall stimuliert der Wissenstest den Wissenszuwachs. Wie Unterrichtsdokumentationen zeigen, deckt der Berufsschulunterricht, den die Probanden erhalten haben, die Testinhalte weitgehend ab.[2] Insofern ist gut vorstellbar, dass der Wissenszuwachs auf den *normalen* Unterricht rückführbar ist. Unabhängig davon, ob der Test und/oder der Unterricht den Wissenszuwachs stimuliert haben, dürften Intelligentere im Anschluss an H3 mehr Wissen in einer gegebenen Zeit aufbauen als weniger Intelligente. Dies wird von den Befunden aber nicht bestätigt.

(4) In der Diskussion blieb bislang unerwähnt, dass das Ausgangsniveau moderat und negativ mit der intraindividuellen Wissensentwicklung assoziiert ist. Dieser negative Zusammenhang kann kaum mit Deckeneffekten erklärt werden, denn Auszubildende, die auf einem guten Niveau starten, sich irgendwann aber nicht mehr weiter entwickeln, weil sie bereits alle (oder zumindest fast alle) Items lösen können, kommen nicht vor: Die Probanden erreichen beim zweiten Messzeitpunkt im Mittel 9.42 von 30 möglichen Punkten und selbst der beste Proband erzielt nur einen Score von 24. Angesichts dieser Zahlen dürfte die negative Korrelation zwischen Ausgangsniveau und Veränderungswert eher ein Indikator dafür sein, dass sich Leistungsstarke tendenziell weniger gut entwickeln als Leistungsschwächere. Wie kommt es dazu? Möglicherweise begrenzen spezifische Ausbildungsbedingungen die Entwicklung leistungsstarker Auszubildender und/oder Leistungsstarke verfügen relativ schnell über das Wissen, das für ein erfolgreiches Durchlaufen der Ausbildung nötig ist. Ähnlich argumentieren Zöller und Roos (2012), wenn sie das Ausbleiben eines Schereneffekts auf mangelnde Förderung besonders leistungsfähiger Schüler/-innen zurückführen. Mit diesem hier favorisierten Ansatz können

2 Welche Inhalte in den Klassen vermittelt wurden, kann aufgrund von Unterrichtsdokumentationen eingeschätzt werden, die mit dem Ziel erhoben wurden, die Bedeutung unterrichtsmethodischer Entscheidungen zu untersuchen (Nickolaus, Geißel & Gschwendtner, 2009a). Da diese Dokumentationen hier nur eine Nebenrolle spielen, werden sie nicht weiter thematisiert.

sowohl die negative Korrelation zwischen dem Ausgangsniveau und dem Wissenszuwachs als auch der ausbleibende Effekt fluider Intelligenz auf die intraindividuelle Wissensentwicklung sowie die stabilen Wissensvarianzen erklärt werden. Falls diese Erklärung trägt, könnten sich daraus Konsequenzen für den Berufsschulunterricht ergeben. Dann wäre zu klären, ob und warum eine gezielte Förderung kognitiv leistungsstarker Auszubildender unterbleibt. Geschieht dies, weil Leistungsstarke den im Ausbildungsberuf zum Kfz-Mechatroniker/-in geforderten Kompetenzstandard erreichen und deshalb kein weiteres Wissen mehr erwerben, sind Optimierungen der Unterrichtspraxis nicht zwingend nötig. Falls die Förderung unterbleibt, weil der Unterricht insbesondere auf Leistungsschwächere oder auf Auszubildende mittleren Leistungsniveaus zugeschnitten ist und Leistungsstärkere deshalb hinter ihren Möglichkeiten zurückbleiben, wäre die Adaptivität des Unterrichts zu erhöhen. Zu berücksichtigen wäre in Folgestudien ferner, dass auch Kompensationsmechanismen für die erwartungswidrige Befundlage verantwortlich sein können. Vielleicht kompensieren weniger Intelligente ihre schlechtere kognitive Ausgangslage bspw. durch eine höhere Motivation.

Angesichts der diskutierten Befunde kann gefragt werden, warum fluide Intelligenz einerseits einen substantiellen, wenn auch indirekten

Einfluss auf die berufsfachliche Kompetenzentwicklung hat und warum dieser Effekt andererseits bei einer Analyse intraindividueller Wissensentwicklungen nicht sichtbar wird. Zu einem sinnvollen Ganzen lassen sich die Befunde zusammenfügen, wenn angenommen wird, dass die interindividuellen Leistungsunterschiede, die zum Ausbildungsbeginn vorliegen, maßgeblich durch fluide Intelligenzunterschiede bedingt sind und die durch Intelligenz bedingten Unterschiede während der Ausbildung relativ stabil bleiben. Dafür sprechen auch die fast identischen Korrelationen zwischen fluider Intelligenz und dem Wissen des ersten (r=.57) und des zweiten Messzeitpunkts (r=.61). Dies bedeutet, dass Intelligentere während der Ausbildung nicht mehr Wissen aufbauen als weniger Intelligente. Vielmehr starten Intelligentere auf einem höheren Ausgangsniveau als weniger Intelligente und dieser Leistungsvorsprung bleibt während der Ausbildung weitgehend erhalten. Dieser relativ stabile Einfluss der Intelligenz, aber auch die anderen präsentierten Befunde, bestätigen die Modelle zur erwerbsphasenspezifischen Bedeutung ausgewählter Determinanten weitgehend (vgl. Kapitel 10).

14 GESAMTDISKUSSION

Im Rahmen der zuvor besprochenen Studien wurden verschiedene Hypothesen geprüft und diskutiert. Dies geschah letztlich mit dem Ziel, belastbare Antworten auf die beiden zu Beginn aufgeworfenen Forschungsfragen (vgl. Kapitel 1) zu finden.

14.1 ZUR MODELLIERUNG UND ENTWICKLUNG BERUFSFACHLICHER KOMPETENZ GEWONNENE ERKENNTNISSE

Die erste dieser Forschungsfragen lautet, wie berufsfachliche Kompetenz in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen theoretisch und empirisch fundiert modelliert werden kann. Wie aus dem unten abgebildeten Modell (vgl. Abbildung 49) hervorgeht, ist zwischen den Kompetenzdimensionen *berufsfachliches Wissen* und *berufsfachliche Fertigkeit* zu unterscheiden. Berufsfachliches Wissen repräsentiert explizites, d. h. verbalisierbares und (relativ) flexibel zugängliches Wissen und umfasst Faktenwissen, Verständniswissen und Strategiewissen (vgl. Kapitel 4.1.1). Dagegen verkörpert berufsfachliche Fertigkeit implizites, d. h. nicht verbalisierbares und nur situationsspezifisch aktivierbares Wissen (vgl. Kapitel 4.2). Im Anschluss an das theoretisch entwickelte berufsfachliche Kompetenzverständnis wurden in der ersten Studie verschiedene Hypothesen formuliert und empirisch geprüft (vgl. Kapitel 11). Die Befunde zeigen, dass das berufsfachliche Wissen eines Inhaltsbereichs relativ homogen ist und als eigenständige und abgrenzbare Kompetenzdimension interpretiert werden kann. Vermutlich ist dies darauf zurückzuführen, dass berufsfachliches Wissen entlang bestimmter Inhaltsbereiche erworben wird. Die Elemente dieser Inhaltsbereiche werden häufig gemeinsam mental verarbeitetet und gehören daher zu eng assoziierten semantischen Netzen. Diese semantischen Netze dürften im Vergleich zu semantischen Netzen, die sich auf andere Inhaltsbereiche beziehen, relativ homogen sein. Gezeigt hat sich aber auch, dass das berufsfachliche Wissen verschiedener Inhaltsbereiche zusammengefasst und ebenfalls als eigenständige Kompetenzdimension betrachtet werden kann. Vermutlich forcieren reale berufliche Anforderungen und/oder didaktische Arrangements vielfältige Verknüpfungen zwischen den semantischen Netzen verschiedener Inhaltsbereiche, wodurch berufsbezogene semantische Netze entstehen, die sich von den semantischen Netzen anderer Lebensumwelten unterscheiden.

Ferner hat sich herausgestellt, dass sich sowohl berufsfachliche Fertigkeiten eines Tätigkeitsbereichs als auch berufsfachliche Fertigkeiten mehrerer Tätigkeitsbereiche als eigenständige Kompetenzdimensionen interpretieren lassen. Fertigkeiten eines Tätigkeitsbereichs verkörpern vermutlich deshalb eine weitgehend homogene Dimension, weil sie sich abhängig von dem ebenfalls vergleichsweise homogenen

Wissen eines Inhaltsbereichs entwickeln und weil Aufgaben eines Tätigkeitsbereichs zumindest teilweise strukturähnlich sind. Auch hier können die realen beruflichen Aufgaben dazu führen, dass Fertigkeiten verschiedener Tätigkeitsbereiche „zusammenwachsen“ und eine relativ homogene Kompetenzdimension entsteht. Vor diesem Hintergrund kann unter einem differenzierten Blickwinkel von berufsfachlichem Wissen eines Inhaltsbereichs bzw. berufsfachlichen Fertigkeiten eines Tätigkeitsbereichs gesprochen werden und unter einem weniger differenzierten Blickwinkel von übergreifendem berufsfachlichem Wissen bzw. übergreifenden berufsfachlichen Fertigkeiten.

Die Ergebnisse belegen, dass berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit sowohl bei einer differenzierten also auch bei einer bereichsübergreifenden Betrachtung als zwei unterscheidbare, aber oft eng assoziierte Kompetenzdimensionen interpretiert werden können. Einiges spricht dafür, dass die Unterscheidbarkeit beider Kompetenzdimensionen davon abhängt, in welcher Kompetenzerwerbsphase sich Auszubildende befinden. In der kognitiven Erwerbsphase liegt nur berufsfachliches Wissen vor, weshalb beide Dimensionen auch nicht unterscheidbar sind. In der assoziativen Phase und in der Mischphase (vgl. Kapitel 6.4.2) sind beide Dimensionen ausgebildet und eng assoziiert. In der autonomen Phase sollten beide Kompetenzdimensionen dagegen (deutlich) geringer korrelieren als in der assoziativen Phase. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird unterstellt, dass die einbezogenen Auszubildenden die kognitive Phase bereits verlassen haben, d. h. dass Wissen und Fertigkeiten vorliegen (vgl. Abbildung 49). Die Befunde bestätigen darüber hinaus, dass sich die hier betrachteten Dimensionen berufsfachliche Kompetenz, wie angenommen, von den anderen im Modell enthaltenen Konstrukten unterscheiden.

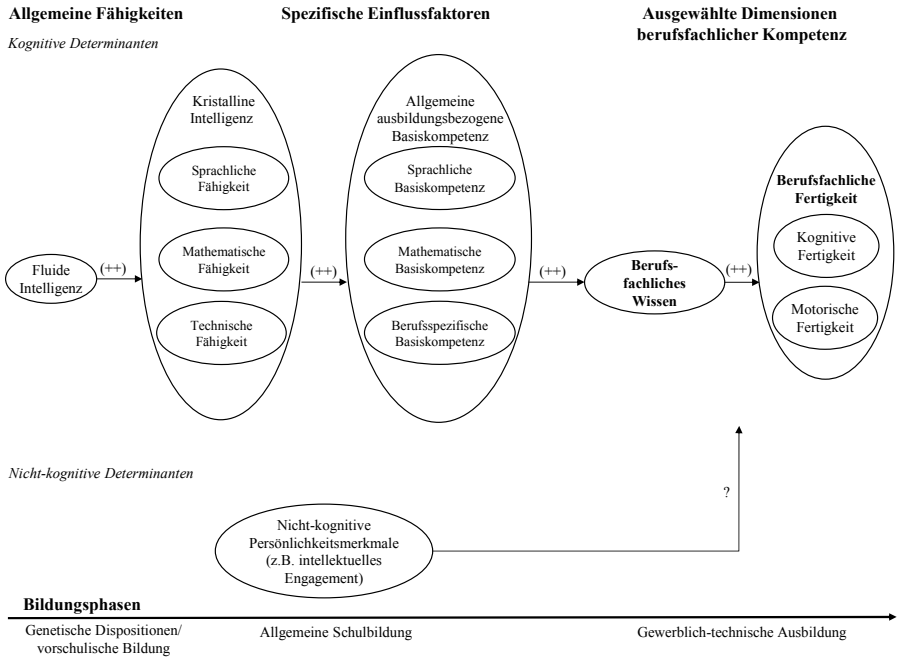


Abbildung 49: Modell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung in der gewerblich-technischen Ausbildung

Die zweite Forschungsfrage bezieht sich darauf, wie sich berufsfachliche Kompetenzen in der gewerblich-technischen Ausbildung entwickeln. Dies wurde in der zweiten Studie (vgl. Kapitel 12) im Rückgriff auf ein theoretisch entwickeltes Modell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung untersucht (vgl. Kapitel 10). Es erwies sich als theoretisch und empirisch plausibel, die berufsfachliche Kompetenzentwicklung als Resultat eines langen Bildungsprozesses zu verstehen, der von vielen Determinanten beeinflusst wird. Am Beginn dieses Bildungsprozesses entwickelt sich abhängig von frühkindlichen Erfahrungen und genetischen Dispositionen das individuelle *fluide Intelligenz*niveau (Cattell, 1987; Neubauer & Stern, 2007; vgl. Kapitel 7.1). Unter fluider Intelligenz wird eine inhaltsunspezifische, d. h. allgemeine kognitive Fähigkeit verstanden, die das Erkennen und Verstehen unbekannter Umweltstrukturen und das Anwenden dabei gewonnener Erkenntnisse ermöglicht (Cattell, 1987; vgl. Kapitel 7.1). Personen mit höherer fluider Intelligenz können neue Umwelten vermutlich deswegen besser kognitiv strukturieren und nutzen als weniger Intelligente, weil sie eine effizientere Aufmerksamkeitssteuerung haben, weil sie Wichtiges besser erkennen und Unwichtiges besser unterdrücken können und kognitive Vorgänge zielgerechter überwachen sowie Handlungsresultate zieldienlicher evaluieren können (vgl. Kapitel 8.2.2).

Im Rahmen der dritten Studie (vgl. Kapitel 13) wurden die im Theorieteil entwickelten Modelle zur erwerbsphasenspezifischen Bedeutung ausgewählter Determinanten selektiv geprüft. Erwartungsgemäß hat sich gezeigt, dass das berufsfachliche Wissen, das während der Ausbildung erworben wird, die weitere berufsfachliche Kompetenzentwicklung stärker beeinflusst als fluide Intelligenz und allgemeine ausbildungsbezogene Basiskompetenz. Fluide Intelligenz und Basiskompetenzen wirken in diesem Fall indirekt, d. h. über das frühere berufsfachliche Wissen auf die spätere berufsfachliche Kompetenzentwicklung. Im Sinne der Erwartung wurde zudem beobachtet, dass fluide Intelligenz einen stabilen Einfluss auf den berufsfachlichen Wissenserwerb während der Ausbildung hat. Allerdings nahmen die interindividuellen Wissensunterschiede während des Wissenserwerbs nicht zu, sondern sie blieben überraschenderweise relativ stabil. Damit scheinen Intelligentere während einer bestimmten Ausbildungsstrecke nicht mehr Wissen zu erwerben als weniger Intelligente. Vielmehr dürften im Rahmen der gewerblich-technischen Ausbildung die zu Beginn vorliegenden kognitiven Leistungsunterschiede (weitgehend) bewahrt werden. Möglicherweise ist dieser erwartungswidrige Befund darauf zurückzuführen, dass kognitiv besonders Leistungsstarke nicht adäquat gefördert werden oder dass sie die Vorgaben relativ schnell erfüllen und sich für einen erfolgreichen Abschluss nicht mehr weiterentwickeln müssen.

