Forschungsprojekt: Abschlussbericht

2.2.305 – Messung fachlicher Kompetenzen von Fachkräften im Bereich der Mechatronik und der Elektrotechnik (ProMech)

Dr. Agnes Dietzen, Stefanie Velten, Prof. Dr. Reinhold Nickolaus, Alexander Nitzschke

Laufzeit IV/14 bis I/18
Bonn, Mai 2018

Bundesinstitut für Berufsbildung
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Telefon: 0228/107-1241
E-Mail: velten@bibb.de
www.bibb.de

Bundesinstitut für Berufsbildung BIBB
Forschen
Beraten
Zukunft gestalten

Zitiervorschlag:
Dietzen, Agnes; Velten, Stefanie; Reinhold, Nickolaus; u. a.: Messung fachlicher Kompetenzen von Fachkräften im Bereich der Mechatronik und der Elektrotechnik (ProMech); Abschlussbericht: 2.2.305. Bonn, 2018.

© Bundesinstitut für Berufsbildung, 2018

Dieses Dokument gehört zu der VET Repository-Sammlung „BIBB Projektberichte“.

Herausgeber:
Bundesinstitut für Berufsbildung
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Internet: www.vet-repository.info
E-Mail: repository@bibb.de

CC Lizenz
Der Inhalt dieses Werkes steht unter Creative-Commons-Lizenz (Lizenztyp: Namensnennung – Keine kommerzielle Nutzung – Keine Bearbeitung – 4.0 International).
Weitere Informationen finden sie im Internet auf unserer Creative-Commons-Infoseite
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Diese Netzpublikation wurde bei der Deutschen Nationalbibliothek angemeldet und archiviert.

Inhaltsverzeichnis

Das Wichtigste in Kürze ... 3

1 Problemdarstellung und theoretischer Hintergrund ... 5

1.1 Berufliche Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Aus- und Weiterbildung ... 5

1.2 Einflussfaktoren auf die Fachkompetenz der angehenden Techniker/-innen ... 7

1.3 Gruppenunterschiede der Fachkompetenzen zwischen angehenden Techniker/-innen, dual Studierenden und Auszubildenden ... 8

2 Projektziele, Forschungsfragen und Hypothesen ... 8

2.1 Betrachtung und Bewertung der Forschungsfragen und Hypothesen ... 8

3 Methodische Vorgehensweise ... 12

3.1 Untersuchungsdesign ... 12

3.2 Stichprobe ... 12

3.3 Testinstrumente ... 13

3.4 Auswertungsstrategien ... 18

4 Ergebnisse ... 19

4.1 Dimensionierung des Fachwissens und der Problemlösefähigkeit sowie Zusammenhang der beiden Konstrukte ... 19

4.2 Entwicklung der Problemlöseleistungen vom Beginn zum Ende der Fortbildung ... 24

4.3 Itemskalierungen und Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen ... 28

4.4 Bedeutung der Berufserfahrung für die Fachkompetenz ... 34

4.5 Bedeutung der Testmotivation für die Fachkompetenz ... 49

5 Zielerreichung ... 59

6 Ausblick und Transfer ... 60

Veröffentlichungen ... 63

Literaturverzeichnis ... 64

Das Wichtigste in Kürze

Ziel des Forschungsprojekts ProMech war es, die Fachkompetenz bei beruflich Fortgebildeten im Fachbereich Mechatronik und Elektrotechnik zu untersuchen und dabei insbesondere die Rolle der fachlichen Problemlösefähigkeit, d. h. des fachlichen Könnens, in den Blick zu nehmen. Vor dem Hintergrund intensiver Forschungsaktivitäten im Bereich der beruflichen Kompetenzmessung stehen Fragen wie die reliable und valide Erfassung der Fachkompetenz sowie die Ausdifferenzierungsmöglichkeiten des Konstrukts im Zentrum des Interesses. Auch wurden bislang nur einige Einflussfaktoren wie z. B. Basiskompetenzen und Ausbildungsbedingungen in den Blick genommen. Der bisherige Schwerpunkt der Forschung im Bereich der Kompetenzdiagnostik lag im Bereich der dualen Erstausbildung, die Kompetenzentwicklung nach der Ausbildung im Rahmen einer beruflichen Fortbildung erhielt bislang wenig Aufmerksamkeit und wurde daher im vorliegenden Projekt adressiert.

Das Projekt schloss an das BIBB-Forschungsprojekt „Einfluss der betrieblichen Ausbildungsqualität auf die Fachkompetenz bei Mechatronikern und Fachinformatikern (Aqua.Kom)“ an, in dem die Fachkompetenzen von Auszubildenden mittels neu entwickelter Paper-Pencil basierter sowie computerbasierter Testinstrumente untersucht wurden. Im Projekt ProMech wurden weitere Zielgruppen einbezogen und damit ein Beitrag zur Analyse der Kompetenzentwicklung nach der dualen Ausbildung geleistet. Für die Analyse der Fachkompetenzen wurde eine Stichprobe angehender Techniker/-innen aus vollzeitschulischen Kursen im Bereich Elektrotechnik der beiden Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg ausgewählt. Für die Instrumentenentwicklung wurde auf bisherige Forschungsergebnisse aus dem Bereich der beruflichen Kompetenzdiagnostik zurückgegriffen. Die aus dem Projekt Aqua.Kom sowie einem weiteren Projekt aus der ASCOT-Initiative hervorgegangenen Testinstrumente wurden dafür weiterentwickelt.

Die durchgeführten Analysen dokumentieren, dass in die Technikerausbildung Probanden und Probandinnen mit sehr heterogenen Eingangsvoraussetzungen einmünden. Das betrifft sowohl die Ausbildungsabschlüsse, als auch die beruflichen Erfahrungen und die über die Eingangstests erhobenen Leistungsdaten.

Im Hinblick auf die Testreliabilitäten erwiesen sich trotz der heterogenen Eingangsvoraussetzungen die entwickelten Tests zur Erfassung des Fachwissens bereits zu Beginn der Technikerfortbildung als adäquat. Für die Erfassung der fachlichen Problemlöseleistungen, die über simulierte Arbeitsproben zur Fehlerdiagnose in steuerungstechnischen Systemen erfolgte, erwies sich der eingesetzte Test zu Beginn der Fortbildung insbesondere für die Probanden und Probandinnen mit handwerklichem Hintergrund als zu schwierig. Reliable Messungen der fachlichen Problemlöseleistungen waren deshalb mit dem entwickelten Test erst im Verlauf der Fortbildung möglich.

Die Probanden und Probandinnen mit industriellem Hintergrund erzielten in allen Leistungsdimensionen bessere Ergebnisse. Bestehende Leistungsunterschiede werden im Verlauf der Technikerfortbildung in den meisten Leistungsdimensionen eher verstärkt. Insgesamt sind substantielle Kompetenzzuwächse zu verzeichnen. Die Ergebnisse der Leistungsmessung von Probanden und Probandinnen zu Beginn der Fortbildung bestätigten vorliegende Analysen zu den Kompetenzstrukturen aus Studien zur Leistungsmessung im Hinblick auf Subdimensionen des Fachwissens. Bemerkenswert ist, dass sich im Verlauf der Technikerausbildung deutlich engere Assoziationen der Subdimensionen des Fachwissens beobachten lassen. Offensichtlich wird das

Fachwissen im Verlauf der Technikerausbildung und damit im Prozess der Kompetenzentwicklung stärker angewendet und zunehmend integrativ verarbeitet. Zwischen dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlöseleistung wird ein hoher Zusammenhang (r=,74) dokumentiert.

Neben dem Fachwissen erweisen sich auch die beruflichen Erfahrungen als prädiktiv für die fachlichen Problemlöseleistungen. Eine Operationalisierung von Berufserfahrung erfolgte im Projekt über fachlich affine Merkmale der Tätigkeiten zu den Anforderungen in den Problemsituationen. Eine Operationalisierung allein über die Tätigkeitsdauer erbringt keinen Erklärungsbeitrag. Dieser Befund, in Verbindung mit der hohen prädiktiven Kraft des Fachwissens für die fachliche Problemlöseleistung hat auch weitreichende Bedeutung für Anerkennungsverfahren, die Berufserfahrung primär über die Dauer von Tätigkeiten definieren.

Zur Erklärung der Leistungsunterschiede tragen die Ergebnisse zur erfassten Lernmotivation der Probanden und Probandinnen im Unterschied zu der bei ihnen ebenfalls erfassten Testmotivation keine zusätzlichen Erklärungsbeiträge. Die Zusammenhänge zwischen Testmotivation und Testleistung sind partiell signifikant und liegen in einer Größenordnung von ,08 und ,236. Die Messergebnisse zur Testmotivation variieren und zeigen eine Regression zwischen Testbeginn und Testende. Offen ist die Frage nach der Grund-Folge Relation, d. h. ob die Testleistung durch die Testmotivation beeinflusst wird oder die Selbstauskünfte zur Testmotivation durch das Kompetenzerleben in der Testung beeinflusst sind.

1 Problemdarstellung und theoretischer Hintergrund

Im ersten Kapitel werden die theoretischen und empirischen Hintergründe zu den für das Forschungsprojekt ProMech relevanten Forschungsbereichen skizziert. Die Darstellung orientiert sich dabei an der im Verlauf des Projekts erfolgten Fokussierung, die nicht vollständig alle anvisierten Fragen und Themen des Projektantrags abdecken konnte. Die Darstellung wichtiger Befunde aus dem Bereich der Kompetenzdiagnostik wird im Vergleich zum Zwischenbericht fokussiert (vgl. DIETZEN u. a. 2016 [Zwischenbericht des Projekts ProMech]). In einem weiteren Abschnitt werden Ergebnisse und Hintergründe zu den Einflussfaktoren auf die Fachkompetenz präsentiert, wobei insbesondere die Bedeutung fachlichen Wissens für die Problemlöseleistung und die Bedeutung der berufsfachlichen Erfahrungen in den Blick genommen werden. Abschließend erfolgt ein kurzer Abriss zu den analysierten Gruppenunterschieden zwischen verschiedenen Gruppen von angehenden Technikern und Technikerinnen sowie den dual Studierenden und Auszubildenden.

1.1 Berufliche Kompetenzdiagnostik in der beruflichen Aus- und Weiterbildung

Die Arbeiten zur Modellierung und Messung beruflicher Kompetenzen haben in den letzten Jahren dazu beigetragen, das Feld der beruflichen Kompetenzforschung zu etablieren (BECK/LANDEBERGER/OSER 2016; DIETZEN/NICKOLAUS/RAMMSTEDT/WEIß 2016). Für viele Berufe liegen inzwischen sowohl Kompetenztests als auch empirisch validierte Kompetenzmodelle vor. Das Ziel ist es, mittels reliabler und valider Testverfahren möglichst alle Bereiche von fachlichen, sozialen und personalen Kompetenzen berufsbezogen zu messen und damit Möglichkeiten zur zertifikatsunabhängigen Erfassung von Lernergebnissen zu schaffen. Perspektivisch richten sich weitere Forschungsaktivitäten darauf, vertiefte Erkenntnisse zu Kompetenzstrukturen sowie Einflussfaktoren im Entwicklungsprozess zu gewinnen.

Das in der Bildung traditionell entwickelte breite Kompetenzverständnis der beruflichen Handlungskompetenz als „Bereitschaft und Befähigung, auf der Grundlage fachlichen Wissens und Könnens Aufgaben und Probleme zielorientiert, sachgerecht, methodengeleitet und selbstständig zu lösen und das Ergebnis zu beurteilen“ (KMK 2007, S. 11) wird als vereinbar gesehen mit einer operationalen Begriffsdefinition von Kompetenz, die in der empirischen Bildungsforschung verwendet wird. Der kognitionspsychologische Begriff definiert Kompetenzen als interne Dispositionen und Repräsentationen von Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten, die erlern- und vermittelbar sind und grundsätzliche Handlungsanforderungen beinhalten, die sich innerhalb eines Fachs oder Berufsfelds widerspiegeln (KLIEME/MAAG-MERKI/HARTIG 2007; HARTIG 2008).

Seit Beginn der Entwicklung von Kompetenztestverfahren gibt es eine Reihe von Forschungsarbeiten der empirischen Kompetenzmodellierung und –messung, die sich der Entwicklung von entsprechenden Verfahren für den berufsbildenden Bereich widmen (vgl. z. B. LEHMANN/SEEBER/HUNGER/GÄNSFUSS 2005). Insbesondere die BMBF-Förderinitiative ASCOT (Technologiebasierte Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung) hat zur Entwicklung von computerbasierten Testinstrumenten und Validierungen für ausgewählte Berufe kaufmännisch-verwaltender, gewerblich-technischer und gesundheitlich-pflegerischer Berufsfelder geführt, die sich zwar mehrheitlich auf fachliche Kompetenzdimensionen beziehen, zunehmend aber auch soziale Kompetenzen adressieren (vgl. die Beiträge in BECK/LANDENBERGER/OSER 2016).

Die Testentwicklungen und Kompetenzmodellierungen verdeutlichen, dass eine fachliche Kompetenzmessung sowohl den Aspekt des „Wissens“, d. h. deklarative Fachwissensbestände als auch eine anwendungsbezogene Komponente des fachlichen „Könnens“ mit einbeziehen sollte. Die fachspezifische Problemlösefähigkeit, d. h. die Anwendung des fachlichen Wissens in konkreten Problemlösesituationen, stellt die 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 Problemlösefähigkeiten.

Die zunächst für den KFZ-Bereich durchgeführten Studien zur konvergenten Validität von Tests auf Basis 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. Vor diesem Hintergrund ist zunächst zu prüfen, ob auch bei Technikern und Technikerinnen am Ende der Fortbildung eine gemeinsame Skalierung der holistischen und der minimalkomplexen Items möglich ist und damit eine akzeptable Reliabilität erreicht werden kann (siehe Kapitel 4.1).

Schließlich geht es auch darum, Zusammenhänge zwischen den beiden Komponenten der Fachkompetenz, sprich dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit, zu untersuchen.
In unterschiedlichen Domänen beruflicher Ausbildung konnten nahezu durchgängig relativ enge Assoziationen zwischen dem Fachwissen und den fachlichen Problemlösefähigkeiten ermittelt werden (im Überblick NICKOLAUS/SEEBER 2013; für den elektrotechnischen Bereich z. B. NICKOLAUS u. a. 2011). So dokumentieren beispielsweise GSCHWENDTNER (2008) und NICKOLAUS (2011) zum Zusammenhang zwischen Fachwissen und Problemlösefähigkeit latente Korrelationen von r=,61 bis r=,86. 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. Diese Erwartung beruht auf der Annahme, dass in Problemlösesituationen, in welchen die benötigten Problemlöseschritte unbekannt sind, ein Rückgriff auf deklarative und prozedurale Wissensstrukturen hilfreich ist, um geeignete Lösungsschritte zu identifizieren.

1.2 Einflussfaktoren auf die Fachkompetenz der angehenden Techniker/-innen

Neben der empirischen Analyse des Konstrukts der Fachkompetenz sowie seiner verschiedenen Dimensionen und Facetten stehen auch Fragen zur Bedeutung verschiedener Einflussfaktoren auf die Kompetenzentwicklung im Fokus des Projekts.
Die vorliegenden Erklärungsmodelle zu berufsfachlichen Kompetenzen, in denen relevante Einflussfaktoren integriert und 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 geringerem Gewicht gehen in der Regel curriculare Schwerpunktsetzungen, Motivationsausprägungen, Ausbildungsinteressen oder auch Merkmale der Ausbildungsqualität in die Erklärungsmodelle ein.

NITZSCHKE 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/-innen. Dabei fallen die Leistungsunterschiede zwischen Probanden und Probandinnen aus dem handwerklichen und industriellen Bereich substantiell aus (siehe auch DIETZEN u. a. 2016, Kapitel 4.1). Der Berufserfahrung, gemessen an der Tätigkeitsdauer, kam kein signifikanter Einfluss zu. Auch WALKER u. a. (2016) dokumentieren bei Elektronikerinnen und 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) sowie der PPIK-Theorie (intelligence-as-process, personality, interests and intelligence-as-knowledge) von ACKERMAN (1996) 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. Auch für das zu Beginn der Fortbildung erfasste Fachwissen der Studienteilnehmer/-innen aus ProMech konnten die positiven Einflüsse der fluiden Intelligenz sowie des Vorwissens bestätigt werden (siehe DIETZEN u. a. 2016, Kapitel 4.5). Allerdings konnten weitere motivationale Variablen wie Leistungsmotivation, Gewissenhaftigkeit sowie einzelne Fortbildungsmotive keine zusätzliche Varianzaufklärung erzielen. Auch der Einbezug einzelner Tätigkeiten in die Modelle erbrachte keine Erklärungsanteile. Im weiteren Projektverlauf erfolgten jedoch weitere Detailanalysen zur Messung der beruflichen Erfahrungen, deren Ergebnisse in Abschnitt 4.4 dargestellt werden.

Ein weiteres, in bisherigen Studien zur Kompetenzmessung häufig vernachlässigtes Thema betrifft die Testmotivation. Obwohl sich bislang in den Analysen die eher überdauernden Trait-Konzepte der Motivation (z. B. Leistungsmotivation) nicht oder nur als schwacher Einflussfaktor für die Fachkompetenz erwiesen haben, steht die Frage nach der Relevanz der State-Komponente der Motivation (Testmotivation oder Anstrengungsbereitschaft der Studienteilnehmenden) noch im Raum. Aus diesem Grund wird der theoretische sowie empirische Hintergrund des Konzepts der Testmotivation in Abschnitt 4.5 aufbereitet und erste Analysen dazu präsentiert.

1.3 Gruppenunterschiede der Fachkompetenzen zwischen angehenden Technikern und Technikerinnen, dual Studierenden und Auszubildenden

Im Anschluss an Erwägungen, dass angehende Techniker/-innen eher eine Positivauslese ehemaliger Auszubildender darstellen und im Verlaufe der beruflichen Tätigkeit eher mit Kompetenzzuwächsen zu rechnen ist als mit Kompetenzregressionen, nehmen wir an, dass angehende Techniker/-innen höhere Leistungen erreichen als Auszubildende (gleicher Ausbildungsberufe) am Ende der Ausbildung. Zu berücksichtigen ist, dass in Technikerausbildungen Probanden und Probandinnen mit heterogenen Eingangsvoraussetzungen einmünden und einschlägige Vergleiche nur bezogen auf „vergleichbare" Bildungsabschlüsse Ergebnisse erwarten lassen. Bezogen auf Vergleiche zwischen Probanden und Probandinnen mit Fortbildungsabschlüssen und Bachelor-Abschlüssen kann für das Fachwissen begründet ein Vorteil für die Bachelorabsolventen/-absolventinnen unterstellt werden, da die Bachelor-Ausbildungsgänge in aller Regel „theorielastiger" ausgestaltet sind als Aus- und Fortbildungsprogramme für Facharbeiter/-innen. Bezogen auf die Fehlerdiagnosekompetenz dürfte dies stark von den einschlägigen Lerngelegenheiten der Bachelorabsolventen/-absolventinnen abhängig sein. Im Rahmen des ASCOT-Projekts wurden z. B. duale Bachelor-Studierende der Siemens AG einbezogen, die auch in der Fehlerdiagnoseleistung deutlich bessere Leistungen erbrachten als Auszubildende der Automatisierungstechnik[1]. Vor diesem Hintergrund ist nicht auszuschließen, dass auch Bachelor-Studierende anderer Unternehmen einschlägige Lerngelegenheiten sammeln konnten. Eine begründete Hypothese scheint beim gegenwärtigen Forschungsstand dennoch kaum möglich.

2 Projektziele, Forschungsfragen und Hypothesen

2.1 Betrachtung und Bewertung der Forschungsfragen und Hypothesen

Im Anschluss an die obigen Ausführungen zum Forschungsstand und den im Projekt ProMech adressierten Problemstellungen werden verschiedene zentrale Fragestellungen und Hypothesen bearbeitet. Diese wurden bereits im Projektantrag sowie im Zwischenbericht dargestellt (DIETZEN u. a. 2016).

An dieser Stelle werden die Fragestellungen und Hypothesen erneut aufgegriffen, jedoch in einer leicht veränderten Reihenfolge. Dabei werden sie einzeln kommentiert im Hinblick auf entsprechende Ergebnisse und Modifizierungen im Projektverlauf. Folgende Forschungsfragen waren für das Projekt handlungsleitend:

1. Wie lässt sich die berufsfachliche Problemlösungsfähigkeit differenziert beschreiben und zwar einerseits hinsichtlich der Beziehungen zwischen den wirksam werdenden verschiedenen Wissensformen[2] und Wissenselementen und andererseits bezogen auf die anforderungsspezifischen Prozesse?

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen wurden die beiden Konstrukte des Fachwissens und der fachlichen Problemlösefähigkeit näher betrachtet sowie deren Zusammenhang empirisch ermittelt. Dabei geht es zum einen um die inhaltliche Ausdifferenzierung des Fachwissens in mehrere inhaltliche

[1] Diese Ergebnisse wurden bisher nicht publiziert, die Gruppe der Bachelor-Studierenden war auch relativ klein.

[2] Bei komplexen Problemlöseprozessen ist im Gegensatz zu Routinehandlungen insbesondere zu erwarten, dass sowohl das explizite fachsystematische als auch das explizite handlungsbezogene Wissen relevant wird.

Dimensionen zu Beginn und am Ende der Fortbildung. Zum anderen geht es um die Messung der Problemlösefähigkeit anhand von komplexen sowie minimalkomplexen Items oder Teilkompetenzitems. Auswertungen diesbezüglich finden sich bei DIETZEN u. a. 2016, Kapitel 4.2, im vorliegenden Abschlussbericht unter Kapitel 4.1 sowie bei VELTEN u. a. 2018.

2. Welche Kompetenzunterschiede lassen sich zwischen Personen zum Ende ihrer Ausbildung und berufserfahrenen Personen zu Beginn der Technikerausbildung feststellen? Welche Bedeutung hat die Handlungspraxis und Berufserfahrung für die Entwicklung des Fachwissens sowie der berufsfachlichen Problemlösefähigkeit? Welche Erklärungskraft kommt den motivationalen Einflussfaktoren zu?
Für diese Fragestellungen wurden detaillierte Auswertungen zu den Leistungen der angehenden Techniker/-innen im Problemlösen jeweils zu Beginn und am Ende der Fortbildung vorgelegt. Ergebnisse dazu finden sich im Zwischenbericht in Abschnitt 4.4 sowie im vorliegenden Bericht unter 4.2. Entsprechende Auswertungen für das Fachwissen liegen bislang nicht vor; hier lag der Schwerpunkt der Analysen auf den Strukturmodellen des Fachwissens. Die Bedeutung der Berufserfahrung wurde bereits im Zwischenbericht skizziert (DIETZEN u. a. 2016, Kapitel 4.5) sowie in den beiden Veröffentlichungen VELTEN (2017) und VELTEN u. a. (2018) aufgegriffen. In Abschnitt 4.4 wird die Bedeutung der Berufserfahrung und deren unterschiedlichen Operationalisierungsmöglichkeiten nochmals ausführlicher behandelt.
Die Rolle motivationaler Einflussfaktoren, die eher überdauernde Persönlichkeitseigenschaften darstellen, werden bereits im Zwischenbericht (DIETZEN u. a. 2016, Kapitel 4.5) sowie in VELTEN (2017) berücksichtigt. In Abschnitt 4.5 wird zusätzlich das Thema Testmotivation aufgenommen und näher beleuchtet.

