

STEFANIE VELTEN (Bundesinstitut für Berufsbildung)

ALEXANDER NITZSCHKE (Universität Stuttgart)

REINHOLD NICKOLAUS (Universität Stuttgart)

FELIX WALKER (Technische Universität Kaiserslautern)

Die Fachkompetenzstruktur von Technikern für Elektrotechnik und Einflussfaktoren auf ihre Kompetenzentwicklung

Herausgeber

BERND ZINN

RALF TENBERG

DANIEL PITTICH

Journal of Technical Education (JOTED)

ISSN 2198-0306

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

STEFANIE VELTEN / ALEXANDER NITZSCHKE / REINHOLD NICKOLAUS / FELIX WALKER

Die Fachkompetenzstruktur von Technikern für Elektrotechnik und Einflussfaktoren auf ihre Kompetenzentwicklung

ZUSAMMENFASSUNG: Im Beitrag wird die Fachkompetenzstruktur bei angehenden Technikern¹ am Ende ihrer zweijährigen Fortbildung sowie mögliche Einflussfaktoren auf die Fachkompetenz untersucht. Die Ergebnisse replizieren die bereits bei Auszubildenden am Ende der Ausbildung festgestellte dreidimensionale Grundstruktur des Fachwissens, wobei die Dimensionen höher miteinander korrelieren. Auch gelingt es die fachliche Problemlösefähigkeit durch eine Kombination komplexer und minimalkomplexer Aufgaben reliabel zu erfassen. Als zentrale Einflussfaktoren auf die Ausprägung des Fachwissens am Ende der Fortbildung erweist sich das fachliche Vorwissen und indirekt die kognitiven Grundfähigkeiten. Die fachspezifische Problemlösefähigkeit wird insbesondere durch das Fachwissen und die Arbeitserfahrungen erklärt.

Schlüsselwörter: Fachkompetenz, Fachwissen, berufliche Fortbildung, Strukturmodellierung, fachspezifische Problemlösefähigkeit

The structure of vocational competencies of technicians in electronics and determinants for their competence development

ABSTRACT: This paper addresses the structure of vocational competencies in prospective technicians at the end of their two-year post-secondary training as well as possible factors influencing their vocational competencies. The results replicate a three-dimensional structure of vocational knowledge yet found in apprentices at the end of their apprenticeship. However, knowledge dimensions stronger correlate. Additionally, we succeed in reliably assessing domain-specific problem-solving by combining complex and less complex problem-solving tasks. Key determinants influencing vocational knowledge at the end of the post-secondary training are prior vocational knowledge and indirectly cognitive skills. Domain-specific problem-solving skills are mainly explained by the vocational knowledge and work experiences.

Keywords: vocational competency, vocational knowledge, post-secondary VET, knowledge structure, domain-specific problem-solving skills

1 Zur Verbesserung des Leseflusses wird im folgenden Beitrag lediglich die männliche Form verwendet. Dennoch sind damit jeweils gleichermaßen Männer und Frauen gemeint.

1 Ausgangssituation

Die berufliche Bildung in Deutschland umfasst neben den dualen Ausbildungsberufen auch eine Vielzahl von beruflichen Fortbildungsberufen, die üblicherweise auf der dualen Ausbildung aufbauen, das erworbene Fachwissen erweitern und vertiefen sowie eine weitere berufliche Qualifikation mit sich bringen, die oftmals einen beruflichen Aufstieg zur Folge hat.

Im Zuge der Digitalisierung und Technologisierung der Arbeitswelt gibt es Hinweise darauf, dass erweiterte berufliche Kenntnisse zukünftig von zentraler Bedeutung auf dem Arbeitsmarkt sein werden. Analysen des CEDEFOP belegen, dass insbesondere der Gruppe der „Techniker und ähnliche Fachkräfte“ in Zukunft eine bedeutsame Rolle zukommen wird, da entsprechende Prognosen vermuten lassen, dass von dieser Berufsgruppe zentrale Anstöße für Innovationen ausgehen (CEDEFOP 2012).

Die vorliegenden Erkenntnisse dokumentieren, dass beruflich Fortgebildete bereits heute auf dem Arbeitsmarkt oftmals erfolgreich sind. So erzielen sie häufig Führungspositionen vor allem in kleineren und mittleren Unternehmen und dies sogar häufiger als Absolventen mit Bachelorabschluss (Flake, Werner & Zibrowius 2016). Daten der IHK Absolventenstudie (DIHK 2014) zeigen ebenfalls, dass 62 Prozent der dort befragten Fortbildungsabsolventen positive Auswirkungen der Fortbildung auf ihre berufliche Karriere wahrgenommen haben, z. B. durch eine Beförderung oder einen höheren Verantwortungsspielraum. Darüber hinaus verdienen beruflich Fortgebildete im Durchschnitt etwa 25 Prozent mehr als ihre Kollegen mit einem Ausbildungsabschluss (Hall 2013). Auch die geringen Arbeitslosenquoten in diesem Segment sprechen für die starke Nachfrage nach diesen Qualifikationen auf dem Arbeitsmarkt (Fazekas & Field 2013).

Allerdings ist bisher wenig über die fachlichen Kompetenzen von Fortgebildeten bekannt und über die Kompetenzentwicklung nach der dualen Erstausbildung. Die Forschung zur beruflichen Kompetenzdiagnostik fokussierte bislang primär die duale Erstausbildung und die Erfassung der beruflichen Fachkompetenz als zentraler Facette der beruflichen Handlungskompetenz. Gleichwohl ist auch der post-sekundäre Bildungsbereich für die empirische Kompetenzdiagnostik angesichts der oben skizzierten Relevanzen des Segments für den Arbeitsmarkt von hoher Bedeutung. Einschlägige Studien sind nach unseren Recherchen selten. Zinn & Wyrwal (2014) dokumentieren z. B. stark ausgeprägte Heterogenitäten der Fachkompetenz und formalen Voraussetzungen von Teilnehmern der beruflichen Fortbildung im Baubereich, die bereits bei der Einmündung bestehen. Dieser Befund bestätigt sich auch für Technikerschüler im elektrotechnischen Bereich (Nitzschke u. a. 2017). Wenig bekannt ist bisher, wie sich fachliche Kompetenzen in Technikerschulen entwickeln, ob sich z. B. Kompetenzstrukturen verändern, ob die vorherigen berufsfachlichen Erfahrungen für den Kompetenzerwerb bedeutsam werden und ob sich angesichts der großen Eingangsheterogenität unterschiedliche Leistungsgruppen unterschiedlich entwickeln. Eine wesentliche Hürde für die Generierung einschlägiger Aussagen stellt bereits die Testproblematik dar, da für dieses Leistungssegment bisher kaum Vorarbeiten vorliegen.

Mit diesem Beitrag möchten wir zur Schließung der bestehenden Forschungslücke in zweifacher Weise beitragen: Erstens soll ein Beitrag zur Diagnostik berufsfachlicher Kompetenzen von Technikern im Berufsfeld der Elektrotechnik am Ende der Fortbildung erbracht werden und zweitens soll der Frage nachgegangen werden, welche Prädiktoren für die Entwicklung der berufsfachlichen Kompetenzen bedeutsam sind. Dabei wird von bisherigen Untersuchungen im Bereich der dualen Erstausbildung ausgehend zunächst auch für die berufliche Fortbildung angenommen, dass sich das Konstrukt der beruflichen Fachkompetenz in die zwei Komponenten des Fachwissens und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit unterteilen lässt (Nickolaus & Seeber 2013) und dass das Fachwissen substantielle Varianzanteile der fachspezifischen Problemlösefähigkeit erklärt.

Offen ist die Frage, ob die im Bereich der beruflichen Ausbildung zunächst bestehenden Probleme, die berufsfachliche Problemlösefähigkeit reliabel zu messen, auch bei Technikern mit den gleichen Ansätzen gelöst werden können. Ebenso ungeklärt ist, ob auch bei Technikern die hohe prädiktive Kraft des Fachwissens für die Problemlösefähigkeiten beobachtbar ist oder ob die bei dieser Zielgruppe stärker ausgeprägten beruflichen Erfahrungen gewichtiger zur Varianzaufklärung beitragen. Vor diesem Hintergrund adressieren wir vor allem drei Fragen: 1. Ergeben sich bei Technikern am Ende der tertiären Ausbildung andere Kompetenzstrukturen als am Beginn der Techniker Ausbildung? 2. Ist es möglich, auch bei angehenden Technikern, die über deutlich größere berufliche Erfahrungen als Auszubildende verfügen, holistische Problemlöseaufgaben und die entsprechenden minimal-komplexen Problemlöseaufgaben gemeinsam zu skalieren und damit die Reliabilitätsproblematik bei der Erfassung der fachlichen Problemlösefähigkeit zu bewältigen? 3. Welche prädiktive Kraft kommt dem Fachwissen und der beruflichen Erfahrung für die fachspezifische Problemlösefähigkeit zu?

2 Forschungsstand: Fachkompetenz in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen

In diesem Kapitel wird der Forschungsstand zu den verschiedenen Fragestellungen, die in dem Beitrag adressiert werden, jeweils kurz skizziert.

2.1 Kompetenzstrukturmodelle

Wie oben bereits angedeutet, gehen wir im Rahmen des vorliegenden Beitrags u. a. der Frage nach, welche Struktur des Fachwissens bei angehenden Technikern gegen Ende ihrer Fortbildung beobachtet werden kann. Dabei unterstellen wir wie in der Eingangstestung (s. u.) eine inhaltliche Ausdifferenzierung des Fachwissens, deren Prüfung durch den Testzuschnitt ermöglicht wird.

Nitzschke u. a. (2017) dokumentierten für das Fachwissen zu Beginn der Ausbildung eine dreidimensionale Struktur, die durch die Subdimensionen elektrotechnische Grundlagen, elektrische Anlagen und Systeme und die Regelungs- und Steuerungstechnik aufgespannt werden. Die latenten Korrelationen zwischen den Subdimensionen bewegen sich im Wertebereich von .34 bis .53 (ebd., S. 507 f.). D. h., es ergab sich für die angehenden Techniker zu Beginn der Fortbildung eine ähnliche fachinhaltssystematische Ausdifferenzierung des Fachwissens wie am Ende der Ausbildung von Elektronikern für Automatisierungstechnik (van Waveren & Nickolaus 2016; Walker, Link & Nickolaus 2015, 2016). Begünstigt werden solche inhaltlichen Ausdifferenzierungen des Fachwissens vermutlich durch curriculare Strukturierungen, die sowohl den Lehr-Lernprozessen zugrunde liegen als auch zur Sicherung der curricularen bzw. inhaltlichen Validität den jeweiligen Testentwicklungen herangezogen werden. Von Interesse scheint, dass sich im Verlaufe der Ausbildung überwiegend Ausdifferenzierungen des Wissens (z. B. Schmidt, Nickolaus & Weber 2014), partiell jedoch auch Verschmelzungen beobachten lassen (z. B. Gschwendtner 2008). Theoretisch sind Ausdifferenzierungen vor allem in Phasen eines systematischen Wissensaufbaus zu erwarten und zunehmend engere Assoziationen zwischen den Subdimensionen, sofern es zu Konsolidierungen und integrativen Verarbeitungsprozessen des Wissens kommt. Vor diesem Hintergrund sind in der Technikerfortbildung eher Konsolidierungen und Vertiefungen des fachlichen Wissens und damit zunehmend engere Assoziationen der Subdimensionen des Fachwissens zu erwarten.