14.2 IMPLIKATIONEN FÜR DIE BERUFSFACHLICHE KOMPETENZ-DIAGNOSTIK UND KOMPETENZMODELLIERUNG

Aus diesen Erkenntnissen ergeben sich verschiedene Konsequenzen. Bevor Konsequenzen für die Personalauswahl und didaktische Entscheidungen diskutiert werden, wird zunächst auf die Kompetenzdiagnostik und -modellierung eingegangen. Hierbei stehen die Fragen im Fokus, welche berufsfachliche Kompetenzdimensionen mit Arbeitsproben erfasst werden und ob berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit „nur“ kognitive Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz repräsentieren.

14.2.1 Was erfassen Arbeitsproben?

In der vorliegenden Arbeit wird davon ausgegangen, dass die mit Arbeitsproben erfassten Leistungen nach der kognitiven Erwerbsphase v. a. berufsfachliche Fertigkeiten repräsentieren. Dagegen gehen Nickolaus (2011) und Nickolaus et al. (2011b) davon aus, dass mit computersimulierten Arbeitsproben, wie sie auch hier verwendet wurden (vgl. Kapitel 12.2.3), prinzipiell berufsfachliche Problemlösekompetenzen[1] diagnostiziert werden. Im Anschluss an Funke (2003) sind beim

1 Genau genommen wird in den betreffenden Publikationen der Begriff „Problemlösefähigkeit“ verwendet. In Anlehnung an die in Kapitel 4.1 vorgenommene Abgrenzung von Fähigkeit und

Problemlösen Lücken eines mentalen Handlungsplans zu schließen. Bei einer routinemäßigen Anforderungsbewältigung werden keine Probleme gelöst, sondern Aufgaben bearbeitet (ebd.). Vor dem Hintergrund der idealtypischen Phasen der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung (vgl. Kapitel 6.3) kann vermutet werden, dass Arbeitsproben in der kognitiven Phase eher berufsfachliche Problemlösekompetenzen erfassen, da in dieser Phase noch Lücken im Handlungsplan existieren, d. h. Anforderungen nicht routiniert bewältigt werden können. In der autonomen Phase werden Aufgabenstellungen dagegen routinemäßig bearbeitet, d. h. es sind keine Probleme mehr zu lösen. Hier werden mit Arbeitsproben wohl hauptsächlich berufsfachliche Fertigkeiten erfasst. In der assoziativen Phase oder der Mischphase des Kompetenzerwerbs werden mit Arbeitsproben wahrscheinlich sowohl berufsfachliche Problemlösekompetenzen als auch berufsfachliche Fertigkeiten erhoben. Ob, wie angesichts der Ergebnisse der zweiten Studie (vgl. Kapitel 11.4.2) vermutet werden kann, mit Arbeitsproben in der kognitiven Phase hauptsächlich berufsfachliches Wissen erhoben wird oder ob berufsfachliche Problemlösekompetenz ein von berufsfachlichem Wissen abgrenzbares Konstrukt darstellt, ist eine bislang nicht systematisch untersuchte Frage. In Anlehnung an Kersting (2001) könnte vermutet werden, dass berufsfachliche Problemlösekompetenz ein integratives Konstrukt darstellt, das die Elemente berufsfachliches Wissen und Intelligenz vereint.

Unter Berücksichtigung von CLARION (vgl. Kapitel 3.2) und den Modellen zur erwerbsphasenspezifischen Bedeutung ausgewählter Determinanten (vgl. Kapitel 10) ist anzunehmen, dass mit Arbeitsproben neben Wissen und Fertigkeit weitere psychische Merkmale diagnostiziert werden: In der kognitiven Phase dürften motivationale Voraussetzungen (also nicht-kognitive Persönlichkeitsmerkmale) sowie Intelligenz (und damit auch metakognitive Fähigkeiten) eine gewisse Rolle spielen. Beide sollten auch in der assoziativen Phase oder in der Mischphase relevant sein. In der späten autonomen Phase dürften in die diagnostizierten Leistungen auch nicht-kognitive Persönlichkeitsmerkmale eingehen.

14.2.2 Berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit: Mehr als kognitive Dimensionen berufsfachlicher Kompetenz

Vielerorts wird betont, dass Kompetenz mehr ist als eine kognitive Leistungsdisposition (z. B. Sembill et al., in Druck; Straka & Macke, 2010b). Unter diesem Blickwinkel kann das vorgelegte Kompetenzverständnis insofern kritisiert werden, als z. B. motivationale Voraussetzungen aus verschiedenen Gründen (vgl. Kapitel 4.1) nicht ausdrücklich in den Kompetenzbegriff aufgenommen wurden. Wie im vorigen Abschnitt erläutert, können die mit Arbeitsproben erfassten Leistungen neben Wissen und Fertigkeit auch nicht-kognitive Persönlichkeitsmerkmale einschließen. Ein Blick auf die im Theorieteil erarbeiteten Untersuchungsmodelle (vgl. Kapitel

Kompetenz scheint es im Sinne einer einheitlichen Begriffsverwendung hier angemessen, den Fähigkeits- durch den Kompetenzbegriff zu ersetzen.

10) verdeutlicht, dass auch das berufsfachliche Wissens- und Fertigkeitsniveau nicht-kognitive Persönlichkeitsmerkmale repräsentiert, denn Wissen und Fertigkeiten entwickeln sich abhängig von verschiedenen nicht-kognitiven Persönlichkeitsmerkmalen. Vor diesem Hintergrund verkörpern Wissen und Fertigkeit einerseits kognitive Konstrukte, andererseits repräsentieren sie aber auch nicht-kognitive Dimensionen und damit insgesamt mehr als „nur" kognitive Kompetenzdimensionen. Offen ist, ob und inwiefern die zusätzliche Berücksichtigung nicht-kognitiver Merkmale Informationen bereitstellt, die nicht bereits implizit in berufsfachlichem Wissen und berufsfachlicher Fertigkeit enthalten sind.

14.3 IMPLIKATIONEN FÜR DIE PERSONALAUSWAHL

Berufseignungsdiagnostische Studien haben sich häufig mit der Frage beschäftigt, ob es diagnostische Maße gibt, mit denen die berufsfachliche Kompetenzentwicklung besser prognostiziert werden kann als mit allgemeiner Intelligenz (einen Überblick zu diesem Thema gibt Hell, 2003). Charakteristisch für diese Studien ist oft, dass allgemeine Intelligenz anhand eines Generalfaktors modelliert wird, der die gemeinsame Varianz verschiedener kognitiver Subtestscores repräsentiert. Diese Studien kommen meist zu dem Schluss, dass allgemeine Intelligenz der beste Prädiktor der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung ist (z. B. Ree & Earles, 1991; Schmidt-Atzert et al., 2004). Anhand des in Abbildung 49 dargestellten Modells sind jedoch differenziertere Aussagen möglich: Fluide Intelligenz ist ein (sehr) guter und kristalline Intelligenz ein besserer Prädiktor der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung. Die beste Vorhersagekraft haben allerdings allgemeine ausbildungsbezogene Basiskompetenzen. Zwar könnte auch im Hinblick auf allgemeine ausbildungsbezogene Basiskompetenzen, die hier empirisch anhand eines Generalfaktors modelliert wurden (vgl. Kapitel 12.3.3), argumentiert werden, sie repräsentierten im Kern allgemeine Intelligenz. Eine solche Argumentation würde aber außer Acht lassen, dass die prognostische Validität von kognitiven Generalfaktoren auch davon abhängt, ob und wie stark sie Lernergebnisse umfassen, die im Rahmen der beruflichen Ausbildung relevant sind. Für die Personalauswahl bedeutet dies, dass bei der *Auswahl* von *Auszubildenden* insbesondere das *allgemeine ausbildungsbezogene Basiskompetenzniveau* beachtet werden sollte. Dieses beinhaltet Informationen zur fluiden Intelligenz und dazu, ob basale und ausbildungsrelevante sprachliche, mathematische und berufsbezogene Voraussetzungen erfüllt sind. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lassen sich so interpretieren, dass bei der *Auswahl* von *Facharbeitern* v. a. das *berufsfachliche Wissen* diagnostiziert werden sollte, denn das berufsfachliche Wissen stellt erwartungsgemäß einen noch besseren Prädiktor der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung dar als allgemeine ausbildungsbezogene Basiskompetenzen (vgl. Kapitel 13.3.1).

14.4 DIDAKTISCHE IMPLIKATIONEN

14.4.1 Diagnostik von Lernbarrieren und darauf abgestimmte pädagogische Maßnahmen

Wie zu Beginn angesprochen, wird von professionellen Lehrer/-innen verlangt, dass sie Lernbarrieren zielsicher identifizieren (vgl. Kapitel 1). Die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse zeigen, wie vielfältig Lernbarrieren sein können. Lernschwierigkeiten können aufgrund eines zu geringen fluiden Intelligenzniveaus, sprachlicher oder mathematischer Defizite sowie gering ausgeprägter berufsbezogener Basiskompetenzen und mangelnden berufsfachlichen Wissens auftreten. Das Modell zur Entwicklung berufsfachlicher Kompetenzen (vgl. Abbildung 49) kann als wichtige, wenn auch auf ausgewählte Aspekte fokussierte Checkliste für die Diagnostik möglicher Lernprobleme betrachtet werden. Je nachdem, welcher der genannten Faktoren für Lernprobleme verantwortlich ist, sind unterschiedliche pädagogische Maßnahmen zu ergreifen. Dies sei anhand eines Beispiels erläutert: Bei Auszubildenden mit einem unterdurchschnittlichen fluiden Intelligenzniveau dürfte es bei der Vermittlung berufsfachlichen Wissens besonders wichtig sein, für wenig komplexe und sehr konsistente Lernumgebungen zu sorgen (vgl. Kapitel 8.1.5). In einem nächsten Schritt könnte z. B. der Komplexitätsgrad langsam bis zu einem bestimmten Punkt erhöht werden. Denkbar wäre, in einem weiteren Schritt den Konsistenzgrad allmählich zu verringern. Diese Maßnahmen erfordern eine klare Vorstellung darüber, was mit Komplexität und Konsistenz gemeint ist. Komplexität kann als objektives Aufgabenmerkmal interpretiert werden, das sich auf die Anzahl der Informationseinheiten bezieht, die zur erfolgreichen Aufgabenbearbeitung mental zu verarbeiten sind (Nickolaus et al., 2012). So können sich bspw. Fehlerdiagnosetätigkeiten darin unterscheiden, wie viele Messwerte für eine eindeutige Fehleridentifikation aufzunehmen und zu interpretieren sind (ebd.). Dagegen ist mit Konsistenz die Frage angesprochen, ob neue Aufgaben neue Anforderungen enthalten, d. h. ob sich Lernumwelten verändern. Dies wäre z. B. der Fall, wenn die Fehlerdiagnose an ständig wechselnden Fahrzeugtypen durchzuführen ist.

14.4.2 Erwerbsphasenspezifische Förderung

Im Rahmen dieser Arbeit hat es sich als fruchtbar herausgestellt, zwischen einer kognitiven, assoziativen und autonomen Phase des Kompetenzerwerbs zu unterscheiden. In der Metaanalyse von Hattie (2009) erweist sich ein Unterricht (*Piagetian programs*[2]), der verschiedene Entwicklungsphasen von Schüler/-innen berück-

2 In diesen Programmen erfolgt z. B. die Auswahl des Unterrichtsstoffs und der Lernaufgaben in Abhängigkeit von den nach Piaget bestimmten kognitiven Entwicklungsstufen (z. B. konkret-

sichtigt, als besonders wirkungsvoll. Vor diesem Hintergrund könnte es gewinnbringend sein, die hier identifizierten Erwerbsphasen stärker in pädagogische Überlegungen einzubeziehen. Dies sei für die Ausbildung von Kfz-Mechatroniker/-innen und den Tätigkeitsbereich „Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen" kurz angedeutet: Zu Beginn der erwerbsphasenspezifischen Förderung ist zu überlegen, welches berufsfachliche Wissen die Auszubildenden aus dem Inhaltsbereich „elektrische und elektronische Kfz-Systeme" beherrschen sollten, damit sie eine systematische Fehlerdiagnose in diesem Bereich betreiben können. Anschließend sollte dieses Wissen vermittelt bzw. zielgerichtet aufgebaut werden. Erst wenn das Wissen in ausreichender Qualität vorliegt, was relativ einfach anhand eines entsprechenden Wissenstests abgesichert werden kann, sollte die Fehlerdiagnose am Fahrzeug geübt werden. Wiederholte Diagnosearbeiten am realen Fahrzeug führen dazu, dass einschlägige Fertigkeiten aufgebaut werden und die Fehlerdiagnose immer zielsicherer abläuft. Treten in dieser assoziativen Erwerbsphase Lernschwierigkeiten auf, kann dies bspw. an der Anforderungskomplexität liegen. In solchen Fällen wäre die Komplexität zu reduzieren. Falls bestimmte Fehlerdiagnosetätigkeiten häufig geübt werden, sollten die Auszubildenden allmählich die autonome Erwerbsphase erreichen, in der interindividuelle Unterschiede abnehmen dürften. Anschließend könnten die Komplexität und Konsistenz der Tätigkeiten variiert werden. Denkbar wäre bspw., neue, aber vergleichbare Fehlerfälle vorzulegen, um eine flexible Fehlerdiagnose anzubahnen.

14.5 GRENZEN DER UNTERSUCHUNG UND NEUE FRAGEN

Die zur berufsfachlichen Kompetenzmodellierung und -entwicklung vorgetragenen Erkenntnisse und die daran anknüpfenden Implikationen resultieren aus einem notwendigerweise eingeschränkten Forschungsfokus. Um die Generalisierbarkeit der Erkenntnisse besser einschätzen zu können, werden nachfolgend Grenzen der vorliegenden Untersuchung thematisiert und zugleich neue Forschungsfragen aufgeworfen.

14.5.1 Methodische Grenzen

Untersuchungsdesign

Hinsichtlich des Untersuchungsdesigns ist anzumerken, dass die Analyse der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung idealerweise ein längsschnittliches Studiendesign erfordert, bei dem der Kompetenzstand zu allermindestens zwei Zeitpunkten

operationale Stufe), d. h. in Abhängigkeit davon, auf welche Weise Lernende denken (Hattie, 2009).

erhoben wird. Mit einem solchen Design kann untersucht werden, ob sich berufsfachliche Kompetenzen zwischen den Messzeitpunkten entwickeln und wovon diese Entwicklung abhängt. Das Studiendesign der zweiten Studie ließ eine solche Untersuchung nicht zu. Streng genommen wurde dort nur festgestellt, dass Eingangsvoraussetzungen (z. B. Basiskompetenzen) mit dem Kompetenzstand am Ende der Ausbildung korrelieren. Diese Korrelation wurde so interpretiert, dass z. B. Basiskompetenzen auf die berufsfachliche Wissensentwicklung einwirken. Denkbar wäre auch, die Korrelation auf die situative Wirkung von Basiskompetenzen zurückzuführen. Dann wären Basiskompetenzen Determinanten der berufsfachlichen Leistung und nicht der berufsfachlichen Entwicklung. Da z. B. die einbezogenen Fehlerdiagnoseaufgaben keine konkreten mathematischen und meist nur geringe sprachliche Anforderungen stellen, ist diese Erklärung weniger naheliegend als der hier favorisierte Erklärungsansatz. Dieser wird zudem von den Ergebnissen der dritten Studie (vgl. Kapitel 13) empirisch gestützt: Dort ist zwischen zwei Messzeitpunkten eine Wissensentwicklung zu verzeichnen, die auch von fluider Intelligenz abhängt. Oftmals dürften die untersuchten Determinanten aber sowohl die berufsfachliche Kompetenzentwicklung als auch die situative berufsfachliche Leistung beeinflussen.