3. Ist es möglich, das fachliche Wissen sowie die fachliche Problemlösefähigkeit (Fehleranalysefähigkeit) sowohl bei beruflich Fortgebildeten als auch bei akademisch Ausgebildeten zu erfassen? Und wenn ja, lassen sich Unterschiede hinsichtlich der Kompetenzen von Bachelorstudentinnen und -studenten im Vergleich zu beruflich Fortgebildeten feststellen und worin bestehen diese Unterschiede?
Um diese Fragen zu beantworten, wurden zunächst verschiedenen Item-Analysen auf Basis ein-parametrischer Item-Response-Modelle durchgeführt. In einem anschließenden Schritt können dann Gruppenunterschiede in den Blick genommen werden. Erste Ergebnisse dazu finden sich in Kapitel 4.3.

4. Welche Barrieren werden bei den Problembearbeitungen auf unterschiedlichen Leistungsniveaus bedeutsam (und können als Ansatzpunkte zur Optimierung des didaktischen Handelns sowie für die Optimierung der Testzuschnitte genutzt werden)?
Diese Fragestellung konnte im vorliegenden Projekt aus zeitlichen Gründen nicht bearbeitet werden. Die Identifizierung von Barrieren beim Problemlösen angehender Techniker/-innen hätte ausführliches qualitatives Datenmaterial erfordert, welches beispielsweise durch Interviews zum Lauten Denken hätte gewonnen werden können. Wie bereits im Zwischenbericht erläutert, kamen Diskussionen im Projektbeirat jedoch zu dem Ergebnis, das Projekt nicht mit zusätzlichen qualitativen Erhebungen zu überfrachten und stattdessen eine Schwerpunktsetzung auf quantitative Auswertungen zu den vorliegenden Tests vorzunehmen (DIETZEN u. a. 2016, Kapitel 3.1). Detaillierte Auswertungen sowie ein Modell zu den Barrieren bei Problemlöseprozessen legten jedoch GEIßEL und HEDRICH (2011) für Elektroniker/-innen für Energie- und Gebäudetechnik vor. Dabei identifizierten sie fünf charakteristische Barrieren, die einer erfolgreichen Problemlösung im Weg stehen: fachliche,

methodische, mentale, kausalrelative und emotional-motivationale, von denen sie ausgehen, dass diese Barrieren in einem geordneten Verhältnis zueinanderstehen.

Neben den vier Blöcken mit Fragestellungen wurden für das Projekt ProMech die folgenden Hypothesen formuliert:
H1: Es lässt sich eine mehrdimensionale Struktur der Fachkompetenz bestätigen, die sich zum einen in einer Differenzierung zwischen Fachwissen und der fachlichen Problemlösefähigkeit zeigt und zum anderen in weiteren Ausdifferenzierungen des Fachwissens.
Diese Hypothese wird auf Basis der vorliegenden Daten bestätigt. Sowohl zu Beginn als auch am Ende der Fortbildung lässt sich das Fachwissen am Besten in die jeweils drei Dimensionen „Grundlagen der Elektrotechnik", „Elektrische Systeme und Anlagen" sowie „Steuerungstechnik" untergliedern (vgl. DIETZEN u. a. 2016, Kapitel 4.2, 4.1 des vorliegenden Abschlussberichts sowie VELTEN u. a. (2018). Zu Beginn der Fortbildung liegen die latenten Korrelationen zwischen den drei Dimensionen jedoch etwas niedriger als am Ende der Fortbildung, was auf eine zunehmende Integration der fachlichen Inhalte hindeutet. Zusätzlich zeigte sich (siehe Kap. 4.1), dass das Fachwissen sowie die fachliche Problemlösefähigkeit mit ,74 mittelhoch miteinander zusammenhängen, jedoch nicht so stark, dass eine gemeinsame Dimensionierung zugrunde gelegt werden kann.

H2: Aufgrund der anforderungsbezogenen Integration des Fachwissens im Verlauf der Berufstätigkeit zeigt sich bei angehenden Technikern und Technikerinnen eine geringere Ausdifferenzierung des Fachwissens als bei Auszubildenden am Ausbildungsende.
Diese Hypothese kann nicht bestätigt werden. Wie bei den Auszubildenden zum/zur Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik am Ausbildungsende zeigt sich auch bei den angehenden Technikerinnen und Technikern sowohl zu Beginn als auch am Ende ihrer Fortbildung noch die bereits erwähnte dreidimensionale Struktur. Lediglich die leicht höheren Korrelationen zwischen den Dimensionen deuten auf eine Verschmelzung der Kompetenzdimensionen hin, zu dem im Projekt gemessenen Zeitraum war diese allerdings noch nicht vollständig vollzogen. Zusätzliche spätere Kompetenzmessungen wären von Nöten, um die weitere Entwicklung zu beurteilen.

H3: Es besteht ein hoher positiver Zusammenhang zwischen dem Fachwissen und der fachlichen Problemlösefähigkeit. Dieser Zusammenhang wird moderiert durch den Grad der Vertrautheit und die Komplexität der Anforderungssituation. Bei Problemstellungen, für deren Bearbeitung (partiell) bereits auf Vorerfahrungen zurückgegriffen werden kann, zeigen sich schwächere Zusammenhänge als bei unvertrauten Anforderungen, ebenso zeigen sich bei wenig anspruchsvollen Problemstellungen schwächere Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen und der Problemlösefähigkeit als bei komplexen Anforderungen.
Der erste Teil der Hypothese kann bestätigt werden. Wie Analysen auf Basis von Strukturgleichungsmodellen belegen (siehe Kapitel 4.1 und VELTEN u. a. [2018]), liegt eine empirisch ermittelte latente Korrelation von ,74 zwischen dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit vor. Weitere Moderationseffekte durch die Anforderungssituation konnten allerdings bislang nicht analysiert werden, da Fragen zur Operationalisierung der Vertrautheit bzw. der Komplexität der Anforderungssituation noch offen sind.

H4: Es zeigen sich Unterschiede im Fachwissen und in der Problemlöseleistung zwischen den verschiedenen Untersuchungsgruppen (Auszubildende, angehende Techniker/-innen, Studierende).

H5: Es wird angenommen, dass Techniker(schüler/-innen) sowohl am Anfang als auch am Ende der Technikerfortbildung höhere Leistungsniveaus als die Auszubildenden am Ausbildungsende erreichen.

H6: Bei den Studierenden kann vermutet werden, dass sie sowohl höhere Leistungsniveaus im fachsystematischen Wissen, als auch in den Fehleranalyseleistungen erreichen, sofern solche Aufgabenzuschnitte in ihren praktischen Tätigkeiten bedeutsam waren.

Zur Überprüfung der Hypothesen H4 bis H6 wurden im Rahmen der Untersuchung Testinstrumente für die heterogenen Zielgruppen entwickelt. Um die Vergleichbarkeit der Daten zwischen den Gruppen sicherzustellen, kamen für die Datenerfassung identische Testinstrumente zum Einsatz. Die Ergebnisse der Testskalierungen (siehe Kapitel 4.1 und 4.3) bestätigen die Eignung der eingesetzten Instrumente für eine reliable Messung des Fachwissens innerhalb der drei Zielgruppen. Gleichwohl zeigen sich durch die Skalierungen z. T. deutliche Unterschiede im Fachwissen. Ein Vergleich der beiden Gruppen der angehenden Techniker/-innen zu Beginn der Fortbildung und den Auszubildenden am Ende ihrer Ausbildung - der Zeitpunkt an dem sich beide Gruppen formal auf Facharbeiterniveau befinden - zeigt einen Leistungsvorsprung auf Seiten der angehenden Techniker/-innen auf. Dieser Befund mag jedoch auch das Ergebnis von Selektionsprozessen sein, da davon ausgegangen werden muss, dass insbesondere leistungsstarke Fachkräfte in die Fortbildung einmünden. Dies gilt jedoch zu einem geringeren Anteil für die angehenden Techniker/-innen, die sich für eine Vollzeitfortbildung (wie in der vorliegenden Stichprobe) entscheiden.
Im Hinblick auf Unterschiede im Fachwissen zwischen den angehenden Technikern und Technikerinnen am Ende der Fortbildung und den Studierenden am Ende des Bachelorstudiengangs zeigen sich erwartungskonform Wissensvorteile auf Seiten der Studierenden in dem eher auf deklarativen Wissensbestandteilen fokussierenden Test. Eine entsprechende Analyse der Problemlösefähigkeiten steht an dieser Stelle noch aus.

H7: Die einschlägigen Arbeitserfahrungen erweisen sich als leistungsrelevant für das Fachwissen sowie die Problemlösefähigkeit.
Die Hypothese kann zumindest für das Untersuchungskriterium des Fachwissens und wie inzwischen ergänzende Analysen zeigen, auch für die fachliche Problemlösefähigkeit bestätigt werden. Obwohl die Arbeitserfahrungen, gemessen als Dauer der Berufserfahrung in Jahren, keinen Einfluss auf das Fachwissen hat (vgl. Kapitel 4.4 sowie VELTEN u. a. [2018]), konnte eine Operationalisierung der beruflichen Erfahrungen über Tätigkeiten einen Erklärungsbeitrag leisten. Demnach sind insbesondere solche Tätigkeiten leistungskritisch, bei denen in den letzten Jahren häufig Systeme montiert und analysiert wurden. Eher verwaltende (Kalkulationen und Projektorganisation) sowie kommunikative Tätigkeiten hatten hingegen keinen Einfluss auf das Fachwissen. Die entsprechenden Analysen für die Problemlösefähigkeit stehen noch aus.

H8: Die Testmotivation erklärt einen Anteil der Leistungsvarianz in allen Kompetenzmessungen.
Die Hypothese kann zumindest für die Problemlösefähigkeit, die gegen Ende der Fortbildung erfasst wurde, bestätigt werden. Hier zeigte sich, dass die Testmotivation signifikant mit den Problemlöseleistungen korreliert (vgl. Kapitel 4.5). Für die Problemlöseleistungen, die zu Beginn der Fortbildung erfasst wurden, zeigten sich diese Zusammenhänge hingegen nicht. Weitere Auswertungen in Bezug auf das Fachwissen stehen noch aus.

3 Methodische Vorgehensweise

3.1 Untersuchungsdesign

Für empirische Untersuchungen zu den Zusammenhängen der verschiedenen Wissensformen (deklaratives und prozedurales Fachwissen sowie anwendungsbezogenes Problemlösen) wurden für ProMech sowohl qualitative als auch quantitative Zugänge angestrebt. Wie bereits im Zwischenbericht (DIETZEN u. a. 2016, Kapitel 3.1) ausführlich dargelegt, wurde jedoch im Projektverlauf eine Fokussierung auf quantitativ ausgerichtete Datengenerierungen und Datenanalysen zu den Fachkompetenzstrukturen sowie relevanten Einflussfaktoren vorgenommen.

Nach einer anfänglichen Phase der Testentwicklung und -anpassung wurden daher zu zwei Messzeitpunkten Daten zum Fachwissen, zur fachspezifischen Problemlösefähigkeit sowie zu möglichen Einflussfaktoren wie den kognitiven Grundfähigkeiten, der Motivlage, den beruflichen Erfahrungen sowie weiteren Hintergrundvariablen bei angehenden Technikern und Technikerinnen im Fachbereich Elektrotechnik an vollzeitschulischen Bildungsgängen an Fachschulen in den zwei Bundesländern Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg erhoben. Der erste Messzeitpunkt erfolgte unmittelbar nach Fortbildungsbeginn im August/September 2015. Da entgegen unserer Erwartungen der Problemlösetest zu diesem frühen Zeitpunkt für viele mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden war, wurde dieser zu Beginn des Jahres 2016 durchgeführt. Der zweite Messzeitpunkt erfolgte rund ein Jahr später von Dezember 2016 bis Februar 2017 und damit gegen Ende der Fortbildung. Das Fachwissen sowie ein Fragebogen zu relevanten Hintergrundvariablen wurden während des Fachschulunterrichts in drei Schulstunden – zumeist am Vormittag – administriert. Die Dauer des Fachwissenstests beanspruchte davon 80 Minuten. Für die Durchführung des Problemlösetests wurde zumeist ein ganzer Schultag (zumindest jedoch fünf aufeinanderfolgende Schulstunden) benötigt. Alle Studienteilnehmer/-innen bekamen Rückmeldecodes mit zufallsgenerierten Passwörtern zugeteilt, mit denen sie sich ihre Testergebnisse nach ein paar Wochen auf der Webseite der Universität Stuttgart anschauen konnten. Eine finanzielle Kompensation für die aufgewendete Zeit erfolgte nicht.

Neben der Stichprobe der angehenden Techniker/-innen wurde zu Vergleichszwecken von Oktober bis Dezember 2016 eine Stichprobe von N=102 Auszubildenden aus vier Schulen erhoben, wobei diese lediglich einen Fragebogen sowie den Test zum Fachwissen bearbeiteten. Im Oktober 2015 sowie im Oktober 2016 wurden weiterhin Testdaten zum Fachwissen sowie zur fachspezifischen Problemlösefähigkeit von insgesamt N=91 dual Studierenden des jeweils fünften Semesters einer Hochschule in Baden-Württemberg erhoben.

3.2 Stichprobe

Ziel des Projekts ProMech war es, zum einen das Fachwissen sowie die fachspezifische Problemlösefähigkeit in verschiedenen Untersuchungsgruppen (angehende Techniker/-innen, Auszubildende und Studierende) vergleichend in den Blick zu nehmen. Zum anderen wurde beabsichtigt, die Fachkompetenzentwicklung der Techniker/-innen näher zu analysieren sowie die Rolle zentraler Einflussfaktoren zu klären. Dafür wurden wie geplant drei Stichproben von angehenden Technikern und Technikerinnen, Auszubildenden und dual Studierenden erhoben. Zusätzlich sollten ursprünglich auch Meisterschüler/-innen in die Analysen einbezogen werden. Aufgrund geringer

Fallzahlen sowie der curricularen Ausgestaltung der Meisterfortbildung mit einer starken Gewichtung betriebswirtschaftlicher Inhalte wurde jedoch auf die Stichprobe der Meisterschüler/-innen verzichtet und dafür eine größere Stichprobe angehender Techniker/-innen gezogen. Da sich der Feldzugang im Hochschulbereich als Herausforderung erwies, wurden in dem Projekt exemplarisch lediglich zwei Kohorten Studierender eines Standortes in die Untersuchung einbezogen.

Insgesamt liegen Daten von N=346 angehenden Technikern und Technikerinnen, N=102 Auszubildenden und N=91 dual Studierenden im Datensatz vor. Für einzelne Analysen kann die Stichprobengröße davon jedoch teilweise deutlich abweichen, da nicht alle Probanden und Probandinnen alle Tests und Fragebögen bearbeitet haben. In Tabelle 1 sind einige Merkmale der Stichproben vergleichend dargestellt. Da es sich bei den Studienteilnehmenden mehrheitlich um Männer handelte, wurde auf eine Erfassung des Geschlechts verzichtet, um Rückschlüsse auf einzelne Personen zu vermeiden. Für die Stichprobe der Studierenden liegen keine Altersangaben vor. Beim Schulabschluss gaben 85,7 Prozent der befragten Studierenden die allgemeine oder die fachgebundene Hochschulreife an.

Tabelle 1: Merkmale der Stichproben der angehenden Techniker/-innen sowie der Auszubildenden

	Techniker/-innen MZ1 N=314	Techniker/-innen MZ2 N=186	Auszubildende N=103
Alter (Mittelwert, Standardabweichung)	25,35 (SD 4,81)	25,41 (SD 4,61)	21,09 (SD 2,13)
Mittlerer Schulabschluss	5,1 %	5,4 %	8,8 %
(Fach-)Hochschulreife	72,3 %	63,9 %	53,9 %
Hauptschulabschluss	19,5 %	18,8 %	33,3 %
Sonstige/keine Angaben zum Schulabschluss	2,9 %	11,8 %	3,9 %
Ausbildungshintergrund Industrie	43,9 %	43 %	-
Ausbildungshintergrund Handwerk	32,5 %	24,7 %	-
Sonstiger Ausbildungshintergrund	9,6 %	9,7 %	-
Fehlende Angaben zum Ausbildungshintergrund	14 %	22,6%	-

3.3 Testinstrumente

Für die Erfassung der Fachkompetenz kamen zwei unterschiedliche Testinstrumente zum Einsatz.

Fachwissenstest

Zur Messung des deklarativen fachsystematischen Fachwissens kamen schriftliche Paper-Pencil-Tests mit insgesamt 37 Items zum ersten bzw. 41 Items zum zweiten Messzeitpunkt zum Einsatz. Als Basis dienen hierbei im Eingangstest Aufgaben, die im Rahmen des Vorläufer-Projekts Aqua.Kom mit Hilfe von Experten aus Berufsschulen und Betrieben entwickelt wurden und deren statistische Kennwerte (Schwierigkeiten, Trennschärfen) sich auf Grundlage der Daten von verschiedenen Klassen von

Auszubildenden als zufriedenstellend erwiesen. Detailliertere Informationen zur Entwicklung der Fachwissenstests für den ersten Messzeitpunkt (MZP 1) finden sich bei GÖNNENWEIN/NITZSCHKE/SCHNITZLER (2011). Inhaltlich fokussieren die Tests die drei Inhaltsbereiche „Grundlagen der Elektrotechnik (ET)“, „Elektrische Anlagen und Systeme (EAS)“ sowie „Steuerungstechnik (ST)“. Die Fachwissenstests umfassen sowohl geschlossene Multiple-Choice-Aufgaben als auch offene Aufgaben, bei denen die Probanden und Probandinnen selbstständig kleine Berechnungen durchführen sollen. Die Testdauer umfasst ca. 80 Minuten. Für einen Einsatz bei den unterschiedlichen Zielgruppen und insbesondere zu den unterschiedlichen Erhebungszeitpunkten, z. B. zu Beginn und am Ende der Technikerfortbildung, erfolgte eine Adaption der Tests, um einerseits den für die Weiterbildung relevanten Inhalten gerecht zu werden und andererseits eine Kompetenzmessung auch im oberen Leistungsbereich zu ermöglichen. Der Abschlusstest wurde im Rahmen einer Qualifikationsarbeit pilotiert. Abbildung 1 zeigt jeweils eine Beispielaufgabe aus den drei Inhaltsbereichen, welche jeweils zu beiden Messzeitpunkten eingesetzt wurden.

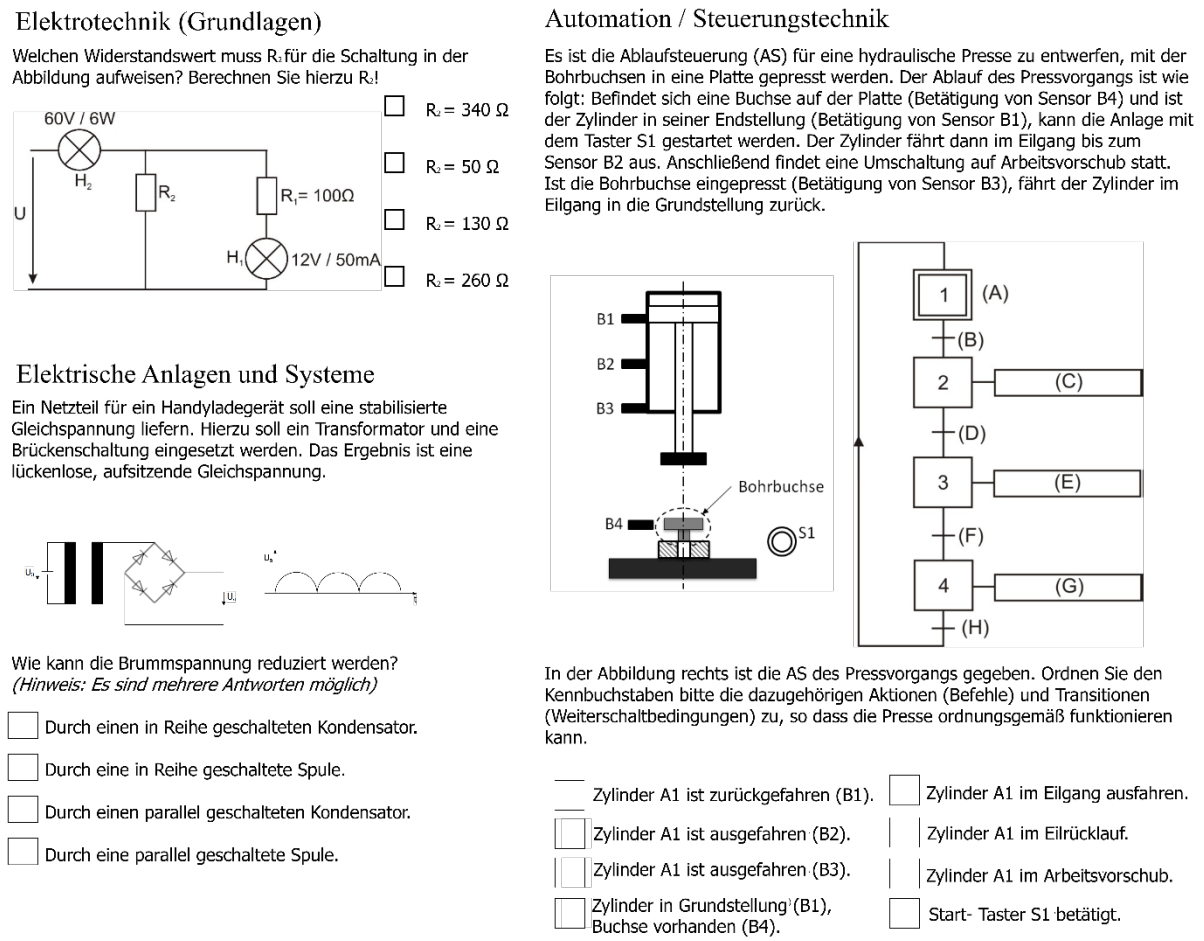

Abbildung 1: Beispiele für Aufgaben zum Fachwissen

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/-innen für Automatisierungstechnik entwickelt wurde (WALKER/LINK/VAN WAVEREN u. a. 2016). Die in dem ASCOT-Projekt KOKO EA entwickelte Computersimulation SINA (Simulation industrienaher Anlage, siehe Abbildung 2) stellt typische Anforderungen aus dem Berufsfeld einer Technikerin/eines Technikers im Bereich Elektrotechnik sowie dual Studierender im Bereich Elektrotechnik und Mechatronik dar. Wie eine deutschlandweite Befragung von Betrieben im gewerblich-technischen Bereich (ZINKE/SCHENK/KRÖLL 2014) zeigte, weisen die in den Betrieben bearbeiteten Aufgaben von Elektronikern und Elektronikerinnen für Betriebstechnik, für Automatisierungstechnik sowie für Mechatroniker/-innen hohe Überschneidungen auf. Das Montieren und Analysieren von Systemen und Anlagen stellt dabei für diese Berufe typische Aufgaben dar. Konkreter werden Facharbeiter/-innen in diesen Berufsbildern häufig mit der Reparatur und Wartung elektrotechnischer Anlagen betraut (ebd.).