Alternative Strukturmodellierungen des Fachwissens, z. B. nach verschiedenen Wissensarten (deklarativ, prozedural, konzeptionell), wie sie im Anschluss an kognitionspsychologische Überlegungen denkbar wären und im kaufmännischen Bereich z. T. mit etwas anderer Akzentuierung erfolgten (handlungsbasierte Kompetenz, verstehensbasierte Kompetenz (Winther & Achtenhagen 2009), waren in gewerblich-technischen Domänen bisher in der Regel nicht erfolgreich. Ursächlich dürften dafür Schwierigkeiten sein, auf Basis von Paper-Pencil-Tests die verschiedenen Wissensformen zu trennen. Der Fachwissenstest für die Techniker umfasst denn auch in diesem Fall sowohl Items, die deklaratives als auch prozedurales Wissen repräsentieren.

Offen blieb in der Eingangstestung der angehenden Techniker die Relation zwischen dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit, die aufgrund von starken Bodeneffekten nicht reliabel erfasst werden konnte. Im Anschluss an Untersuchungen in unterschiedlichen gewerblich-technischen Domänen und ebenso im kaufmännischen Bereich sind allerdings durchgehend das Fachwissen und die fachspezifische Problemlösekompetenz als je eigene Subdimensionen berufsfachlicher Kompetenz bestätigt (im Überblick z. B. Nickolaus & Seeber 2013; Nickolaus 2018), sodass wir auch für die Techniker eine entsprechende Struktur erwarten (ausführlicher siehe Abschnitt 2.3).

2.2 Erfassung der fachspezifischen Problemlösefähigkeit

Neben dem Fachwissen stellt die fachspezifische Problemlösefähigkeit, d.h. die Anwendung des fachlichen Wissens in konkreten Problemlösesituationen, eine zweite Komponente der Fachkompetenz dar. In gewerblich-technischen Domänen wurden inzwischen mehrfach authentische Simulationen technischer Systeme, in die Fehler implementiert wurden, als valide Instrumentarien für die Erfassung von Fehlerdiagnosekompetenzen ausgewiesen. Für elektrotechnische Berufe repräsentieren Fehlerdiagnosen fachlich analytische Problemlösekompetenzen, daneben wurden inzwischen auch fachlich konstruktive Problemlösekompetenzen für elektrotechnische Berufe als eigene Subdimension dokumentiert, die über die Fähigkeit steuerungstechnische Anlagen zu programmieren, operationalisiert wurden (Walker, Link & Nickolaus 2016).

Empirische Untersuchungen zu den Tätigkeiten von Elektronikern im Handwerk sowie im industriellen Sektor stellen analytische Fehleranalysetätigkeiten als typische und leistungskritische Anforderungen dar (BMBF 2009; Zinke, Schenk & Kröll 2014), weshalb diese in der hier vorgestellten Studie erfasst wurden. Walker, Link & Nickolaus (2016) verstehen darunter die Fähigkeit Fehler in technischen Systemen zu identifizieren sowie Vorschläge zur Korrektur dieser Fehler zu machen.

Nach Abele u. a. (2012) zeichnen sich technische Problemlösevorgänge durch hohe Zielklarheit aus, die Operatoren sind teilweise bekannt, teilweise unbekannt, womit nach der Unterteilung von Dörner (1976) bei technischen Problemen meist Interpolations- und Synthesebarrieren vorliegen. Wenn die Operatoren bekannt sind (Interpolationsbarriere), kann das Problemlösen allerdings auch routiniert ablaufen, wobei sich dann die Frage stellt, ob hier noch von Problemlösen oder von Aufgabenbewältigen gesprochen werden sollte (Abele u. a. 2012).

Klahr (2000) unterteilt drei Subprozesse des wissenschaftlichen Problemlösens: Hypothesen formulieren, Hypothesen testen und Evaluation des Ergebnisses. Ebenso gibt es Hinweise darauf, dass die Informationsammlung einen relevanten Prozess darstellt (Roberts, While & Fitzpatrick 1996; Abele 2017).

Abele u. a. (2012) haben diese Schritte für die Lösung technischer Probleme konkretisiert:

1. Erfassung des technischen Fehlzustands
2. Hypothesenformulierung
3. Hypothesenprüfung
4. Eindeutige Fehleridentifikation und Einleitung geeigneter Reparaturmaßnahmen

Prozessanalysen, in welchen genauer untersucht wurde, inwieweit die Problemlöseleistung durch Teilleistungen innerhalb einzelner Problemlöseschritte bestimmt werden, machen deutlich, dass diese Sequenzierung des Problemlöseprozesses geeignet ist, relevante Teilleistungen abzubilden (Abele 2017). Realisiert wurden diese Analysen mittels Computersimulationen, die einerseits geeignet sind authentische Fehlerfälle abzubilden und andererseits die Möglichkeit bieten auch Ausschnitte der Fehlerdiagnose (minimalkomplexe Problemlöseaufgaben s. u.) zu administrieren. Die Vorzüge der Simulationen liegen darin, die Realität weitgehend authentisch abzubilden. Shavelson (2010) sieht darin einen entscheidenden Vorteil für diagnostische Prozesse: „The closer the task reflects real life situations, the more likely the person’s responses on the task reflect responses she makes in real life” (ebd., S. 47). Die zunächst für den KFZ- Bereich durchgeführten Studien zur konvergenten Validität von Computersimulationen von Kraftfahrzeugen einerseits und realen Kraftfahrzeugen andererseits für die Diagnose der fachlich analytischen Problemlösefähigkeit (Nickolaus, Gschwendtner & Abele 2009) konnten inzwischen auch für Simulationen steuerungstechnischer Anlagen repliziert werden (Walker, Link & Nickolaus 2015, 2016).

Eine weitere diagnostische Herausforderung besteht allerdings in diesen Simulationskontexten darin, trotz der relativ langen Bearbeitungszeiten der einzelnen Fehlerfälle eine wünschenswerte Reliabilität zu erreichen (Gschwendtner, Abele & Nickolaus 2009). Als eine Option, dieser Problematik zu begegnen, erwies sich in der Berufsausbildung die Generierung von Teilkompetenzitems oder minimalkomplexen Problemlöseitems, die unter bestimmten Bedingungen gemeinsam mit den holistischen Fehlerfällen skaliert werden konnten (Abele u. a. 2012; Walker, Link & Nickolaus 2016). Mit diesen minimalkomplexen Items wurden Ausschnitte der holistischen Problemlösefälle administriert, deren Bearbeitung deutlich weniger Zeit in Anspruch nahm, die jedoch substantielle Herausforderungen mit sich brachten, die auch in den holistischen Problemfällen bestehen. Voraussetzung für die gemeinsame Skalierung ist, dass bei deren Bewältigung letztlich die gleichen Kompetenzen benötigt werden wie bei der Bearbeitung der holistischen Fehlerfälle. Dies scheint vor allem bei Probanden, die bereits über größere Erfahrungen in der Fehlerdiagnose verfügen nicht selbstverständlich. Vor diesem Hintergrund ist zunächst zu prüfen, ob auch bei Technikern am Ende der Fortbildung eine gemeinsame Skalierung der holistischen und den minimal-komplexen Items möglich ist und damit eine akzeptable Reliabilität erreicht werden kann.

2.3 Zusammenhänge zwischen Fachwissen und fachspezifischer Problemlösefähigkeit

Wie oben bereits angedeutet, erwarten wir auch bei den Technikern, dass sich das Fachwissen und die fachspezifische Problemlösefähigkeit als je eigene Subdimensionen der Fachkompetenz bestätigen lassen. Ausgangspunkt für diese Annahme sind einschlägige Ergebnisse in unterschiedlichen Domänen beruflicher Ausbildung, in welchen nahezu durchgängig relativ enge Assoziationen zwischen dem Fachwissen und den fachlichen Problemlösefähigkeiten ermittelt wurden (im Überblick Nickolaus & Seeber 2013; für den elektrotechnischen Bereich z. B. Nickolaus u. a. 2011). Enge Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen und Leistungen wurden z. T. selbst bezogen auf Tätigkeiten ermittelt, für welche bereits in der Ausbildung ein hoher Routinegrad unterstellt werden

kann, wie den Servicetätigkeiten im KFZ-Bereich (Nickolaus, Behrend & Abele 2016). Besonders hohe Assoziationen zwischen dem Fachwissen und der Wissensanwendung sind theoretisch allerdings in den kognitiv anspruchsvolleren Tätigkeitsbereichen zu erwarten, d.h. zwischen dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit. Verbunden ist diese Erwartung mit dem Gedanken, dass in Problemlösesituationen, in welchen die benötigten Operatoren zur Lösung unbekannt sind (Synthesebarrieren im Sinne Dörners) ein Rückgriff auf deklarative und prozedurale Wissensstrukturen hilfreich ist, um geeignete Operatoren zu identifizieren. Abele u. a. (2012) gehen davon aus, dass die Verfügbarkeit dieser Operatoren entscheidend ist für den Problemlöseerfolg.

Bisherige empirische Untersuchungen aus dem Bereich der gewerblich-technischen dualen Erstausbildung weisen zumeist enge Bezüge zwischen dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit auf. So dokumentieren beispielsweise Gschwendtner (2008) und Nickolaus u. a. (2011) zum Zusammenhang zwischen Fachwissen und Problemlösefähigkeit latente Korrelationen von $r=.61$ bis $r=.86$. Abele u. a. (2012) weisen einen direkten Effekt von $.66$ zwischen dem technischen Fachwissen und der technischen Problemlöseleistung in einer (kleinen) Stichprobe von Elektronikern für Energie- und Gebäudetechnik nach. Damit kommt dem Fachwissen in dieser Studie eine deutlich höhere Bedeutung zu als der dynamischen allgemeinen Problemlösefähigkeit und der fluiden Intelligenz. Für die Elektroniker für Gebäudetechnik sind die Zusammenhänge für jene Subdimensionen des Fachwissens größer, die besonders eng mit der Problemlösefähigkeit zusammenhängen (Walker, Link & Nickolaus 2016). Dies gilt auch für die Elektroniker für Automatisierungstechnik. Hier erwies sich vor allem das Fachwissen im Bereich der Steuerungstechnik als bedeutsam für das analytische Problemlösen.