Stichprobe

Zudem stößt die vorliegende Untersuchung insofern an Grenzen, als Stichproben analysiert wurden, die auf ausgewählten Ausbildungsberufen (Kfz-Mechatroniker/-innen, Fertigungsmechaniker/-innen, Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik und Mechatroniker/-innen) und teilweise kleinen Fallzahlen (insbesondere bei den Fertigungsmechaniker/-innen und Elektroniker/-innen) basieren. Zudem beziehen sich die Ergebnisse zu den Fertigungsmechaniker/-innen, Elektroniker/-innen und Mechatroniker/-innen ausschließlich auf Daten eines einzelnen Industrieunternehmens. Angesichts dieser Datenlage sollten sich die Erkenntnisse insbesondere auf Auszubildende der Kfz-Mechatronik generalisieren lassen. Außerdem spricht einiges dafür, dass sie in weiteren gewerblich-technischen Ausbildungsberufen gelten. Zur Absicherung sind allerdings weitere Studien nötig, in die idealerweise ausreichend große Stichproben, verschiedene gewerblich-technische Ausbildungsberufe und verschiedene Industrieunternehmen einbezogen werden.

Erhebungsinstrumente und Maße

Auch im Hinblick auf die Qualität der verwendeten Maße und Instrumente ist auf Einschränkungen hinzuweisen. So konnte das technische Interesse hier vermutlich nicht in wünschenswerter Qualität operationalisiert werden (vgl. Kapitel 12). Ferner scheinen einige Maße zur allgemeinen berufsfachlichen Fertigkeit eine frag-

würdige Qualität aufzuweisen (vgl. Kapitel 11). Dies führte dazu, dass die Bedeutung des räumlichen Vorstellungsvermögens für den Fertigkeitserwerb nicht angemessen untersucht werden konnte. Abgesehen davon dürfte die defizitäre Qualität mancher Fertigkeitsmaße die Aussagekraft der Erkenntnisse aber kaum schmälern: Die belastbaren berufsfachlichen Kompetenzmaße sorgen für eine stimmige und gut interpretierbare Befundlage.

Alpha-Fehler-Kumulation

Bei der Prüfung der verschiedenen Hypothesen wurde häufiger auf identische Stichproben zurückgegriffen. Damit wurde eine Alpha-Fehler-Kumulation, d. h. ein erhöhtes Risiko, sich fälschlicherweise gegen die Null- und für die Untersuchungshypothese zu entscheiden, in Kauf genommen. Eine Möglichkeit, diesem Problem zu begegnen, wäre eine Adjustierung des Alpha-Fehlers gewesen. Allerdings wäre dadurch, da keine Stichprobenumfangsplanung vorgenommen werden konnte, das Beta-Fehlerrisiko beträchtlich gestiegen. Prinzipiell hätte die Fehlerkumulation vermieden werden können, wenn im Theorieteil weniger differenzierte Modelle entwickelt oder wenn nur einzelne Hypothesen der vorgelegten Modelle empirisch geprüft worden wären. Keine der genannten Möglichkeiten überzeugt. Da die Untersuchungshypothesen durchgängig sowohl theoretisch als auch empirisch gut fundiert sind (vgl. Kapitel 6.6, 7, 8 und 9) und zudem meist hohe Effektstärken festgestellt wurden, scheint es ohnehin wenig plausibel, die hypothesenbestätigenden Befunde der vorliegenden Arbeit auf eine Alpha-Fehler-Kumulation zurückzuführen. Für eine empirische Absicherung dieser Einschätzung sind allerdings Folgestudien angezeigt, die eine Stichprobenumfangsplanung beinhalten sollten.

14.5.2 Kompetenzdimensionen und Determinanten

Im Hinblick auf die Kompetenzdimension „berufsfachliche Fertigkeit“ wurde theoretisch unterstellt, dass sie sich entlang verschiedener Tätigkeitsbereiche strukturiert. Da nur Ergebnisse zum Tätigkeitsbereich „Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen“ analysiert werden konnten, konnte diese Annahme nicht empirisch geprüft werden. Allerdings deuten Befunde der ersten Studie an, dass Reparaturtätigkeiten einer eigenständigen und anderen Fertigkeitsdimension angehören als Diagnosetätigkeiten (vgl. Kapitel 11). Dies ist in weiteren Studien systematisch zu prüfen.

Im Rahmen der zweiten Studie (vgl. Kapitel 12) stellte es sich als empirisch legitimierbar heraus, zwischen kristalliner Intelligenz und allgemeiner ausbildungsbezogener Basiskompetenz zu unterscheiden. Es sei allerdings ausdrücklich darauf hingewiesen, dass dieser Befund überraschend eintrat und beide Konstrukte erst post hoc unterschieden wurden, um das entdeckte Befundmuster besser erklären zu können. Die diskriminante Validität beider Konstrukte konnte nicht geprüft werden.

In künftigen Studien ist sorgfältig zu untersuchen, ob die Einführung des Konstrukts „allgemeine ausbildungsbezogene Basiskompetenz“ theoretisch fruchtbar und empirisch tragfähig ist. Letztlich kann es nicht darum gehen, die ohnehin schon reiche Zahl an theoretischen Konzepten und Konstrukten um ihrer selbst willen zu erhöhen, sondern nur darum, die berufsfachliche Kompetenzentwicklung besser erklären und verstehen zu können. Dafür kann der Einbezug weiterer Konstrukte erforderlich sein. Bevor das vorgelegte Modell allerdings erweitert wird, ist sorgfältig zu überlegen, welche Kriterien weitere Konstrukte erfüllen müssen. Ungünstig wäre bspw., wenn durch die Erweiterung ein unnötig komplexes oder weniger aussagekräftiges Modell entstehen würde. Vor dem Hintergrund der vorliegenden Untersuchung wäre besonders interessant, wenn in diesen Studien auch die Gemeinsamkeiten und Unterschiede von allgemeiner ausbildungsbezogener Basiskompetenz und dem allgemein bildenden Schulerfolg analysiert würden.

14.5.3 Lerntheoretische Annahme zum Kompetenzerwerb

Bei der Modellierung des Kompetenzerwerbs wurde auf ein theoretisch und empirisch gut fundiertes Lernmodell zurückgegriffen. Mit diesem wird davon ausgegangen, dass zu Beginn des Lernprozesses bewusst berufsfachliches Wissen aufgebaut wird und anschließend im Rückgriff auf dieses Wissen und durch wiederholtes Üben berufsfachliche Fertigkeiten erworben werden (vgl. Kapitel 6.3). Mit Blick auf CLARION entspricht dieser Kompetenzerwerb einem Top-down-Lernprozess: Zunächst wird berufsfachliches Wissen erworben, das auf der oberen („bewussten“) Ebene der Wissenssysteme abgelegt ist, davon abhängig entwickeln sich berufsfachliche Fertigkeiten, die auf der unteren („unbewussten“) Ebene des handlungsbezogenen Wissenssystems gespeichert sind (Sun, 2002; vgl. Kapitel 3.2). Für diese Arbeit war die Fokussierung auf diesen Top-down-Kompetenzerwerb insofern folgenreich, als in den Modellen zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung unterstellt wird, dass berufsfachliches Wissen den Fertigkeitserwerb beeinflusst. Ebenso wäre allerdings ein Bottom-up-Kompetenzerwerb denkbar (Sun, 2002): Bei diesem Erwerbsmodell werden (z. B. durch Versuch und Irrtum) zunächst Handlungsstrukturen implizit erlernt, anschließend wird aus diesem implizitem Wissen (z. B. durch Reflexion) explizites Wissen „extrahiert“ (vgl. Kapitel 6.1). Wird dieses Modell zugrunde gelegt, würde sich die angenommene Kausalrichtung verändern: Dann würde nicht das berufsfachliche Wissen den Fertigkeitserwerb, sondern die Qualität der impliziten Handlungsstrukturen den berufsfachlichen Wissenserwerb beeinflussen. Mit CLARION ist davon auszugehen, dass der Kompetenzerwerb sowohl Top-down- als auch Bottom-up-Lernprozesse umfasst (vgl. dazu auch Eysenck & Keane, 2005). Zu prüfen wäre, in welchen Situationen der Kompetenzerwerb durch Bottom-up-Lernprozesse erfolgt. Derartige Analysen könnten die hier gewonnenen Erkenntnisse ergänzen, verfeinern und vielleicht auch relativieren.

14.5.4 Auswahl der Determinanten

Zu Beginn der Arbeit wurde erwähnt, dass die berufsfachliche Kompetenzentwicklung ein komplexes Forschungsfeld ist und dass innerhalb einer Untersuchung nur ausgewählte Aspekte in den Blick genommen werden können (vgl. Kapitel 1). In dieser Arbeit standen kognitive Determinanten im Fokus. Nur vereinzelt oder implizit wurden auch nicht-kognitive Merkmale berücksichtigt (z. B. durch den Schulerfolg). Aus einer pädagogischen Sicht wäre besonders interessant, künftig Aspekte wie die Qualität beruflicher Lehr-Lern-Prozesse stärker einzubeziehen. Dies geschah hier nur am Rande, in dem bspw. die Bedeutung einiger Anforderungsmerkmale (Komplexität und Konsistenz) analysiert wurde. Diese Analysen können allerdings nur als eine erste Annäherung an ein sehr weites und wichtiges Forschungsfeld verstanden werden. Die intensive Erforschung des Stellenwerts nichtkognitiver sowie didaktischer Determinanten für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung kann daher als ein weiteres, bedeutsames Desiderat betrachtet werden.

14.6 FORSCHUNGSPERSPEKTIVEN

Wie die vorangegangenen Ausführungen verdeutlichen, könnte prinzipiell in verschiedenen Richtungen weiter geforscht werden. Drei Forschungsperspektiven dürften aber besonders interessant sein.

14.6.1 Berufsfachliche Kompetenzmodellierung

Wie oben erwähnt, repräsentieren berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit kognitive Konstrukte, deren Entwicklung von kognitiven, aber auch von nicht-kognitiven Determinanten sowie den Qualitäten der Lernumwelt abhängt. Angesichts dessen ist anzunehmen, dass Wissen und Fertigkeiten vielschichtige Konstrukte darstellen und dass eine Erfassung dieser Konstrukte vielfältige Informationen über einen Auszubildenden bereitstellen. So ist bspw. gut belegt, dass berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeiten signifikant mit nichtkognitiven Merkmale wie z. B. Motivation oder Interesse korrelieren (Knöll, 2007; Nickolaus et al., 2010; Nickolaus et al., 2011b). Falls Wissens- und Fertigkeitsmaße bereits die wesentlichen nicht-kognitiven Informationen über Auszubildende enthalten, bringt eine explizite Berücksichtigung nicht-kognitiver Variablen bei der empirischen Kompetenzmodellierung keinen zusätzlichen Nutzen. In diesem Fall würde sich der Erhebungsaufwand deutlich reduzieren und die anfangs thematisierten psychometrischen Probleme, die z. B. bei einer expliziten Berücksichtigung motivationaler Voraussetzungen auftreten können (vgl. Kapitel 4.1), wären ausgeräumt. Demzufolge sind Studien nötig, die sich mit der Frage beschäftigen, ob eine Berücksichtigung nicht-kognitiver Merkmale Informationen liefert, die nicht be-

reits in Wissen und Fertigkeit eingebunden sind. In diesen Studien wären berufsfachliches Wissen und berufsfachliche Fertigkeit sowie die als relevant erachteten nicht-kognitiven Variablen an einer geeigneten Stichprobe zu erheben. Anschließend wäre zu prüfen, ob die nicht-kognitiven Variablen die berufsfachliche Performanz zusätzlich zu Wissen und Fertigkeit erklären. Hierbei könnte auch der v. a. theoretisch relevanten Frage nachgegangen werden, welche nicht-kognitiven Elemente in Wissen und Fertigkeit eingebunden sind. Möglicherweise können so verschiedene „Schichten" von Wissen und Fertigkeit „freigelegt" und dadurch besser abgeschätzt werden, ob und in welchem Umfang neben Wissen und Fertigkeit auch nicht-kognitive Dimensionen explizit bei der berufsfachlichen Kompetenzmodellierung zu berücksichtigen sind.

14.6.2 Modellierung der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung

Was das Modell zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung anbelangt, könnte in zwei Richtungen weiter geforscht werden. Erstens ist denkbar, das Modell anhand derselben und/oder weiterer Ausbildungsberufe abermals zu validieren, um die Stabilität der Befunde besser abschätzen und ggf. Ausdifferenzierungen vornehmen zu können. Zweitens ist es möglich, das bestehende Modell zu erweitern. Hierbei könnte die Bedeutung nicht-kognitiver psychologischer Determinanten explizit untersucht werden. Besonders interessant wäre, das bestehende Modell um qualitative Merkmale von Lehr-Lern-Prozessen zu erweitern. Im Sinne der ATI-Forschung (*aptitude treatment interaction*) könnte bspw. der Frage nachgegangen werden, welche pädagogischen Maßnahmen bei welchem Persönlichkeitsprofil besonders wirkungsvoll sind. Das präsentierte Modell kann solchen Forschungsarbeiten als Ausgangspunkt dienen.

14.6.3 Modellierung der erwerbsphasenspezifischen Bedeutung ausgewählter Determinanten

Im Hinblick auf die Modelle zur erwerbsphasenspezifischen Bedeutung ausgewählter Determinanten konnten nur wenige Annahmen geprüft werden. Da sich die Unterscheidung einer kognitiven, assoziativen und autonomen Kompetenzerwerbsphase in vielfältiger Hinsicht als gewinnbringend erwies, stellen weitere Forschungsarbeiten zu diesem Thema wichtige Erkenntnisse in Aussicht. In diesen Arbeiten könnten z. B. die Übergänge zwischen den „Phasen" oder die Kompetenzentwicklung in einem bestimmten Tätigkeitsbereich analysiert werden. Falls die entwickelte Theorie empirisch trägt, müssten ein einschlägiger Wissenstest und einschlägige Arbeitsproben zu Beginn der Kompetenzentwicklung, also in der kognitiven Phase (nahezu) dieselbe Dimension, nämlich berufsfachliches Wissen erfassen. Mit fortschreitender Übung erreichen die Probanden der Theorie zufolge die assoziative Phase. Hier müssten die mit Arbeitsproben erfassten Leistungen auch

berufsfachliche Fertigkeiten spiegeln, weshalb beide Erhebungsmethoden (Wissenstest und Arbeitsproben) diskriminant valide sein sollten. Im weiteren Übungsprozess müssten Wissen und Fertigkeit im Sinne der Theorie zusehends besser empirisch unterscheidbar sein. Im Rahmen einer solchen Studie könnte auch geprüft werden, ob die Annahmen zur erwerbsphasenspezifischen Bedeutung der einbezogenen Determinanten empirisch haltbar sind.

14.6.4 Schlussbemerkungen

Die erwähnten Forschungsperspektiven belegen, dass ein wichtiger Erkenntnisgewinn dieser Arbeit darin besteht, Forschungslinien der berufsfachlichen Kompetenzentwicklung klar und theoriegeleitet skizzieren zu können. Als besonders wertvoll erwies sich zudem, die berufsfachliche Kompetenzentwicklung und die berufsfachliche Kompetenzmodellierung als kohärente Forschungsfelder zu begreifen. Dadurch gerät ein an vielen Stellen noch unbekannter und komplizierter Forschungsbereich in den Blick. Wie die vorliegende Arbeit andeutet, sollte die Erforschung dieses Bereichs aber prinzipiell möglich sein. Zugleich dürfte deutlich geworden sein, dass umfassende Theorien zur berufsfachlichen Kompetenzentwicklung nur zu erwarten sind, wenn die gewonnenen Erkenntnisse in weiteren Untersuchungen systematisch ergänzt werden.

15 LITERATURVERZEICHNIS

Abele, S. (2011a). Auszubildendenauswahl: Die Aussagekraft von Noten allgemeinbildender Schulen. In G. Cramer, S. Dietl, H. Schmidt & W. Wittwer (Hrsg.), *Ausbilder-Handbuch* (Loseblattwerke, Gruppe 5A, Themenfeld 14). Köln: Wolters Kluwer.