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 Vereinzelungsmagazin 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 und Probandinnen eingesehen werden kann, genauso wie Informationen zu Bauteilen und Steckverbindungen sowie zum Zustand der Sensoren und Aktoren.

Aufgrund der Komplexität der computerbasierten Testung wurde vor der eigentlichen Testung eine zweistufige Einführungsphase mit den Studienteilnehmern und -teilnehmerinnen durchgeführt. Dabei wurde durch den Testleiter zunächst eine 45- bis 60-minütige intensive Schulung an der Computersimulation durchgeführt und im Anschluss daran konnten die Probanden und Probandinnen den Umgang mit dem System anhand verschiedener Aufgaben, die auch gemeinsam besprochen und diskutiert wurden, eigenständig einüben. Erst im Anschluss daran erfolgte die eigentliche Testphase. Dafür bearbeiteten die Probanden und Probandinnen zunächst die acht minimalkomplexen Aufgaben (siehe Abbildung 3), die insbesondere eine Informationssammlung in Interaktion mit dem System erfordern. Anschließend bekamen die Studienteilnehmer/-innen fünf (plus eine Zusatzaufgabe) komplexe Problemlöseaufgaben gestellt (siehe Abbildung 4), in denen Fehler, wie z. B. ein stehen bleibendes Förderband, implementiert sind und Probanden und Probandinnen selbstständig die verschiedenen Problemlöseschritte ausführen müssen. Aufgabe der Probanden und Probandinnen war es, den Fehler in der Software zu finden und dabei ihr Vorgehen stichwortartig zu protokollieren.

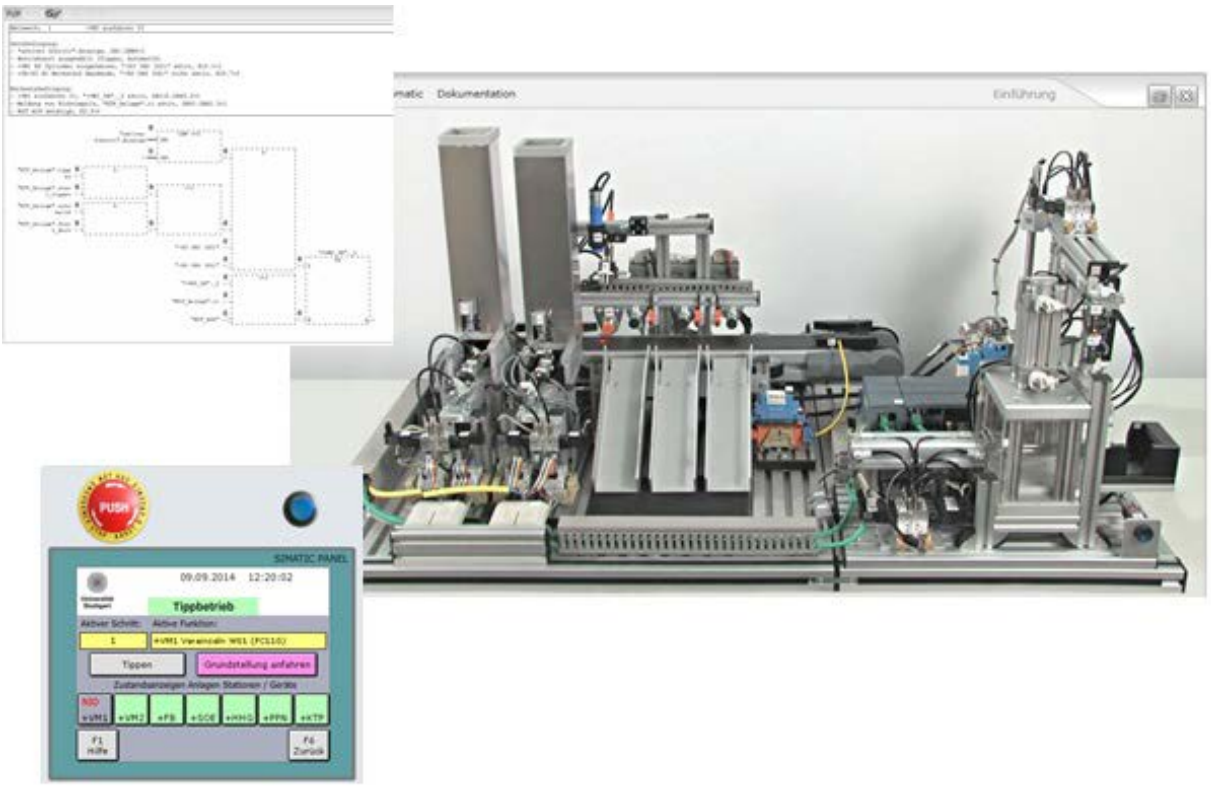

Abbildung 2: Computersimulation zur Erfassung der Problemlösefähigkeiten

Aufgabe: Schaltabstand induktiver Sensor
Bei welchem Schaltabstand (in [mm]) erkennt der induktive Sensor (Näherungsschalter) +SOE -B8 sicher ein metallisches Werkstück?

Aufgabe: Werkstückhöhe
Geben Sie den Wert des Merkerdoppelwortes 9 (MD9) mit der Symbolbezeichnung „Skalierter Analogwert" an, wenn ein Werkstück (Boden) unter dem Ultraschallsensor +SOE -B9 liegt.

Abbildung 3: Beispiele für minimalkomplexe Problemlöseaufgaben

Uhrzeit/Datum Störungsauftritt:	**Bei Inbetriebnahme**		**Während Anlage in Betrieb:**
	Erstmaliger Betrieb	Nach Änderung / Wartung	
13:48 / 10. August 2017	☒	☐	☐

Störungsbeschreibung (Bitte beschreiben Sie die Störung unter Angabe wann und wie häufig sie auftritt):

Die Anlage wurde erstmals in Betrieb genommen. Das Programm wurde auf die SPS geladen.
Bei Inbetriebnahme ließen sich am Touchpanel die Betriebsarten auswählen und die Grundstellung anfahren.
Allerdings wurde festgestellt, dass die Anlage, unabhängig davon, welche Betriebsart aktiviert ist, in Schritt 1 stehen bleibt.
Das Touchpanel zeigt "aktiver Schritt=1" und "aktive Funktion= +VM1 Vereinzeln WS1 (FC110)" an.

Im Störungsprotokoll wird eine Störung beschrieben.
Geben Sie nun an **wo genau** die Störungsursache liegt und begründen Sie Ihre Meinung.

Machen Sie Vorschläge, wie die Störungsursache behoben werden kann.

Abbildung 4: Beispiel für eine komplexe Problemlöseaufgabe

Kognitive Grundfähigkeiten oder fluide Intelligenz

Die kognitiven Grundfähigkeiten wurden mit vier Subtests des Culture-Fair-Tests 3 (Weiß 1971) (Reihenfortsetzen, Klassifikationen, Matrizen, topologische Schlussfolgerungen) gemessen. Jede dieser Dimensionen umfasst zehn bis 14 Items mit figuralem Material, um deduktives Schlussfolgern zu erfassen. Als Indikator für die kognitiven Grundfähigkeiten wurde der Summenscore verwendet.

Hintergrundfragebogen

Um die Bedeutung weiterer Einflussvariablen zu untersuchen, wurde ein Fragebogen entwickelt, in dem relevante Merkmale wie z. B. einschlägige Berufserfahrungen, bisherige berufliche Tätigkeitsschwerpunkte im Betrieb sowie die Ausbildungsschwerpunkte in der Fortbildung, Prüfungsergebnisse der Ausbildung, Persönlichkeitsmerkmale (Big Five) sowie die Motivation ermittelt wurden. Die detailliertere Analyse der Rolle der Motivation stellte einen Schwerpunkt in diesem Projekt dar. Dabei sollte versucht werden, die unterschiedlichen Trait- und Statekomponenten der Motivation empirisch zu analysieren. Eine Sichtung vorhandener Instrumente zur Testmotivation resultierte in der Wahl der in der PISA-Studie verwendeten Skala zur Anstrengungsbereitschaft und zur

Testattraktivität des On-Line-Motivation-Questionnaire (BOEKAERTS 2002). Leistungsmotivation wurde mit der 10-Item-Fassung der Unified Motive Scale von SCHÖNBRODT und GERSTENBERG (2012) abgebildet, ergänzt um eine Skala zur Schwierigkeitspräferenz aus dem Leistungsmotivationsinventar (SCHULER/PROCHASKA 2001). Darüber hinaus wurden auch konkrete Gründe und Motive für die Wahl einer Fortbildung mittels 13 selbst konstruierter Items abgefragt. Die Messung der Big Five erfolgte mittels des BFI-S (SCHUPP/GERLITZ 2014).

3.4 Auswertungsstrategien

Schwerpunkt des Projekts bilden quantitative Analysen zu den Fachkompetenzstrukturen, insbesondere zur Beziehung zwischen Fachwissen und fachlicher Problemlösefähigkeit in unterschiedlichen Bildungsgängen sowie erste Analysen zu den Kompetenzentwicklungen im Verlauf der Techniker-Fortbildung. Neben diesen Analysen sollen insbesondere auch zentrale Einflussfaktoren wie die kognitiven Grundfähigkeiten, die einschlägige Berufserfahrung oder die (Test-)Motivation für die Leistungen in den Blick genommen werden. Daher kommen je nach konkreter Fragestellung unterschiedliche Auswertungsstrategien zum Einsatz.

Auswertungen beispielsweise zu den Lösungsquoten des Tests zur Erfassung der Problemlösefähigkeiten können zunächst deskriptiv dargestellt werden (vgl. DIETZEN u. a. 2016, Kapitel 4.4 oder Kapitel 4.2 des vorliegenden Abschlussberichts). Itemanalysen nach der Item-Response-Theorie[3] (1-parametrisches Partial-Credit-Modell) werden mittels entsprechender Software (ConQuest oder R) durchgeführt.
Die Analyse der Strukturmodelle erfolgt mittels konfirmatorischer Faktorenanalysen und Strukturgleichungsmodellen. Um Strukturmodelle des Fachwissens sowie der Problemlösefähigkeit zu untersuchen, werden zunächst für die beiden latenten, d. h. nicht beobachtbaren und nicht direkt messbaren, Konstrukte Messmodelle erstellt. Messmodelle beziehen sich auf die Beziehung einer theoretisch postulierten latenten Variablen (dem interessierenden Konstrukt, wie z. B. dem Fachwissen) und den manifesten Indikatoren des Konstrukts. Die Indikatoren stellen dabei zumeist die einzelnen Items eines Tests oder einer Skala dar (vgl. REINECKE 2005). Die linearen Zusammenhänge mehrerer latenter Variablen und Konstrukte können dann mit Strukturgleichungsmodellen untersucht werden. Dabei verbinden Strukturgleichungsmodelle die Ideen der konfirmatorischen Faktorenanalyse mit denen der Pfadanalyse. Zusätzlich wird ein theoretisches Modell bezüglich der Zusammenhänge der Konstrukte zugrunde gelegt. In einem Strukturgleichungsmodell können die Beziehungen zwischen den latenten Konstrukten messfehlerbereinigt geschätzt werden. Zur Bewertung der Modellgüte werden verschiedene Fit- Indices herangezogen, die Aufschluss über die Abweichung des aufgestellten Modells von den empirischen Daten geben. Zu den in Studien üblicherweise verwendeten Fit-Indices gehören die Chi-Quadrat-Statistik, der Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) sowie der Comparative Fit Index (CFI). Die jeweiligen Werte werden zumeist auf Basis der Grenzwerte nach HU und BENTLER (1999) evaluiert.

[3] Die Item-Response-Theorie stellt eine Weiterentwicklung der Klassischen Testtheorie dar. Dabei werden explizite Annahmen über die Beziehung zwischen den Testantworten und den dahinterliegenden latenten Konstrukten der Probanden und Probandinnen getroffen. Mit diesem Verfahren ist es möglich, für jede Person eine individuelle Schätzung ihrer latenten Fähigkeit vorzunehmen (RAUCH/HARTIG 2012).

4 Ergebnisse

4.1 Dimensionierung des Fachwissens und der Problemlösefähigkeit sowie Zusammenhang der beiden Konstrukte

Ein zentrales Forschungsinteresse des Projekts ProMech adressiert die empirische Analyse des Konstrukts der Fachkompetenz bei angehenden Technikern und Technikerinnen. Basierend auf der Grundannahme, dass sich dieses Konstrukt in die zwei Komponenten des Fachwissens sowie der fachspezifischen Problemlösefähigkeit unterteilen lässt (NICKOLAUS 2011; NICKOLAUS/SEEBER 2013), beziehen sich die Fragestellungen zum einen auf die Ausdifferenzierung dieser beiden Komponenten sowie zum anderen auf deren Zusammenhang.

Generell begünstigt werden solche inhaltlichen Ausdifferenzierungen des Fachwissens vermutlich durch curriculare Schwerpunktsetzungen, die sowohl den Lehr-Lernprozessen zugrunde liegen als auch zur Sicherung der curricularen bzw. inhaltlichen Validität den jeweiligen Testentwicklungen herangezogen werden. 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 im Verlauf der Technikerfortbildung eher Konsolidierungen und Vertiefungen des fachlichen Wissens und damit zunehmend engere Assoziationen der Subdimensionen des Fachwissens zu erwarten. Ergebnisse dazu wurden bereits im Zwischenbericht (DIETZEN u. a. 2016) sowie in NITZSCHKE u. a. (2017) und VELTEN u. a. (2018) veröffentlicht und werden daher an dieser Stelle lediglich zusammengefasst.

Bei der Erstellung des Fachwissenstests für die angehenden Techniker/-innen wurde ein mehrdimensionales Konstrukt unterstellt, welches sich an den Inhaltsbereichen der Weiterbildung orientiert. Die Subdimensionen gliedern sich in einen Bereich zu den Grundlagen der ET, einen Bereich zu EAS sowie einen Bereich zur ST.
Die empirischen Analysen von NITZSCHKE u. a. (2017) sowie DIETZEN u. a. (2016) dokumentieren für das Fachwissen zu Beginn der Fortbildung eine dreidimensionale Struktur, die durch die Subdimensionen elektrotechnische Grundlagen, elektrische Anlagen und Systeme sowie die Regelungs- und Steuerungstechnik aufgespannt werden. Dazu wurden zwei verschiedene Partial-Credit-Modelle mittels der Software R berechnet und miteinander verglichen. Insgesamt zeigen die Items im Rahmen der Skalierung sowohl für das ein- als auch für das dreidimensionale Modell eine überwiegend gute Modellpassung. Die Items weisen mit T-Werten ≤ 2.027, einem Infit im Bereich von ,815 und 1,127 und einem Outfit im Bereich von ,668 bis 1,371 gute Modellfitwerte[4] aus. Nachdem in Zuge der Skalierung einige Items wegen mangelnder Modellpassung ausgeschlossen werden mussten, verbleiben 33 Items, wovon zehn Items auf den Bereich ET, elf Items auf den Bereich EAS und zwölf Items auf den Bereich ST entfielen. Ein Chi^2-Differenzentest sowie ein Vergleich der AIC und BIC-Informationskriterien für die

[4] In TAM werden drei Gütemaße (T-Wert, Infit und Outfit) für jedes Item berechnet, welche aufzeigen, ob ein Item eine ausreichende Modellpassung aufweist. Idealerweise sollten die T-Werte ≤ 2 sein und der Infit/Outfit sich in einem Bereich zwischen einer unteren Grenze von ,7-,85 und eine obere Grenze von 1,2-1,3 (BOONE 2014, S. 166) befinden. Der Outfit von vier Items bei dem dreidimensionalen Modell verpasst die in der Literatur empfohlenen Cut-Off-Werte. Die Items werden jedoch nicht aus dem Modell entfernt, da sowohl der Infit, die T-Werte und die Trennschärfe der Items in einem guten Bereich liegen. Werden diese Items nicht in die Betrachtung einbezogen, so liegt der Outfit im Bereich von ,700 – 1,310.

Modellpassungsgüte bevorzugten das dreidimensionale gegenüber dem eindimensionalen Modell. Die latenten Korrelationen zwischen den drei Dimensionen bewegen sich zwischen ,34 und ,53. Damit zeigte sich für die angehenden Techniker/-innen zu Beginn der Fortbildung eine ähnliche fachinhaltssystematische Ausdifferenzierung des Fachwissens wie am Ende der Ausbildung von Elektronikern und Elektronikerinnen für Automatisierungstechnik (VAN WAVEREN/NICKOLAUS 2016; WALKER/LINK/NICKOLAUS 2015, 2016).

In VELTEN u. a. (2018) wurden die Ergebnisse der Dimensionierung des Fachwissens für den zweiten Messzeitpunkt gegen Ende der Fortbildung vorgestellt. Dabei wurde analog vorgegangen wie beim ersten Messzeitpunkt. Auch hier setzte sich das dreidimensionale Modell gegenüber dem eindimensionalen Modell durch. 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).
Die latenten Korrelationen zwischen den Subdimensionen steigen im Vergleich zum Eingangstest auf ,60 bis ,82, was als Hinweis auf eine zunehmend integrative Verarbeitung des Fachwissens interpretiert werden kann. Die in Abbildung 5 wiedergegebene Wrightmap (links die Personenfähigkeiten und rechts die Itemschwierigkeiten) für das dreidimensionale Modell am Ende der zweijährigen Fortbildung illustriert eine relativ gute Verteilung der Items über die Schwierigkeitsspektren, wobei in allen Subdimensionen zusätzliche Items in den Randbereichen erstrebenswert wären.

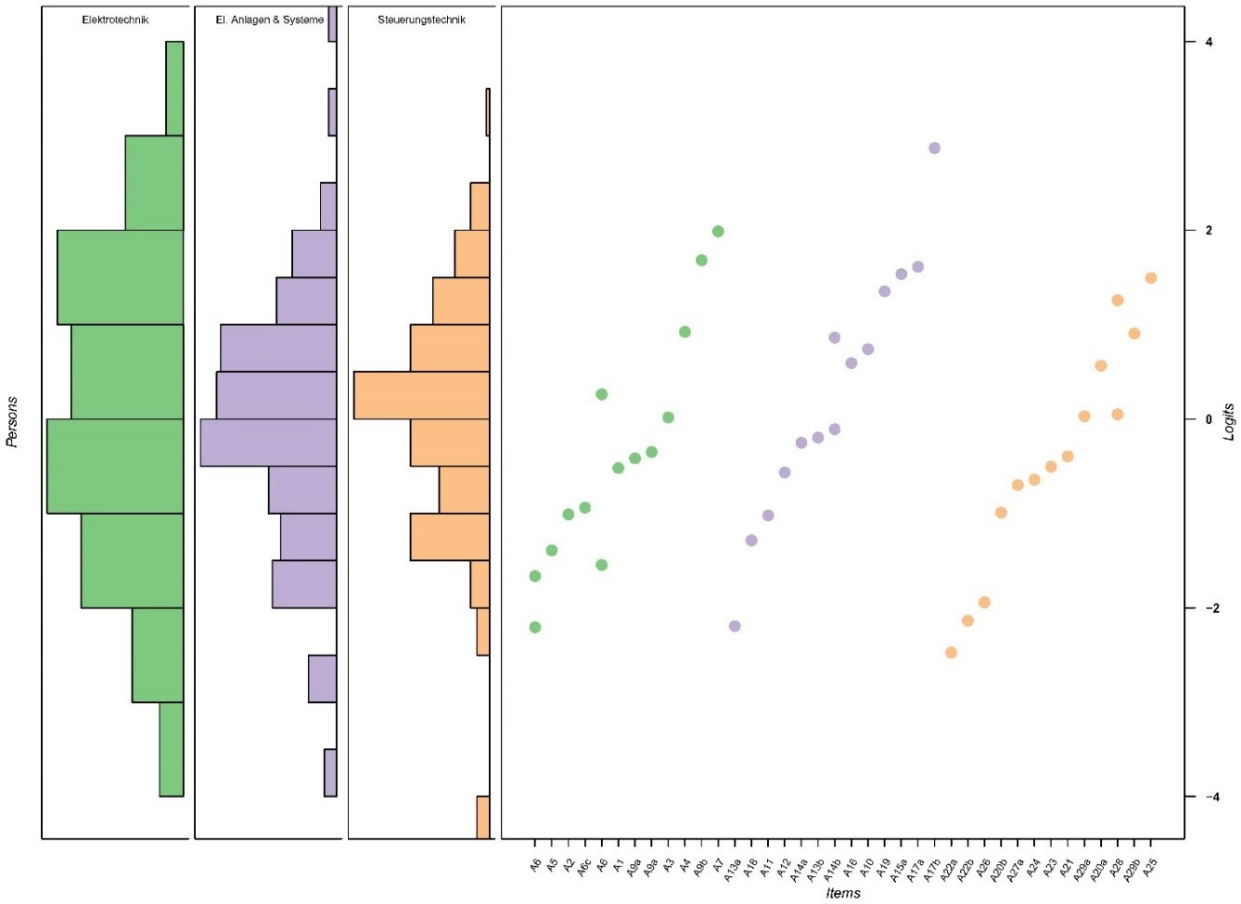

Abbildung 5: Wrightmap des Fachwissens am Ende der Fortbildung

Für die berufliche Weiterbildung bedeuten die Ergebnisse, dass die in der beruflichen Erstausbildung

stattgefundene Ausdifferenzierung des Fachwissens auch über die Phase der beruflichen Laufbahn weitgehend erhalten bleibt. Zum Ende hin zeigen sich jedoch deutlichere Korrelationen, die auf eine zunehmende Integration der Wissensbereiche hindeuten.