Daher sind auch bei den Technikern am Ende der Fortbildung substantielle Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit zu erwarten. Gegen eine Verschmelzung der beiden Dimensionen sprechen trotz der größeren Berufserfahrung die große Heterogenität der Technikerschüler und die verstärkt auftretenden Bodeneffekte im Eingangstest zur Erfassung der fachspezifischen Problemlösefähigkeiten.

2.4 Erklärungsmodelle der Fachkompetenz

Die vorliegenden Erklärungsmodelle zu berufsfachlichen Kompetenzen, die in längsschnittlichen Untersuchungsdesigns gewonnen wurden, bestätigen durchgängig eine hohe prädiktive Kraft des fachlichen Vorwissens und, je nach Domäne, mehr oder weniger starke Einflüsse der Basiskompetenzen (Mathematik und Lesen) (Nickolaus & Seeber 2013; Nickolaus 2018). Mit deutlich geringererem Gewicht gehen in der Regel curriculare Schwerpunktsetzungen, Motivationsausprägungen, Ausbildungsinteressen oder auch Merkmale der Ausbildungsqualität in die Erklärungsmodelle ein.

Nitschke u. a. (2017) attestierten den kognitiven Grundfähigkeiten, dem Ausbildungsbereich (Industrie vs. Handwerk) und der schriftlichen Abschlussnote in der Facharbeiterprüfung prädiktive Kraft für das Eingangswissen der Technikerschüler. Dabei fallen die Leistungsunterschiede zwischen Probanden aus dem handwerklichen und industriellen Bereich substantiell aus. Der Berufserfahrung, gemessen an der Tätigkeitsdauer, kam kein signifikanter Einfluss zu. Die formalen Schulabschlüsse, die in ersten Modellierungen signifikante Beiträge erbrachten, wurden bei Einbezug des Ausbildungsbereichs (Industrie vs. Handwerk) nicht mehr signifikant. Bezogen auf die Berufserfahrung ist zu bedenken, dass eine Operationalisierung über die reine Dauer der Berufs-

erfahrung in Jahren nicht aussagekräftig sein könnte. Im Gegensatz scheint es sinnvoll in Anlehnung an Longoria (1997) zu überprüfen, in wie weit eine eher tätigkeitsbezogene Erfassung der bisherigen Erfahrungen eine stärkere prädiktive Kraft entfaltet.

Walker u. a. (2016) dokumentieren bei Elektronikern am Ende der Ausbildung (in einem querschnittlichen Design) einen direkten Einfluss der kognitiven Grundfähigkeiten auf die fachliche Problemlösefähigkeit, in längsschnittlichen Untersuchungen werden die kognitiven Grundfähigkeiten in aller Regel jedoch nur indirekt über das Fachwissen wirksam (Nickolaus 2018). Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse und Überlegungen vermuten wir, dass das Fachwissen am Ende der Fortbildung stark durch das Eingangswissen zu Beginn der Fortbildung beeinflusst wird. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass die kognitiven Grundfähigkeiten im Sinne der Investment-Theorie Cattells (1987) für den Wissensaufbau insgesamt förderlich sind und diesen positiv beeinflussen. Zahlreiche Metaanalysen bestätigen den deutlichen Zusammenhang zwischen allgemeiner Intelligenz und Ausbildungsleistungen (Kramer 2009), welche zu einem großen Teil auf fachspezifischem Wissen beruhen. Des Weiteren erwarten wir geringe, aber positive Effekte beruflicher Erfahrungen, die auf Tätigkeiten beruhen, die enger mit den in den Tests erfassten Wissens- und Problemlösebereichen assoziiert sind.

Ein Vergleich des fachlichen Wissens zeigte deutliche Leistungsvorteile der Fortbildungseinsteiger mit einem industriellen Hintergrund, der auch bei Kontrolle der kognitiven Eingangsvoraussetzungen erklärungsrelevant wird (Nitzschke u. a. 2017, S. 511). Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob es im Fortbildungsverlauf zu einer Reduktion der Leistungsunterschiede kommt oder ob sich die Leistungsunterschiede weiter vergrößern. Verschiedentlich eingebrachte Hinweise der Lehrkräfte, dass es zu Beginn der Fortbildung angesichts der bestehenden Heterogenität notwendig sei, zunächst eine gemeinsame Ausgangsbasis zu schaffen, legt eher den Gedanken nahe, dass sich Harmonisierungen der Kompetenzstände beobachten lassen.

3 Fragestellungen und Hypothesen

Wie oben bereits skizziert, streben wir an, zur Klärung von drei Fragen beizutragen: 1. Ergeben sich bei Technikern am Ende der tertiären Ausbildung andere Kompetenzstrukturen als am Beginn der Techniker Ausbildung oder ist es möglich, die zu Beginn der Fortbildung bestehende Struktur zu replizieren? Das betrifft zum einen das Fachwissen, für das zu Beginn der Fortbildung die dreidimensionale Struktur des Fachwissens, wie sie bei Elektronikern für Automatisierungstechnik am Ausbildungsende identifiziert wurde, bestätigt werden konnte und zum anderen die Ausdifferenzierung der fachlichen Kompetenz in die zwei Subdimensionen des Fachwissens und der fachlichen Problemlösefähigkeit. Geprüft werden in diesem Kontext die folgenden Hypothesen:

H1: Die Fachwissensstruktur zu Beginn der Fortbildung, die durch die Subdimensionen Grundlagen der Elektrotechnik, elektrische Anlagen und Systeme und Steuerungstechnik aufgespannt wird, lässt sich auch am Ende der Fortbildung bestätigen.

H2: Das Fachwissen und die fachspezifische Problemlösefähigkeit, operationalisiert über die Fehlerdiagnosekompetenz in steuerungstechnischen Anlagen, weisen substantielle Zusammenhänge auf ($r > .5$), wobei die inhaltlich zur Fehlerdiagnosekompetenz affinen Subdimensionen des Fachwissens enger mit ihr assoziiert sind (Steuerungstechnik und elektrische Anlagen und Systeme) als die elektrotechnischen Grundlagen.

2. Ist es möglich, auch bei angehenden Technikern, die über deutlich größere berufliche Erfahrungen als Auszubildende verfügen, holistische Problemlöseaufgaben und die entsprechenden

minimalkomplexen Problemlöseitems gemeinsam zu skalieren und damit die Reliabilitätsproblematik zu bewältigen? Voraussetzung dafür ist letztlich, dass mit beiden Anforderungszuschnitten die gleichen Fähigkeiten angesprochen werden und die minimalkomplexen Aufgaben auch noch für die Techniker am Ende der Fortbildung eine Herausforderung darstellen. Folgende Hypothesen sollen dazu geprüft werden:

H3: Die holistischen Problemlöseaufgaben sowie die minimalkomplexen Aufgaben erweisen sich als konvergent valide.

H4: Die Reliabilität der gemeinsamen Skala „fachliche Problemlösefähigkeit“ erreicht eine ähnliche Größenordnung wie bei den Elektronikern für Automatisierungstechnik am Ende der Ausbildung (EAP/PV~.7).

3. Welche prädiktive Kraft kommt dem Fachwissen, der kognitiven Grundfähigkeit sowie den beruflichen Erfahrungen zu? Unterstellt wird dazu im Anschluss an den Forschungsstand:

H5: Die Varianz des Fachwissens am Ende der Fortbildung wird zu einem großen Anteil durch das Fachwissen zu Beginn der Fortbildung erklärt.

H6: Die kognitiven Grundfähigkeiten werden für die fachliche Problemlösefähigkeit am Ende der Fortbildung lediglich indirekt über das Fachwissen prädiktiv.

H7: Die beruflichen Erfahrungen, gemessen an der Häufigkeit spezifischer Tätigkeiten im Bereich elektrotechnischer Anlagen und Steuerungssysteme, haben einen positiven Einfluss auf die damit assoziierten Testdimensionen. Erwartet wird vor allem ein Einfluss auf die fachspezifische Problemlösefähigkeit sowie das Fachwissen im Bereich der Steuerungstechnik und der elektrischen Anlagen und Systeme.

H8: Die Leistungsunterschiede im Fachwissen zwischen Probanden mit handwerklichem und industriellem Hintergrund werden im Verlauf der Fortbildung reduziert.

4 Methode

In diesem Kapitel werden zunächst die Stichprobe und das Erhebungsdesign vorgestellt, bevor dann auf die verwendeten Erhebungsinstrumente sowie die Auswertungsmethoden eingegangen wird.

4.1 Stichprobe und Erhebungsdesign

Die Untersuchung wurde längsschnittlich mit drei Erhebungszeitpunkten angelegt. Die Eingangserhebung zu Beginn der Fortbildung wurde zur Erfassung des fachlichen Vorwissens, der kognitiven Grundfähigkeiten sowie der Administration eines Fragebogens genutzt, über den u. a. Merkmale zur Vorbildung und zur Berufserfahrung erhoben wurden. Eine weitere Erhebung zur Erfassung der fachlichen Problemlösefähigkeit erfolgte etwa nach einem halben Jahr nach Beginn der Fortbildung, da zum Beginn der Fortbildung große Teile der Probanden mit dem für Elektroniker für Automatisierungstechnik entwickelten und bewährten Test noch überfordert waren. Der dritte Messzeitpunkt zur Erfassung des Fachwissens und der fachlichen Problemlösekompetenz lag etwa fünf Monate vor Abschluss der zweijährigen Vollzeitfortbildung.

Zur Prüfung der genannten Fragestellungen und Hypothesen steht eine Stichprobe von N=208 angehenden Technikern zur Verfügung, die Ende 2016 bzw. Anfang 2017 gegen Ende ihrer zweijährigen Vollzeitfortbildung im Fachbereich Elektrotechnik in den beiden Bundesländern Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen getestet wurden. Die angehenden Techniker waren im

Durchschnitt 25.4 Jahre alt (SD 4.7) (12 Personen machten keine Angaben) und verfügten über eine Berufserfahrung von 3.6 Jahren (SD 3.4) (Hier fehlen Daten von 36 Probanden). Daten zum Geschlecht wurden nicht erhoben, da die Stichprobe fast ausschließlich Männer umfasst. Von den 208 Probanden gaben 64 Prozent an, einen mittleren Schulabschluss zu haben, 19 Prozent eine (Fach-)Hochschulreife und 5 Prozent einen Hauptschulabschluss. 12 Prozent machten keine oder sonstige Angaben. Im Hinblick auf die berufliche Vorbildung zeigte sich ein heterogenes Bild, so verfügten 43 Prozent über eine abgeschlossene Ausbildung im Bereich der Industrie (z. B. Elektroniker für Betriebstechnik, Elektroniker für Automatisierungstechnik, Elektroniker für Geräte und Systeme, Mechatroniker), 25 Prozent hatten einen Ausbildungsabschluss im Handwerk (z. B. Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik, Elektroinstallateur) und 10 Prozent gaben an, einen sonstigen Ausbildungsberuf (z. B. technischer Zeichner, KFZ-Mechatroniker, Elektroniker für Maschinen und Antriebstechnik, Kommunikationselektroniker, IT-Systemelektroniker) gelernt zu haben. 22 Prozent der Befragten machten keine Angaben zu ihrem Ausbildungshintergrund.