Abele, S. (2011b). Hängt die prognostische Validität eignungsdiagnostischer Verfahren von der Operationalisierung des Ausbildungserfolgs ab? In R. Nickolaus & G. Pätzold (Hrsg.) Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung [Themenheft]. *Zeitschrift für Berufs und Wirtschaftspädagogik*, *25*, 13–35.

Abele, S., Achtenhagen, F., Gschwendter, T., Nickolaus, R. & Winther, E. (2009). Die Messung beruflicher Fachkompetenz im Rahmen eines Large Scale Assessments im Bereich beruflicher Bildung (VET-LSA) – Vorstudien zur Validität von Simulations-aufgaben. Zugriff am 14. November 2011 unter http://bmbf.de/pubRD/Kurzfassung_Abschlussbericht.pdf.

Abele, S., Greiff, S., Gschwendter, T., Wüstenberg, S., Nickolaus, R., Nitzschke, A. & Funke, J. (2012). Dynamische Problemlösekompetenz – ein bedeutsamer Prädiktor von Problemlöseleistungen in technischen Anforderungskontexten? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *15*, 363–391.

Abele, S. & Gschwendter, T. (2010). Die computerbasierte Erfassung beruflicher Handlungs-kompetenz: Konzepte, Möglichkeiten, Perspektiven am Beispiel der Kfz-Mechatronik. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 39 (1), 14–17.

Ackerman, P. (1986). Individual differences in information processing: An investigation of intellectual abilities and task performance during practice. *Intelligence, 10,* 101–139.

Ackerman, P. (1987). Individual differences in skill learning: An inregration of psychometric and information processing perspectives. *Psychological Bulletin, 102,* 3–27.

Ackerman, P. (1988). Determinants of individual differences during skill acquisition: Cognitive abilities and information processing. *Journal of Experimental Psychology: General, 117,* 288–318.

Ackerman, P. (1992). Predicting individual differences in complex skill acquisition: Dynamics of ability determinants. *Journal of Applied Psychology, 77,* 598–614.

Ackerman, P. L. (1996). A theory of adult intellectual development: Process, personality, interests, and knowledge. *Intelligence*, *22*, 227–257.

Ackerman, P. L. (2000). Domain-specific knowledge as the "dark matter" of adult intelligence: Gf/Gc, personality and interests correlates. *Journal of Gerontology: Psychological Science*, *55*, 69–84.

Ackerman, P. L. (2003). Cognitive ability and non-ability trait determinants of expertise. *Educational Researcher*, *32*, 15–20.

Ackerman, P. L. (2005). Ability determinants of individual differences in skilled performance. In R. J. Sternberg & J. E. Pretz (Hrsg.), *Cognition and intelligence. Identifying the mechanisms of the mind* (S. 142–159). Cambridge: Cambridge University Press.

Ackerman, P. (2007). New development in understanding skilled performance. *Current Directions in Psychological Science, 16,* 235–239.

Ackerman, P. L. & Beier, M. E. (2006). Determinants of domain and independent study learning in an adult sample. *Journal of Educational Psychology*, *98*, 366–381.

Ackerman, P., Beier, M. E. & Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: The same or different constructs? *Psychological Bulletin, 131,* 30–60.

Ackerman, P. L., Bowen, K. R., Beier, M. E. & Kanfer, R. (2001). Determinants of individual differences and gender differences in knowledge. *Journal of Educational Psychology*, *93*, 797–825.

Ackerman, P. L. & Cianciolo, A. T. (2000). Cognitive, perceptual-speed, and psychomotor determinants of individual differences during skill acquisition. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 6,* 259–290.

Ackerman, P. L. & Cianciolo, A. T. (2002). Ability and task constraint determinants of complex task performance. *Journal of Experimental Psychology: Applied,* 8*,* 194–208.

Ackerman, P. L. & Kyllonen, P. C. (1991). Trainee characteristics. In J. E. Morrison (Hrsg.), *Training for performance. Principles of applied human learning* (S. 192–229). Chichester: Wiley.

Ackerman, P. L. & Lohmann, D. F. (2006). Individual differences in cognitive functions. In P. Alexander & Winne P. H. (Hrsg.), *Handbook of educational psychology* (2nd ed.). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Ackerman, P. L. & Rolfhus, E. L. (1999). The locus of adult intelligence: Knowledge, abilities, and non-ability traits. *Psychology and Aging*, *14*, 314–330.

Albert, H. (1972). Theorien in den Sozialwissenschaften. In H. Albert (Hrsg.), *Theorie und Realität. Die Einheit der Gesellschaftswissenschaften*. 2., veränderte Aufl. (S. 3–25). Tübingen: Mohr.

Allison, R. (2011). *An introduction to CLARION*. Zugriff am 16. September 2011 unter http://www.sts.rpi.edu/~rsun/ra-tutorial.pdf.

Althoff, K. (1984). Zur prognostischen Validität von Intelligenz- und Leistungstests im Rahmen der Eignungsdiagnostik. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, *28*, 144–148.

Althoff, K. (1986). Zur Aussagekraft von Schulzeugnissen im Rahmen der Eignungsdiagnostik. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, *30*, 77–85.

Amelang, M., Bartussek, D., Stemmler, G. & Hagemann, D. (2006). *Differentielle Psychologie und Persönlichkeitsforschung* (6., vollständig überarbeitete Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Anderson, J. R. (1993). *Rules of the mind*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Anderson, J. R. (1996). ACT: A Simple Theory of Complex Cognition. *American Psychologist*, *51*, 355–365.

Anderson, J. R. (2000). *Kognitive Psychologie* (5th ed.). New York: Spektrum Akademischer Verlag.

Anderson, J. R. (2007). *How can the human mind occur in the physical universe?* New York: Oxford University Press.

Anderson, J. R., Bothell, D., Byrne, M. D., Douglass, S., Lebiere, C. & Qin, Y. (2004). An integrated theory of the mind. *Psychological Review, 111*, 1036–1060.

Asendorpf, J. B. (2007). *Psychologie der Persönlichkeit* (4. Aufl.). Heidelberg: Springer.

Asparouhov, T. & Muthén, B. O. (2010). *Weighted Least Squares Estimation with Missing* Data. Zugriff am 7. Juni 2012 unter http://www.statmodel.com/download/GstrucMissingRevision.pdf.

Baddeley, A. D., Eysenck, M. W. & Anderson, M. C. (2009). *Memory*. Hove: Psychology Press.

Bader, R. (1989). Berufliche Handlungskompetenz. *Die berufsbildende Schule, 41,* 73–77.

Baethge, M., Achtenhagen, F., Arends, L., Babic, E., Baethge-Kinsky, V. & Weber, S. (2006). *Berufsbildungs-PISA: Machbarkeitsstudie:* Steiner.

Baron-Boldt, J., Schuler, H. & Funke, U. (1988). Prädiktive Validität von Schulabschluss-noten: Eine Metaanalyse. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *2*, 79–90.

Baumert, J., Brunner, M., Lüdtke, O. & Trautwein, U. (2007). Was messen internationale Schulleistungsstudien? – Resultate kumulativer Wissenserwerbsprozesse: Eine Antwort auf Heiner Rindermann. *Psychologische Rundschau*, *58*, 118–145.

Beck, K. (1990). Plädoyer für eine grundlagenorientierte erziehungswissenschaftliche Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, *18*, 10–15.

Beck, K. (1996). Die „Situation" als Bezugspunkt didaktischer Argumentationen – Ein Beitrag zur Begriffspräzisierung. In W. Seyd & R. Witt (Hrsg.), *Situation, Handlung, Persönlichkeit. Kategorien wirtschaftspädagogischen Denkens* (Materialien zur Berufsbildung, Bd. 6, S. 87–98). Hamburg: Feldhaus.

Beck, K., Bienengräber, T., Mitulla, C. & Parche-Kawik, K. (2001). Progression, Stagnation, Regression – Zur Entwicklung der moralischen Urteilskompetenz während der kaufmännischen Berufsausbildung. In K. Beck & V. Krumm (Hrsg.), *Lehren und Lernen in der beruflichen Erstausbildung. Grundlagen einer modernen kaufmännischen Berufsqualifizierung* (S. 139–161). Opladen: Leske + Budrich.

Beck, K. (2000). Zur Lage der Lehr-Lern-Forschung – Defizite, Erfolge, Desiderate. *Unterrichtswissenschaft*, 2000, 28, 23–29.

Beck, K. (2006). Theorieansätze. In R. Arnold & A. Lipsmeier (Hrsg.), *Handbuch der Berufsbildung* (2., überarbeitete und aktualisierte Aufl., S. 577—585). Wiesbaden: VS Verlag..

Becker, M., Spöttl, G., Hitz, H. & Rauner, F. (2002). *Aufgabenanalyse für die Neuordnung der Berufe im Kfz-Sektor*. Zugriff am 14. Mai 2012 unter http://www.biat.uni-flensburg.de/biat/Projekte/NeuordnungKFZ/Abschlussbericht.pdf.

Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung (Hrsg.) (2002). *Hamburger Schulleistungstest: SL-HAM 10/11*. Hamburg

Beier, M. E. & Ackerman, P. (2005a). Working memory and intelligence: Different constructs. Reply to Oberauer et al. (2005) and Kane et al. (2005). *Psychological Bulletin, 131,* 72–75.

Beier, M. E. & Ackerman, P. L. (2005b). Age, ability, and the role of prior knowledge on the acquisition of new domain knowledge: Promising results in a real-world learning environment. *Psychology and Aging*, *20*, 341–355.

Berry, D. C. & Broadbent, D. E. (1984). On the relationship between task performance and associated verbalizable knowledge. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 36A, 209–231.

Berry, D. C. & Dienes, Z. P. (1993). Implicit learning: Theoretical and empirical issues. Essays in cognitive psychology. Hove: Erlbaum.

BIBB (2010). Berufsbildungsstatistik der statistischen Ämter des Bundes und der Länder (Erhebung zum 31.12) – früher: AUSWEITSTAT. Zugriff am 24. April 2012 unter http://www.bibb.de/de/781.htm.

Borsboom, D., Mellenbergh, G. J. & Heerden, J. van (2004). The concept of validity. *Psychological Review*, *111*, 1061–1071.

Bortz, J. & Döring, N. (2009). *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler* (4., überarbeitete Aufl., Nachdruck). Heidelberg: Springer.

Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7., vollständig überarbeitete und erweiterte Aufl.). Heidelberg: Springer.

Brandt, K. (2005). Nachwuchs für die Zukunft – Auswahl von Lehrlingen. In K. Jonas, G. Keilhofer & J. Schaller (Hrsg.), *Human Ressource Management im Automobilbau: Konzepte und Erfahrungen* (S. 109–123), Bern: Hans Huber.

Breuer, K. (2006). Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung – eine Zwischenbilanz. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 102 (2), 194–210.

Brown, T. A. (2006). Confirmatory factor analysis for applied research. New York, NY: Guilford.

Boyle, M. O. & Ackerman, P. (2004). Individual differences in skill acquisition. In A. M. Williams & N. J. Hodges (Hrsg.), *Skill acquisition in sport. Research theory and practice* (S. 84–102). London: Routledge.

Byrne, M. B. (2012). *Structural equation modelling with Mplus*. New York, NY: Routledge.

Callender, J. C. & Osburn, H. G. (1981). Testing the constancy of validity with computer-generated sampling distributions of the multiplicative model variance estimate: Results for the petroleum industry validation research. *Journal of Applied Psychology*, 66, 274–281.

Cattell, R. B. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of Educational Psychology, 54,* 1–22.

Cattell, R. B. (1987). *Intelligence: Its structure, growth and action*. Amsterdam: North-Holland.

Damassio, A. (2011). *Selbst ist der Mensch: Körper, Geist und die Entstehung des menschlichen Bewusstseins*. München: Siedler.

Ditton, H. (1998). *Mehrebenenanalyse: Grundlagen und Anwendung des Hierarchisch Linearen Modells*. Weinheim: Juventa.

Dye, D. A., Reck, M., & McDaniel, M. A. (1993). The validity of job knowledge measures. *International Journal of Selection and Assessment*, *1*, 153–157.

Eid, M., Gollwitzer, M. & Schmitt, M. (2010). *Statistik und Forschungsmethoden*. Weinheim: Beltz.

Embretson, S. E. (2007). Construct validity: A universal validity system or just another test evaluation procedure? *Educational Researcher*, *36*, 449–455.

Eysenck, M. W. (2006). *Fundamentals of Cognition*. New York: Psychology Press.

Eysenck, M. W. & Keane, M. T. (2005). *Cognitive Psychology* (5th ed.). New York: Psychology Press.

Fay, E., Trost, G. & Gittler, G. (1998). *Intelligenz-Struktur-Analyse: Ein Test zur Messung der Intelligenz*. Frankfurt: Swets Test Services.

Fitts, P. M. & Posner, M. I. (1967). *Human Performance*. Belmont, CA: Brooks/Cole.

Fortmüller, R. (1997). *Wissen und Problemlösen. Eine wissenspsychologische Analyse der notwendigen Voraussetzungen für die Bewältigung von (komplexen) Problemen und Konsequenzen für den Unterricht in berufsbildenden Vollzeitschulen*. Wien: Manz.

Frensch, P. A. (2006). Implizites Lernen. In J. Funke & P. A. Frensch (Hrsg.), *Handbuch der Allgemeinen Psychologie – Kognition* (S. 229–238). Göttingen: Hogrefe.

Frensch, P. A. & Rünger, D. (2003). Implicit Learning. *Current Directions in Psychological Science*, *12*, 13–18.

Frey, A. (2006). *Validitätssteigerung durch adaptives Testen*. Frankfurt am Main: Peter Lang.

Funke, U. (1986). Die Validität verschiedener eignungsdiagnostischer Verfahren bei Lehrstellenbewerbern. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, *30*, 92–97.

Funke, J. (2003). *Problemlösendes Denken*. Stuttgart: Kohlhammer.

Gamsjäger, E. & Sauer, J. (1996). Determinanten der Grundschulleistung und ihr prognostischer Wert für den Sekundarschulerfolg. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, *43*, 182–204.

Geiser, C. (2010). *Datenanalyse mit Mplus: Eine anwendungsorientierte Einführung*. Wiesbaden: VS Verlag.

Geißel, B. (2008). Ein Kompetenzmodell für die elektrotechnische Grundbildung: Kriteriumsorientierte Interpretation von Leistungsdaten. In R. Nickolaus & H. Schanz (Hrsg.), *Didaktik der gewerblich-technischen Berufsbildung. Konzeptionelle Entwürfe und empirische Befunde* (S. 121–141). Hohengehren: Schneider.

Gerik, P., Bruhn, D., Danner, D., Endruschat, l., Göbert, J., Gross, H., Kruse, D., Rasmussen, C., Schopf, R. & Volkheimer, R. (2005). *Kraftfahrzeugtechnik* (6. Aufl.). Braunschweig: Westermann.

Gigerenzer, G. (2008). *Bauchentscheidungen: Die Intelligenz des Unbewussten und die Macht der Intuition* (6. Aufl.). München: Goldmann.

Gittler, G. & Institut für Test- und Begabungsforschung Bonn (ITB). (1998*). Intelligenz-Struktur-Analyse: Ein Test zur Messung der Intelligenz: Manual*. Frankfurt: Swets Test Services.

Görlich, Y. & Schuler, H. (2007). *Arbeitsprobe zur berufsbezogenen Intelligenz. Technische und handwerkliche Tätigkeiten*. Göttingen: Hogrefe.

Grabner, R., Neubauer, A. C. & Stern, E. (2006). Superior performance and neural efficiency: The impact of intelligence and expertise. *Brain Research Bulletin, 69*, 422–439.

Grabner, R., Stern, E. & Neubauer, A. C. (2003). When intelligence loses its impact: Neural efficiency during reasoning in a familiar area. *International Journal of Psychophysiology, 49,* 89–98.