Im Hinblick auf die zweite Komponente der Fachkompetenz, die fachspezifische Problemlösefähigkeit, ging es im vorliegenden Projekt weniger um die Frage nach der Identifizierung inhaltlicher Subdimensionen, wenngleich erste Befunde beispielsweise Ausdifferenzierungen zwischen analytischen und konstruktiven Problemlöseaufgaben nachgewiesen haben (WALKER/LINK/NICKOLAUS 2015). In ProMech ging es zunächst vielmehr um die Frage, ob unterschiedlich komplexe Problemlöseaufgaben gemeinsam skaliert und damit zu einer Dimension zusammengefasst werden können. Dies ist insofern von Bedeutung, als dass die komplexen Items einen hohen zeitlichen Bearbeitungsaufwand erfordern, die sogenannten minimalkomplexen Items hingegen in erheblich kürzerer Zeit bearbeitet werden können, jedoch gewährleisten, dass relevante Teilleistungen des Problemlöseprozesses in Interaktion mit dem System erbracht werden müssen. Zur Prüfung wurde ein eindimensionales Modell gegen ein zweidimensionales Modell, welches die komplexen sowie die minimalkomplexen Aufgaben getrennt modelliert, gerechnet. Ein Modellvergleich weist das eindimensionale Modell als besser passend aus. Im eindimensionalen Modell erreichen die einzelnen Items Fit-Werte im akzeptablen Bereich von ,75-1,310 (Outfit) sowie ,849-1,126 (Infit). Die EAP/PV Reliabilität erreicht einen Wert von ,765. Abbildung 6 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. 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.

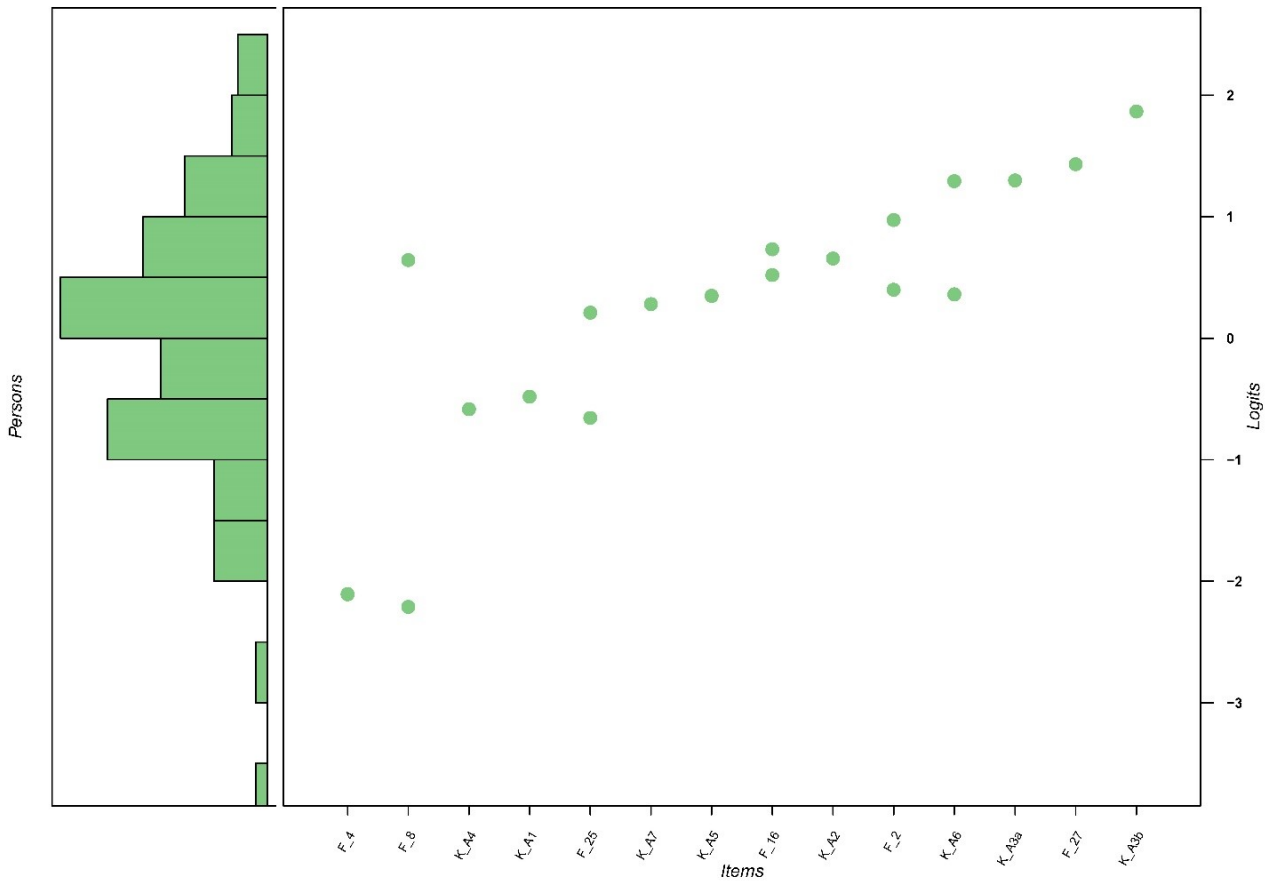

Abbildung 6: Wrightmap der Problemlösefähigkeit am Ende der Fortbildung

Offen blieb in der Eingangstestung der angehenden Techniker/-innen zunächst die Relation zwischen dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit. 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 auch für die Techniker/-innen eine entsprechende Struktur erwartet werden konnte. Um dies zu prüfen, wurden mit der Software Mplus zunächst Messmodelle für die beiden Konstrukte spezifiziert und anschließend der latente Zusammenhang berechnet. Abbildung 7 zeigt den Zusammenhang zwischen beiden Komponenten der Fachkompetenz. Die Modellfitwerte weisen auf eine gute Modellpassung nach HU und BENTLER (1999) hin: χ^2/df=1,22; CFI=,965 und RMSEA=,033. Damit zeigt sich ein substantieller Zusammenhang zwischen dem Fachwissen und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit am Ende der zweijährigen Fortbildung. Gleichzeitig ist dieser Zusammenhang jedoch nicht so hoch, als dass von einem einzigen dahinterliegenden Konstrukt ausgegangen werden kann. Offensichtlich ist in der Fortbildung ebenso wie in der dualen Erstausbildung ein fundiertes Fachwissen wichtig für die Fähigkeit Probleme selbstständig zu lösen. Für weitere Details siehe VELTEN u. a. (2018).

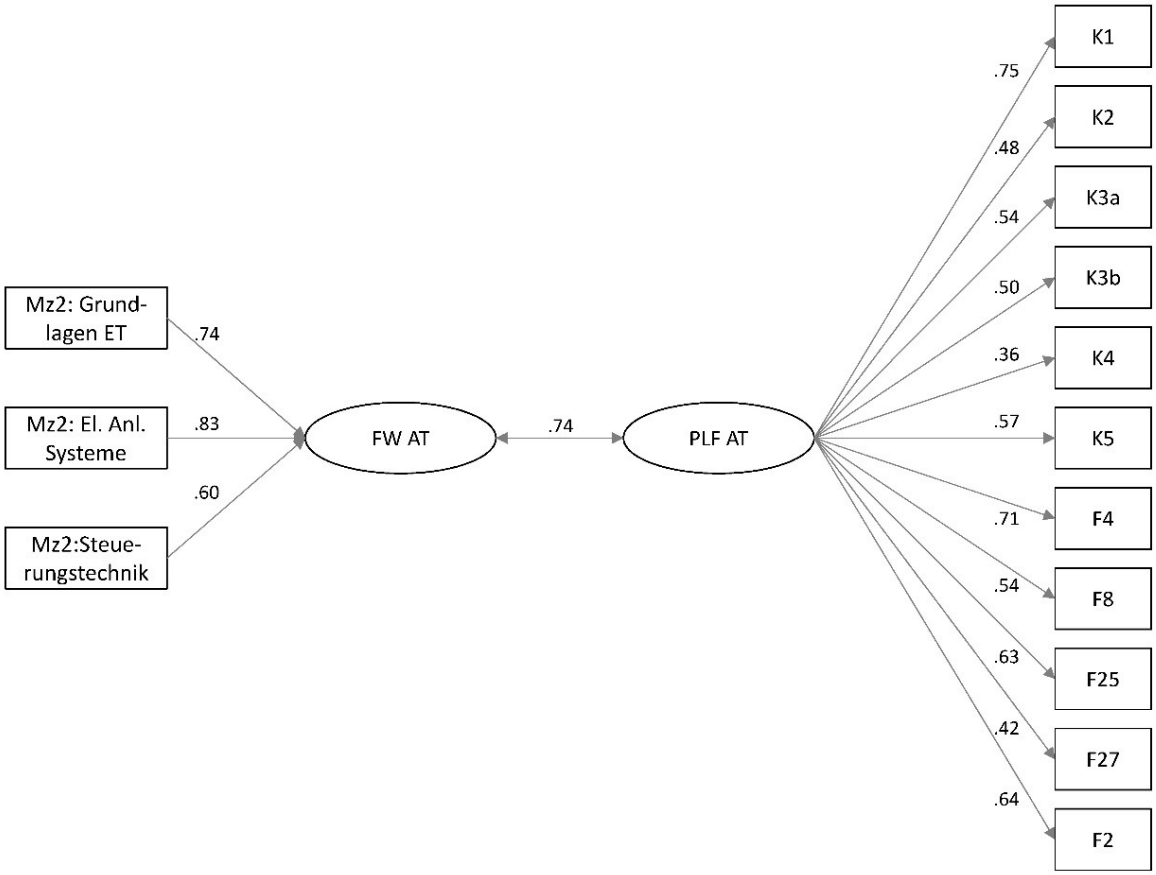

Abbildung 7: Latenter Zusammenhang zwischen dem Fachwissen und der Problemlösefähigkeit am Ende der Fortbildung,
N=208; χ2=92,962; df=76; CFI/TLI=,965/,958; RMSEA=,033 (,000 - ,054); WRMR=,763

4.2 Entwicklung der Problemlöseleistungen vom Beginn zum Ende der Fortbildung

Für die Erfassung der fachspezifischen Problemlösefähigkeiten bearbeiteten die Studienteilnehmer/-innen zwei Mal im Verlauf ihrer Fortbildung (einmal etwa sechs Monate nach Fortbildungsbeginn und ein zweites Mal etwa genau ein Jahr später) Aufgaben in der simulierten elektrotechnischen Anlage SINA (vgl. Kapitel 3.3). Die Testphase untergliederte sich in drei Teilbereiche. Im Anschluss an die Übungsaufgaben wurden die Probanden und Probandinnen zunächst gebeten, insgesamt acht Teilaufgaben[5] zu bearbeiten. Ähnlich wie bei den Übungsaufgaben setzen diese Aufgaben die Interaktion sowie das selbstständige Zurechtfinden und die Informationssuche in der simulierten Anlage voraus, die als ein relevanter Teilprozess des Problemlösens erachtet werden kann (ROBERTS/WHILE/FITZPATRICK 1996; ABELE 2017). Ein Vorteil dieser Aufgaben besteht jedoch darin, dass deren Bearbeitung deutlich weniger Zeit in Anspruch nimmt, sie gleichzeitig jedoch substantielle Herausforderungen mit sich bringen, die auch in den komplexen Problemfällen bestehen, weshalb eine eindimensionale Skalierung der Aufgaben möglich wurde (siehe VELTEN u. a. 2018). Die Analysen, die in diesem Beitrag vorgestellt werden, belegen, dass die Aufgaben hinreichend ähnlich sind, sodass sie zu einer gemeinsamen Skala zusammengefasst werden können.

Im Folgenden wird darauf verzichtet, die ersten Ergebnisse zu den Problemlösefähigkeiten der Fortbildungsteilnehmer/-innen, die bereits im Zwischenbericht berichtet wurden (siehe DIETZEN u. a. 2016, Kapitel 4.4), zu wiederholen. Ziel der vorliegenden Auswertungen ist es vielmehr, unter zusätzlicher Berücksichtigung der Daten vom zweiten Erhebungszeitpunkt einen Vergleich der Testleistungen im Problemlösetest zum ersten und zum zweiten Erhebungszeitpunkt zu liefern. Zum ersten Erhebungszeitraum bearbeiteten 154 Studienteilnehmer/-innen den Problemlösetest. Dabei waren die Teilnahmequoten an dem Test zur Problemlösefähigkeit gegenüber der Teilnahme an dem Fachwissenstest sowie dem Fragebogen um knapp 50 Prozent niedriger. Wie T-Tests zeigen, unterschieden sich die Teilnehmer/-innen im Hinblick auf Alter und kognitive Grundfähigkeiten nicht von den Nicht-Teilnehmerinnen und -Teilnehmern. Allerdings wiesen die PLF-Teilnehmer/-innen signifikant höhere Leistungen im Fachwissen vor, d. h. es lag eine Leistungsselektion vor. Beim zweiten Erhebungszeitpunkt bearbeiteten 151 Personen die Problemlöseaufgaben, d. h. auch hier beteiligte sich wieder nur eine Teilstichprobe an dem Test.

Vollständige Daten liegen insgesamt von einer Stichprobe von N=85 Studienteilnehmern/-teilnehmerinnen vor, die den Problemlösetest zu beiden Testzeitpunkten bearbeitet haben und deren Ergebnisse daher verglichen werden können. Die geringe Überschneidungsmenge hängt damit zusammen, dass zum zweiten Messzeitpunkt des Problemlösetests nur noch ein geringerer Anteil an Probanden und Probandinnen erreicht werden konnte. Das Durchschnittsalter dieser N=85 Probanden und Probandinnen betrug 24,8 Jahre (Standardabweichung 4,6 Jahre). Mehr als vier Fünftel (82,4 %) gaben einen mittleren Schulabschluss als höchsten Bildungsabschluss an, 15,3 Prozent eine (Fach-)Hochschulreife und nur eine Person einen Hauptschulabschluss. Von einer Person fehlt die Angabe. Gut jede/-r zweite (54,1 %) weist einen

[5] In der Literatur auch teilweise als minimalkomplexe Problemlöseaufgaben oder als Teilkompetenzaufgaben bezeichnet. Wesentlich ist, wie oben bereits vermerkt, dass mit diesen Aufgabenzuschnitten relevante Teilleistungen aus komplexeren Problemlöseprozessen adressiert werden, die zugleich eine Interaktion mit dem System erfordern, da sich Letzteres in anderen Studien (ABELE u. a. 2016) als Bedingung erwiesen hat, die die Wahrscheinlichkeit einer gemeinsamen Skalierung mit den komplexen Problemlöseaufgaben erhöht.

Ausbildungshintergrund im Bereich der Industrie auf. Jede/-r Fünfte einen im Handwerk und immer noch 15,3 Prozent einen sonstigen Ausbildungsabschluss. Von neun Personen fehlen die Angaben zum Ausbildungshintergrund. Bei dem Test zu den kognitiven Grundfähigkeiten erzielte diese Substichprobe im Durchschnitt 26,1 Punkte (Standardabweichung 4,3 Punkte) und beim Fachwissenstest zu Beginn der Fortbildung 24,4 (SD 8,6) Punkte[6]. Damit sind in der Teilstichprobe Probanden und Probandinnen mit einem mittleren Bildungsabschluss, einem industriellen Ausbildungshintergrund sowie guten Fachwissensleistungen zu Beginn der Fortbildung überrepräsentiert.

Im Folgenden werden zunächst die Lösungsquoten der Kurzaufgaben deskriptiv dargestellt. Daraufhin erfolgt die Präsentation der Leistungen zu den komplexen Problemlöseaufgaben. Abschließend werden die mittleren Leistungen zum ersten und zweiten Testzeitpunkt mittels verbundener T-Tests auf signifikante Unterschiede geprüft. Tabelle 2 zeigt zunächst die Lösungsquoten der Kurzaufgaben zum ersten (t1) und zweiten (t2) Erhebungszeitpunkt. Beim ersten Messzeitpunkt wurden die acht Kurzaufgaben von 4,7 (Aufgabe 4 Materialerkennung II) bis 63,5 Prozent (Aufgabe 5 Automatikbetrieb) der 85 Teilnehmer/-innen richtig gelöst. Gleichzeitig gab es auch eine große Spannweite im Hinblick auf die Nichtbearbeitung von Aufgaben. Während die Aufgabe 5 nur von 3,5 Prozent nicht bearbeitet wurde, wurde die Aufgabe 8 von knapp der Hälfte (45,9 %) nicht bearbeitet. Beim zweiten Zeitpunkt wurden die Aufgaben von 20 Prozent (Aufgabe 4 Materialerkennung II) bis 69,4 Prozent (Aufgabe 5 Automatikbetrieb) der 85 Teilnehmer/-innen richtig gelöst. Beim zweiten Messzeitpunkt variiert die Nichtbearbeitungsquote von 5,9 Prozent (Aufgabe 5) bis 27,1 Prozent (Aufgabe 8). Ein Vergleich der Leistungen dieser kleinen Substichprobe zeigt, dass bei fünf der acht Aufgaben deutliche Leistungssteigerungen über die Fortbildungszeit hinweg dokumentiert werden können. So konnten bei Aufgabe 1, 4, 6, 7 und 8 deutlich höhere Lösungsquoten erreicht werden. Bei Aufgabe 5 kann nur eine leicht bessere Lösungsquote erzielt werden, bei den Aufgaben 2 und 3 gibt es keine Leistungsverbesserungen. Gleichzeitig sinkt bei manchen Aufgaben (Aufgaben 1, 7 und 8) zum zweiten Zeitpunkt auch der Anteil der Personen, die die Aufgabe überhaupt nicht bearbeitet haben.

Folglich konnte die Problemlöseleistung im Hinblick auf die Informationssuche in der Computersimulation während der etwa zwölfmonatigen Fortbildungsphase verbessert werden. Offen bleibt die Frage, warum die Leistung nicht auch für die Aufgaben 2 und 3 gesteigert werden konnte. Möglicherweise waren diese Inhalte nicht explizit Gegenstand der Fortbildung oder die Aufgabenstellung wurde von vielen Probanden und Probandinnen nach wie vor nicht verstanden. Inwieweit diese Ergebnisse auch auf Erinnerungseffekte und Übung im Umgang mit der Computersimulation zurückgehen, kann nicht abschließend geklärt werden. Allerdings wurden die Ergebnisse der Aufgaben nach Abschluss der ersten Testung nicht für jede Aufgabe einzeln zurückgemeldet, eine Kenntnis hinsichtlich einzelner spezifischer Lösungen dürfte daher

[6] Die Gesamtstichprobe der in die Studie einbezogenen Techniker/-innen von N=346 weist ein Durchschnittsalter von 25,3 Jahren (SD 4,8 Jahre) auf. Knapp zwei Drittel (66,2 %) geben einen mittleren Bildungsabschluss an, 18,2 Prozent eine (Fach-)Hochschulreife und 4,6 Prozent einen Hauptschulabschluss. 38 Personen machten sonstige oder keine Angaben. Der Anteil derjenigen Personen in der Gesamtstichprobe, der einen Ausbildungshintergrund in der Industrie hat, liegt bei 40,2 Prozent. Dem Handwerk können 29,8 Prozent zugeordnet werden. 8,7 Prozent wurde ein sonstiger Ausbildungshintergrund zugeschrieben und gut jede/-r Fünfte (21,4 5) machte keine Angaben. Die durchschnittlichen Testleistungen im Test zu den kognitiven Grundfähigkeiten liegen bei 25,7 Punkten (SD 4,4) und beim Fachwissen bei 20,5 (SD 8,4).

auszuschließen sein.

Tabelle 2: Lösungsquoten der Kurzaufgaben des Problemlösetests zu t1 und t2

	Aufgabe 1 Werk-stückhöhe	Aufgabe 2 Schaltab-stand induktiver Sensor	Aufgabe 3 Material-erken-nung I	Aufgabe 4 Material-erken-nung II	Aufgabe 5 Automatik betrieb	Aufgabe 6 Eingang E2.2	Aufgabe 7 Werkstück auswerfen	Aufgabe 8 Rücksetz-funktion
T1								
Lösungs-quote in %	**58,8**	**38,8**	**29,4**	**4,7 (12,9)***	**63,5**	**40**	**10,6 (27,1)***	**35,3**
Aufgabe nicht bearbeitet %	14,1	17,6	8,2	14,1	3,5	10,6	36,5	45,9
T2								
Lösungs-quote in %	**68,2**	**37,6**	**27,1**	**20,0 (17,6)***	**69,4**	**47,1**	**23,5 (25,9)***	**52,9**
Aufgabe nicht bearbeitet %	9,4	21,2	11,8	17,6	5,9	10,6	24,7	27,1

Anmerkungen: *Teillösung; Gesamt N=85

Für Teil 2 und Teil 3 des Problemlösetests wurden den Probanden und Probandinnen Kurzbeschreibungen von Störfällen vorgelegt, die diese selbstständig bearbeiten sollten (siehe Abbildung 4 aus Kapitel 3.3). Es wurden jeweils bis zu zwei Punkte für die Identifizierung der Störungsursache und ein Punkt für Vorschläge zur Störungsbehebung vergeben. Teil 2 bestand in der Bearbeitung zweier Problemlösefälle, welche im Vorfeld als leicht zu lösende Aufgaben eingestuft wurden. In beiden Fehlerfällen bestand das Problem darin, dass die Anlage nach dem Starten nicht in Betrieb genommen wurde, sondern im ersten Arbeitsschritt stehen blieb. Teil 3 des Problemlösetests umfasste drei komplexe Störfälle, die von den angehenden Technikern und Technikerinnen gelöst werden sollten. Je nach Komplexität der Arbeitsaufgaben variierte die Bearbeitungszeit von zehn bis 30 Minuten je Fehlerfall.

Tabelle 3 umfasst die Lösungsquoten der etwas leichteren und der drei komplexen Problemlösefälle für den ersten und zweiten Erhebungszeitpunkt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Lösungsquoten der betrachteten Stichprobe in allen komplexen Problemlösefällen gesteigert werden konnten, wenngleich sie nach wie vor recht unterschiedlich hoch ausfallen. Während die ersten beiden Aufgaben aus Teil 2, die von uns a priori als „leicht“ eingestuft worden sind, Lösungsquoten von 91 bzw. 44 Prozent erreichen, können auch knapp über der Hälfte der Probanden und Probandinnen beim zweiten Messzeitpunkt die Aufgabe 2 aus Teil 3 lösen. Ein Drittel kann Aufgabe 1 (Teil 3), jedoch nur jede/-r Vierte Aufgabe 3 (Teil 3) richtig lösen. Gleichzeitig liegen die Anteile der Personen, die einzelne Aufgaben nicht bearbeiten, deutlich niedriger als bei den Kurzaufgaben. Aber auch die Leistungssteigerungen zeigen ein differenziertes Bild. So ist die größte Leistungssteigerung über die etwa zwölfmonatige Fortbildungszeit hinweg bei Aufgabe 2 (Teil 3) vorzufinden. Hier steigt die Lösungsquote von 27,1 Prozent auf 54,1 Prozent und verdoppelt sich somit. Auch bei Aufgabe 1 (Teil

3) ist immerhin eine Steigerung von knapp 19 Prozentpunkten von 14,1 Prozent auf 32,9 Prozent festzustellen. Bei den anderen Aufgaben steigen die Lösungsquoten lediglich leicht (um je 5,9 Prozentpunkte) an. Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass bei den Aufgaben 1 und 2 (Teil 2) bereits ein rudimentäres Verständnis von Programmabläufen ausreichend ist, um diese zu lösen. Daher sollten Leistungssteigerungen nur bei denjenigen Probanden und Probandinnen zu beobachten sein, die vorher noch nicht mit Programmlogiken in Kontakt kamen und in der Fortbildung erstmalig damit konfrontiert wurden. Bei den Aufgaben 1 und 2 (Teil 3) hingegen werden Kenntnisse bzgl. der Systematik beim Programmieren von speicherprogrammierten Steuerungen komplexer Anlagen benötigt. Hierfür sind Kenntnisse der Grundzüge und Prinzipien von SPS-Programmierung erforderlich, die in der Fachschule erworben werden.
Auch hier kann der Einfluss von Erinnerungseffekten nicht komplett ausgeschlossen werden, allerdings sollten sich dann diese Effekte recht gleichmäßig über die verschiedenen Aufgaben hinweg verteilen, was nicht der Fall ist.