Die Eingangsstichprobe bestand aus 272 Probanden, die sich in etwa gleichmäßig auf die beiden Bundesländer verteilten (Nitzschke u. a. 2017, S. 500). Der Test zum Fachwissen sowie der Test zur fachspezifischen Problemlösefähigkeit wurden an zwei verschiedenen Tagen durchgeführt, um die Belastungen für die Schüler im Rahmen zu halten.

4.2 Instrumente

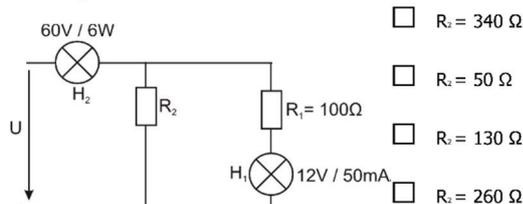
Zu den in unserer Studie verwendeten Instrumenten gehören ein Fachwissenstest, eine computerbasierte Simulation zur Messung der fachspezifischen Problemlösefähigkeit, ein Test zur Erfassung der kognitiven Grundfähigkeiten sowie ein Fragebogen bezüglich der beruflichen Tätigkeiten.

4.2.1 Paper-Pencil Test zum Fachwissen

Zur Erfassung des Fachwissens im Bereich Elektrotechnik am Ende der Fortbildung kam ein schriftlicher Test mit insgesamt 37 Items zum Einsatz. Mittels Dokumentenanalysen aus den Curricula der Fortbildung sowie Expertenworkshops wurden die drei Inhaltsbereiche „Grundlagen der Elektrotechnik (ET)“, „Elektrische Anlagen und Systeme (EAS)“ sowie „Steuerungstechnik (ST)“ als relevante Dimensionen unterstellt. Bei den Items kamen sowohl Single Choice, Multiple Choice, Zuordnungsaufgaben als auch Aufgaben, die kleine Berechnungen oder Erläuterungen erforderten, zum Einsatz. Abbildung 1 zeigt je ein Beispielitem aus den drei Inhaltsbereichen. Mit dem Test wird sowohl faktenbasiertes, d.h. deklaratives Wissen als auch prozedurales Wissen über die Funktion technischer Systeme und Abläufe erfasst. Für die Bearbeitung wurden 80 Minuten veranschlagt, womit der Test als Powertest durchgeführt wurde. Der Eingangs- und Abschlusstest wurde über 21 Items verlinkt, wobei bei der Entwicklung des Eingangstests eine inhaltliche Ausrichtung am Curriculum der Fortbildung erfolgte (ausführlicher Nitschke u. a. 2017, S. 501).

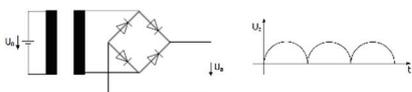
Elektrotechnik (Grundlagen)

Welchen Widerstandswert muss R_2 für die Schaltung in der Abbildung aufweisen? Berechnen Sie hierzu R_2 !



Elektrische Anlagen und Systeme

Ein Netzteil für ein Handyladegerät soll eine stabilisierte Gleichspannung liefern. Hierzu soll ein Transformator und eine Brückenschaltung eingesetzt werden. Das Ergebnis ist eine lückenlose, aufsetzende Gleichspannung.

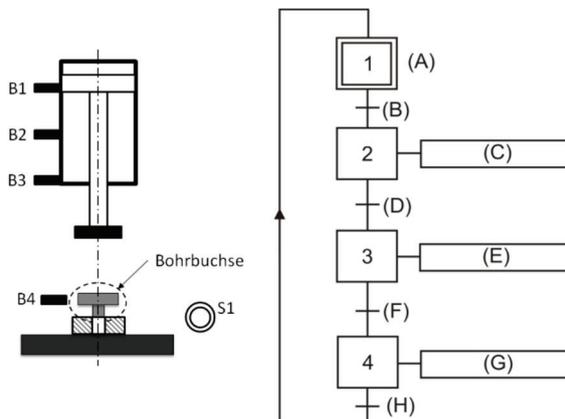


Wie kann die Brummspannung reduziert werden? (Hinweis: Es sind mehrere Antworten möglich)

- Durch einen in Reihe geschalteten Kondensator.
- Durch eine in Reihe geschaltete Spule.
- Durch einen parallel geschalteten Kondensator.
- Durch eine parallel geschaltete Spule.

Automation / Steuerungstechnik

Es ist die Ablaufsteuerung (AS) für eine hydraulische Presse zu entwerfen, mit der Bohrbuchsen in eine Platte gepresst werden. Der Ablauf des Pressvorgangs ist wie folgt: Befindet sich eine Buchse auf der Platte (Betätigung von Sensor B4) und ist der Zylinder in seiner Endstellung (Betätigung von Sensor B1), kann die Anlage mit dem Taster S1 gestartet werden. Der Zylinder fährt dann im Eilgang bis zum Sensor B2 aus. Anschließend findet eine Umschaltung auf Arbeitsvorschub statt. Ist die Bohrbuchse eingepresst (Betätigung von Sensor B3), fährt der Zylinder im Eilgang in die Grundstellung zurück.



In der Abbildung rechts ist die AS des Pressvorgangs gegeben. Ordnen Sie den Kennbuchstaben bitte die dazugehörigen Aktionen (Befehle) und Transitionen (Weiterschaltbedingungen) zu, so dass die Presse ordnungsgemäß funktionieren kann.

- Zylinder A1 ist zurückgefahren (B1).
- Zylinder A1 im Eilgang ausfahren.
- Zylinder A1 ist ausgefahren (B2).
- Zylinder A1 im Eilrücklauf.
- Zylinder A1 ist ausgefahren (B3).
- Zylinder A1 im Arbeitsvorschub.
- Zylinder in Grundstellung (B1), Buchse vorhanden (B4).
- Start- Taster S1 betätigt.

Abb. 1: Beispiele für Aufgaben zum Fachwissen (eigene Darstellung).

4.2.2 Computerbasierte Simulation zur Erfassung der fachspezifischen Problemlösefähigkeit

Die fachspezifische Problemlösefähigkeit im Bereich Elektrotechnik und Automatisierungstechnik wurde mit einer computerbasierten Simulation erfasst, die in ihrer Grundform für Elektroniker für Automatisierungstechnik entwickelt wurde (Walker, Link, van Waveren u. a. 2016). Die Simulation repräsentiert eine steuerungstechnische Anlage mit einem Materialmagazin, einer sensorgesteuerten Verteilungsanlage und einem Handhabungsgerät, das zur Zusammenfügung von zwei Würfelhälften genutzt wird. Dazu werden die beiden Würfelhälften aus einem Vereinzlungsmagazin hinaus über ein Förderband transportiert, hier von einem Greifarm aufgenommen und in eine Presse geschoben, schließlich von dort wieder auf dem Förderband abgelegt. Für die Simulation liegen vollständige Informationen hinsichtlich der softwareseitigen Programmierung vor, die von den Probanden eingesehen werden kann, genauso wie Informationen zu Bauteilen und Steckverbindungen sowie zum Zustand der Sensoren und Aktoren. Die Probanden bekommen zunächst eine etwa 60-minütige Einführung in das System und einige Übungsaufgaben zur Bearbeitung. Im Anschluss bearbeiten sie zunächst die acht minimal-komplexen Aufgaben (siehe Abb. 2), die insbesondere eine Informationssammlung in Interaktion mit dem System erfordern. Anschließend bekommen sie fünf (plus eine Zusatzaufgabe) komplexe Problemlöseaufgaben gestellt (siehe Abb. 3), in denen Fehler, wie z. B. ein stehend bleibendes Förderband, implementiert sind und

4.2.3 Kognitive Grundfähigkeiten

Die kognitiven Grundfähigkeiten wurden mit vier Subtests des Culture-Fair-Tests 3 (Weiß 1971) (Reihenfortsetzen, Klassifikationen, Matrizen, topologische Schlussfolgerungen) gemessen. Jede dieser Dimensionen umfasst 10 bis 14 Items mit figuralem Material, um deduktives Schlussfolgern zu erfassen. Für jede Dimension wird ein Summenscore berechnet.

4.2.4 Berufliche Erfahrungen

Mit Bezug auf Longoria (1997) haben wir versucht, berufliche Erfahrungen nicht nur über die Dauer der Jahre der Berufserfahrung, sondern auch über die in den letzten Jahren ausgeübten Tätigkeiten zu erfassen. Dazu wurden den angehenden Technikern zu Beginn der Fortbildung im Fragebogen eine Liste mit insgesamt 22 Tätigkeiten vorgelegt. Dazu gehörten beispielsweise „mit elektrotechnischen Anlagen arbeiten“, „Maschinen warten und reparieren“, „Prozessabläufe analysieren“, „Prüf- und Messaufgaben planen und auswerten“, „Kostenkalkulationen und Abrechnungen durchführen“, „Team- und Kundenbesprechungen durchführen“ und „sich weiterbilden, lernen“. Die Probanden sollten für jede der Tätigkeiten auf einer sechsstufigen Skala von 1 „nie“ bis 6 „sehr häufig“ angeben, wie häufig sie die entsprechenden Tätigkeiten in den letzten fünf Jahren ausgeübt haben.

Mittels einer exploratorischen Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation) wurden zusammenhängende Tätigkeiten zu Dimensionen zusammengefasst. Die vier Tätigkeiten „Fehler in elektrotechnischen/steuerungstechnischen Anlagen finden“, „Maschinen warten und reparieren“, „Schaltgeräte und/oder Automatisierungssysteme montieren“ sowie „Systeme programmieren und konfigurieren“ lassen sich unter einem gemeinsamen Faktor „Arbeiten mit technischen Anlagen“ subsumieren.

4.3 Statistische Auswertungen

Die Modellpassungen zum einparametrischen Raschmodell, welches die gleichzeitige Schätzung von Fähigkeitswerten für Personen und Schwierigkeitswerten für Items aus den Testergebnissen erlaubt und die entsprechenden Werte für die Modellpassung der Items (Infit, Outfit-Werte), die EAP/PV-Reliabilität (expected a posteriori, vergleichbar mit Cronbach's Alpha (Rost 2004)) und der Modellvergleich wird mit der Software R und dem Paket „TAM 2.4-9“ (Kiefer, Robitzsch & Wu 2017) berechnet. Der latente Zusammenhang zwischen dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit wird mit Mplus 6.12 (Muthén & Muthén 2010) modelliert. Dabei wird für die Schätzung der Messmodelle der für ordinale Daten benötigte WLSMV Schätzer verwendet.