Graham, J. W. (2009). Missing data analysis: making it work in the real world. *Annual Review of Psychology*, *60*, 549–576.

Gruber, H. (1994). *Expertise: Modelle und empirische Untersuchungen*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

Gruber, H. (1999). *Erfahrung als Grundlage kompetenten Handelns*. Bern: Huber.

Gschwendtner, T. (2008). Ein Kompetenzmodell für die kraftfahrzeugtechnische Grundbildung. In R. Nickolaus & H. Schanz (Hrsg.), *Didaktik der gewerblich-technischen Berufsbildung. Konzeptionelle Entwürfe und empirische Befunde* (S. 103–119). Hohengehren: Schneider.

Gschwendtner, T. (2011). Die Ausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker im Längsschnitt: Analysen zur Struktur von Fachkompetenz am Ende der Ausbildung und Erklärung von Fachkompentenzentwicklungen über die Ausbildungszeit. In R. Nickolaus & G. Pätzold (Hrsg.)Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung [Themenheft]. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik. 25,* 55–76.

Gschwendtner, T., Abele, S. & Nickolaus, R. (2009). Computersimulierte Arbeitsproben: Eine Validierungsstudie am Beispiel der Fehlerdiagnoseleistungen von Kfz-Mechatronikern. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 105 (4), 557–578.

Häcker, H. (2004). Fähigkeit. In H. Häcker & K.-H. Stapf (Hrsg.), *Dorsch Psychologisches Wörterbuch*. 14., vollständig überarbeitete und erweiterte Aufl. (S. 289). Bern: Huber.

Hartig, J. (2007). Skalierung und Definition von Kompetenzniveaus. In B. Beck & E. Klieme (Hrsg.), *Sprachliche Kompetenzen. Konzepte und Messung* (S. 83–99). Weinheim: Beltz.

Hartig, J., Frey, A. & Jude, N. (2008). Validität. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 135–163). Berlin: Springer.

Hartig, J. & Klieme, E. (2006). Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 127–143). Heidelberg: Springer.

Hasselhorn, M. & Gold, A. (2009). *Pädagogische Psychologie: Erfolgreiches Lernen und Lehren* (2., durchgesehene Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Hattie, J. (2009). *Visible Learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.

Hell, B. (2003). *Kognitive Leistungsfähigkeit in der Berufseignungsdiagnostik. Forschungsrückblicke und Entwicklung eines neuen Instruments zur Erfassung Schlussfolgernden und Kreativen Denkens*. Berlin: dissertation.de.

Helmke, A. (2010). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (3. Aufl.). Seelze: Klett-Kallmeyer.

Heuer, H. (2004). Fertigkeit. In H. Häcker & K.-H. Stapf (Hrsg.), *Dorsch Psychologisches Wörterbuch*. 14., vollständig überarbeitete und erweiterte Aufl. (S. 311–312). Bern: Huber.

Hoffmann, E. & Lehmann, R. (2007). Berufsspezifische Fachleistung in gewerblich-technischen und handwerklichen Berufen am Ende der Ausbildung. In R. H. Lehmann & S. Seeber (Hrsg.), *ULME III. Untersuchung von Leistungen, Motivation und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler in den Abschlussklassen der Berufsschulen* (S. 159–190). Hamburg: Behörde für Bildung und Sport.

Holland, J. L. (1997). *Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments* (3. Aufl.). Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.

Horn, J. L. & Cattell, R. B. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and crystallized intelligence. *Journal of Educational Psychology, 57,* 253–270.

Horn, J. L. & Noll, J. (1997). Human cognitive capabilities: Gf-Gc theory. In D. P. Flanagan, J. L. Genshaft & P. L. Harrison (Hrsg.), *Contemporary intellectual assessment. Theories, tests, and issues* (S. 53–91). New York, NY: Guilford Press.

Howard, D. V. & Howard, J. H. (1992). Adult age differences in the rate of learning serial patterns: Evidence from direct and indirect tests. *Psychology and Aging*, *7*, 232–241.

Hu, L. & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling*, 6, 1–55.

Hülsheger, U. R., Maier, G. W. & Stumpp, T. (2007). Validity of the general mental ability for the prediction of job performance and training success in Germany: A meta-analysis. *International Journal of Selection and Assessment*, *15*, 3–18.

Hülsheger, U. R., Maier, G. W., Stumpp, T. & Muck, P. M. (2006). Vergleich kriteriumsbezogener Validitäten verschiedener Intelligenztests zur Vorhersage von Ausbildungserfolg in Deutschland. Ergebnisse einer Metaanalyse. *Zeitschrift für Personalpsychologie*, *5*, 145–162.

Hunter, J. E. & Hunter, R. F. (1984). Validity and utility of alternative predictors of job performance. *Psychological Bulletin*, *96*, 72–98.

Hunter, J. E. & Schmidt, F. L. (2004). *Methods of meta-analysis. Correcting error and bias in research findings* (2nd ed.). Beverly Hills, CA: Sage.

Ingenkamp, K. (1977). *Die Fragwürdigkeit der Zensurgebung. Texte und Untersuchungsberichte*. Weinheim: Beltz.

Jäger, A. O., Süß, H.-M. & Beauducel, A. (1997). *Berliner Intelligenzstruktur-Test: Handanweisung*. Göttingen: Hogrefe.

Jungkunz, D. (1995). *Berufsausbildungserfolg in ausgewählten Ausbildungsberufen des Handwerks: Theoretische Klärung und empirische Analyse*. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.

Jungkunz, D. & Bodinet, K. (1989) Korrelative Bedeutung von Testergebnissen, schulischer Vorbildung, Berufsschulnoten und Fähigkeitseinschätzungen für Berufsabschlußnoten. *Zeitschrift für Empirische Pädagogik*, *5*, 711–730.

Jungkunz, D. & John, W. (1991). Bedingungsfaktoren bei der Vergabe von Zeugnisnoten an Auszubildende handwerklicher Ausbildungsberufe. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 87 (6), 481–494.

Kane, M. T. (2001). Current Concerns in Validity Theory. *Journal of Educational Measurement*, *38*, 319–342.

Kane, M. T. (2010). *Errors of measurement, theory, and public policy.* Princeton, NJ: Educational Testing Service.

Kane, M. J., Hambrick, D. Z. & Conway, A. R. A. (2005). Working memory capacity and fluide intelligence are strongly related constructs: Comments on Ackermann, Beier, and Boyle (2005). *Psychological Bulletin, 131,* 66–71.

Kersting, M. (2001). Zur Konstrukt- und Kriteriumsvalidität von Problemlöseszenarien anhand der Vorhersage von Vorgesetztenurteilen über die berufliche Bewährung. *Diagnostica*, 47, 67–76.

Klieme, E. & Hartig, J. (2007). Kompetenzkonzepte in den Sozialwissenschaften und im erziehungswissenschaftlichen Diskurs. In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.) Kompetenzdiagnostik [Sonderheft 8]. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 11–29. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaft.

Knöll, B. (2007). *Differenzielle Effekte von methodischen Entscheidungen und Organisations-formen beruflicher Grundbildung auf die Kompetenz- und Motivationsentwicklung in der gewerblich-technischen Erstausbildung. Eine empirische Untersuchung in der Grundaus-bildung von Elektroinstallateuren* (Stuttgarter Beiträge zur Berufs- und Wirtschafts-pädagogik, Bd. 30). Aachen: Shaker.

Kramer, J. (2009a). *Metaanalytische Studien zu Intelligenz und Berufsleistung in Deutschland.* Zugriff am 18. Oktober 2010 unter http://hss.ulb.uni-bonn.de:90/2009/1708/1708.pdf.

Kramer, J. (2009b). Allgemeine Intelligenz und beruflicher Erfolg in Deutschland. Vertiefende und weiterführende Metaanalyse. *Psychologische Rundschau*, *60*, 82–98.

Kyllonen, P. C. & Christal, R. E. (1989). Cognitive modeling of learning abilities: A status report of LAMP. In R. Dillon & J. W. Pellegrino (Hrsg.), *Testing. Theoretical and applied issues* . San Francisco, CA: Freeman.

Kyllonen, P. C. & Stephens, D. L. (1990). Cognitive abilities as determinants of success in acquiring logic skill. *Learning and Individual Differences, 2,* 129–160.

Kyllonen, P. C. & Woltz, D. J. (1989). Role of cognitive factors in the acquisition of cognitive skill. In R. Kanfer, P. L. Ackerman & R. Cudeck (Hrsg.), *Abilities, motivation, and methodology. The Minnesota symposium on learning and individual differences* (S. 239–280). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Lefrançois, G. R. (2006). *Psychologie des Lernens* (4., überarbeitete und erweiterte Aufl.). Heidelberg: Springer.

Lehmann, R. H., Seeber, S. & Hunger, S. (2006). *ULME II: Untersuchung von Leistungen, Motivation und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler in den Abschlussklassen der teilqualifizierenden Berufsfachschulen*. Hamburg: Behörde für Bildung und Sport.

Levine, E. L., Spector, P. E., Menon, S., Narayanan, L. & Cannon-Bowers, J. (1996): Validity generalization for cognitive, psychomotor, and perceptual tests for craft jobs in the utility industry. *Human Performance*, *9*, 1–22.

Lienert, G. A. (1958). *Mechanisch-Technischer Verständnistest. Handanweisung für die Durchführung und Auswertung*. Göttingen: Hogrefe.

Little, T. D., Cunningham, W. A., Shahar, G. &Widaman, K. F. (2002). To parcel or not to parcel: Exploring the question, weighing the merits. *Structural Equation Modeling*, *9*, 151–173.

Lüdtke, O., Robitzsch, A., Trautwein, U. & Köller, O. (2007). Umgang mit fehlenden Werten in der psychologischen Forschung: Problemle und Lösungen. *Psychologische Rundschau*, *58*, 103–117.

MacGinitie, W. H., MacGinitie, R. K., Maria, K. & Dreyer, L. G. (2000). *Gates-MacGinitie Reading Tests Level 7/9. Manual for Scoring and Interpretation*. Itasca, IL: Riverside Publishing.

Mack, W. (1995). Intelligenz und Expertiseerwerb: Empirische Studien zur Kompetenzentwicklung bei Kfz-Mechanikern. Reihe 6, Psychologie. Frankfurt am Main: Lang.

MacKinnon, D. P., Lockwood, C. M. & Williams, J. (2004). Confidence limits for the indirect effect: Distribution of the product and resampling methods. *Multivariat Behavioral Research*, 39, 99–128.

Maier, P. H. (1999). *Räumliches Vorstellungsvermögen: Ein theoretischer Abriß des Phänomens räumliches Vorstellungsvermögen*. Donauwörth: Auer.

Markowitsch, H. J. (2009). *Dem Gedächtnis auf der Spur: Vom Erinnern und Vergessen* (3. Aufl.). Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Marshalek, B., Lohmann, D. F. & Snow, R. E. (1983). The complexity continuum in the radex and hierarchical models of intelligence. *Intelligence, 7,* 107–127.

Mayer, R. E., Dyck, J. L. & Vilberg, W. (1986). Learning to program and learning to think: What's the connection? *Communications of the ACM,* 29*,* 605–610.

Moosbrugger, H. & Schermelleh-Engel, K. (2008). Exploratorische (EFA) und konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 308–324). Berlin: Springer.

Muthén, L. K. & Muthén, B. O. (1998–2010). *Mplus user´s guide. Fifth edition*. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.

Nagy, G. (2005). *Berufliche Interessen, kognitive und fachgebundende Kompetenzen: Ihre Bedeutung für die Studienfachwahl und die Bewährung im Studium*. Unveröffentlichte Dissertation, FU Berlin.

Neubauer, A. (2005). Intelligenz. In H. Weber & T. Rammsayer (Hrsg.), *Handbuch der Persönlichkeitspsychologie und differentiellen Psychologie* (Handbuch der Psychologie, S. 321–332). Göttingen: Hogrefe.

Neubauer, A. & Stern, E. (2007). *Lernen macht intelligent: Warum Begabung gefördert werden muss*. München: DVA.

Nickolaus, R. (2011). Die Erfassung fachlicher Kompetenzen und ihrer Entwicklungen in der beruflichen Bildung – Forschungsstand und Perspektiven. In O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.), *Stationen empirischer Bildungsforschung. Traditionslinien und Perspektiven* (S. 331–351). Wiesbaden: VS Verlag.

Nickolaus, R. & Abele, S. (2009). Chancen und Grenzen eines differenzierteren Ansatzes zur Hochschulbewerberauswahl. *Das Hochschulwesen*, *57*, 81–88.

Nickolaus, R. & Abele, S. (2010). *Generierung von Datensätzen zu Leistungen von Auszubildenden bei Personalauswahlverfahren, in der Berufsschule, im Betrieb und bei den Kammerprüfungen* (Projektabschlussbericht). Stuttgart: Institut für Erziehungswissenschaft und Psychologie, Lehrstuhl für Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik.

Nickolaus, R., Abele, S. & Gschwendtner, T. (2012). Valide Kompetenzabschätzungen als eine notwendige Basis zur Effektbeurteilung beruflicher Bildungsmaßnahmen – Wege und Irrwege. In G. Niedermaier (Hrsg.), *Kompetenzen entwickeln, messen und bewerten* (Schriftenreihe aus Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Bd. 6, S. 537–554). Linz: Trauner.

Nickolaus, R., Abele, S., Gschwendtner, T., Nitzschke, A. & Greiff, S. (2012). Fachspezifische Problemlösefähigkeit in gewerblich technischen Ausbildungsberufen – Modellierung, erreichte Niveaus und relevante Einflussfaktoren. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 108 (2), 243–272.

Nickolaus, R., Beck, K. & Dubs, R. (2010). Empirische Ansätze in der Berufs– und Wirtschaftspädagogik. In R. S. Jäger, P. Nenninger, H. Petillon, B. Schwarz & B. Wolf (Hrsg.), *Empirische Pädagogik 1990 – 2010. Eine Bestandsaufnahme der Forschung in der Bundesrepublik Deutschland. Bd. 2: Institutionsbezogene empirische pädagogische Forschung* (Erziehungswissenschaft, Bd. 30, S. 133–199). Landau: Verlag Empirische Pädagogik.

Nickolaus, R., Geißel, B., Abele, S. & Gschwendtner, T. (2011a). *Kompetenzmodellierung und Kompetenzentwicklung in der gewerblich-technischen Ausbildung* (DFG-Abschlussbericht). Stuttgart: Universität, Abteilung für Berufs- und Wirtschaftspädagogik.

Nickolaus, R., Geißel, B., Abele, S. & Nitzschke, A. (2011b). Fachkompetenzmodellierung und Fachkompetenzentwicklung bei Elektronikern für Energie- und Gebäudetechnik im Verlauf der Ausbildung – Ausgewählte Ergebnisse einer Längsschnittstudie. In R. Nickolaus & G. Pätzold (Hrsg.) Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung [Themenheft]. *Zeitschrift für Berufs und Wirtschaftspädagogik, 25,* 55–94.

Nickolaus, R., Geißel, B. & Gschwendtner, T. (2008). Die Rolle der Basiskompetenzen Mathematik und Lesefähigkeit in der beruflichen Ausbildung und die Entwicklung mathematischer Fähigkeiten im ersten Ausbildungsjahr. *bwp@*, 14. Zugriff am 23. Januar 2012 unter http://www.bwpat.de/ausgabe14/nickolaus_etal_bwpat14.pdf.

Nickolaus, R., Geißel, B. & Gschwendtner, T. (2009a). *Einflüsse betrieblicher und schulischer Ausbildungsvarianten auf die Kompetenz- und Motivationsentwicklung*. Stuttgart: Universität, Abteilung Berufs-, Wirtschafts- und Technikpägogik.