Tabelle 3: Lösungsquoten der komplexen Problemlöseaufgaben

	Teil 2- leichte PLF-Aufgabe 1 „Schritt 1“	Teil 2- leichte PLF-Aufgabe 2 „Schritt 1“	Teil 3- PLF-Aufgabe 1 „Schritt 4“	Teil 3- PLF-Aufgabe 2 „Schritt 7“	Teil 3- PLF-Aufgabe 3 „Schritt 5“
T1					
Lösungsquote in %	**84,7 (3,5)***	**37,6 (50,6)***	**14,1 (14,1)***	**27,1 (24,7)***	**20,0 (11,8)***
Aufgabe nicht bearbeitet %	1,2	-	3,5	8,2	8,2
T2					
Lösungsquote in %	**90,6 (1,2)***	**43,5 (51,8)***	**32,9 (14,1)***	**54,1 (20,0)***	**25,9 (30,6)***
Aufgabe nicht bearbeitet %	3,5	2,4	3,5	5,9	5,9

Anmerkungen: *Teillösung; Gesamt N=85

Neben der deskriptiven Darstellung der einzelnen Aufgaben des Problemlösetests können auch die mittleren Summenwerte vergleichend über die zwei Testzeitpunkte mittels verbundener T-Tests betrachtet werden und eine Aussage dazu getroffen werden, ob diese Summenwerte sich über die Zeit hinweg signifikant voneinander unterscheiden. Zunächst werden die Summenwerte der Kurzaufgaben zu t1 und t2 miteinander verglichen, dazu werden die Punkte für richtige Lösungen für jede Person aufsummiert. Für die komplexen Problemlöseaufgaben werden zum einen ebenso Summenwerte in Bezug auf die Fehleranalyse berechnet. Zum anderen aber auch Summenwerte im Hinblick auf korrekte Lösungsvorschläge zur Behebung des gefundenen Fehlers.

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Analysen zu finden. Die Probanden und Probandinnen erzielen beim ersten Erhebungszeitpunkt im Durchschnitt 3,37 Punkte für die Kurzaufgaben. Beim zweiten Zeitpunkt erreichen sie im Durchschnitt 4,49 Punkte. Wie die Ergebnisse des verbundenen T-Tests zeigen, ist dieser Zuwachs signifikant (siehe obere Zeile in Tabelle 4). Ein ähnliches Bild zeigt sich auch für die komplexen Problemlöseaufgaben. Hier konnten zu Beginn im Mittel 5,3 Punkte für die Fehleranalyse und 1,85 Punkte für die Störungsbehebung erzielt werden. Beim zweiten Zeitpunkt

steigerten sich die durchschnittlich erzielten Leistungspunkte auf 6,95 für die Fehleranalyse und 2,58 für die Störungsbehebung. Beide Leistungssteigerungen sind statistisch als hoch signifikant zu bezeichnen. Folglich kann gesagt werden, dass es den untersuchten Probanden und Probandinnen gelingt, ihre Problemlöseleistungen vom Beginn zum Ende der Fortbildung hin signifikant zu steigern.

Tabelle 4: Verbundene T-Tests für Mittelwertvergleiche über die beiden Zeitpunkte

	T1		T2		T-Wert	Signifi-kanz	Effekt-größe d
	Mitttelwert (Standard-abweichung)	N	Mitttelwert (Standard-abweichung)	N			
Summenwert Kurzaufgaben	3,37 (1,87)	82	4,49 (2,51)	82	-4,72	,000	0,506
Summenwert Fehleranalyse komplexe Problemlöseaufgabe	5,30 (2,82)	83	6,95 (2,91)	83	-6,16	,000	0,576
Summenwerte Vorschläge zur Störungsbehebung	1,85 (1,37)	81	2,58 (1,61)	81	-4,66	,000	0,488

Einschränkend zu den vorliegenden Analysen muss jedoch nochmals auf die sehr kleine Stichprobe hingewiesen werden. Weiterhin kann diese nicht als repräsentativ für die Gruppe der Befragten in der vorliegenden Studie angesehen werden, sondern stellt eine Positivselektion im Hinblick auf das fachliche Vorwissen dar. Daher können diese Ergebnisse nur als erste Hinweise interpretiert werden. Wünschenswert für weitere Studien wären größere und repräsentative Stichproben, auf deren Basis zuverlässige Aussagen zur Kompetenzentwicklung getroffen werden können.

4.3 Itemskalierungen und Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen

Aufgrund der verwendeten Testzuschnitte, der Kompetenzmessung zu mehreren Testzeitpunkten und dem an das Projekt gestellten Anspruch, eine Vergleichbarkeit der Testergebnisse zwischen den Untersuchungsgruppen herzustellen, ist es notwendig, probabilistische Testanalysen vorzunehmen. Dazu wurden zunächst separate Itemskalierungen für die unterschiedlichen Messzeitpunkte und Gruppen durchgeführt, um eine Analyse der Fachwissensstruktur vorzunehmen. Im Anschluss daran wurden gemeinsame Skalierungen für mehrere Untersuchungsgruppen berechnet mit dem Ziel, die Testleistungen der Gruppen vergleichend zu betrachten.

Skalierungen

In Kapitel 4.1 wurden die Ergebnisse aus den Skalierungen der Technikergruppe für beide Messzeitpunkte bereits vorgestellt. Für die Gruppe der Auszubildenden wurden N=102 Personen aus insgesamt sechs Klassen befragt. Hierbei erfolgte aus Gründen der Vergleichbarkeit eine Fokussierung

auf Auszubildende zum/zur Elektroniker/-in für Energie- und Gebäudetechnik sowie zum/zur Elektroniker/-in für Betriebstechnik, da diese in der vorliegenden Stichprobe der angehenden Techniker/-innen die höchsten Anteile ausmachen (vgl. DIETZEN u. a. 2016). Mit den Itemanalysen wurde geprüft, inwieweit jedes Item den Modellannahmen des einparametrischen Raschmodells entsprach. Im Anschluss an die Skalierungen verblieben 31 Items im Test, wovon neun dem Bereich Grundlagen der ET, zehn dem Bereich EAS sowie zwölf dem Bereich der ST zugeordnet sind. Im Vergleich zur Technikergruppe mussten im Rahmen der Itemanalysen auf Basis der Testdaten der Auszubildenden mehr Items ausgeschlossen werden. Ein häufiger Grund lag darin, dass einige Items bei den Auszubildenden deutliche Bodeneffekte aufwiesen, d. h. die Items für diese Zielgruppe zu schwierig waren.

Betrachtet man die Wrightmap der Ergebnisse aus den Skalierungen für das dreidimensionale Modell bei den Auszubildenden (siehe Abbildung 8), so fällt auf, dass die Itemschwierigkeiten (rechts in der Abbildung) im Vergleich zu den Personen relativ hoch liegen, d. h. die Aufgaben für die Teilnehmenden insgesamt schwierig zu beantworten waren; im Vergleich dazu verteilen sich die Items bei den angehenden Technikern und Technikerinnen besser über das gesamte Spektrum der Personenfähigkeiten (vgl. Abbildung 5).

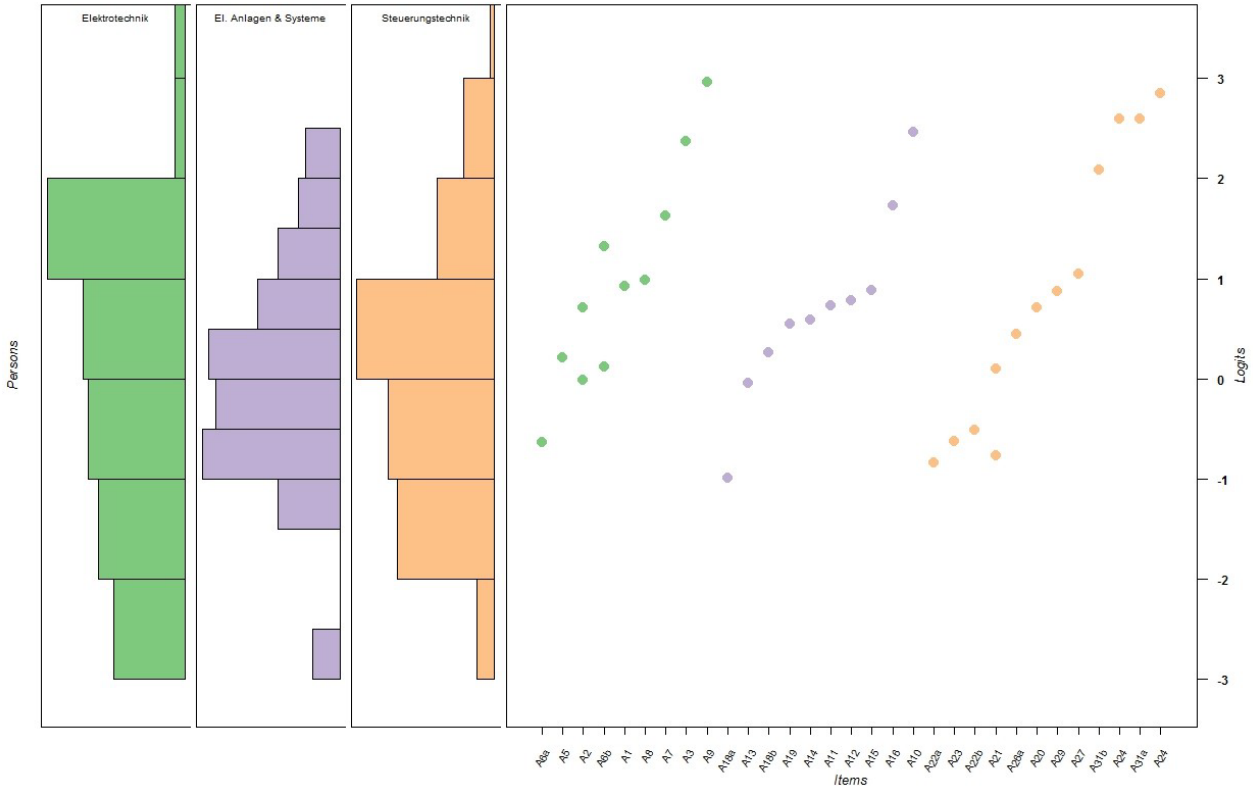

Abbildung 8: Wrightmap des Fachwissens der Auszubildenden am Ende der Ausbildung

Ein Vergleich des dreidimensionalen Modells mit dem eindimensionalen Modell anhand der Chi²-Werte sowie verschiedener Informationskriterien (AIC/BIC) bescheinigt dem dreidimensionalen Modell die bessere Modellpassung. Die in dem Modell verbliebenen Items weisen zufriedenstellende

Fit-Indices auf[7]. Die Trennschärfen der Items zu den jeweiligen Subdimensionen liegen zwischen ,286 und ,741. Die Testreliabilität (EAP/PV) fällt für die Subdimensionen ET und ST mit Werten von ,768 und ,771 gut aus, für den Bereich EAS fällt diese mit einem Wert von ,601 jedoch relativ niedrig aus. Die WLE-Reliabilität fällt mit Werten von ,604 (ET), ,436 (EAS) und ,674 (ST) insgesamt etwas unbefriedigend aus. An dieser Stelle waren aufgrund geringer Stichprobengröße jedoch niedrige Werte zu erwarten, weshalb die Testreliabilität insgesamt als zufriedenstellend angesehen werden kann. Die latenten Korrelationen zwischen den Subdimensionen liegen im Bereich von ,42 bis ,65.

Innerhalb der Gruppe der Studierenden liegen von N=85 Personen Daten zum Fachwissenstest vor. Analog zu den anderen beiden Gruppen wurden ebenfalls die zwei konkurrierenden Modelle (eindimensionales und dreidimensionales Modell) gerechnet[8]. Ein Blick auf die Wrightmap für diese Gruppe (Abbildung 9) macht deutlich, dass sich die Items eher im negativen Bereich verteilen, woraus geschlussfolgert werden kann, dass der Test insgesamt (oder zumindest ein Großteil der Items) für die Studierenden eher leicht war. Im Rahmen der Itemskalierungen mussten für die Stichprobe der Studierenden im Vergleich zu der Technikergruppe mehr Items angepasst werden, um den Gütekriterien des einparametrischen Raschmodells zu genügen. Als Ursachen sind hier zum einen Deckeneffekte zu nennen, die zum Ausschluss der Items aus dem Test führten, oder Items, für die eine mehrstufige Bepunktung vorgesehen war, mussten dichotomisiert werden. Letztlich konnten für die Studierendengruppe 32 Items verwendet werden (10 ET, 11 EAS, 11 ST). Die Fit-Indizes der Items waren insgesamt als sehr gut einzuordnen[9], die Trennschärfen lagen im Bereich von ,144 und ,620.

Der Modellvergleich fällt bei den Studierenden ebenfalls zugunsten des dreidimensionalen Modells aus, wobei der Chi^2-Differenzentest lediglich mit $p<,05$ ausgewiesen wird und der BIC (knapp) das eindimensionale Modell begünstigt, was jedoch mit der geringen Stichprobengröße in Zusammenhang gebracht werden kann. Mit Werten zwischen ,31 - ,41 fallen die Korrelationen zwischen den Bereichen eher niedrig aus, was jedoch ebenfalls für eine Ausdifferenzierung des Fachwissens spricht.

[7] Der Infit liegt im Bereich zwischen 0,88 und 1,14, die entsprechenden T-Werte sind ≤ 1,40. Beim Outfit liegen zwei Items außerhalb der gewünschten Schwellen von mindestens 0,7 bzw. maximal 1,3, was vermutlich dem Umstand geschuldet ist, dass eines der Items relativ geringe Lösungsquoten aufweist und das andere Item im Randbereich des abgedeckten Schwierigkeitsbereichs zu verorten ist. Der Outfit der verbleibenden Items liegt zwischen 0,72 und 1,28, die T-Werte sind ≤ 1,42.

[8] Anzumerken ist an der Stelle, dass der Stichprobenumfang (insbesondere) für eine mehrdimensionale Betrachtung als sehr gering einzustufen ist.

[9] Infit: 0,87-1,19; T<1,84 / Beim Outfit liegt ein Item aufgrund der relativ hohen Lösungsquote unterhalb der wünschenswerten Schwelle von 0,7. Der Outfit der die weiteren Items liegt im Bereich von 0,77-1,86; T< 1,86.

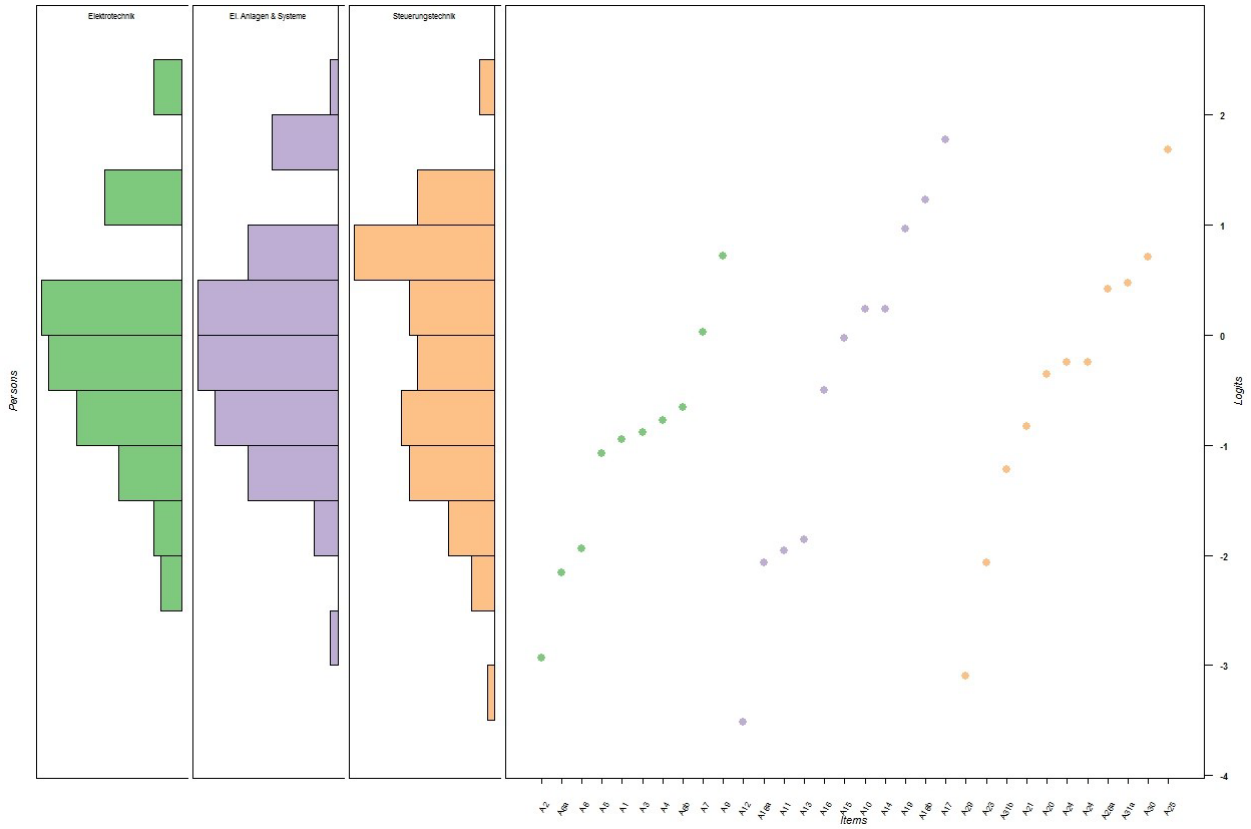

Abbildung 9: Wrightmap des Fachwissens der Studierenden gegen Ende des Studiums

Gruppenvergleiche des Fachwissens

Aufgrund der Tatsache, dass für die vergleichenden Analysen zu den Fachwissensleistungen mit angehenden Technikern und Technikerinnen, Auszubildenden und Bachelorstudierenden sehr unterschiedliche Zielgruppen adressiert wurden, muss sichergestellt werden, dass die eingesetzten Testverfahren neben den Gütekriterien der Validität und Reliabilität auch den Aspekt der Fairness berücksichtigen. Dies bedeutet, dass keine Untersuchungsgruppe bei der Testbearbeitung benachteiligt werden soll und der Test somit in der Lage ist, das Fachwissen in allen drei Gruppen adäquat zu messen. Differential item functioning (DIF) beschreibt das Problem bei der psychometrischen Kompetenzmessung, wenn Personen trotz identischer Kompetenzausprägung unterschiedlich hohe Wahrscheinlichkeiten haben, eine Testaufgabe korrekt zu beantworten. Eine mögliche Benachteiligung sollte beispielsweise bei einer mathematischen Textaufgabe untersucht werden, wenn diese von zwei Personen mit identischen Mathematikfähigkeiten, aber unterschiedlichen Sprachkenntnissen (Muttersprachler vs. Nicht-Muttersprachler) bearbeitet wurde. In diesem Fall könnte eine erfolgreiche Aufgabenlösung insbesondere von der Ausprägung des Sprachverständnisses und nicht der mathematischen Fähigkeiten abhängen und somit würde die Aufgabe die nicht-muttersprachliche Person benachteiligen. Diese Problematik gilt es entsprechend auch zu berücksichtigen, wenn man das Fachwissen über die verschiedenen Untersuchungsgruppen hinweg betrachtet. Hierbei wäre es z. B. denkbar, dass die in den Tests abgefragten Inhalte in den verschiedenen Bildungsgängen nicht oder nur unzureichend vermittelt wurden, sodass diese nicht für eine Abschätzung der Fachleistung geeignet sind. Um auszuschließen, dass die eingesetzten Tests eine Gruppe systematisch benachteiligen, wurden bezogen auf den ersten Messzeitpunkt, DIF-Analysen für

die Gruppe der angehenden Techniker/-innen und der Auszubildenden durchgeführt und zum zweiten Messzeitpunkt für die Gruppe der Techniker/-innen und der Studierenden. Da eine Voraussetzung der DIF-Analysen die Raschkonformität der verwendeten Items ist, werden nur jene Items berücksichtigt, die für beide Gruppen einen ausreichend guten Itemfit aufweisen. Somit kann jedoch keine Aussage darüber getroffen werden, ob die ausgeschlossenen Testitems DIF-Effekte aufweisen. Für die Beurteilung des DIF kann sowohl auf die Maße von LORD'S χ^2-Test als auch auf die Methode nach RAJU zurückgegriffen werden (MAGIS u. a. 2010). Während mit der Methode nach LORD kenntlich gemacht wird, bei welchen Items von DIF-Effekten auszugehen ist, erlaubt die Methode nach RAJU darüber hinaus auch Rückschlüsse darüber, welche der Gruppen durch die jeweiligen Items bevor- bzw. benachteiligt wird. Für die vorliegenden Analysen wird daher auf die Methode nach RAJU[10] zurückgegriffen.

Abbildung 10 zeigt die Ergebnisse der DIF-Analysen. Die kleineren Werte <0 weisen hierbei Vorteile zugunsten der Technikergruppe aus und größere Werte zugunsten der Auszubildenden, wobei die Effekte im Bereich zwischen den eingezeichneten horizontalen Linien im Toleranzbereich liegen und damit als vernachlässigbar gelten. Aus der Abbildung 10 geht hervor, dass von den insgesamt 34 Testitems sieben Items DIF-Effekte aufweisen, wobei davon drei Items die Gruppe der Auszubildenden und vier Items die Gruppe der angehenden Techniker/-innen begünstigen.