5 Ergebnisse

Die Beantwortung der Fragestellungen und Hypothesen erfolgt in vier Abschnitten. Zunächst werden die Strukturanalysen zum Fachwissen vorgestellt. Anschließend wird die gemeinsame Skalierung der minimalkomplexen Aufgaben und der komplexen Problemlöseaufgaben thematisiert. Gegenstand des nächsten Abschnitts ist der latente Zusammenhang zwischen Fachwissen und

fachspezifischer Problemlösefähigkeit. Schließlich wird ein umfassendes Erklärungsmodell für die Fachkompetenz am Ende der Fortbildung präsentiert.

5.1 Struktur des Fachwissens am Ende der elektrotechnischen Fortbildung

Wie oben skizziert, wurde bei der Testkonstruktion eine dreidimensionale Struktur unterstellt. Die Strukturprüfung erfolgte auf Basis der Item Response Theorie, wobei ein eindimensionales und ein dreidimensionales Modell vergleichend geprüft wurden. Beide Modellvarianten weisen eine gute Modellpassung auf, wobei der Likelihood Ratio-Test das dreidimensionale Modell als besser passend ausweist. Damit wird H1 gestützt. Im dreidimensionalen Modell ergeben sich für die einzelnen Items Trennschärfen zwischen .494-.719 (ET); .344-.711 (EAS) und .285-.622 (ST). Die Itemfit-Werte liegen in den Intervallen von .709-1.390 (Outfit) und .860-1.165 (Infit). Die Reliabilitätswerte liegen im dreidimensionalen Modell noch in einem guten Bereich (EAP/PV = .87 (ET); .83 (EAS); .76 (ST) und die WLE-basierten Reliabilitätsschätzungen liegen bei WLE = .79 (ET); .72 (EAS); .69 (ST). Die latenten Korrelationen zwischen den Subdimensionen steigen im Vergleich zum Eingangstest (Eingangstest: .34 – .53; Abschlusstest: .60 – .82) substantiell an, was als Hinweis auf eine zunehmend integrative Verarbeitung des Fachwissens interpretiert werden kann. Entsprechend korrelieren die Dimensionen ET und EAS zu $r=.824$, ET und ST zu $r=.60$ und EAS und ST zu $r=.68$. Damit zeigt sich ein besonders enger Zusammenhang zwischen den beiden Dimensionen der Elektrotechnik und der elektrischen Anlagen und Systeme, während deren Zusammenhänge mit der Dimension der Steuerungstechnik etwas geringer ausfallen.

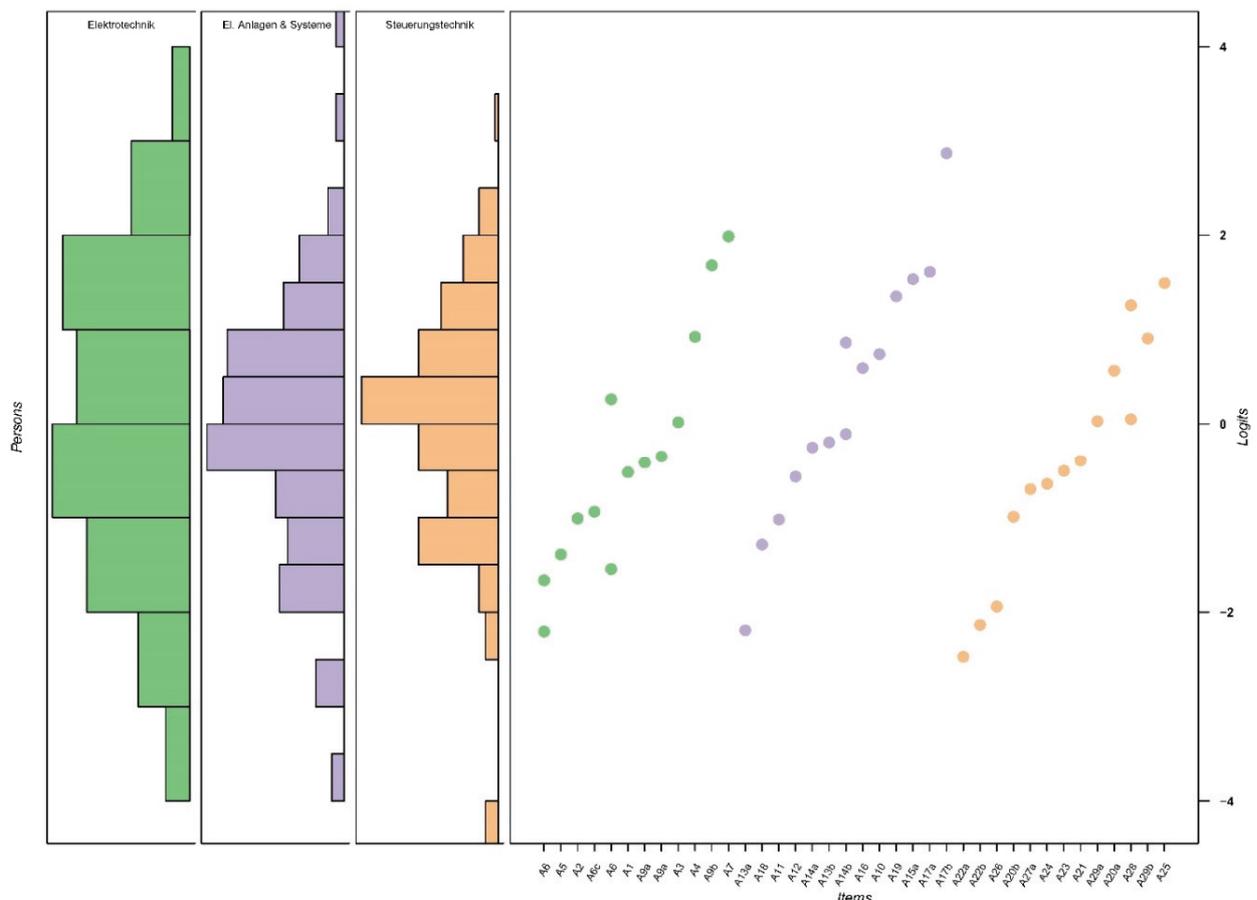


Abb. 4: Wrightmap Fachwissenstest (3-Dimensionale Skalierung) (eigene Berechnung).

Die in Abbildung 4 wiedergegebene Wrightmap für das dreidimensionale Modell illustriert eine relativ gute Verteilung der Items über die Schwierigkeitsspektren, wobei in allen Subdimensionen zusätzliche Items in den Randbereichen erstrebenswert sind.

5.2 Gemeinsame Skalierung der minimalkomplexen Aufgaben sowie der komplexen Problemlöseaufgaben

In H3 wird angenommen, dass die insgesamt 6 (5 reguläre plus eine Zusatzaufgabe) komplexen Problemlöseaufgaben gemeinsam mit den acht minimalkomplexen Aufgaben in einem Modell skaliert werden können. Zur Prüfung wurde ein eindimensionales Modell gegen ein zweidimensionales Modell, welches die komplexen sowie die minimalkomplexen Aufgaben in einem zweidimensionalen Modell getrennt modelliert, gerechnet. Im eindimensionalen Modell erreichen die einzelnen Items Trennschärfen von .221-.618. Die Fit-Werte der einzelnen Items liegen im akzeptablen Bereich von .75-1.310 (Outfit) sowie .849-1.126 (Infit). Die EAP/PV Reliabilität erreicht einen Wert von .765, die WLE Reliabilität liegt bei .73. Im zweidimensionalen Modell werden ebenfalls akzeptable Trennschärfen von .347-.667 für die Kurzaufgaben sowie .432 - .675 für die Fehlerfälle berechnet. Die Fit-Werte nehmen im zweidimensionalen Modell Werte von .714 bis 1.306 (Outfit) sowie .844 bis 1.124 (Infit) an.

Als EAP/PV-Reliabilität werden für beide Dimensionen Werte $>.7$ erreicht (.73 für die minimalkomplexen Aufgaben sowie .74 für die Problemlöseaufgaben). Die WLE-Reliabilitäten erzielen jedoch für beide Dimensionen lediglich Werte knapp über .5. Die beiden Aufgabenbereiche weisen eine latente Korrelation von .88 auf. Ein Vergleich der beiden Modelle mittels des Likelihood-Ratio-Tests weist das eindimensionale Modell als besser passend aus.

Aufgrund der Ergebnisse des Modellvergleichstests sowie entsprechend dem Prinzip der Modellsparsamkeit wird das eindimensionale dem zweidimensionalen Modell gegenüber präferiert. Damit kann H3 bestätigt werden.

Abbildung 5 zeigt die Verteilung der Problemlöseitems. Die meisten Items liegen im Bereich > 0 und können damit als eher schwierig bezeichnet werden. Als leichte Aufgaben lassen sich lediglich die beiden Problemlöseaufgaben F4 und F8 identifizieren, deren leichtere Lösbarkeit von Vorhinein unterstellt wurde, weshalb für deren Bearbeitung eine etwas geringere Bearbeitungszeit vorgesehen war. Gleichzeitig unterstützen die Ergebnisse H4, da die gemeinsame Problemlöseskala eine EAP/PV-Reliabilität von $>.7$ (EAP/PV=.765) erreicht.

Gleichwohl sollten für die weitere Testentwicklung für diese Probandengruppe zusätzliche leichtere Problemlöseaufgaben in den Test integriert werden, um das Schwierigkeitsspektrum insgesamt besser abzudecken und somit auch im unteren Leistungsbereich verlässliche Aussagen zu ermöglichen.