Nickolaus, R., Gschwendtner, T. & Abele, S. (2009b). *Abschlussbericht für das Bundesministerium für Bildung und Forschung zum Projekt: Die Validität von Simulationsaufgaben am Beispiel der Diagnosekompetenz von Kfz-Mechatronikern.: Vorstudie zur Validität von Simulationsaufgaben im Rahmen eines VET-LSA*. Zugriff am 16. April 2012 unter http://www.bmbf.de/pubRD/Abschluss-Bericht_Druckfassung.pdf.

Nickolaus, R., Gschwendtner, T. & Geißel, B. (2008). Entwicklung und Modellierung beruflicher Fachkompetenz in der gewerblich-technischen Erstausbildung. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 104 (1), 48–73.

Nickolaus, R., Gschwendtner, T., Geißel, B. & Abele, S. (2010). Konzeptionelle Vorstellungen zur Kompetenzerfassung und Kompetenzmodellierung im Rahmen eines VET-LSA bei Kfz-Mechatronikern und Elektronikern. In D. Münk & A. Schelten (Hrsg.), *Kompetenzermittlung für die Berufsbildung. Verfahren, Probleme und Perspektiven im nationalen, europäischen und internationalen Raum* (S. 251–267). Bielefeld: Bertelsmann.

Nickolaus, R. & Norwig, K. (2009). Mathematische Kompetenzen von Auszubildenden und ihre Relevanz für die Entwicklung der Fachkompetenz – ein Überblick zum Forschungsstand. In A. Heinze & M. Grüßing (Hrsg.), *Mathematiklernen vom Kindergarten bis zum Studium. Kontinuität und Kohärenz als Herausforderung für den Mathematikunterricht*. Münster: Waxmann.

Nickolaus, R., Rosendahl, J., Gschwendtner, T., Geißel, B. & Straka, G. A. (2010). Erklärungsmodelle zur Kompetenz- und Motivationsentwicklung bei Bankkaufleuten, Kfz-Mechatronikern und Elektronikern. In J. Seifried, E. Wuttke, R. Nickolaus & F. E. Sloane (Hrsg.) Lehr-Lern-Forschung in der kaufmännischen Berufsbildung – Ergebnisse und Gestaltungsaufgaben [Themenheft]. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 23, 73–88.

Nitzschke, A., Geißel, B. & Nickolaus, R. (2011). Erfassung von Fachkompetenz bei Elektronikern und deren Prädiktoren über den Verlauf der Ausbildung. In M. Fischer, M. Becker & G. Spöttl (Hrsg.), *Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Bildung – Probleme und Perspektiven* (Berufliche Bildung in Forschung, Schule und Arbeitswelt, Bd. 7, S. 111–128). Frankfurt am Main: Lang.

Norwig, K., Ziegler, B., Kugler, G. & Nickolaus, R. (2013). Förderung der Lesekompetenz mittels Reciprocal Teaching – auch in der beruflichen Bildung ein Erfolg? *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 109 (1), 67–93.

Oberauer, K., Schulze, R., Wilhelm, O. & Süß, H.-M. (2005). Working memory and intelligence – their correlation and their relation: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005). *Psychological Bulletin, 131,* 61–65.

Pätzold, G. (2006). Vermittlung von Fachkompetenzen in der Berufsbildung. In R. Arnold & A. Lipsmeier (Hrsg.), *Handbuch der Berufsbildung*. 2., überarbeitete und aktualisierte Aufl. (S. 174–190). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaft.

Palumbo, M. V., Miller, C. E., Shalin, V. L. & Steele-Johnson, D. (2005). The impact of job knowledge in the cognitive ability-performance relationship. *Applied H.R.M. Research*, *10*, 13–20.

Pena, C. M. & Tirre, W. C. (1991). Cognitive factors involved in the first stage of programming skill acquisition. *Learning and Individual Differences, 4,* 311–334.

Popper, K. R. (2005a). *Alles Leben ist Problemlösen: Über Erkenntnis, Geschichte und Politik* (2. Aufl.). München: Piper.

Popper, K. R. (2005b). *Logik der Forschung* (11. Aufl.). Tübingen: Mohr Siebeck.

Punter, J. F. & Kubinger, K. D. (2002). Was ist aus der Kritik der „Testrezensionen: 25 einschlägige Verfahren“ (Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 18, Heft 1–2) geworden? *Psychologie in Österreich*, 22, 24–33.

Rauner, F., Grollmann, P. & Martens, T. (2007). *Messen beruflicher Kompetenz(entwicklung)* (ITB-Forschungbericht).

Rauner, F., Haasler, B., Heinemann, L. & Grollmann, P. (Hrsg.). (2009). *Messen beruflicher Kompetenzen: Grundlagen und Konzeptionen des KOMET-Projektes* (Band 1). Berlin: LIT.

Ree, M. J. & Earles, J. A. (1991). Predicting training success: Not much more than g. *Personnel Psychology*, 44, 321–332.

Ree, M. J. & Earles, J. A. (1992). Intelligence is the best predictor of job performance. *Current Directions in Psychological Science*, *1*, 86–89.

Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, *47*, 78–92.

Renkl, A. & Schweizer, K. (2000). Wer lernt wieviel? Zur Bedeutung von Intelligenzunterschieden. In K. Schweizer (Hrsg.), *Intelligenz und Kognition. Die kognitive-biologische Perspektive der Intelligenz* (Psychologie, S. 85–104). Landau: Verlag Empirische Pädagogik.

Rindermann, H. (2006). Was messen internationale Schulleistungsstudien? Schulleistungen, Schülerfähigkeiten, kognitive Fähigkeiten, Wissen oder allgemeine Intelligenz? *Psychologische Rundschau, 57,* 69–86.

Rindermann, H. (2007). Intelligenz, kognitive Fähigkeiten, Humankapital und Rationalität auf verschiedene Ebenen. *Psychologische Rundschau*, *58*, 137–145.

Rolfhus, E. L. & Ackerman, P. L. (1999). Assessing individual differences in knowledge: Knowledge, intelligence, and related traits. *Journal of Educational Psychology*, *91*, 511–526.

Rosendahl, J. & Straka, G. A. (2011). Kompetenzmodellierung zur wirtschaftlichen Fachkompetenz angehender Bankkaufleute. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 107 (2), 190–217.

Rost, J. (1996). *Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion*. Bern: Huber.

Roth, G. (2003). *Fühlen, Denken, Handeln: Wie das Gehirn unser Verhalten steuert* (neue, vollständig überarbeitete Ausgabe). Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Roth, G. (2006). Möglichkeiten und Grenzen von Wissensvermittlung und Wissenserwerb: Erklärungsansätze aus Lernpsychologie und Hirnforschung. In R. Caspary (Hrsg.), *Lernen und Gehirn. Der Weg zu einer neuen Pädagogik*. (2. Aufl., S. 54–69). Freiburg: Herder.

Sackett, P. R., Tenopyr, M. L., Schmitt, N., Kehoe, K. & Zedeck, S. (1985). Commentary on forty questions about validity generalization and meta-analysis. *Personnel Psychology*, *38*, 697–798.

Salgado, J. F. & Anderson, N. (2003). Validity generalization of GMA tests across countries in the European Community. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, *12*, 1–17.

Salgado, J. F., Anderson, N., Moscoso, S., Bertua, C. & Fruyt, F. De (2003a). International validity generalization of GMA and cognitive abilities: A European Community meta-analysis, *Personnel Psychology*, *56*, 573–605.

Salgado, J. F., Anderson, N., Moscoso, S., Bertua, C., Fruyt, F. De & Rolland, J. P. (2003b). A meta-analytic study of general mental ability validity for different occupations in the European Community. *Journal of Applied Psychology*, *88*, 1068–1081.

Sauer, J. (2006). Prognose von Schulerfolg. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (3., überarbeitete und erweiterte Aufl., S. 584–595). Weinheim: Beltz.

Schelten, A. (1995). *Grundlagen der Arbeitspädagogik* (3., neu bearbeitete und erweiterte Aufl.). Stuttgart: Steiner.

Schelten, A. (2009). *Begriffe und Konzepte der berufspädagogischen Fachsprache: Eine Auswahl* (2., veränderte und überarbeitete Aufl.). Pädagogik. Stuttgart: Steiner.

Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003) Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit modelling. *Methods of Psychological Research Online*, *8* (2), 23–74.

Schermelleh-Engel, K. & Werner, C. (2008). Methoden der Reliabilitätsbestimmung. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 114–133). Berlin: Springer.

Schiefele, U., Krapp A., Wild, K. P. & Winteler, A. (1993). Der „Fragebogen zum Studieninteresse“ (FSI). *Diagnostica*, *39*, 335–351.

Schmidt, F. L. (2002). The role of general cognitive ability and job performance: Why there cannot be a debate. *Human Performance*, *15*, 187–210.

Schmidt, F. L. & Hunter, J. E. (1977). Development of a general solution to the problem of validity generalization. *Journal of Applied Psychology*, *62*, 529–540.

Schmidt, F. L. & Hunter, J. E. (1998). The validity and utility of selection methods in personnel psychology: Practical and theoretical implications of 85 years findings. *Psychological Bulletin*, *124*, 262–274.

Schmidt, F. L. & Hunter, J. E. (2004). General mental ability in the world of work: Occupational attainment and job performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, *86*, 162–173.

Schmidt, F. L., Pearlman, K., Hunter, J. E. & Hirsh, H. R. (1985). Forty questions about validity generalization and meta-analysis. *Personnel Psychology*, *38*, 697–798.

Schmidt-Atzert, L. (2008). Arbeitsprobe zur berufsbezogenen Intelligenz: Technische und handwerkliche Tätigkeiten (AZUBI-TH). *Zeitschrift für Personalpsychologie*, *7*, 141–143.

Schmidt-Atzert, L. & Deter, B. (1993a). Intelligenz und Ausbildungserfolg: Eine Untersuchung zur prognostischen Validität des I-S-T 70. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 37, 52–63.

Schmidt-Atzert, L. & Deter, B. (1993b). Die Vorhersage des Ausbildungserfolgs bei verschiedenen Berufsgruppen durch Leistungstests. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, *37*, 191–196.

Schmidt-Atzert, L., Deter, B. & Jaeckel, S. (2004). Prädiktion von Ausbildungserfolg: Allgemeine Intelligenz (g) oder spezifische kognitive Fähigkeiten? *Zeitschrift für Personalpsychologie*, *3*, 147–158.

Schnell, R., Hill, P. B. & Esser, E. (1999). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (6., völlig überarbeitete und erweiterte Aufl.). München: Oldenbourg.

Schuler, H. (2000). *Psychologische Personalauswahl: Einführung in die Berufseignungsdiagnostik* (3., unveränderte Aufl.). Göttingen: Hogrefe.

Schuler, H., Barthel, E. & Fünfgelt, V. (1984). Erfolg von Mädchen in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen: Ein Modellversuch. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, *28*, 67–78.

Schuler, H., Funke, U. & Baron-Boldt, J. (1990). Predictive validity of school grades – A meta-analysis, *Applied Psychology: An international review*, *39*, 89–103.

Schweizer, K. (2006). Klassische Intelligenzkonzepte. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 1–15). Heidelberg: Springer.

Seeber, S. (2007). Berufsspezifische Fachleistungen in ausgewählten Berufen des bereichs Wirtschaft und Verwaltung am Ende der Ausbildung. In R. H. Lehmann & S. Seeber (Hrsg.), *ULME III. Untersuchung von Leistungen, Motivation und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler in den Abschlussklassen der Berufsschulen* (S. 107–158). Hamburg: Behörde für Bildung und Sport.

Seeber, S. (2008). Ansätze zur Modellierung beruflicher Fachkompetenz in kaufmännischen Ausbildungsberufen. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 104 (1), 74–97.

Seeber, S. & Lehmann, R. (2011). Determinanten der Fachkompetenzentwicklung in ausgewählten gewerblich-technischen Berufen. In R. Nickolaus & G. Pätzold (Hrsg.) Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung [Themenheft]. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, *25*.

Seeber, S. & Nickolaus, R. (2010). Kompetenz, Kompetenzmodelle und Kompetenzentwicklung in der beruflichen Bildung. In R. Nickolaus, G. Pätzold, H. Reinisch & T. Tramm (Hrsg.), *Handbuch der Berufs- und Wirtschaftspädagogik* (S. 247–257). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Seifried, J (2008). Wirksamkeit von Lernarrangements ins der kaufmännischen Erstausbildung – Zur Bedeutung von Vorwissen und Bildungsabschlüssen. In E. Schlemmer & H. Gerstberger (Hrsg.), *Ausbildungsfähigkeit im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft, Politik und Praxis* (S. 233–248). Wiesbaden: VS Verlag.

Sembill, D., Rausch, A. & Kögler, K. (in Druck). Non-cognitive facets of competence: Theoretical foundations and implications for measurement. In O. Zlatkin-Troitschanskaia & K. Beck (Hrsg.), *From Diagnostics to learning success – Proceedings in vocational education and training.* Rotterdam: Sense.

Shachko, O. (2011). *Prognostische Validität eignungsdiagnostischer Verfahren zur betrieblichen Auswahl von Auszubildenden*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Stuttgart.

Spöttl, G. (2010). Berufsstrukturen und berufliche Kompetenz. In M. Becker, M. Fischer & G. Spöttl (Hrsg.), *Von der Arbeitsanalyse zur Diagnose beruflicher Kompetenzen. Methoden und methodologische Beiträge aus der Berufsbildungsforschung* (S. 159–176). Frankfurt am Main: Peter Lang.

Spöttl, G., Becker, M. & Musekamp, F. (2011). Anforderungen an Kfz-Mechatroniker und Implikationen für die Komptenzerfassung. In R. Nickolaus & G. Pätzold (Hrsg.) Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung [Themenheft]. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 25, 37–53.

Stanley, W., Mathews, R., Buss, R. & Kotler-Cope (1989). Insight without awareness: On the interaction of verbalization, instruction and practice in a simulated process control task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *41*, 553–77.

Steinmayr, R. & Amelang, M. (2006). Erste Untersuchungen zur Kriteriums-Validität der I-S-T 2000 R an Erwachsenen beiderlei Geschlechts. *Diagnostica*, *52*, 181–188.

Stern, E. (2004). Intelligenz, Wissen, Transfer und der Umgang mit Zeichensystemen. In E. Stern & J. Guthke (Hrsg.), *Perspektiven der Intelligenzforschung* (S. 163–203). Lengerich: Pabst Publisher.

Stern, E., Grabner, R. & Schumacher, R. (2007). *Lehr-Lern-Forschung und Neurowissenschaften – Erwartungen, Befunde, Forschungsperspektiven*. Berlin: BMBF.

Steyer, R. & Eid, M. (1993). *Messen und Testen.* Berlin: Springer.

Straka, G. A. & Macke, G. (2010a). *Neue Einsichten in Lehren, Lernen und Kompetenz*. Zugriff am 2. Februar 2010 unter http://elib.suub.uni-bremen.de/ip/docs/00010417.pdf.

Straka, G. A. & Macke, G. (2010b). Kompetenz – nur eine „kontextspezifische kognitive Leistungsdisposition“? *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 106 (3), 444–451.

Sun, R. (2002). *Duality of the mind. A bottom-up approach toward cognition*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Sun, R. (2003). *A tutorial on CLARION 5.0*. Zugriff am 1. April 2010 unter http://www.cogsci.rpi.edu/~rsun/sun.tutorial.pdf.

Sun, R. (2006). The CLARION cognitive architecture: Extending cognitive modelling to social simulation. In R. Sun (ed.), *Cognition and multi-agent interaction. From cognitive modelling to social simulation* (S. 79–102). Cambridge, NY: Cambridge University Press.

Sun, R. (2007). The motivational and metacognitive control in CLARION. In Gray, W. (ed.) *Integrated models of cognitive systems* (S. 63–75). New York, NY: Oxford University Press.

Sun, R. (2009a) Motivational representations within a computational cognitive architecture. *Cognitive Computation*, *1*, 91–103.

Sun, R. (2009b). Theoretical status of computational cognitive modeling. *Cognitive Systems Research*, *10*, 124–140.