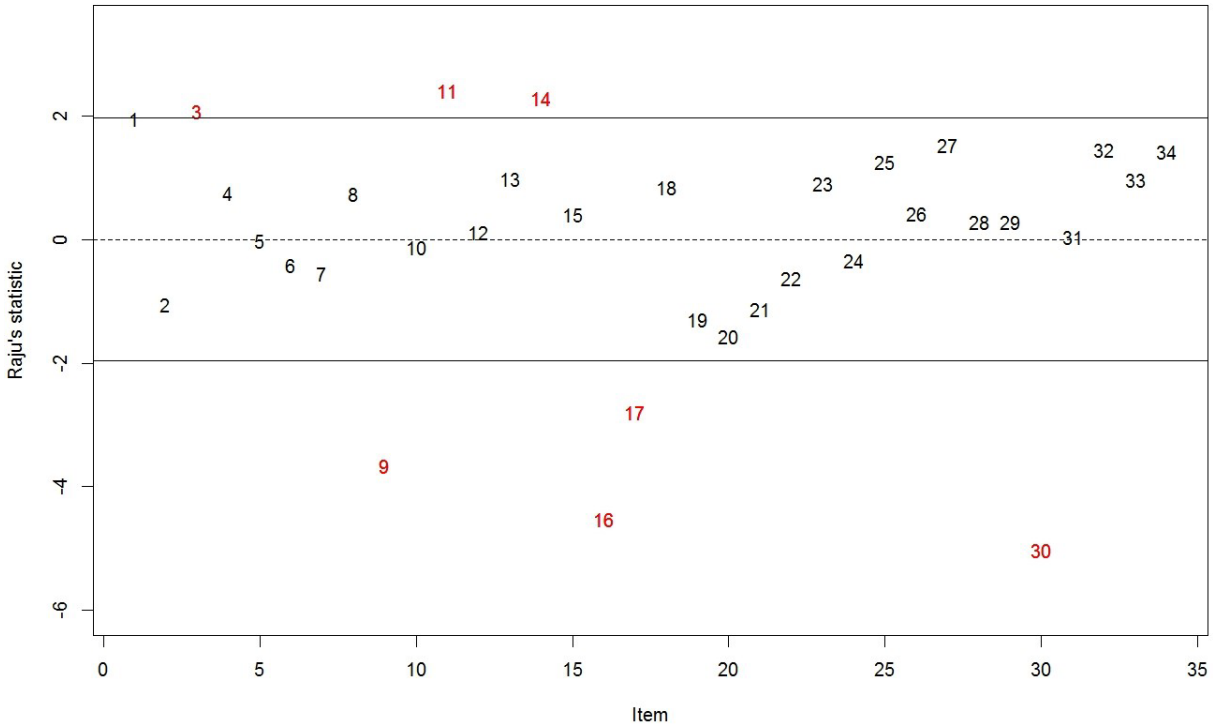

Abbildung 10: DIF-Analysen nach RAJU für die Gruppe der Auszubildenden und der angehenden Techniker/-innen zum ersten Messzeitpunkt

Aus projektorganisatorischen Gründen musste die Erfassung des Fachwissens am Ende der Technikerfortbildung bzw. am Ende des Studiums mit zwei unterschiedlichen Testinstrumenten durchgeführt werden. Daher wurde in der Gruppe der Studierenden der identische Test eingesetzt wie bereits zu Beginn der Technikerfortbildung. Für den zweiten Messzeitpunkt am Ende der

[10] Die Analyse nach der Methode von LORD weist strukturidentische Ergebnisse auf.

Technikerfortbildung kam hingegen ein adaptierter Fachwissenstest zur Anwendung. Aus diesem Grund musste für einen Gruppenvergleich der angehenden Techniker/-innen und der Studierenden auf jene Teilmenge von Items zurückgegriffen werden, die in beiden Testversionen vorhanden waren. Diese Items wurden zunächst einer gemeinsamen Itemskalierung unterzogen und auf Raschkonformität für beide Gruppen geprüft. Die im Anschluss durchgeführte DIF-Analyse zeigt, dass von den 19 berücksichtigten Items sechs Items DIF-Effekte aufweisen (Abbildung 11), wobei jeweils drei Items eine der beiden Gruppen begünstigen.

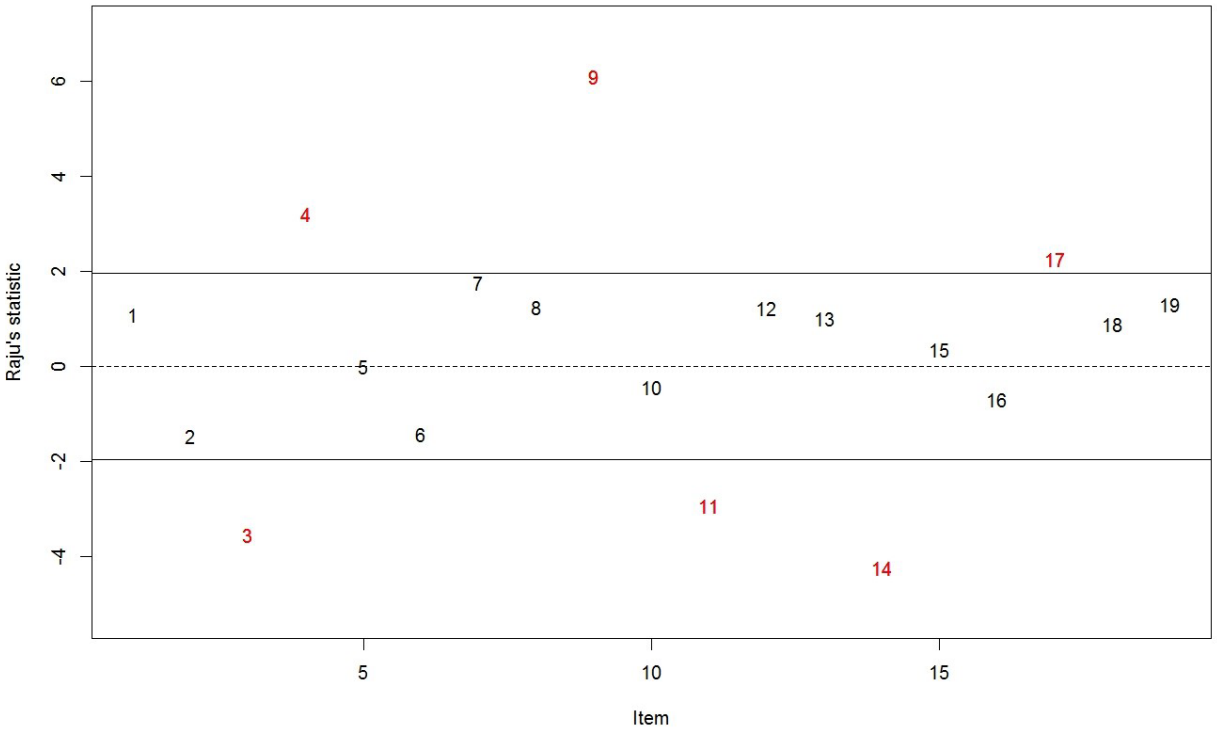

Abbildung 11: DIF-Analysen nach RAJU für die Gruppe der angehenden Techniker/-innen und der Studierenden zum zweiten Messzeitpunkt

Um Leistungsunterschiede im Fachwissen zwischen den Gruppen zu untersuchen, wurden Mittelwertvergleiche mittels T-Tests gerechnet. Da innerhalb der einzelnen Fachwissenstests nur relativ wenige Items DIF-Effekte aufwiesen, von denen jeweils nur ein Teil eine Gruppe begünstigt, kann angenommen werden, dass sich diese Verzerrungseffekte über den gesamten Test herauspartialisieren. Aus diesem Grund wurden die Mittelwertvergleiche auf Basis der bereits ermittelten Personenfähigkeitsschätzer (WLE-Schätzer), die in den gruppenübergreifenden Skalierungen ermittelt wurden, gerechnet. Die Ergebnisse der T-Tests sind in Tabelle 5 dargestellt.
Bezogen auf den ersten Messzeitpunkt (1. MZP) sollte geprüft werden, ob sich die Fachwissensleistungen der angehenden Techniker/-innen von denen der Auszubildenden am Ende der Ausbildung unterscheiden. Die Ergebnisse zeigen, dass die mittleren Fachleistungen der Techniker/-innen signifikant höher ausfallen als bei den Auszubildenden. Dies könnte als Indiz einer Positivselektion im Rahmen der Technikerfortbildung oder als Hinweis auf Entwicklungsprozesse innerhalb der praktischen Berufsausübung gewertet werden. Abschließend geklärt werden kann diese Frage jedoch nur mit Langzeitstudien, bei welchen die Teilnehmenden von der Berufsausbildung über die berufspraktische Phase bis in die berufliche Fortbildung begleitet werden.

Zum zweiten Messzeitpunkt (2. MZP) sollten die Unterschiede im Fachwissen zwischen den angehenden Technikern und Technikerinnen und den Bachelorstudierenden in den Blick genommen werden. Die Ergebnisse des T-Tests zeigen hierbei einen signifikanten (p<,05) Vorteil zugunsten der Studierenden.

Zu den durchgeführten Mittelwertvergleichen muss angemerkt werden, dass bislang zusätzliche Analysen ausstehen, die zum einen auf Basis neuer Skalierungen unter dem Ausschluss sämtlicher DIF behafteter Items durchgeführt werden und zum anderen auch die Leistungen im Problemlösetest für den Vergleich der Techniker- und Studierendengruppe berücksichtigen.

Tabelle 5: T-Tests für Mittelwertvergleiche zwischen den Untersuchungsgruppen zum ersten und zweiten Messzeitpunkt

		Mittelwert (Standard-abweichung)	N	T-Wert	Signifi-kanz	Effekt-größe d
1. MZP	WLE-Werte Auszubildende	-0,2236 (0,9308)	102	-2,839	,005	0,33
	WLE-Werte Techniker	0,0727 (0,8771)	320			
2. MZP	WLE-Werte Techniker	-0,1205 (1,1528)	85	2,537	,012	0,33
	WLE-Werte Studierende	0,2333 (0,8355)	184			

4.4 Bedeutung der Berufserfahrung für die Fachkompetenz

Die Dauer der beruflichen Erfahrung ist für die Zulassung zur Meister- und Technikerfortbildung an Fachschulen insofern von Bedeutung, als dass für die Zulassung zu einer Technikerfortbildung an Fachschulen üblicherweise eine mindestens einjährige Berufserfahrung verlangt wird (KMK 2017). Auch spielen berufliche Erfahrungen eine wichtige Rolle bei der formalen Anerkennung. So kann für die Zulassung zur Meisterprüfung in einem nicht der Erstausbildung entsprechendem Handwerksberuf eine maximal dreijährige Berufserfahrung in dem intendierten Handwerksbereich anerkannt werden (§ 49 Handwerksordnung). Bei der Zulassung zur Externenprüfung können solche Personen berücksichtigt werden, die mindestens das Eineinhalbfache der Zeit, die als Ausbildungszeit vorgeschrieben ist, also in der Regel bei dreijährigen Ausbildungsberufen viereinhalb Jahre, in dem Beruf tätig waren, in dem sie die Prüfung ablegen wollen (§ 37 Handwerksordnung; § 45 BBiG).
Aus diesen Beispielen wird deutlich, dass der Berufserfahrung eine wichtige Rolle für den Kompetenzerwerb zugeschrieben wird, da angenommen werden kann, dass in dieser Zeit die regelmäßige Auseinandersetzung mit tatsächlichen beruflichen Aufgaben und Anforderungen Lernprozesse anstößt und fortsetzt (DYBOWSKI 1999). Wichtig ist dafür nach BÖHLE (1995, zit. nach DYBOWSKI 1999) vor allem die komplexe sinnliche Wahrnehmung („Erfahrungswissen umfasst ein

Gespür für technische Anlagen und das frühzeitige Erkennen sich möglicherweise anbahnender Unregelmäßigkeiten“ (ebd., S. 9) sowie die assoziative Verknüpfung aktueller und vergangener Erfahrungen („Wissen ist nicht voraussetzungslos, sondern geprägt durch die Vorerfahrungen der in der Lebenswelt zur Verfügung stehenden individuellen und kollektiven Deutung für die Bewältigung von Problemen“ (ebd. S. 10)).

Allerdings kann die Frage gestellt werden, ob erfolgreiche berufliche Lernprozesse in jedem Fall abhängig sind von der Dauer der beruflichen Lernphase, sprich der Dauer der beruflichen Erfahrung, oder ob vielmehr qualitative Aspekte dieser beruflichen Erfahrungen ausschlaggebend sind. Empirische Erkenntnisse diesbezüglich könnten einen Beitrag dazu leisten, berufliche Lernprozesse lernförderlicher zu gestalten und effektiver zu machen.

Auf Grund der Studienkonzeption und der ausgewählten Stichprobe kann die Bedeutung der Berufserfahrung für die fachliche Kompetenzentwicklung im Bereich der geregelten beruflichen Fortbildung erstmalig empirisch näher untersucht werden. Daher widmet sich das Projekt ProMech der Fragestellung, welche Rolle die Berufserfahrung für den Erwerb von Fachwissen in der Techniker-Fortbildung spielt. Dabei wird die Berufserfahrung in Anlehnung an die psychologische Forschungsliteratur nicht nur als zeitliche Dauer von Erfahrungen, sondern auch als Häufigkeit der Ausübung verschiedener Tätigkeiten operationalisiert.

Berufserfahrung in der psychologischen Forschung

Der Frage, was Berufserfahrungen eigentlich sind, was sie ausmachen und wie sie gemessen werden können, hat sich unter anderem die psychologische Forschung seit einigen Jahren gewidmet. Für die amerikanischen Forscher QUIÑONES, FORD und TEACHOUT (1995, S. 890) beziehen sich berufliche Erfahrungen auf Ereignisse, die von einer Person erlebt werden und mit der Leistung bei der Arbeit im Zusammenhang stehen. GEITHNER und MOSER (2009, S. 71) beschreiben Berufserfahrung als eine zentrale Determinante des beruflichen Erfolgs, wobei sie erläutern, dass implizit davon ausgegangen wird, dass „je länger eine Person in einem bestimmten Tätigkeitsbereich arbeitet, desto erfolgreicher ist sie aufgrund ihres Erfahrungsschatzes und den durch Berufserfahrung entwickelten Kompetenzen, auf die sie zurückgreifen kann. Von Bedeutung sind das spezifische Wissen, die Fähigkeiten und Fertigkeiten, die durch den Berufsalltag und die damit verbundenen Herausforderungen entwickelt wurden.“ Damit wird eine Erklärung bereitgestellt, warum Berufserfahrungen so wichtig sind für berufliche Leistungen: Im Laufe der beruflichen Erfahrungen werden berufliches Wissen und Fertigkeiten erworben, die einem dabei helfen, bei seiner Arbeit gute Leistungen zu erbringen. Falsch ist diese Annahme nicht. Auch Befunde aus Meta-Analysen (das sind Studien, die die Ergebnisse von vielen einzelnen Studien zusammenfassen) belegen, dass längere Berufserfahrung z. B. mit einem höheren Gehalt einhergeht (NG u. a. 2005). Für eine Gesamtstichprobe von mehr als 10.000 Personen wurde ein gewichteter und korrigierter Zusammenhang von r=,27 zwischen Berufserfahrung und Einkommen berechnet. Der Effekt von Berufserfahrung auf Beförderungen ist hingegen vergleichsweise gering. So wird hier anhand einer Stichprobe von 5.400 Personen nur ein kleiner gewichteter und korrigierter Zusammenhang von r=,06 berechnet.

Allerdings haben verschiedene Forscher/-innen auch deutlich gemacht, dass eine ausschließlich zeitliche Erfassung von Berufserfahrung zu kurz greift. GEITHNER und MOSER (2009) argumentieren, dass sich Erfahrungen und der daraus folgende Wissenserwerb nicht linear über den Zeitverlauf verteilen,

sondern dass sie insbesondere zu Beginn einer beruflichen Tätigkeit besonders hoch sind. Einleuchtend ist, dass die zeitliche Dauer auch keinerlei Informationen darüber liefert, welche konkreten Erfahrungen in dieser Zeit gemacht wurden. Und letztlich unterscheiden sich Menschen auch dahingehend, ob und wie stark sie aus den gemachten Erfahrungen lernen. So sind verschiedene Entwicklungs- und Lernverläufe denkbar, bei denen sich manche Menschen über einen gewissen Zeitraum verbessern, manche sich vielleicht sogar verschlechtern und andere sich überhaupt nicht verändern (ebd.). TESLUK und JACOBS (1998, S. 333) erklären dieses Phänomen damit, dass "learning does not often automatically follow from experience; it requires reflection and a desire to learn from what has occurred as well as an environment that provides opportunities for reflection and learning."

Aus diesen Gründen haben die Forscher QUIÑONES, FORD und TEACHOUT (1995) ein Rahmenmodell für die Messung von beruflichen Erfahrungen entwickelt (Abbildung 12) und unterscheiden darin zwischen verschiedenen Messmethoden (zeitlich basierte Messung, häufigkeitsbasierte Messung und qualitative Messung) sowie verschiedenen Messebenen (in Bezug auf Aufgaben, eine konkrete Arbeitsstelle oder eine Organisation). Sie zeigen auch anhand verschiedener meta-analytischer Ergebnisse, dass die engsten Zusammenhänge zwischen Berufserfahrung und Arbeitsleistung gefunden werden, wenn die Erfahrungen in Häufigkeiten gemessen werden und dies in Bezug auf Arbeitsaufgaben geschieht (QUIÑONES u. a. 1995). Demzufolge schätzten sie auf der Basis von 824 Personen Zusammenhänge von r=,43 zwischen häufigkeitsbasierten beruflichen Erfahrungen und beruflicher Leistung im Vergleich zu r=,27 für den Zusammenhang zwischen einer zeitbasierten Messung und Leistungen (hier wurde allerdings auch auf eine deutlich größere Stichprobe von insgesamt 23.779 Personen zurückgegriffen). Gleichzeitig zeigt sich auch ein Vorteil für die tätigkeitsbasierte Erfassung von Erfahrungen mit einem geschätzten Zusammenhang von r=,41 gegenüber r=,27 für Zusammenhänge auf Jobebene und r=,16 für Zusammenhänge auf Organisationsebene. Die Autoren vermuten, dass „amount and task-level measures are perhaps better measures of what individuals actually do on the job" (QUIÑONES u. a. 1995, S. 904).

Die Forschungsbefunde belegen, dass berufliche Erfahrungen generell wichtig sind für berufliche Leistungen. Bei der Messung von Berufserfahrung können jedoch neben der zeitlichen Dauer der Erfahrungen über die Erfassung der Häufigkeit spezifischer Tätigkeiten zusätzliche Informationen gewonnen werden, die vermutlich engere Zusammenhänge zum Berufserfolg aufweisen.

Level of Specificity	Amount	Time	Type
Org.	number of organizations	org. tenure/ seniority	type of org. (e.g. R&D, public)
Job	jobs or aggregate tasks	job tenure/ seniority	job complexity
Task	times performing a task	time on task	Task difficulty complexity criticality

Abbildung 12: A Conceptual Framework of Work Experience Measures (aus QUIÑONES/FORD/TEACHOUT 1995)

Operationalisierung von beruflichem Erfolg

Ähnlich wie für das Konzept der Berufserfahrung kann auch für das Konzept des Berufserfolgs eine Mehrdimensionalität angenommen werden. So gibt es auch verschiedene Möglichkeiten, das Konzept „Berufserfolg“ zu definieren und mit konkreten Indikatoren zu operationalisieren. Nach dem Modell von DETTE, ABELE und RENNER (2004) kann beim Konzept des Berufserfolgs zunächst zwischen beruflichem Erfolg in Bezug auf die globale Laufbahn oder in Bezug auf die spezifische Arbeit unterschieden werden. Für beide Bereiche kann Berufserfolg auf der Datenbasis von neutralen Kennzahlen, wie z. B. Gehalt oder konkrete zählbare Leistungen wie produzierte Stückzahlen, auf der Basis von selbsteingeschätzten Zufriedenheitsmaßen sowie durch eigene (z. B. Selbsteinschätzung der beruflichen Leistung) oder durch andere durchgeführte Vergleiche (z. B. Leistungsbeurteilung durch Vorgesetzte oder Kollegen/Kolleginnen) erfolgen. Insbesondere die Leistungsbeurteilung durch Vorgesetzte wird in der internationalen psychologischen Forschung häufig verwendet. Diese Form der Leistungsbeurteilung kann weiter ausdifferenziert werden in eine Einschätzung hinsichtlich der aufgabenbezogenen Leistung, die sich auf die unmittelbar vertraglich festgelegten Aufgaben bezieht, der kontextbezogenen Leistung, die sich nicht direkt auf die durch die Organisation produzierten Produkte und Dienstleistungen bezieht, aber die Organisation unterstützt wie beispielsweise Unterstützung von Kolleginnen und Kollegen oder freiwillig übernommene Aufgaben, die über die formalen Aufgabenanforderungen hinausgehen und der Anpassungsleistung, die sich auf das flexible Verhalten der Mitarbeiter/-innen bezieht und damit das Bewältigen von Anforderungen wie Krisen- und Stressmanagement oder Problemlösen umfassen oder auch interkulturelle und interpersonelle Anpassungsleistungen adressieren (SONNENTAG/VOLMER/SPYCHALA 2008).

Berufliches Wissen (sowohl deklaratives als auch prozedurales Wissen) ist zentral für berufliche Leistungen (SONNENTAG u. a., 2008) und Studien belegen diesen Zusammenhang (HUNTER/HUNTER, 1984; DYE u. a., 1993). Bereits 1984 berechneten HUNTER und HUNTER auf der Basis von gut 3.000 Personen einen Zusammenhang von r=,48 zwischen Wissenstests und beruflichen Leistungen. Einige Jahre später widmeten sich DYE und Kollegen (1993) in einer ausführlicheren Metaanalyse erneut dem Zusammenhang von beruflichem Wissen und beruflichen Leistungen. Dabei wurde ein korrigierter Gesamteffekt von r=,45 berechnet, der auf einer Gesamtstichprobe von knapp 20.000 Personen beruht. Auch die Beziehung zwischen beruflichem Wissen, beruflichen Erfahrungen, individuellen Merkmalen sowie der beruflichen Leistung ist Gegenstand der Forschung. Dabei wird dem beruflichen Wissen zumeist eine vermittelnde Rolle zwischen beruflichen Erfahrungen und individuellen Merkmalen sowie der beruflichen Leistung zugeschrieben: „…work experience is related to the accumulation of job-relevant knowledge that, in turn, leads to better job performance“ (QUIÑONES 2004, S. 124).

In der beruflichen Kompetenzdiagnostik liegt der Schwerpunkt auf der validen und reliablen Messung der beruflichen (zumeist) fachlichen Kompetenzen, wobei hier sowohl deklarative Wissensbestände als auch prozedurales Wissen, was vermutlich eher in Arbeitskontexten erworben wurde und möglicherweise kaum explizierbar gemacht werden kann, berücksichtigt wird (NICKOLAUS/SEEBER 2013; NICKOLAUS 2011). Dafür werden neben schriftlichen Tests, die aus Multiple-Choice, Zuordnungs- sowie offenen Aufgaben bestehen, oftmals auch komplexe authentische Computersimulationen eingesetzt, in denen die Probanden und Probandinnen selbstständig Fehleranalysen durchführen. Weitere Kriterien des beruflichen Erfolgs wurden bislang unseres Wissens nach nicht systematisch untersucht und damit bleibt die Erforschung der kriterienbezogenen Validität eines der Forschungsdesiderate der Kompetenzdiagnostik (NICKOLAUS 2011).