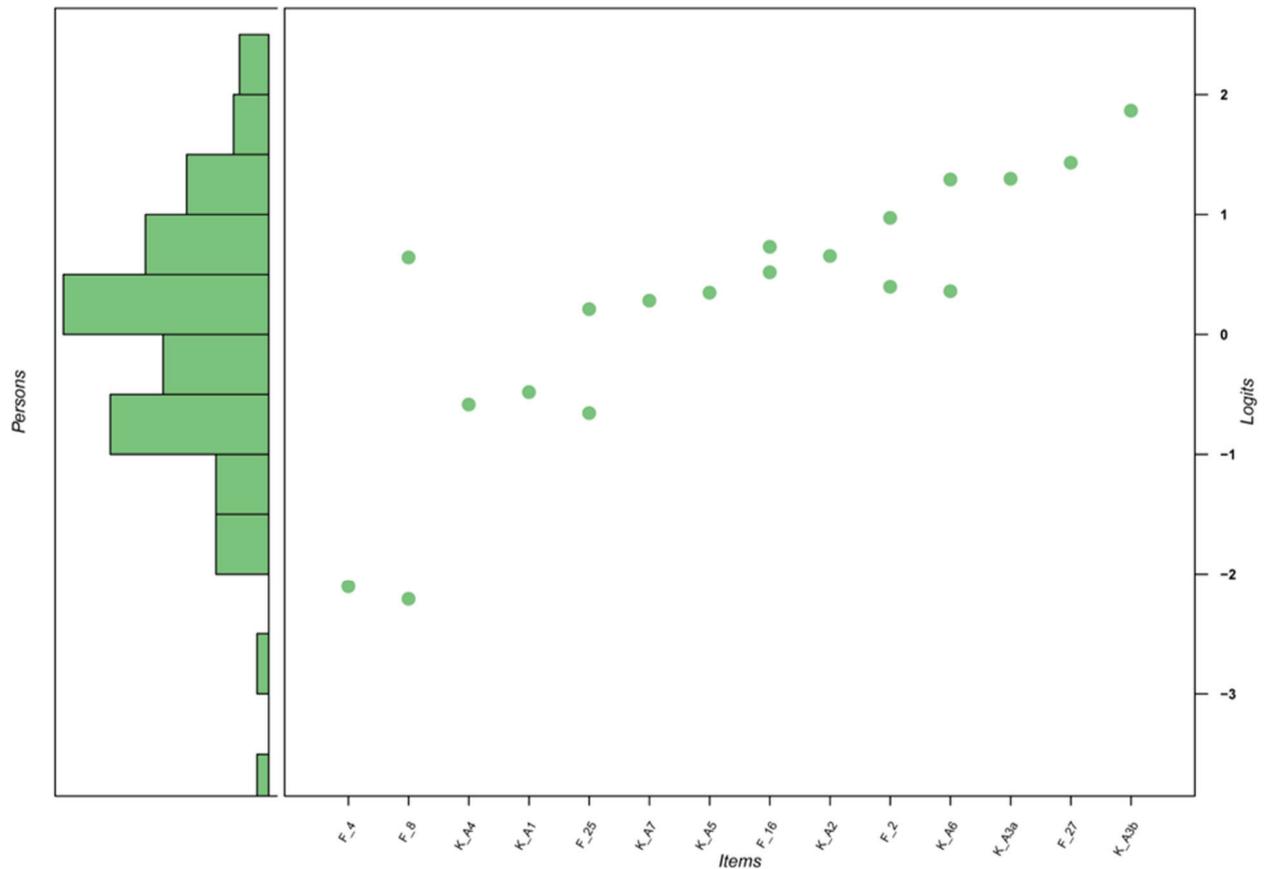
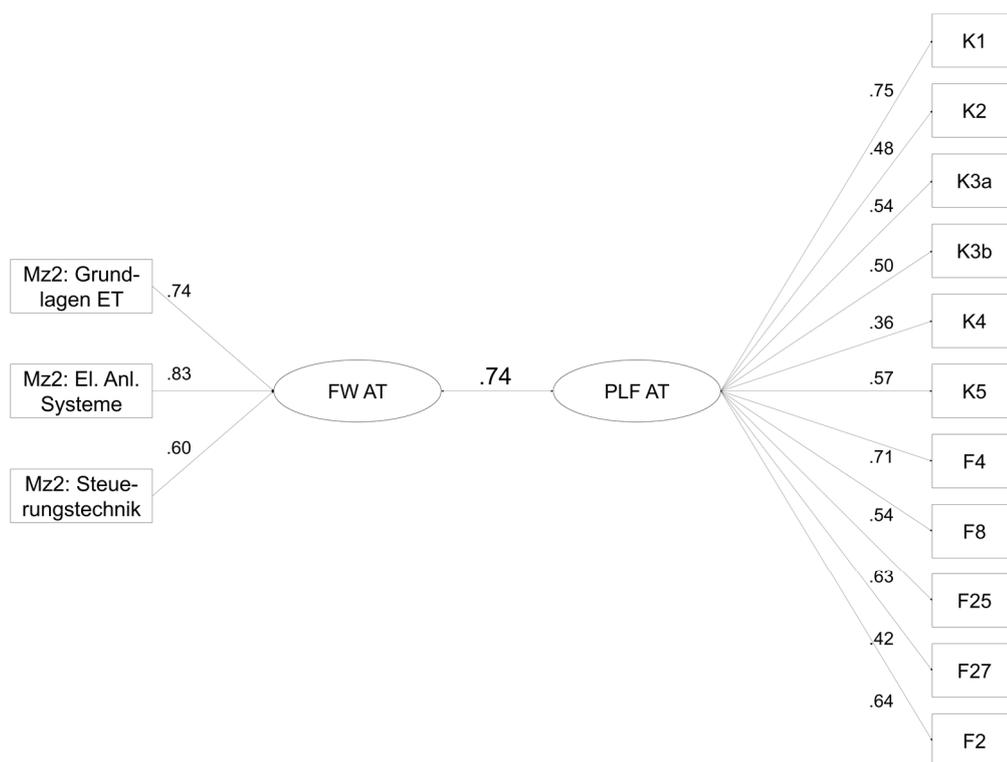


Abb. 5: Wrightmap der gemeinsamen Skalierung der komplexen und minimalkomplexen Problemlöseaufgaben (eigene Berechnung).

5.3 Zusammenhang des Fachwissens und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit am Ende der elektrotechnischen Fortbildung

Um in einem nächsten Schritt den Zusammenhang zwischen der fachspezifischen Problemlösefähigkeit sowie dem Fachwissen zu prüfen, wurden zunächst für beide Konstrukte entsprechende Messmodelle in Mplus modelliert. Dazu wurde für das Fachwissen ein eindimensionales Generalfaktormodell aus den WLE-Schätzern der drei Fachwissensdimensionen ET, EAS und ST geschätzt. Für das Konstrukt der fachspezifischen Problemlösefähigkeit wurden die komplexen sowie die minimalkomplexen Problemlöseaufgaben in das Messmodell integriert. Im Gegensatz zur IRT-Skalierung leisten die Zusatzaufgabe F16 sowie die beiden minimalkomplexen Items K6 und K7 keinen Beitrag zum Messmodell und wurden daher ausgeschlossen.

Abbildung 6 zeigt den latenten Zusammenhang zwischen den beiden Konstrukten des Fachwissens und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit gegen Ende der zweijährigen Fortbildung. Die Modellfitwerte weisen auf eine gute Modellpassung nach Hu & Bentler (1999) hin: $\chi^2/df=1.22$, CFI=.965 und RMSEA=.033. Entsprechend unserer Hypothese H2 ist der Zusammenhang zwischen den beiden Komponenten der Fachkompetenz mit .74 größer als .50 und damit als substantiell zu bezeichnen.



$N = 208$, $\chi^2 = 92.962$, $df = 76$, $CFI/TLI = .965/.958$, $RMSEA = .033$ (.000 - .054), $WRMR = .763$

Abb. 6: Latente Korrelation zwischen dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit (eigene Berechnung).

5.4 Erklärungsmodell für die Fachkompetenz am Ende der Fortbildung

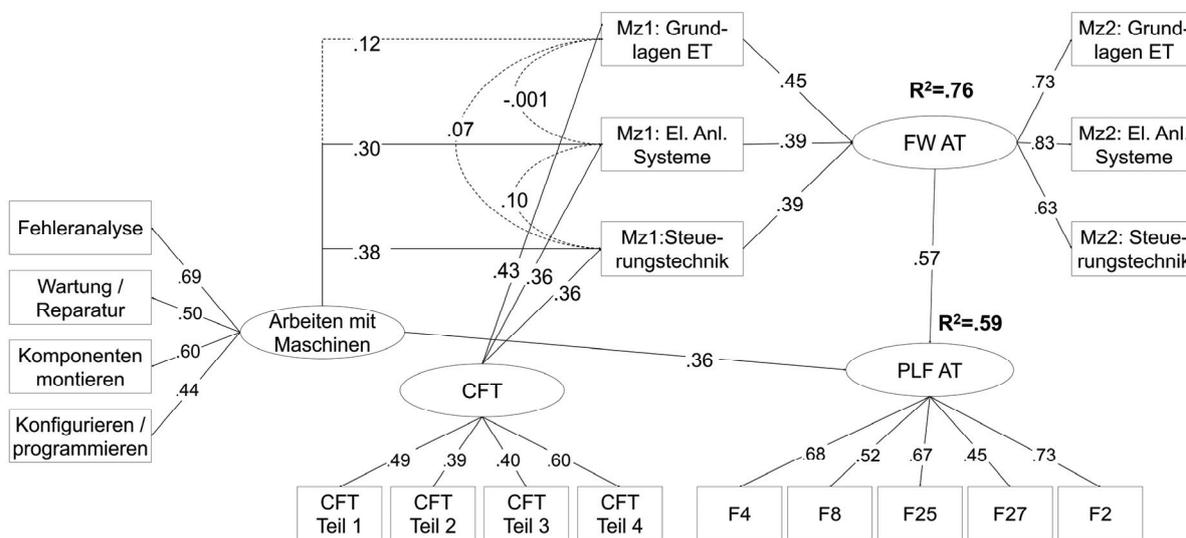
Zur Prüfung der Hypothesen H5, H6 und H7 wurden verschiedene Strukturgleichungsmodelle geschätzt, wovon hier lediglich ein Modell ausführlich präsentiert wird. Abbildung 7 stellt die Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit am Ende der Fortbildung dar sowie die Einflüsse des Fachwissens zu Beginn der Fortbildung, der kognitiven Grundfähigkeiten sowie der Tätigkeitserfahrungen.

Das Modell weist insgesamt einen sehr guten Modellfit auf. Auch in diesem Modell lässt sich der substanzielle Zusammenhang zwischen den beiden Komponenten der Fachkompetenz, dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit nachweisen. Die kognitiven Grundfähigkeiten haben jeweils signifikante positive Effekte auf die drei Fachwissensbereiche zu Beginn der Fortbildung, jedoch keinen direkten Einfluss auf die fachspezifische Problemlösefähigkeit und das Fachwissen am Ende der Fortbildung. Damit wird H6 gestützt, da die kognitiven Grundfähigkeiten lediglich indirekt über das Fachwissen für die fachspezifische Problemlösekompetenz erklärungsrelevant werden. In einem zusätzlich geschätzten Modell, in dem das Fachwissen am Ende der Fortbildung dreidimensional und manifest Berücksichtigung fand, ergaben sich (bei gutem Modellfit) lediglich direkte Einflüsse des steuerungstechnischen Wissens zu Beginn der Fortbildung (Pfadkoeffizient von .23) und dem Fachwissen in der Dimension elektrische Anlagen und Systeme am Ende der Fortbildung auf die fachspezifische Problemlösefähigkeit (.57), womit auch

Teil 2 von H2 gestützt wird. Bemerkenswert waren in diesem Modell die durchgängig signifikanten Einflüsse der Subdimensionen des Fachwissens zu Beginn der Ausbildung auf alle Subdimensionen des Fachwissens am Fortbildungsende.