Sun, R., Mathews R. & Lane, S. (2007a). Implicit and explicit processes in the development of cognitive skills: A theoretical interpretation with some practical implications for science education. In Vargios, E. (ed.) *Educational Psychology Research Focus*, Hauppauge, NY: Nova Science Publisher, 1–26.

Sun, R, Merrill, E. & Peterson, T. (2001). From implicit skills to explicit knowledge: A bottom-up model of skill learning. *Cognitive Science*, *25*, 203–244.

Sun, R., Slusarz, P. & Terry, C. (2005). The interaction of explicit and implicit in skill learning: A dual-process approach. *Psychological Review*, *112,* 159–192.

Sun, R. & Zhang, X. (2006). Accounting for a variety of reasoning data within a cognitive architecture. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, *18*, 169–191.

Sun, R., Zhang, X. & Mathews, R. (2006). Modeling meta-cognition in a cognitive architecture, *Cognitive Systems Research*, *7*, 327–338.

Sun, R., Zhang, X., Sluszarz, P & Mathews, R. (2007b). The interaction of implicit learning, explicit hypothesis testing, and implicit-to-explicit knowledge extraction, *Neural Networks*, *20*, 34–47.

Taatgen, N. & Lee, F. J. (2003). Production compilation: A simple mechanism to model complex skill acquisition. *Human Factors*, *45*, 61–76.

Taatgen, N. & Wallach, D. (2002). Whether skill acquisition is rule or instance based is determined by the structure of the task. *Cognitive Science Quarterly*, *2*, 163–204.

Tenberg, R. (2011). *Vermittlung fachlicher und überfachlicher Kompetenzen in technischen Berufen: Theorie und Praxis der Technikdidaktik*. Stuttgart: Steiner.

Tent, L. (2006). Zensuren. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (3., überarbeitete und erweiterte Aufl., S. 873–880). Weinheim: Beltz.

Voelkle, M. C., Wittmann, W. W. & Ackerman, P. (2006). Abilities and skill acquisition: A latent growth curve approach. *Learning and Individual Differences,* 16*,* 303–319.

Weiß, R. H. (1971). *CFT 3: Grundintelligenztest Skala 3*. Braunschweig: Westermann.

Weiß, R. H. (2006). *CFT 20-R. Grundintelligenztest Skala 2 – Revision*. Göttingen: Hogrefe.

Wiberg, M. & Sundström, A. (2009). A comparison of two approaches to correction of restriction of range in correlation analysis. *Practical Assessment Research & Evaluation*, *14* (5), 1–9.

Winther, E. (2010). *Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung*. Bielefeld: Bertelsmann.

Winther, E. & Achtenhagen, F. (2009). Skalen und Stufen kaufmännischer Kompetenz. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 105 (4), 521–556.

Wittmann, W. W. (1988). Multivariate reliability theory. Principles of symmetry and success-ful validation strategies. In J. R. Nesselroade & R. B. Cattell (Hrsg.), *Handbook of multi-variate experimental psychology* (S. 505–560). New York: Plenum.

Zimmerman, D. W. & Williams, R. H (1982). Gain scores in research can be highly reliable. *Journal of Educational Measurement*, *19*, 149–154.

Zöller, I. & Roos, J. (2012). Einfluss individueller Merkmale und familiärer Faktoren während und nach dem Übergang auf die weiterführenden Schule. In J. Roos & H. Schöler (Hrsg.), *Transitionen in der Bildungsbiographie. Der Übergang vom Primar- zum Sekundarbereich*. (S. 45–103). Wiesbaden: Springer VS.

Zweig, F. (2011). *Entwicklung und Evaluation eines Tests zur Messung der inkrementellen Validität von Arbeitsproben im Rahmen von Auswahlverfahren in der technisch-gewerblichen Ausbildung*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Hohenheim

ANHANG

WEITERE BEFUNDE ZUR STUDIE 1

Deskriptive Statistiken zum berufsfachlichen Wissen

Tabelle A 1: Ausgewählte deskriptive Statistiken und Kurzbeschreibung der Wissensitems des Inhaltsbereichs „Kfz-Motortechnik" (Test 1)

Item	Kurzbeschreibung	Lösungsquote [%]	*n*
Mot 1.1	Beschriftung eines Motors	30.3	379
Mot 1.2		24.8	
Mot 2	Schließzeit einer Zündkerze	54.5	398
Mot 3	Prüfung des Kompressionsdrucks	13.7	284
Mot 4.1	Bennenung der Elemente eines Pleuels	24.6	285
Mot 4.2		10.5	
Mot 4.3		7.0	
Mot 5	Vorgehensweise bei Druckverlust am Zylinder	83.9	304
Mot 6	Funktion der Ventilüberschneidung	36.3	190
Mot 7	Ursachen für Öl im Kühlwasser	91.1	190
Mot 8	Messen des Nutenspiels der Kolbenringe	47.9	190
Mot 9	Maßnahme für Erreichen einer besseren Emissonsklasse	65.8	190

Anmerkungen: Alle Items außer Mot 1 und Mot 4 sind dichotom kodiert; *n*: Stichprobengröße.

Tabelle A 2: Ausgewählte deskriptive Statistiken und Kurzbeschreibung der berufsfachlichen Wissensitems des Inhaltsbereichs „elektrische und elektronische Kfz-Systeme“ (Test 1)

Item	Code	Kurzbeschreibung	Lösungsquote [%]	*n*
EE1.1.1			26.3	
EE1.1.2	(Ms1)	Fehlerdiagnose am Fahrgeschwindigkeitssensor	12.9	395
EE1.1.2			3.0	
EE1.2	(Ms5)	Konsequenzen des Ausfalls einer bestimmten Sicherung	59.5	111
EE1.3	(St 1)	Bennenung der Schalt- und Messsysmbole eines Stromlaufplans	44.7	389
EE1.4	(St 2)	Berechnungen zu Leselampe im Fahrzeuginnenraum 1	36.3	389
EE1.5	(St 3)	Berechnungen zu Leselampe im Fahrzeuginnenraum 2	11.1	388
EE1.6	(St 4)	Fehlerdiagnose an Beleuchtungsanlage	17.5	394
EE1.7	(St 5)	Identifikation eines mitlaufenden Verbrauchers	39.1	394
EE1.8	(St 10)	Ursache für schwach leuchtendes Standlicht	64.6	110
EE1.9	(St 13)	Fehlerdiagnose bei Fahrzeug mit Lichtcheckfunktion	58.7	300

Anmerkungen: Alle Items außer EE1.1 sind dichotom kodiert; *n*: Stichprobengröße.

Tabelle A 3: Ausgewählte deskriptive Statistiken und Kurzbeschreibung der berufsfachlichen Wissensitems des Inhaltsbereichs „elektrische und elektronische Kfz-Systeme“ (Test 2)

Item	Kurzbeschreibung	Lösungsquote [%]	*n*
EE2.1	Lokalisierung Saugrohrumschalt-Magnetventil im Motorraum	69.5	354
EE2.2	Interpretation einer Widerstands-messung	37.6	354
EE2.3	Widerstandswert bei Kabelbruch	85.6	354
EE2.4	elektrotechnische Messung am Hallgeber	24.1	353
EE2.5	Spannungsmessung am Motorsteuergerät	57.8	353
EE2.6	Widerstandsmessung am Motorsteuergerät	41.9	353
EE2.7	Prüfung der Versorgungsspannung an Elektrokraftstoffpumpe	52.1	353
EE2.8.1	Ursachen fehlender Spannungsversorgung des Luftmassenmessers	36.5	308
EE2.8.2		8.8	
EE2.8.3		4.0	
EE2.9	Fehlerdiagnose am Kurbelhäuseentlüftung-Heizelement	55.1	352

Anmerkungen: Alle Items außer EE2.8 sind dichotom kodiert; *n*: Stichprobengröße.

Tabelle A 4: Ausgewählte deskriptive Statistiken zum berufsfachlichen Wissen in Stichprobe B

Maße	*n*	*M*	*SD*	Kurto
Berufsfachliches Wissen				
Ergebnisse der theoretischen Abschlussprüfung	398	73.8	8.3	0.4
Kfz-Diagnosetechnik	140	78.0	8.3	-0.4
Kfz-Instandhaltungstechnik	140	73.6	10.9	0.6
Berufsfachliche Schulnote	396	2.3	0.6	-0.3

Anmerkungen: *n*: Stichprobengröße, *M*: Mittelwert und *SD*: Standardabweichung; maximale Punktzah Abschlussprüfungen: 100.

Deskriptive Statistiken zur berufsfachlichen Fertigkeit

Tabelle A 5: Ausgewählte deskriptive Statistiken und Kurzbeschreibung der computersimulierten Arbeitsproben des Tätigkeitsbereichs „Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen“

Item	Kurzbeschreibung	Lösungsquote [%]	*n*
Arbeitsauftrag 1	Defekt am Drehzahlgeber	22.0	177
Arbeitsauftrag 2	Defekt am Kraftstofftemperatursensor	78.3	212
Arbeitsauftrag 3	Defekt am Abblendlicht I	85.3	177
Arbeitsauftrag 4	Defekt am Abblendlicht II	16.3	123
Arbeitsauftrag 5	Fehlende Spannungsversorgung an mehreren Komponenten aufgrund defekter Sicherung	19.8	172
Arbeitsauftrag 6	Kabelunterbrechung Ansteuerung Pumpe-Düse-Einheit	25.6	168

Anmerkungen: Alle Arbeitsaufträge sind dichotom kodiert; *n*: Stichprobengröße.

Tabelle A 6: Ausgewählte deskriptive Statistiken und Informationen zu den Arbeitsproben der praktischen Gesellenprüfung Teil 2

Item	Tätigkeitsbereich	Erhebungsmethode	*M*	*SD*	Schiefe	Kurtosis	*n*
Prüfungsstation 1	Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Systemen	Arbeitsprobe	70.1	20.2	-.45	-.81	260
Prüfungsstation 3	Reparatur	Arbeitsprobe	77.8	19.0	-1.13	.87	260
Prüfungsstation 5.1	Standardservice	Arbeitsprobe	71.5	16.1	-.33	-.05	260
Prüfungsstation 5.2		Fachgespräch zur Arbeitsprobe	66.7	19.4	-.30	-.56	260
Prüfungsstation 6.1	Diagnostizieren in elektrischen und elektronischen Systemen	Arbeitsprobe	71.8	23.9	-.51	-.92	260
Prüfungsstation 6.2		Fachgespräch zur Arbeitsprobe	71.7	18.8	-.51	-.06	260

Anmerkungen: Bei jeder Prüfungsstation können 100 Punkte erreicht werden. *M*: Mittelwert, *SD*: Standardabweichung, *n*: Stichprobengröße.

Tabelle A 7: Ausgewählte deskriptive Statistiken zur berufsfachlichen Fertigkeit in Stichprobe B

Maße	*n*	*M*	*SD*	Kurtosis	Schiefe
Berufsfachliche Fertigkeit					
Ergebnisse der praktischen Abschlussprüfung	398	79.2	11.1	-0.41	-0.33
Betriebliche Arbeitsprobe im 3. Ausbildungsjahr	164	88.9	8.3	2.74	-1.43
Ergebnisse der Praxis-Abschlussprüfung	164	78.6	10.7	-0.33	-0.36
Betriebliche Arbeitsaufträge (Praktische Abschlussprüfung)	164	80.5	9.0	-0.05	-0.43
Fachgespräch (Praktische Abschlussprüfung)	140	76.9	17.9	-0.23	-0.71

Anmerkungen: *n*: Stichprobengröße, *M*: Mittelwert und *SD*: Standardabweichung; maximale Punktzahl: 100.

Tabelle A 8: Ausgewählte deskriptive Statistiken und Kurzbeschreibung der computersimulierten Arbeitsproben

Item	Kurzbeschreibung	Lösungsquote [%]	*n*
Arbeitsauftrag 1	Defekt am Drehzahlgeber	6.7	209
Arbeitsauftrag 3	Defekt am Abblendlicht I	82.0	181
Arbeitsauftrag 6	Kabelunterbrechung Ansteuerung Pumpe-Düse-Einheit	20.0	70
Arbeitsauftrag 7	Defekt am Turboladerschlauch	59.3	177
Arbeitsauftrag 8	Defekt am Kühlmittel-Glühkerzen-Relais	13.0	100
Arbeitsauftrag 9	Defektes Motorsteuergerät	25.3	233
Arbeitsauftrag 10.1	Defekt am Abblendlicht	29.6	260
Arbeitsauftrag 10.2		20.8	
Arbeitsauftrag 11.1	Fehlende Spannungsversorgung am Motorsteuergerät	33.2	193
Arbeitsauftrag 11.2		6.2	

Anmerkungen: Die Arbeitsaufträge 10 und 11 sind dreistufige Items (0, 1, 2), die restlichen Arbeitsaufträge sind dichotom kodiert; *n*: Stichprobengröße.

WEITERE BEFUNDE ZUR STUDIE 2

Deskriptive Statistiken zu ausgewählten Determinanten

Tabelle A 9: Ausgewählte deskriptive Statistiken zur Intelligenz, zu verschiedenen kognitiven Primärfähigkeiten und Basiskompetenzen sowie zum Interesse am Ausbildungsberuf

Maße	*n*	M	SD	Kurtosis	Schiefe
Stichprobe A					
Fluide Intelligenz	259	107.2	17.2	-.21	.12
Mathematische Basiskompetenz	271	8.0	2.4	-.59	-.27
Sprachliche Basiskompetenz	270	10.3	2.5	.89	-.89
Interesse am Ausbildungsberuf	112	47.7	8.3	2.12	-.92
Stichprobe B					
Kristalline Intelligenz	391	106.5	5.6	-.43	.49
Mathematische Fähigkeit	391	106.7	7.7	.28	-.05
Sprachliche Fähigkeit	391	104.4	6.7	-.01	-.46
Räumliches Vorstellungsvermögen	391	107.7	7.8	.03	.15
Technische Fähigkeit	391	107.1	8.3	.63	-.35

Anmerkungen: *n*: Stichprobengröße, *M*: Mittelwert, *SD*: Standardabweichung.

Tabelle A 10: Ausgewählte deskriptive Statistiken zur berufsspezifischen Basiskompetenz

Maße	*n*	M	SD	Kurtosis	Schiefe
Stichprobe A					
Berufsspezifische Basiskompetenz	203	20.6	8.9	.34	.28

Anmerkungen: *n*: Stichprobengröße, *M*: Mittelwert, *SD*: Standardabweichung.

Korrelationen ausgewählter Determinanten mit berufsfachlicher Kompetenz

Tabelle A 11: Korrelationen zwischen ausgewählten Determinanten und Wissen zu Kfz-Motortechnik sowie inhaltsübergreifendem Kfz-Wissen

Konstrukte	Wissen zu Kfz-Motortechnik		Inhaltsübergreifendes Kfz-Wissen	
	Manifest	Latent	Manifest	Latent
(1) Fluide Intelligenz	.26**	.41**	.40**	.49**
(2) Mathematische Basiskompetenz	.17*	.26**	.33**	.47**
(3) Sprachliche Basiskompetenz	.29**	.46**	.45**	.61**
(4) Berufspezifische Basiskompetenz	.34**	.42**	.46**	.59**
(5) Interesse am Ausbildungsberuf	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Anmerkungen: n =200; ** p<.01, *p<.05, n.s.: nicht signifikantes Ergebnis; in der Spalte "Manifest" stehen die manifesten Korrelationen zwischen den Konstrukten, in der Spalte "Latent" die latenten Korrelationen; inhaltsübergreifendes Wissen beinhalteWissen zu Kfz-Motortechnik und Wissen zu elektrischen und elektronischen Kfz-Systemen.