Vor dem Hintergrund des Forschungsstands wird im vorliegenden Beitrag zunächst untersucht, wie die Dauer der beruflichen Erfahrung mit dem spezifischen Tätigkeitsprofil zusammenhängt. Zunächst werden dazu die insgesamt 22 Tätigkeiten, deren Häufigkeit in der Ausübung die Studienteilnehmer/-innen einschätzen sollten, zu Tätigkeitsbereichen verdichtet. Weiterhin werden die angehenden Techniker/-innen in zwei Gruppen mit weniger und mehr Berufserfahrung unterteilt und deren Tätigkeitsprofil analysiert. Die Vermutung hierbei ist, dass das Tätigkeitsprofil weniger mit der Dauer der Berufserfahrung, sondern mehr mit dem Ausbildungs- und Tätigkeitshintergrund der Probanden und Probandinnen zusammenhängt.

In einem nächsten Schritt wird der Einfluss der Dauer der Berufserfahrung sowie der spezifischen Tätigkeitserfahrungen auf das erzielte Fachwissen gegen Ende der zweijährigen Fortbildung unter Kontrolle relevanter Kontrollvariablen wie kognitive Grundfähigkeiten und Ausbildungshintergrund untersucht.

Verwendete Stichprobe

Zunächst wurden Faktorenanalysen gerechnet, für die Daten von insgesamt N=290 angehenden Technikern und Technikerinnen verwendet wurden, die im Sommer 2015 zu Beginn ihrer zweijährigen Vollzeitfortbildung im Fachbereich Elektrotechnik in den beiden Bundesländern Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen getestet wurden. Die anschließenden Regressionsanalysen beziehen sich auf

eine Stichprobe von N=116 Fortbildungsteilnehmern und -teilnehmerinnen, die beim zweiten Testzeitpunkt Ende 2016/ Anfang 2017 erneut die Tests bearbeiteten. In Tabelle 6 sind die Stichprobenmerkmale der beiden für die folgenden Analysen verwendeten Stichproben in einer Übersicht zusammengestellt.

Tabelle 6: Stichprobenmerkmale der beiden verwendeten Stichproben

	N=290 (Faktorenanalysen)	N=116 (Regressionsanalysen)
Alter (Mittelwert, Standardabweichung)	25,35 (SD 4,82)	24,84 (SD 4,17)
Berufserfahrung in Jahren (Mittelwert, Standardabweichung)	3,52 (SD 3,22)	3,49 (SD 2,8)
Mittlerer Schulabschluss	72,3 %	75,9 %
(Fach-)Hochschulreife	19,7 %	19,8 %
Hauptschulabschluss	5,1 %	4,3 %
Sonstige/keine Angaben zum Schulabschluss	2,8 %	-
Ausbildungshintergrund Industrie	43,9 %	65,5 %
Ausbildungshintergrund Handwerk	32,5 %	34,5 %
Sonstiger Ausbildungshintergrund	9,6 %	-
Fehlende Angaben zum Ausbildungshintergrund	14 %	-

Erfassung der vergangenen beruflichen Tätigkeiten

Die beruflichen Erfahrungen der Studienteilnehmer/-innen wurden nicht nur über die Dauer der Berufserfahrung, sondern auch über die in den letzten Jahren ausgeübten Tätigkeiten erfasst. Dazu wurden den angehenden Technikerinnen und Technikern zu Beginn der Fortbildung im Fragebogen eine Liste mit insgesamt 22 Tätigkeiten vorgelegt. Diese wurden aus Untersuchungen zu den Tätigkeiten im Elektronikbereich (ZINKE/SCHENK/KRÖLL 2014; NICKOLAUS/GEIßEL 2009), aus Beschreibungen des BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit sowie Gesprächen mit Berufsexperten und -expertinnen identifiziert. 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 und Probandinnen 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 zunächst auf Basis des Eigenwertekriteriums sechs Faktoren extrahiert (Tabelle 7). Die vier Items „mit Anlagen arbeiten“, „Fehler in Anlagen finden“, „Reparaturen an Maschinen durchführen“ sowie „Automatisierungssysteme montieren“ laden alle >,6 auf dem Faktor 2 (Eigenwert = 2,69) und werden daher zu der Dimension „Systeme montieren und analysieren“ zusammengefasst. Die drei Items „Besprechungen abhalten“, „Teamleitung übernehmen“ sowie „Ausbilden“ laden zusammen auf dem Faktor 3 (Eigenwert = 1,97) und bilden zusammen die Dimension „Kommunikation“. Das Item „sich selbst weiterbilden“ lädt sowohl auf Faktor 3 als auch auf Faktor 5 und wird daher nicht einer Dimension zugeordnet. Die beiden Items „Prüf- und Messaufgaben durchführen“ sowie „Messungen auswerten“ laden beide sehr hoch auf Faktor 4 (Eigenwert = 1,92) und werden daher zu einer Dimension „Messen“ zusammengefasst. Auf Faktor 1 (Eigenwert = 3,43) laden insgesamt acht Items mit einer jeweiligen Ladung >,4. Aus inhaltlichen Überlegungen werden zunächst die beiden Items „Systeme programmieren“ und „Steuerungen programmieren“ zu einer Dimension „Programmieren“ zusammengefasst. Die übrigen sechs Items bilden gemeinsam die Dimension „Planen und Kalkulieren“, wenngleich die zusammengefassten Tätigkeiten teilweise recht heterogen sind. So fällt das Item „technische Zeichnungen anfertigen“ zusammen mit den planerischen Aufgaben. Die Ergebnisse der exploratorischen Faktorenanalyse schlagen schließlich vor, die drei Items „Schaltkreise prüfen“, „Prototypen erstellen“ und „Qualitätskontrolle machen“ zu einer sechsten Dimension zusammenzufassen. Allerdings liegt das Eigenwertekriterium hier nur noch bei 1,56, d. h., der Faktor 6 erklärt nur noch das rund anderthalbfache einer Variable. Auch inhaltlich bilden die Items unterschiedliche Tätigkeitsanforderungen ab. So sind sowohl Qualitätskontrollen als auch Prüfaufgaben bei Schaltkreisen eher analytische, das Erstellen von Prototypen eher konstruktive Aufgaben. Daher werden diese drei Items einzeln betrachtet. Einige weitere Items wie „Leitungen installieren“ und „sich weiterbilden“ lassen sich weder aus statistischen noch aus inhaltlichen Überlegungen zusammenfassen und werden daher ebenfalls einzeln betrachtet.

Um diese erste Dimensionierung einer weiteren statistischen Prüfung zu unterziehen, wird eine konfirmatorische Faktorenanalyse für die fünf Dimensionen gerechnet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Daten relativ gut zu dem aufgestellten Modell passen (Chi-Quadrat= 247,283; df=109; RMSEA= ,066; CFI=,909). Allerdings weisen die Modifikations-Indices darauf hin, dass das Item „Projektplanungen dokumentieren“ nicht sonderlich gut zur Dimension „Planen und Kalkulieren“ passt. Auch aus Tabelle 7 geht hervor, dass dieses Item eine nicht unbedeutende Nebenladung auf Faktor 4 aufweist. Daher wird es aus der Dimension entfernt und im Folgenden als Einzelitem betrachtet. Durch diese Änderung konnte das konfirmatorische Faktoren-Modell deutlich verbessert werden und erreicht nun nach HU und BENTLER (1999) gute bis sehr gute Fit-Werte: Chi-Quadrat= 176,005; df=94, RMSEA= ,055; CFI=,939. Abbildung 13 zeigt die Dimensionierung der Items und ihre jeweiligen standardisierten Ladungen auf den fünf Faktoren auf Basis der konfirmatorischen Faktorenanalyse. Es laden jeweils zwei bis fünf Items auf einem Faktor mit jeweiligen standardisierten Ladungen >,45. Zusätzlich sind in der Abbildung die signifikanten latenten Korrelationen zwischen den Faktoren dargestellt. Demzufolge korrelieren die Dimensionen „Programmieren“ und „Planen und kalkulieren“ mit fast ,6 recht deutlich miteinander, die anderen Dimensionen weisen jedoch maximal mittlere Zusammenhänge auf. Auch die klassischen Konsistenzmaße nach CRONBACH'S Alpha, die in Tabelle 8 präsentiert werden, weisen für vier Dimensionen gute Werte >,7 auf. Lediglich die Dimension „Kommunikation“ erreicht mit einem CRONBACH's Alpha von ,645 nicht ganz ein wünschenswertes Maß.

So werden für die nachfolgenden Darstellungen die Tätigkeiten zu den in Tabelle 8 aufgeführten fünf Tätigkeitsdimensionen zusammengefasst sowie weitere sechs einzelne Tätigkeitsitems betrachtet.

Tabelle 7: Hauptkomponentenanalyse mit Varimaxrotation, Extraktion der Faktoren nach Eigenwertekriterium

	Messzeitpunkt 1					
Faktor	1	2	3	4	5	6
Mit Anlagen arbeiten		,848				
Fehler in Anlagen finden		,844				
Reparaturen an Maschinen durchführen		,624				
Automatisierungssysteme montieren		,630			-,451	
Systeme programmieren	,516				,479	
Steuerungen programmieren	,520	,455				
Leitungen installieren					-,748	
Schaltkreise prüfen						,706
Prototypen erstellen						,705
Anlageänderungen planen	,734					
Prozesse analysieren	,483					
Projektplanungen dokumentieren	,628			,459		
Prüf- und Messaufgaben durchführen				,849		
Messungen auswerten				,818		
Qualitätskontrolle machen						,562
Technische Berechnungen durchführen	,705					
Kalkulationen machen	,609					
Technische Zeichnungen anfertigen	,759					
Besprechungen abhalten			,651			
Teamleitung übernehmen			,776			
Ausbilden			,704			
Sich selbst weiterbilden			,438		,558	

Anmerkungen: Ladungen <,4 sind nicht dargestellt, N=290

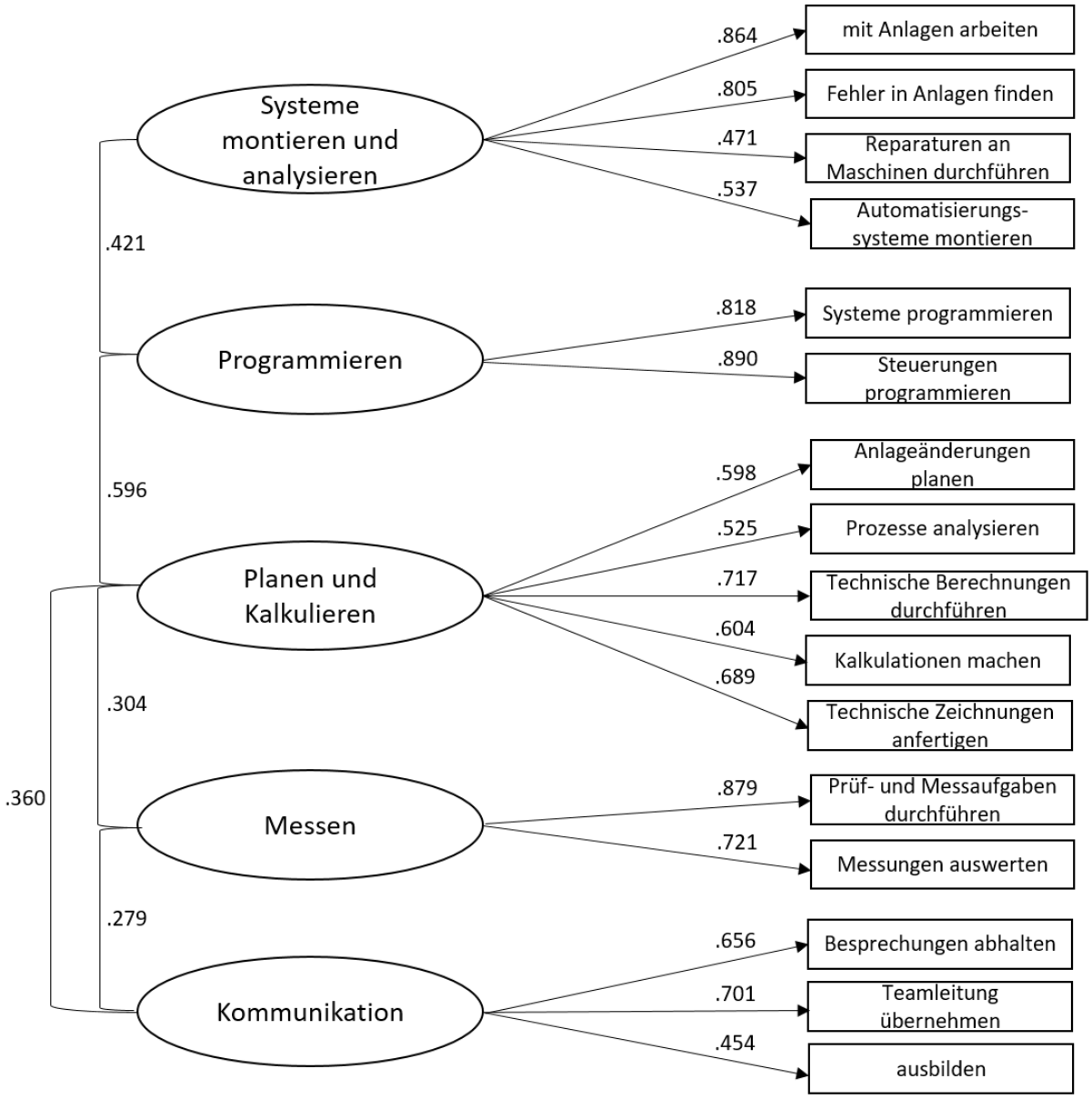

Abbildung 13: Ergebnis der konfirmatorischen Faktorenanalyse der fünf Tätigkeitsdimensionen mit den jeweiligen Ladungen und den signifikanten latenten Korrelationen zwischen den Faktoren, $\chi 2$=176,005; df=94; RMSEA=,055; CFI=,939

Tabelle 8: Tätigkeitsdimensionen nach Faktorenanalysen

Dimension	Anzahl Items	Reliabilität (Cronbachs Alpha)	Beispiel
Systeme montieren und analysieren	4	,756	Mit elektrotechnischen/steuerungstechnischen Anlagen arbeiten
Programmieren	2	,847	Systeme programmieren und konfigurieren
Planen und Kalkulieren	5	,754	Technische Berechnungen durchführen
Messen	2	,776	Messungen auswerten
Kommunikation	3	,645	Team- und Kundenbesprechungen durchführen
Qualitätskontrolle	1	-	Qualitätskontrolle machen
Prüfen	1	-	Schaltkreise prüfen
Prototypen erstellen	1	-	Prototypen herstellen
Leitungen installieren	1	-	Leitungen montieren und installieren
Weiterbilden	1	-	Sich weiterbilden, lernen (im Kurs oder allein, Fachliteratur lesen)
Projektmanagement	1	-	Projektplanungen und –auswertungen dokumentieren

Ergebnisse

Die beiden Abbildungen 14 und 15 zeigen die Tätigkeitsprofile für die Fortbildungsteilnehmer/-innen. Während Abbildung 14 das Profil der beiden Gruppen vergleichend nach ihrem Ausbildungshintergrund zeigt, enthält Abbildung 15 die Tätigkeiten für Fachkräfte mit mehr (mehr als 3 Jahre) und weniger (maximal 3 Jahre) Berufserfahrung. So zeigen sich deutliche Unterschiede in den Tätigkeiten zwischen Fachkräften mit einer Ausbildung und anschließenden Tätigkeit im Industriesektor und im Handwerksbereich. Demzufolge installierten Fachkräfte im Handwerksbereich häufiger Leitungen und absolvierten mehr kommunikative Tätigkeiten wie Besprechungen und Ausbildungsaufgaben. Demgegenüber arbeiteten Fachkräfte im Industriesektor häufiger mit Systemen und Anlagen, programmierten Steuerungen und Systeme und wurden damit beauftragt Prototypen herzustellen. Um die persönliche Weiterbildung kümmerten sich Fachkräfte in beiden Bereichen etwa gleich häufig. Der Vergleich beider Profile anhand der Berufserfahrung (Abbildung 15) zeigt kaum Unterschiede. So haben die Befragten mit mehr Erfahrung geringfügig häufiger Systeme und Anlagen montiert und analysiert, wohingegen solche mit weniger Berufserfahrung leicht häufiger mit Prüf- und Qualitätsmanagementaufgaben betraut wurden. Aus diesen beiden Grafiken ist abzulesen, dass die konkreten Tätigkeiten nicht mit der Dauer der Berufserfahrung, sondern mehr mit dem Ausbildungshintergrund und damit der Branche des Betriebs zusammenhängen.

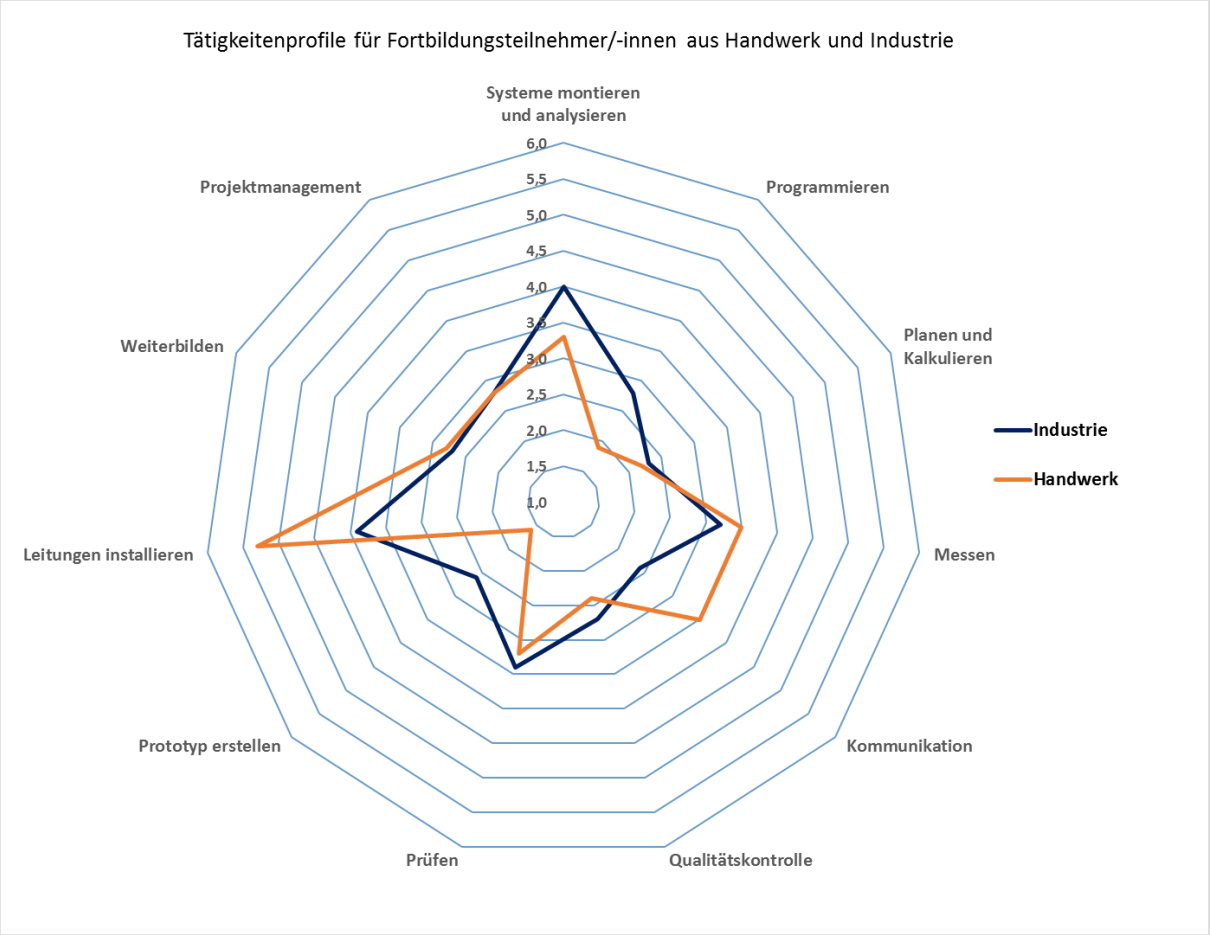

Abbildung 14: Tätigkeitsprofile für Fortbildungsteilnehmer/-innen aus dem Bereich Industrie und Handwerk (Mittelwerte der Häufigkeitsskala von 1 „nie durchgeführt“ bis 6 „sehr häufig durchgeführt“). N = 226

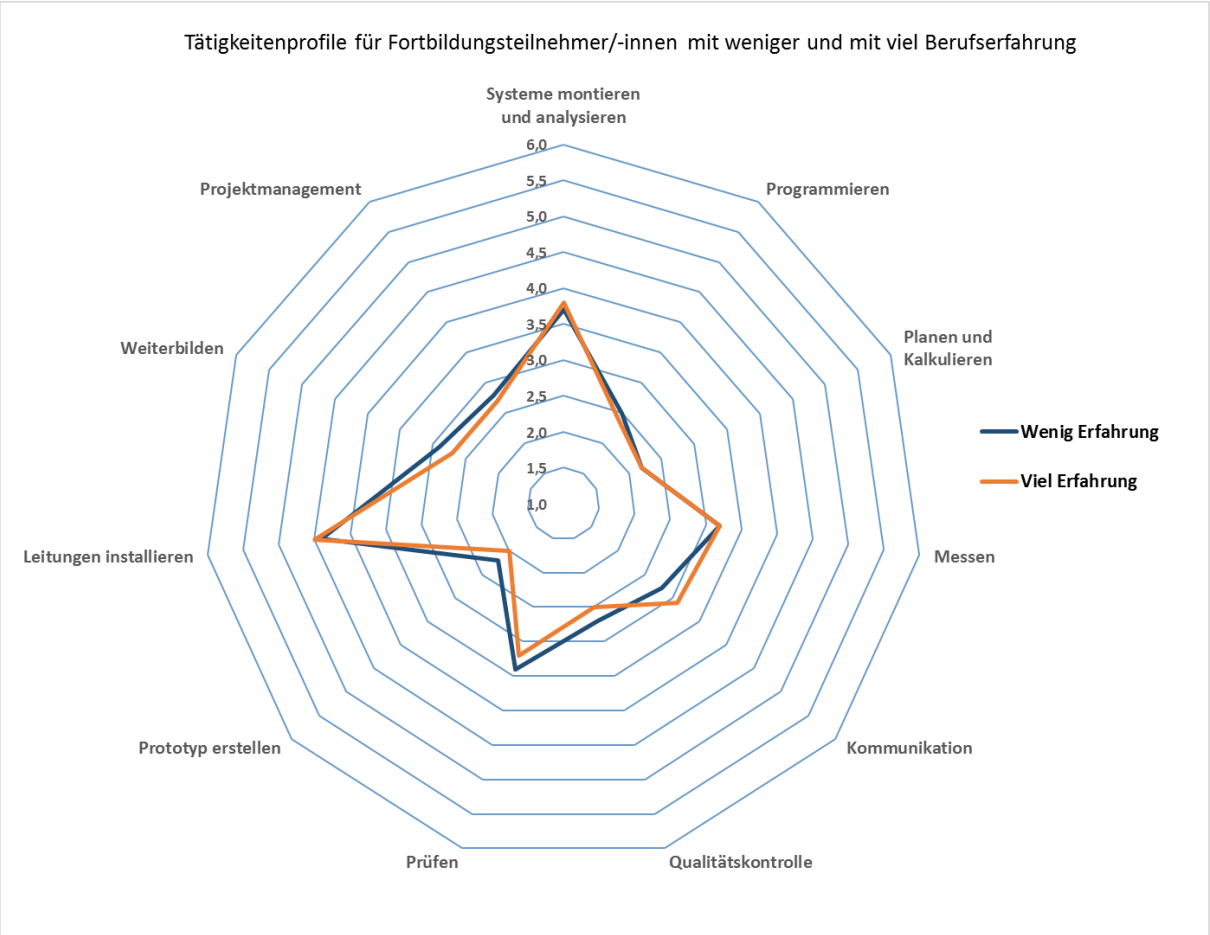

Abbildung 15: Tätigkeitsprofile für Fortbildungsteilnehmer/-innen mit weniger und mehr Berufserfahrung (Mittelwerte der Häufigkeitsskala von 1 „nie durchgeführt“ bis 6 „sehr häufig durchgeführt“). N = 273

Doch wie wichtig sind die beruflichen Erfahrungen für den Erwerb von Fachwissen in der Fortbildung? Welche Rolle spielt die Dauer der Berufserfahrung und welche die ausgeübten Tätigkeiten?