Der Tätigkeitsfaktor, der aus insgesamt vier beruflichen Tätigkeiten gebildet wurde, die Erfahrungen an steuerungstechnischen Anlagen zum Ausdruck bringen, zeigt mit einem Pfadkoeffizienten von .36 einen deutlichen Effekt und erbringt eine zusätzliche Varianzaufklärung der fachlichen Problemlösefähigkeit am Ende der Fortbildung von ca. 10 Prozent. Über das Fachwissen werden die spezifischen fachlichen Erfahrungen auch indirekt wirksam. So gibt es positive Pfadkoeffizienten von .30 und .38 zum Fachwissen im Bereich elektrischer Anlagen und Systeme sowie zur Steuerungstechnik. Der Pfad zu den Grundlagen der Elektrotechnik ist hingegen mit .12 klein und wird nicht signifikant. Damit kann H7 gestützt werden. Erfahrungen an steuerungstechnischen Systemen haben positive Einflüsse auf den Wissens- und Fähigkeitserwerb.

Die Varianz des Fachwissens am Ende der Fortbildung kann zu 76 Prozent durch das Eingangsfachwissen sowie indirekt durch die kognitiven Grundfähigkeiten und die beruflichen Tätigkeitserfahrungen erklärt werden.



N = 208, $\chi^2 = 153.355$, df = 141, CFI/TLI = .980/.976, RMSEA = .021 (.000 - .040), WRMR = .716

Abb. 7: Erklärungsmodell für das Fachwissen und die fachspezifische Problemlösefähigkeit am Ende der Fortbildung (eigene Berechnung).

Unberücksichtigt blieben in diesem Modell die fachlichen Verortungen (Handwerk, Industrie), die nach den Analysen zum Eingangswissen substantielle Unterschiede im Fachwissen begründeten.

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Leistungsdifferenzen zwischen angehenden Technikern mit einem Ausbildungshintergrund in einem industriellen versus einem handwerklichen Elektronikberuf für beide Erhebungszeitpunkte. Ein Vergleich der Leistungsdifferenzen zum Zeitpunkt des Abschlusstests dokumentiert, dass die Leistungsunterschiede zwischen den Probanden mit handwerklichem und industriellem Ausbildungshintergrund kaum reduziert werden. So zeigt sich für das eindimensionale Modell des Fachwissens zu t1 eine Effektstärke von $d=1.10$ zugunsten der Fortbildungsschüler mit industriellem Hintergrund und zum Zeitpunkt des Abschlusstests ergibt sich

immer noch eine Effektgröße von $d=1.06$. Für das Fachwissen zeigen sich bei einer dreidimensionalen Modellierung überwiegend Zuwächse der Leistungsdifferenzen. Entsprechend erhöht sich die Effektgröße für die Dimension Grundlagen der Elektrotechnik von $.68$ (t1) zu 1.02 (t2). Dasselbe Muster zeigt sich für den Bereich elektrischer Anlagen und Systeme, für den die Effektgröße von $.54$ (t1) zu $.83$ (t2) steigt. Lediglich die Leistungsdifferenz in der Steuerungstechnik reduziert sich entsprechend H8 von $.99$ (t1) zu $.82$ (t2). Dies bedeutet, dass H8 lediglich für das steuerungs-technische Fachwissen gestützt wird, das in der handwerklichen Ausbildung und Arbeit in der Regel wenig bedeutsam ist.

Tab. 1: T-Tests der Testleistungen der angehenden Techniker zu Beginn und am Ende der Fortbildung

	Zeitpunkt	Ausbildungshintergrund Mittelwert, Standardabweichung (N)		T-Test	
		Industrie	Handwerk	T-Wert, p	Effektgröße d
Problemlösefähigkeit	t1	-	-	-	-
	t2	.47 , .83 (66)	-.64 , 1.33 (37)	4.56, .000	1.07
Fachwissen – 1 Dimensional	t1	.43 , .79 (90)	-.47 , .86 (50)	6.29, .000	1.10
	t2	.50 , 1.12 (79)	-.66 , 1.04 (45)	5.67, .000	1.06
Fachwissen – Dimension Grundlagen der Elektrotechnik	t1	.42 , 1.26 (90)	-.40 , 1.10 (50)	3.84, 000	.68
	t2	.68 , 1.68 (79)	-.96 , 1.47 (45)	5.48, .000	1.02
Fachwissen – elektrische Systeme und Anlagen	t1	.37 , 1.26 (90)	-.29 , 1.16 (50)	3.041, 003	.54
	t2	.51 , 1.33 (79)	-.65 , 1.52 (45)	4.43, .000	.83
Fachwissen – Steuerungstechnik	t1	.71 , 1.52 (90)	-.71 , 1.25 (50)	5.64, 000	.99
	t2	.32 , 1.07 (79)	-.63 , 1.30 (45)	4.39, .000	.82

Anmerkungen: Als Indikatoren für die Testleistungen werden jeweils die WLE-Schätzer berichtet (eigene Berechnung).

6 Diskussion

Ziel des vorliegenden Beitrags war es die Fachkompetenz angehender Techniker im Fachbereich Elektrotechnik einer zweijährigen Vollzeitfortbildung näher zu untersuchen. Die Zielgruppe der Fortgebildeten war bislang kaum Gegenstand beruflicher Kompetenzmessung, gleichwohl wird dieser Berufsgruppe für die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung eine hohe Bedeutung zugeschrieben (CEDEFOP 2012), was eine genauere Analyse der erreichten Kompetenzen besonders erstrebenswert macht.

In Anlehnung an die empirische Forschung zur beruflichen Kompetenzmessung in der gewerblich-technischen Erstausbildung wurde auch für die Fortbildung eine Unterteilung der Fachkompetenz in die beiden Komponenten des Fachwissens und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit angenommen, die jeweils mit unterschiedlichen Testverfahren (Paper-Pencil-Test vs. computerbasierte Simulation) adressiert wurden.

Wie bereits zu Beginn der zweijährigen Fortbildung (Nitzschke u. a. 2017) ist das Fachwissen auch gegen Ende der Fortbildung in die drei inhaltlichen Dimensionen (Grundlagen der Elektrotechnik, elektrische Anlagen und Systeme und Steuerungstechnik) ausdifferenziert. Die im Vergleich zur Eingangstestung deutlich stärkeren Assoziationen zwischen den Subdimensionen sprechen allerdings für zunehmend integrative Verarbeitungsprozesse.

Für die fachspezifische Problemlösefähigkeit ist es gelungen, die komplexen Problemlöseaufgaben gemeinsam mit den minimalkomplexen Problemlöseaufgaben zu skalieren, welche insbesondere auf eine Informationssuche im System abzielen. Wir interpretieren das so, dass trotz der größeren Erfahrung der Techniker auch die minimalkomplexen Problemlöseaufgaben noch substantielle Herausforderungen darstellen. Durch die zusätzlichen Items ist es gelungen, die EAP/PV-Reliabilität auf einen guten Wert von .765 anzuheben, die allerdings auch bei einer zweidimensionalen Skalierung befriedigende Werte (>0.7) erreicht.

Mit der eingesetzten Computersimulation wird ausschließlich der Bereich der analytischen Fehleranalysefähigkeit in den Blick genommen und damit nur ein Ausschnitt realer beruflicher Anforderungssituationen (Nickolaus & Seeber 2013). Tätigkeitsanalysen (siehe z. B. Zinke, Schenk & Kröll 2014; BMBF 2009) liefern Hinweise auf weitere relevante berufliche Anforderungen, die bislang noch nicht in den Blick genommen wurden. Walker u. a. (2016) dokumentierten für Elektroniker für Automatisierungstechnik mit der Fähigkeit, steuerungstechnische Anlagen zu programmieren, eine weitere (konstruktive) Facette der fachlichen Problemlösefähigkeit, die in dieser Untersuchung aus Gründen der Testbelastung unberücksichtigt blieb. Wünschenswert wären auch Studien zum Zusammenhang des Fachwissens sowie der analytischen Problemlösefähigkeit am Ende der Fortbildung mit der (üblicherweise zumeist von Vorgesetzten eingeschätzten) späteren allgemeinen Arbeitsleistung der untersuchten Techniker. Aus der psychologischen Forschung liegen hierzu Ergebnisse vor, die allerdings auf weniger elaborierten Messungen der fachlichen Kompetenzen beruhen (z. B. Dye, Reck & McDaniel 1993; Salgado u. a. 2003). Bestätigt wird allerdings auch dort ein deutlich stärkerer Einfluss des Fachwissens auf die fachliche Leistung als durch die Dauer der Berufserfahrung.

Der substantielle latente Zusammenhang von $r=.74$ zwischen dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit macht deutlich, dass auch noch für die angehenden Techniker gegen Ende ihrer Fortbildung das explizite Wissen bedeutsam für die Lösung der Problemlöseaufgaben ist und letztere damit nicht nur Routinehandlungen, sondern anspruchsvollere kognitive Prozesse erfordern. In einem nächsten Schritt wäre es interessant zu untersuchen, in wie weit solche Probanden, die bereits über umfassende Tätigkeitserfahrungen mit der Fehleranalyse an Ma-

schinen und Anlagen verfügen und damit ein entsprechendes Wissen über relevante Problemlöseoperatoren haben, nicht nur mehr Problemfälle lösen, wie in dieser Studie bestätigt, sondern auch schneller zu tragfähigen Lösungen kommen.

Den kognitiven Grundfähigkeiten wird auch in dieser Studie im Anschluss an Cattell (1987) eine hohe Bedeutung für den Wissensaufbau bescheinigt, wie das empirisch vielfach bestätigt wurde (z. B. Abele u. a. 2012). Ein direkter Einfluss auf die fachliche Problemlösefähigkeit, wie er bei Walker und anderen (2016) diagnostiziert wurde, bestätigt sich hingegen nicht.

Ebenso häufig repliziert ist in längsschnittlichen Untersuchungen der Befund, dass das frühe Fachwissen zu Beginn der Fort- bzw. Ausbildung den bedeutsamsten Prädiktor für das später erhobene Fachwissen darstellt (im Überblick Nickolaus 2018). Damit wird deutlich, dass die kognitiven Voraussetzungen eine zentrale Bedeutung für den späteren Lernerfolg einnehmen. Aus den vorliegenden Analysen zu den Mittelwertvergleichen kann geschlussfolgert werden, dass die didaktischen Möglichkeiten Leistungsdifferenzen auszugleichen nicht genutzt werden. Letztlich bleiben die Eingangsunterschiede im Fachwissen, wie sie zwischen Probanden mit handwerklichem und industriellem Hintergrund bestehen (Nitzschke u. a. 2017, S. 510) weitgehend erhalten und werden bereichsspezifisch gar größer. Vor dem Hintergrund der großen Heterogenität der Ausbildungshintergründe der Technikerschüler (Zinn & Wyrwal 2014) scheint dies eher bedenklich.