Tabelle A 12: Korrelationen zwischen ausgewählten Determinanten und allgemeinem berufsfachlichen Wissen sowie allgemeiner berufsfachlicher Fertigkeit (Stichprobe B: Elektroniker/-innen und Mechatroniker/-innen)

Konstrukte	Allgemeines berufsfachliches Wissen	Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit
Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik (n =75)		
(1) Kristalline Intelligenz	**.72**** (**.90****)	**.07** (**.14**)
(2) Mathematische Fähigkeit	**.37**** (**.51****)	**−.12** (**−.18**)
(3) Sprachliche Fähigkeit	**.69**** (**.84****)	**.09** (**.15**)
(4) Räumliches Vorstellungsvermögen	**.37**** (**.45****)	**.12** (**.15**)
(5) Technische Fähigkeit	**.39**** (**.47****)	**−.09** (**−.11**)
Mechatroniker/-in (n =91)		
(1) Kristalline Intelligenz	**.48**** (**.74****)	**.12** (**.24***)
(2) Mathematische Fähigkeit	**.20*** (**.29****)	**−.04** (**-.06**)
(3) Sprachliche Fähigkeit	.33** (.55**)	.24* (.42**)
(4) Räumliches Vorstellungsvermögen	**.19*** (**.24****)	**−.07** (**−.09**)
(5) Technische Fähigkeit	**.43**** (**.55****)	**.18** (**.25***)

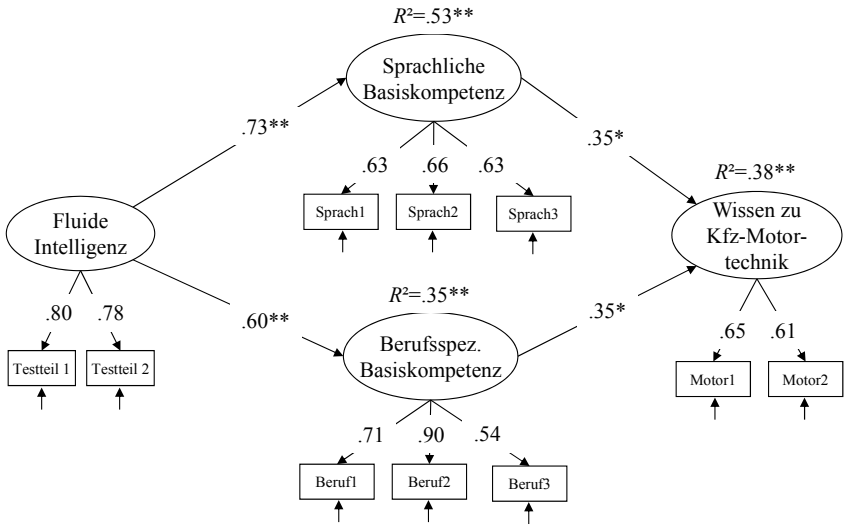
Anmerkungen: ** p <.01, *p <.05; dargestellt sind latente Korrelationen; die fett gedruckten Korrelationen einer Zeile unterscheiden sich signifikant; in Klammern sind die aufgrund von Varianzeinschränkung korrigierten Korrelationen angegeben.

Tabelle A 13: Korrelationen zwischen Noten des allgemein bildenden Abschlusszeugnisses und berufsfachlicher Kompetenz

	Allgemeines berufsfachliches Wissen	**Allgemeine berufsfachliche Fertigkeit**
Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik (n=75)		
(1) Deutsch	-.01	.12
(2) Mathematik	.12	.07
(3) Englisch	-.07	.05
(4) Physik	.06	-.10
(5) Technik	.10	-.10
(6) Gemeinschaftskunde	.14	.01
(7) Notendurchschnitt	.13	.04
(8) Schulabschluss	.31*	.03
Fertigungsmechaniker/-in (n=63)		
(1) Deutsch	-.03	.00
(2) Mathematik	.11	.12
(3) Englisch	.23*	-.08
(4) Physik	.15	.24*
(5) Technik	-.05	.31*
(6) Gemeinschaftskunde	.14	.01
(7) Notendurchschnitt	.08	.16
(8) Schulabschluss	.44**	.07

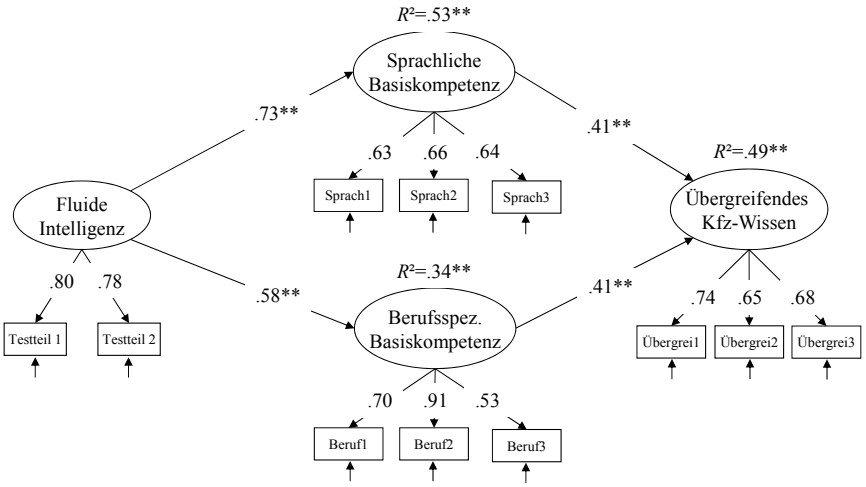
Anmerkungen: ** $p < .01$, * $p < .05$.

Mediatormodelle zur berufsfachlichen Wissensentwicklung



n= 199, X^2/df = .97, *CFI* = 1.00, *RMSEA* = .00, *SRMR*=.05; ** *p*<.01, *p<.05, die Faktorladungen sind auf dem 1% -Niveau signifikant.

Abbildung A 1: *Mediatormodell zur Erklärung der Wissensentwicklung im Inhaltsbereich "Kfz-Motortechnik" mit fluider Intelligenz und sprachlicher sowie berufsspezifische Basiskompetenz als erklärende Variablen*
Indikatoren fluider Intelligenz: Summenscores des 1. und 2. Testteils des *CFT 3*
Indikatoren sprachlicher Basiskompetenz: Summenscores dreier Itembündel (Sprach1, Sprach2 und Sprach3), die aus jeweils gleich vielen Items des Tests zur sprachlichen Basiskompetenz bestehen
Indikatoren berufsspezifischer Basiskompetenz: Summenscores dreier Itembündel (Beruf1, Beruf2 und Beruf3), die aus jeweils gleich vielen Items des Tests zur berufsspezifischen Basiskompetenz bestehen
Indikatoren des Wissens zu Kfz-Motortechnik: Summenscores zweier Itembündel (Motor1 und Motor2), die aus jeweils gleich vielen Items der Wissensskala zur Kfz-Motortechnik bestehen



n= 198, X^2/df = 1.05, *CFI* = 1.00, *RMSEA* = .01, *SRMR*=.05; ** *p*<.01, *p<.05, die Faktorladungen sind auf dem 1% -Niveau signifikant.

Abbildung A 2: Mediatormodell zur Erklärung der Entwicklung des übergreifenden Kfz-Wissens mit fluider Intelligenz und sprachlicher sowie berufsspezifische Basiskompetenz als erklärende Variablen

Indikatoren fluider Intelligenz: Summenscores des 1. und 2. Testteils des CFT 3
Indikatoren sprachlicher Basiskompetenz: Summenscores dreier Itembündel (Sprach1, Sprach2 und Sprach3), die aus jeweils gleich vielen Items des Tests zur sprachlichen Basiskompetenz bestehen
Indikatoren berufsspezifischer Basiskompetenz: Summenscores dreier Itembündel (Beruf1, Beruf2 und Beruf3), die aus jeweils gleich vielen Items des Tests zur berufsspezifischen Basiskompetenz bestehen
Indikatoren des übergreifenden Kfz-Wissens: Summenscores dreier Itembündel (Übergreif1, Übergreif2 und Übergreif3), die jeweils aus gleich vielen Items der Skalen zu Kfz-Motortechnik und zu elektronischen und elektrischen Kfz-Systemen bestehen

WEITERE BEFUNDE ZUR STUDIE 3

Deskriptive Statistiken ausgewählter Kfz-Wissensitems zum ersten Messzeitpunkt

Tabelle A 14: Deskriptive Statistik der intervallskalierten Items des Kfz-Wissenstests

Item	Kurzbeschreibung	*M*	*SD*	Kurtosis	Schiefe	Trenn-schärfe	*n*
I1	Durchmesser Zylinderbohrung und Ventilsteuerung	1.33	1.59	0.10	1.02	0.67	270
I3	Umwandlung von chemischer in Bewegungsenergie	0.79	1.13	0.09	1.18	0.61	270

Anmerkungen : *n* : Stichprobengröße.

Tabelle A 15: Deskriptive Statistik der kategorialen Items des berufsfachlichen Kfz-Wissenstests

Item		Kurzbeschreibung	Lösungsquoten [%]	Trennschärfe	*n*
I2	I2.1	Motortypen und Einspritzverfahren	71.3	0.51	270
	I2.2		27.6		
	I2.3		1.1		
I4	I4.1	Ursachen für verölte Zündkerzen	65.7	0.66	270
	I4.2		17.2		
	I4.3		5.2		
	I4.4		11.9		
I5	I5.1	Transformationsprinzip und Zündsysteme	72.9	0.69	270
	I5.2		17.7		
	I5.3		4.5		
	I5.4		3.0		
	I5.5		1.1		
	I5.6		0.04		
	I5.7		0.04		
I6	I6.1	Größen, die den Zündzeitpunkt beeinflussen	84.2	0.52	270
	I6.2		8.6		
	I6.3		4.5		
	I6.4		2.6		
I7	I7.1	Beurteilung von Messergebnissen, die mithilfe eines Bremsenprüfstands ermittelt wurden	75.6	0.43	270
	I7.2		11.7		
	I7.3		8.6		
	I7.4		1.9		
	I7.5		1.5		
	I7.6		0.8		
	I7.7		0		

Anmerkungen : I2 ist ein dreistufiges, I4 und I6 sind vierstufige, I5 und I7 sind siebenstufige Items, *n* : Stichprobengröße.

Deskriptive Statistiken ausgewählter Kfz-Wissensitems zum zweiten Messzeitpunkt

Tabelle A 16: Deskriptive Statistik der intervallskalierten Items des berufsfachlichen Kfz-Wissenstests

Item	Kurzbeschreibung	*M*	*SD*	Kurtosis	Schiefe	Trennschärfe	*n*
I1	Durchmesser Zylinderbohrung und Ventilsteuerung	2.78	1.91	-1.40	-0.23	0.59	270
I3	Umwandlung von chemischer in Bewegungsenergie	1.51	1.28	-1.17	0.26	0.56	270

Anmerkungen: *n*: Stichprobengröße.

Tabelle A 17: Deskriptive Statistik der kategorialen Items des berufsfachlichen Kfz-Wissenstests

Item		Kurzbeschreibung	Lösungsquoten [%]	Trennschärfe	*n*
I2	I2.1	Motortypen und Einspritzverfahren	45.3	0.51	270
	I2.2		51.7		
	I2.3		3.0		
I4	I4.1	Ursachen für verölte Zündkerzen	35.5	0.66	270
	I4.2		15.4		
	I4.3		18.8		
	I4.4		31.2		
I5	I5.1	Transformationsprinzip und Zündsysteme	38.5	0.69	270
	I5.2		40.6		
	I5.3		7.3		
	I5.4		6.8		
	I5.5		3.0		
	I5.6		3.8		
	I5.7		0		
I6	I6.1	Größen, die den Zündzeitpunkt beeinflussen	38.5	0.52	270
	I6.2		40.6		
	I6.3		7.3		
	I6.4		6.8		
	I6.5		3.0		
	I6.6		3.8		
I7	I7.1	Beurteilung von Messergebnissen, die mithilfe eines Bremsenprüfstands ermittelt wurden	44.0	0.43	270
	I7.2		21.4		
	I7.3		17.9		
	I7.4		11.1		
	I7.5		0.4		
	I7.6		0.9		
	I7.7		0		

Anmerkungen: I2 ist ein dreistufiges, I4 und I6 sind vierstufige, I5 und I7 sind siebenstufige Items, *n*: Stichprobengröße.



Franz Steiner Verlag

Alfred Riedl / Andreas Schelten
Grundbegriffe der Pädagogik und Didaktik beruflicher Bildung

2013.
284 Seiten mit 36 Übersichten.
Kart.
ISBN 978-3-515-10313-8

Alfred Riedl / Andreas Schelten

Grundbegriffe der Pädagogik und Didaktik beruflicher Bildung

Das Lehr- und Studienbuch verdichtet Grundbegriffe der Pädagogik und Didaktik beruflicher Bildung. Es wendet sich an Berufs- und Wirtschaftspädagogen in Studium und Praxis.

Die Auswahl der Begriffe ergibt sich aus ihrer Bedeutung und Aktualität sowie dem Arbeitsgebiet der Autoren als Wissenschaftler und Hochschullehrer im Bereich der Berufspädagogik. Mit den ausgewählten Grundbegriffen erfolgt eine Positionsbestimmung, die Leser dazu anregen will, eigene Sichtweisen zu entwickeln. Damit lassen sich Studieninhalte reflektieren und berufspraktisch relevante Themenbezüge theoretisch erschließen.

Die ausgewählten Grundbegriffe sind alphabetisch angeordnet. Verweise innerhalb der Grundbegriffe zeigen vielfältige Vernetzungen auf. Abgerundet wird der Band mit einem detaillierten Stichwortverzeichnis.

Aus dem Inhalt

Berufsbildung und Allgemeinbildung → Bildungsstandards und Kerncurriculum → Qualifikationsrahmen – DQR/EQR → E-Learning → Evaluation im Bildungsbereich → Fachwissen und seine Bedeutung → Implementation von Innovationen im Bildungsbereich → Lernkompetenz → Medien im Unterricht → Nicht-formales und informelles Lernen → Objektivistisches und konstruktivistisches Lernen → Problemlösendes Lernen → Qualitätsmanagement im Bildungswesen → Reformpädagogik → Schlüsselqualifikationen → Sozialkompetenz → Unterrichtsmethoden → Wandel der Arbeitswelt → Zukunftswerkstatt und Szenario → u.a.

Franz Steiner Verlag
Birkenwaldstr. 44 · D – 70191 Stuttgart
Telefon: 0711 / 2582 – 0 · Fax: 0711 / 2582 – 390
E-Mail: service@steiner-verlag.de
Internet: www.steiner-verlag.de

Gut ausgebildete Facharbeiter sind eine wichtige Voraussetzung des deutschen Wirtschaftserfolgs – um diesen Erfolg sicherzustellen, benötigen wir gesichertes Wissen zur erfolgreichen Gestaltung beruflicher Ausbildungsprozesse.
Welche Bedeutung haben verschiedene Intelligenzfacetten sowie die allgemeine Schulbildung für die berufsfachliche Kompetenzentwicklung? Wie lässt sich das Kompetenzniveau von Auszubildenden aussagekräftig erfassen? Diese und weitere einschlägige Fragen werden im vorliegenden Band aufgegriffen und auf einer breiten sowie interdisziplinären Basis systematisch bearbeitet.

In der Auseinandersetzung mit relevanten Erkenntnissen der differentiellen, pädagogischen und kognitiven Psychologie, neurowissenschaftlichen Studien und insbesondere der Berufsbildungsforschung werden theoretische Modelle entwickelt, die viele der bislang eher diffusen und vagen Annahmen zur berufsfachlichen Kompetenzmodellierung und -entwicklung integrieren und präzisieren. Die Überprüfung zentraler Annahmen an der Ausbildungswirklichkeit demonstriert die Leistungsfähigkeit dieser Modelle, die sowohl im wissenschaftlichen Kontext als auch bei praktischen Fragen Orientierung bieten.

www.steiner-verlag.de

Franz Steiner Verlag

ISBN 978-3-515-10650-4

9 783515 106504