Diese Studie liefert erste Hinweise darauf, dass spezifische, mit den getesteten Bereichen assoziierte, Tätigkeitserfahrungen einen positiven Einfluss auf die Testleistung entfalten. Der von Velten präsentierte Befund, dass die Erfahrung in weniger anforderungsaffinen Tätigkeiten (Controlling) nicht prädiktiv werden, stützt die hier vorgestellten Ergebnisse zusätzlich. Interessant wäre es der Frage nachzugehen, ob die Technikertätigkeit selbst im weiteren Prozess für die fachliche Kompetenzentwicklung bedeutsam wird und in welchem Bezug die Tätigkeitsdauer mit den jeweils gesammelten Erfahrungen steht. Insgesamt liefert der Beitrag neue Erkenntnisse zur Fachkompetenzentwicklung nach der beruflichen Erstausbildung am Beispiel einer zweijährigen Techniker- Vollzeitfortbildung. Einschränkend muss gesagt werden, dass weitere Untersuchungen mit einem höheren Stichprobenumfang nötig sind, um die Robustheit der Ergebnisse zu überprüfen. Auch sollten neben Vollzeitschülern auch die Teilzeitschüler zum Gegenstand empirischer Kompetenzanalysen gemacht werden.

Literatur

- Abele, S. (2017). Empirische Erfassung diagnostischer Problemlösekompetenzen in beruflichen Kontexten: Unsichtbare Resultate beruflicher Lehr- Lern-Prozesse sichtbar machen. Kumulative Habilitationsschrift. Universität Stuttgart.
- Abele, S., Greiff, S., Gschwendtner, T., Wüstenberg, S., Nickolaus, R., Nitzschke, A. & Funke, J. (2012). Dynamische Problemlösekompetenz – Ein bedeutsamer Prädiktor von Problemlöseleistungen in technischen Anforderungskontexten? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(2), 363–391.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2009). Feasibility Study VET-LSA. A comparative analysis of occupational profiles and VET programmes in 8 European countries – International report. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Cattell, R. B. (1987). *Intelligence: Its Structure, Growth and Action*. New York: Elsevier.
- CEDEFOP (2012). *Future skills supply and demand in Europe: Forecast 2012*. Research paper No. 26. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Deutscher Industrie- und Handelskammertag DIHK (2014). *Aufstieg mit Weiterbildung. Umfrage-Ergebnisse 2014*. Meckenheim: DIHK Verlag.
- Dörner, D. (1976). *Problemlösen als Informationsverarbeitung*. Stuttgart: Kohlhammer.

- Dye, D. A., Reck, M. & McDaniel, M. A. (1993). The Validity of Job Knowledge Measures. *International Journal of Selection and Assessment*, 1(3), 153–157.
- Fazekas, M. & Field, S. (2013). *A Skills beyond School Review of Germany*. OECD Reviews of Vocational Education and Training. Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264202146-en>, Stand vom 10.11.17.
- Flake, R., Werner, D. & Zibrowius, M. (2016). *Karrierefaktor berufliche Bildung. Eine empirische Untersuchung der Einkommens- und Arbeitsmarktperspektiven von Fachkräften mit Fortbildungsabschluss im Vergleich zu Akademikern*. Köln, verfügbar unter <http://www.iwkoeln.de/studien/gutachten/beitrag/regina-flake-dirk-werner-michael-zibrowius-karrierefaktor-berufliche-fortbildung-263655>, Stand vom 24.10.17.
- Gschwendtner, T. (2008). Ein Kompetenzmodell für die kraftfahrzeugtechnische Grundbildung. In R. Nickolaus & H. Schanz (Hrsg.), *Didaktik der gewerblichen Berufsbildung. Konzeptionelle Entwürfe und empirische Befunde* (103–119). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Gschwendtner, T., Abele, S. & Nickolaus, R. (2009). Computersimulierte Arbeitsproben: Eine Validierungsstudie am Beispiel der Fehlerdiagnoseleistung von KFZ-Mechatronikern. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 105(4), 556–578.
- Hall, A. (2013). Fortbildungs-versus Hochschulabschluss: Einkommen im Vergleich. *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis* 5, 4–5.
- Hu, L. & Bentler, P. (1999). Cutoff criteria for fit indices in covariance structure analysis: conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling* 6, 1–55.
- Kiefer, T., Robitzsch, A. & Wu, M. (2017). TAM: Test Analysis Modules. R package, Version 2.4-9. <http://CRAN.R-project.org/package=TAM>, Stand vom 10.11.17.
- Klahr, D. (2000). Scientific discovery as problem solving. In D. Klahr (Ed.), *Exploring science. The cognition and development of discovery processes* (21–39). Cambridge, MA: MIT Press.
- Kramer, Jochen (2009). Allgemeine Intelligenz und beruflicher Erfolg in Deutschland. *Psychologische Rundschau* 60, 82–98.
- Longoria, R. G. (1997). *The Relationship Between Work Experience and Job Knowledge: A Theoretical and Empirical Reexamination*. PhD diss., Rice University.
- Muthén, L. K. & Muthén B. O. (2010). *Mplus User's Guide*. Sixth Edition. Los Angeles: Muthén & Muthén.
- Nickolaus, R., Geißel, B., Abele, S. & Nitzschke, A. (2011). Fachkompetenzmodellierung und Fachkompetenzentwicklung bei Elektronikern für Energie- und Gebäudetechnik im Verlauf der Ausbildung – Ausgewählte Ergebnisse einer Längsschnittstudie. In: R. Nickolaus & G. Pätzold (Hrsg.), *Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung*. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* (77–94) Beiheft 25. Stuttgart.
- Nickolaus, R. (2018). Kompetenzmodellierung in der beruflichen Bildung- eine Zwischenbilanz. In J. Schlicht & U. Moschner (Hrsg.), *Berufliche Bildung an der Grenze zwischen Wirtschaft und Pädagogik. Reflexionen aus Theorie und Praxis* (255–282). Springer VS.
- Nickolaus, R., Behrendt, S., & Abele, S. (2016): Kompetenzstrukturen bei KFZ- Mechatronikern und die Erklärungskraft des fachsystematischen KFZ- Wissens für berufsfachliche Kompetenzen. In: *Unterrichtswissenschaft* 44(2), 114–130.
- Nickolaus, R., Gschwendtner, T. & Abele, S. (2009). Die Validität von Simulationsaufgaben am Beispiel der Diagnosekompetenz von Kfz-Mechatronikern. Vorstudie zur Validität von Simulationsaufgaben im Rahmen eine VET-LSA. Abschlussbericht. Universität Stuttgart.
- Nickolaus, R. & Seeber, S. (2013). Berufliche Kompetenzen: Modellierungen und diagnostische Verfahren. In A. Frey, U. Lissmann & B. Schwarz (Hrsg.), *Handbuch Berufspädagogische Diagnostik* (166–195). Weinheim: Beltz.
- Nitzschke, A., Velten, S., Dietzen, A. & Nickolaus, R. (2017). Motive, Vorerfahrungen und kognitive Eingangsvoraussetzungen von Technikerschülern und Technikerschülerinnen. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 113(3), 490–516.
- Roberts, J., While, A. E. & Fitzpatrick, J. (1996). Exploring the process of data acquisition: Methodological challenges encountered and strategies employed. *Journal of Advanced Nursing*, 23, 366–372.
- Rost, J. (2004). *Lehrbuch Testtheorie – Testkonstruktion* (2. Aufl). Bern: Huber.
- Schmidt, T., Nickolaus, R. & Weber, W. (2014). Modellierung und Entwicklung des fachsystematischen und handlungsbezogenen Fachwissens von Kfz-Mechatronikern. *Zeitschrift für Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik (ZBW)*, 110(4), 549–574.
- Salgado, J. F., Anderson, N., Moscoso, S., Bertua, C. & de Fruyt, F. (2003). International validity generalization of GMA and cognitive abilities: A European community meta-analysis. *Personnel Psychology*, 56, 573–605.

- Shavelson, R. J. (2010). On the measurement of competency. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 2(1), 41–63.
- Van Waveren, L. & Nickolaus, R. (2016). Einflüsse der Vermittlungsintensität von Schule und Betrieb auf das Fachwissen bei Elektronikern für Automatisierungstechnik. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 112(3), 382–405.
- Velten, S. (2017). What affects vocational competencies in German post-secondary VET? *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education*, 8(2), 3091–3102.
- Walker, F., Link, N., van Waveren, L., Hedrich, M., Geißel, B. & Nickolaus, R. (2016). Berufsfachliche Kompetenzen von Elektronikern für Automatisierungstechnik- Kompetenzdimensionen, Messverfahren und erzielte Leistungen (KOKO EA). In: *Technologiebasierte Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung. Ergebnisse aus der BMBF- Förderinitiative ASCOT*, 139–169.
- Walker, F., Link, N. & Nickolaus, R. (2015). Berufsfachliche Kompetenzstrukturen bei Elektronikern für Automatisierungstechnik am Ende der Berufsausbildung. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW)*, 111(2), 222–241.
- Walker, F., Link, N. & Nickolaus, R. (2016). A multidimensional structure of domain-specific problem-solving competencies of electronics technicians for automation technology. *Empirical Research in Vocational Education and Training*.
- Weiß, R. H. (1971). *Grundintelligenztest CFT 3*. Braunschweig: Hogrefe.
- Winther, E. & Achtenhagen, F. (2009). Skalen und Stufen kaufmännischer Kompetenz. *Zeitschrift für Berufs und Wirtschaftspädagogik (ZBW)*, 105(4), 521–556.
- Zinke, G., Schenk, H. & Kröll, J. (2014). *Ergebnisse einer Online Befragung zur Berufsfeldanalyse der industriellen Elektroberufe*. Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.
- Zinn, B. & Wyrwal, M. (2014). Ein empirisches Erklärungsmodell zum fachspezifischen Wissen von Schülern bei Einmündung in die bautechnische Fachschule. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 110(4), 529–548.

STEFANIE VELTEN
Bundesinstitut für Berufsbildung
Robert-Schuman-Platz 3, 53175 Bonn
velten@bibb.de

ALEXANDER NITZSCHKE
Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft,
Abteilung Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik
Geschwister-Scholl-Str. 24D, 70174 Stuttgart
nitzschke@bwt.uni-stuttgart.de

PROF. DR. REINHOLD NICKOLAUS
Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft,
Abteilung Berufs-, Wirtschafts- und Technikpädagogik
Geschwister-Scholl-Str. 24D, 70174 Stuttgart
nickolaus@bwt.uni-stuttgart.de

JUN.-PROF. DR. FELIX WALKER
Technische Universität Kaiserslautern
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Fachdidaktik in der Technik
Kurt-Schumacher-Straße 74a, Gebäude 74a/133, 67663 Kaiserslautern
walker@mv.uni-kl.de

Zitieren dieses Beitrags:

Velten, S., Nitzschke, A., Nickolaus, R. & Walker, F. (2018). Die Fachkompetenzstruktur von Technikern für Elektrotechnik und Einflussfaktoren auf ihre Kompetenzentwicklung. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(1), 201–222.