Zur Beantwortung der Frage nach der Relevanz der Berufserfahrung für den Fachwissenserwerb zeigt Tabelle 9 multiple lineare Regressionsmodelle, mit denen zum einen der Gesamtwert des Fachwissenstests, aber auch die einzelnen Testleistungen für die drei Inhaltsbereiche „Grundlagen der Elektrotechnik“, „elektrische Systeme und Anlagen“ sowie „Steuerungstechnik“ durch die Berufserfahrung erklärt werden. Zusätzlich werden in das Modell die kognitiven Grundfähigkeiten (Fähigkeit, logische Schlussfolgerungen aus abstraktem Material zu ziehen) sowie der Ausbildungshintergrund als Kontrollvariablen in das Modell aufgenommen. Da die Tätigkeiten nicht vollständig trennscharf und voneinander unabhängig sind, werden in die Regressionsmodelle lediglich die Tätigkeiten „Systeme montieren und analysieren“, „planen und kalkulieren“ sowie „Kommunikation“ aufgenommen, um sowohl den technischen, den verwaltenden als auch den sozialen Tätigkeitsbereich abzudecken.

Für die Regressionen werden jeweils drei verschiedene Modelle berechnet, in die sukzessive weitere Variablen aufgenommen werden. In den ersten Modellen wird nur der Einfluss der beiden Kontrollvariablen Ausbildungshintergrund und kognitive Grundfähigkeiten betrachtet. Im zweiten

Modell wird die Dauer der Berufserfahrung hinzugenommen. Schließlich erfolgt die Aufnahme zentraler Tätigkeitsbereiche. Die Kontrollvariablen erweisen sich in allen Modellen als relevant. So verfügen Fortbildungsteilnehmer/-innen, die ihre Ausbildung und anschließende Berufstätigkeit im Handwerksbereich absolviert haben, gegen Ende der Fortbildung durchweg über geringere fachliche Kenntnisse als diejenigen aus Industriebetrieben. Gute kognitive Grundfähigkeiten hingegen gehen mit besseren Testleistungen einher. In keinem der Modelle hingegen spielt die Dauer der Berufserfahrung eine Rolle für den fachlichen Kenntnisstand gegen Ende der Fortbildung. Häufiges Montieren und Analysieren von Systemen und Anlagen hat unter Kontrolle der anderen Variablen einen zusätzlichen positiven Effekt auf das Fachwissen – zumindest was die Gesamttestleistung angeht und das Fachwissen im Bereich der Steuerungstechnik. Weder die Tätigkeit des Planens und Kalkulierens noch die Kommunikation erreichen einen signifikanten Effekt in den Modellen. Im Hinblick auf die Gesamttestleistung können insgesamt 30 Prozent der Varianz der Testleistung durch die verwendeten Variablen aufgeklärt werden, für die Facetten des Fachwissens können nur rund 22 bis 26 Prozent der Varianz aufgeklärt werden.

Tabelle 9: Lineare Regression mit Beta- Koeffizienten und Standardfehlern

	Gesamttestwert			**Grundlagen der Elektrotechnik**			**Elektrische Anlagen und Systeme**			**Steuerungstechnik**		
	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 1	Modell 2	Modell 3
Ausbildungshintergrund im Handwerk (Ref: Industrie)	**-1,101*** (,133)**	**-1,087*** (,131)**	**-,886*** (,241)**	**-1,577*** (,225)**	**-1,564*** (,218)**	**-1,302*** (,281)**	**-1,025** (,288)**	**-,953** (,273)**	**-,652† (,359)**	**-,986*** (,192)**	**-1,011** (,190)**	**-,916** (,329)**
Kognitive Grundfähigkeiten	**,078* (,035)**	**,077* (,034)**	**,074* (,030)**	**,095† (,051)**	**,094† (,051)**	**,089† (,046)**	**,079† (,040)**	**,074† (,038)**	**,071† (,034)**	**,063* (,024)**	**,065* (,025)**	**,065* (,022)**
Dauer der Berufserfahrung		-,015 (,029)	-,012 (,026)		-,013 (,047)	-,0004 (,053)		-,074 (,058)	-,073 (,050)		,026 (,025)	,019 (,020)
Systeme montieren und analysieren			**,161* (,070)**			-,153 (,099)			,185 (,109)			**,184* (,071)**
Planen und Kalkulieren			-,009 (,122)			-,075 (,255)			,131 (,139)			-,043 (,112)
Kommunikation			-,092 (,096)			-,180 (,118)			-,134 (,134)			,019 (,138)
Konstante	-1,542† (,864)	-1,472† (,864)	-1,542† (,851)	-1,773 (1,400)	-1,711 (1,437)	-1,631 (1,599)	-1,575 (,992)	-1,224 (,915)	-1,866† (,978)	-1,329 (,608)	-1,452* (,619)	-2,112* (,740)
R^2	,269	,270	,301	,232	,232	,256	,163	,182	,218	,200	,201	,237

Anmerkungen: †p<.1 *p< ,05 **p< ,01 *** p<,001, N=116. Die Modelle wurden jeweils mit geclusterten Standardfehlern gerechnet. Die Cluster ergeben sich dabei aus der Zuordnung der Fortbildungsteilnehmer/-innen zu Schulklassen

Ausblick

Mit den vorliegenden Analysen sollte die Rolle der Berufserfahrung für den Erwerb von Fachwissen in der beruflichen Fortbildung anhand einer Stichprobe angehender Techniker/-innen im Bereich Elektrotechnik untersucht werden. Ausgehend von bisherigen Forschungsbefunden kann der Berufserfahrung generell eine bedeutsame Rolle zugeschrieben werden, da in dieser Zeit Kenntnisse und Fähigkeiten (weiter) entwickelt werden. In Deutschland kommt der Dauer der Berufserfahrung bei der Zulassung zur Fortbildung oder zur Externenprüfung eine hohe Bedeutung zu.

Gleichwohl wird vermutet, dass die reine zeitliche Dauer von Erfahrungen weniger aussagekräftig ist als die Erfassung z. B. spezifischer Tätigkeiten. Unsere Ergebnisse bestätigen diese Vermutung. Für den Fachwissenserwerb in der Fortbildung sind die kognitiven Voraussetzungen wie der Ausbildungshintergrund und die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten wichtige Einflussfaktoren, während die Dauer der Berufserfahrung hier keinen Einfluss zeigt.

Es kann angenommen werden, dass neben der reinen Dauer der Erfahrung die Art und die Qualität der Erfahrungen bedeutsamer sind. So konnte in unseren Analysen das häufige Montieren und Analysieren von Systemen und Anlagen einen zusätzlichen Erklärungsbeitrag für das Fachwissen liefern, nicht jedoch eher planerische oder kommunikative Tätigkeiten. Dies bedeutet, dass spezifische Tätigkeitserfahrungen für den Fachwissenserwerb Bedeutsamkeit entfalten.

Generell kann aber auch nach der Lernhaltigkeit von Tätigkeiten gefragt werden, denn nicht jede Erfahrung resultiert in Lernen. So erklärt QUIÑONES (2004, S. 130f): „…the biggest challenge is in turning work experiences into learning opportunities….Unfortunately, everyday work experiences often lack the feedback necessary to maximize learning. Without feedback, one is not able to compare their behavior to a standard and make corrections that result in learning…. A critical aspect of any feedback, however, is that it must be credible and accepted if it is to have any effect on subsequent performance." An dieser Stelle können Betriebe ansetzen, die beruflichen Erfahrungen der jungen Fachkräfte so zu gestalten, dass sie davon möglichst viel lernen können, d. h. ihnen Verantwortung und herausfordernde Aufgaben übertragen und anschließendes Feedback geben, um diese Erfahrungen zu reflektieren. Auch die Fachkräfte können einen Beitrag dazu leisten, ihre Lernprozesse aus den Erfahrungen zu maximieren, z. B. indem sie aktiv Aufgaben und Verantwortung übernehmen, sich Herausforderungen stellen und Feedback einfordern. Inzwischen ergänzend durchgeführte Analysen, deren Ergebnisse in einem referierten Beitrag demnächst der Fachöffentlichkeit vorgestellt werden sollen, bestätigen sich die hier für das Fachwissen präsentierten Befunde auch für die berufsfachlichen Problemlöseleistungen. D. h., die reine Dauer der Berufserfahrung wird nicht prädiktiv, die inhaltsspezifisch operationalisierten Erfahrungen hingegen schon, sofern sich fachlich affin zu den Anforderungen sind, die in den Problemstellungen relevant werden.

4.5 Bedeutung der Testmotivation für die Fachkompetenz

Ein häufig vernachlässigter, gleichwohl wichtiger Einflussfaktor bei der Betrachtung von Testleistungen stellt die Testmotivation der Testteilnehmer/-innen dar. Unter dem Begriff der Testmotivation wird dabei die Bereitschaft der Probanden und Probandinnen verstanden, ihre bestmögliche Anstrengung zu geben mit dem Ziel, die in dem Test abgefragten Inhalte so gut wie möglich zu bearbeiten (BARRY u. a. 2010). Häufig wird in den Definitionen davon gesprochen, dass Testmotivation gleichzusetzen ist mit Anstrengungsbereitschaft und der Bereitschaft Energie für einen Test aufzubringen, um ein optimales Testergebnis zu erzielen (z. B. WASKIEWICZ 2011). Wie DUCKWORTH u. a. (2011, S. 7716) mit Bezug auf REVELLE (1993, S. 352f, zit. nach DUCKWORTH u. a. 2011) bedauern, wird diese Anstrengungsbereitschaft häufig ungeprüft angenommen: „A common assumption when studying human performance is that subjects are alert and optimally motivated. It is also assumed that the experimenter's task at hand is by far the most important thing the subject has to do at that time." Diese Annahme kann jedoch in Frage gestellt werden. Jeder/jede Wissenschaftler/-in, der oder die einmal selbst Tests und Fragebögen administriert hat, weiß, dass dies nicht zwangsläufig der Fall ist. Insbesondere bei Befragungen und Testungen, die im Rahmen von Forschungsarbeiten durchgeführt werden, lassen durch das Verhalten sowie teilweise auch durch Äußerungen der Testteilnehmenden darauf schließen, dass diese wenig motiviert an die Testbearbeitung herangegangen sind. So beschreiben BARRY u. a. (2010, S. 346) auch ihre Beobachtungen von Schultests, die in den USA regelmäßig durchgeführt werden: „As proctors during these three-hour assessments, we have observed a wide variety of behaviors indicative of test-taking effort. When scanning the room during a test session, we commonly observe examinees who are fully attending to the test, who are skimming questions, and who are not attending to the test (e.g., napping)." KEITEL und KILPATRICK (1998) und HAENISCH (1998, beide zit. nach BAUMERT/DEMMRICH 2001) beklagen, dass deutsche Schüler/-innen Leistungstests überhaupt nicht ernst nähmen, wenn ihre Leistungen nicht benotet werden. Testverfahren, die nicht im Rahmen von Auswahl- oder Bewerbungsverfahren oder im Rahmen von Klausuren und Klassenarbeiten durchgeführt werden und damit für die Testteilnehmenden keine unmittelbaren Konsequenzen haben, werden als low-stakes Tests bezeichnet. Problematisch ist dies insbesondere dann, wenn die Testergebnisse gleichzeitig für andere, seien es Forscher/-innen, Schulen etc. jedoch von hoher Bedeutung sind und die Ergebnisse entsprechend interpretiert werden. Denn dann birgt eine niedrige Testmotivation und Anstrengungsbereitschaft auf Seiten der Teilnehmenden die Gefahr einer Unterschätzung ihrer tatsächlichen Leistungsfähigkeit. ZILBERBERG u. a. (2014, S. 360) erläutern: „The nonconsequential nature of low-stakes tests can undermine students' test-taking motivation, artificially deflating performance and thus jeopardizing validity of test-based inferences, whether they pertain to programs, institutions, or nations." Um den Einfluss der Testmotivation in einer Leistungsmessung abschätzen zu können, fordern amerikanische Institutionen wie das AMERICAN COUNCIL FOR MEASUREMENT IN EDUCATION oder die AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION in ihren 'Standards for Educational and Psychological Testing' dazu auf, Informationen hinsichtlich der Testmotivation der Testteilnehmenden zu erheben, um diese berücksichtigen zu können. Dieser Forderung wird im Projekt ProMech Rechnung getragen, indem die Anstrengungsbereitschaft und die eingeschätzte Testattraktivität sowohl für den Fachwissenstest als auch im Rahmen der etwa fünfstündigen Messung der fachbezogenen Problemlösefähigkeit erfasst wurden, zu denen erste Ergebnisse im Folgenden berichtet werden.

Theoretische Grundlagen der Testmotivation

In den meisten Veröffentlichungen, die sich mit dem Thema Testmotivation auseinandersetzen, wird das Konzept der Testmotivation als eine spezifische Form der Leistungsmotivation aufgefasst (EKLÖF 2010, S. 346): „However, achievement motivation can also be conceptualised and measured on a situation-specific level, i.e. motivation to perform well in a given situation, or on a given test." Als theoretische Grundlage wird dabei oftmals auf die Erwartungs-Wert-Theorie von ECCLES und WIGFIELD (2002) referenziert. Bei dieser Theorie wird grundsätzlich zwischen zwei zentralen Komponenten unterschieden, die die Motivation eines Individuums bedingen. Zum einen gibt es die Erwartungskomponente, die oftmals operationalisiert wird als das individuelle Selbstkonzept oder Selbstwirksamkeitserwartungen (EKLÖF 2010). Der zweite Teil stellt die Wert-Komponente dar, wobei sich der subjektive Wert einer Aufgabe aus vier verschiedenen Bereichen ergeben kann: Aus der subjektiven Bedeutung eine gute Leistung zu erbringen, dem subjektiven Interesse an einer Aufgabe, deren subjektiven Nützlichkeit sowie den wahrgenommenen Kosten z. B. durch aufzubringende Anstrengung. Je höher die ersten drei Aspekte und je niedriger die wahrgenommenen Kosten, desto größer sollte die Wertkomponente einer Aufgabe sein. Aus dem Produkt des wahrgenommenen Wertes sowie der individuellen Erfolgserwartung lässt sich die individuelle Motivation ableiten. Obwohl diese Theorie im Kontext der Testmotivation als ein „highly useful framework" (FINNEY u. a. 2016, S. 61) angesehen wird, gibt es auch Kritik an deren Verwendung (EKLÖF 2010).

Neben diesen beiden Komponenten wird nach dem Modell der Testmotivation von WISE und SMITH (2011, zit. nach WISE/KINGSBURY 2016) diese von drei Gruppen von Faktoren beeinflusst: Merkmalen der Items, Merkmalen der Teilnehmenden selbst sowie Merkmalen der Testsituation. Abbildung 16 bietet eine modellhafte Übersicht über die verschiedenen Einflussfaktoren und –prozesse nach EKLÖF (2010, S. 348).

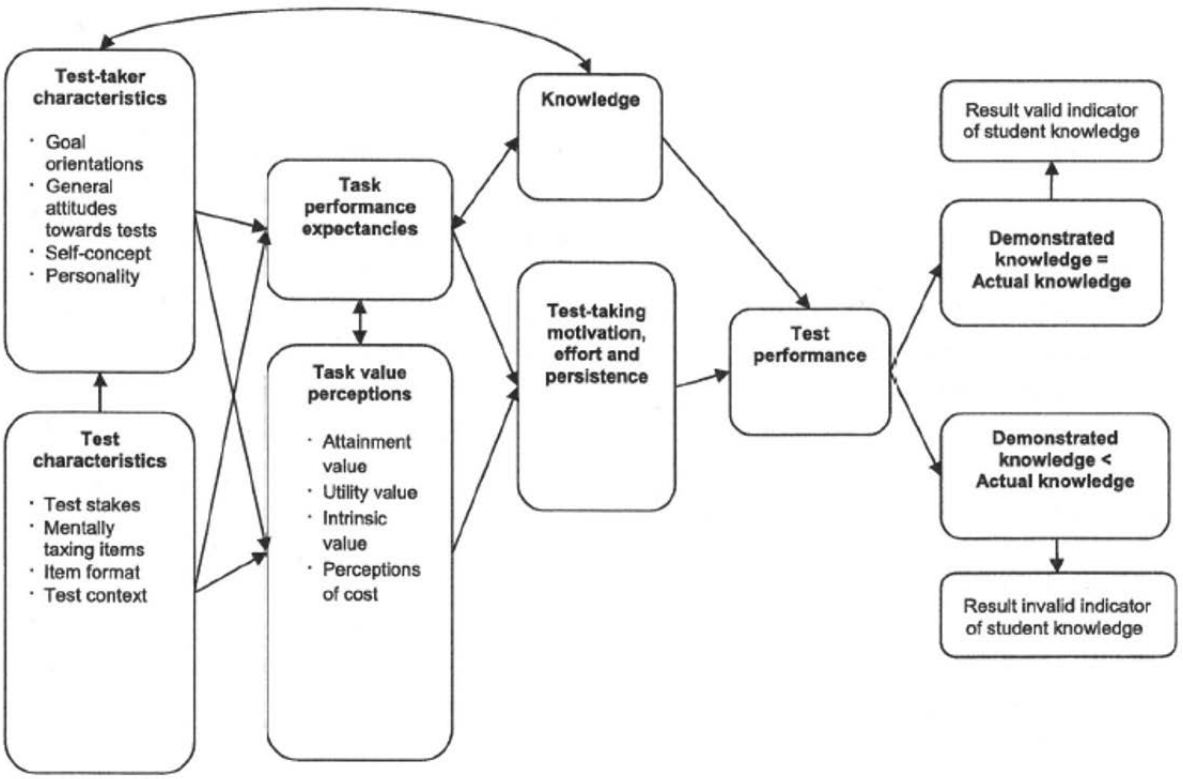

Abbildung 16: Einflussfaktoren, die die Testmotivation und die Testleistung beeinflussen (aus EKLÖF 2010, S. 348)

Darüber hinaus beschäftigen sich weitere theoretische Ansätze mit der möglichen Veränderung von Testmotivation während eines Testverlaufs (für eine kurze Übersicht siehe WISE/KINGSBURY 2016). Dabei werden die folgenden Ansätze unterschieden:

- Absorbing state model (alle Teilnehmenden beginnen einen Test motiviert, aber einige wechseln während des Tests in einen unmotivierten Zustand [und bleiben dort] und beginnen damit, zufällige Antworten zu geben)
- Decreasing effort (alle Teilnehmenden beginnen motiviert, aber einige von ihnen zeigen im Verlauf der Testung eine abfallende Anstrengungsbereitschaft)
- Difficulty-based model (unmotivierte Teilnehmende beantworten Items immer nur dann zufällig, wenn diese für sie sehr schwierig sind)
- Effort-moderated IRT model (basiert auf der Unterscheidung von zwei IRT-Funktionen, einmal zum solution behavior, bei dem die Wahrscheinlichkeit einer korrekten Lösung mit der Personenfähigkeit steigt und einmal zum rapid-guessing behavior, bei dem die Wahrscheinlichkeit einer korrekten Lösung ungefähr der Ratewahrscheinlichkeit entspricht)

Empirische Befunde zur Testmotivation

Empirische Untersuchungen belegen einen Zusammenhang zwischen selbsteingeschätzter Testmotivation bzw. Anstrengungsbereitschaft und der Leistung in Tests (WISE/DEMARS 2005; GREEN u. a. 2001). Eine alternative Herangehensweise die Testmotivation zu erfassen, stellt die experimentelle Manipulation der Testbedingungen dar. Dementsprechend wird in Studien die Testeinführung dergestalt abgewandelt, dass den Teilnehmenden teilweise finanzielle Belohnungen für gute Leistungen versprochen werden, teilweise ein ausführliches Feedback zu den Ergebnissen oder (als Kontrollbedingung) erläutert wird, dass es sich um eine (inter-)nationale Vergleichsstudie handelt, bei der Schulen bzw. Länder miteinander verglichen werden. Die Ergebnisse solcher Studien zeigen ein gemischtes Bild. So gibt es beispielsweise für den deutschsprachigen Raum Hinweise darauf, dass die experimentelle Manipulation der Testbedingungen und damit der Testmotivation keinen Einfluss auf die Leistung hat (BAUMERT/DEMMRICH 2001). Untersuchungen aus den USA finden hingegen zumeist Unterschiede (z. B. WISE/DEMARS 2005). DUCKWORTH u. a. (2011) haben weiterhin herausgefunden, dass durch finanzielle Anreize insbesondere die Testleistung Schwächerer gesteigert werden konnte. Jedoch lassen sich solche Effekte nicht durchgängig nachweisen (z. B. FINNEY u. a. 2016). Wie aus Abbildung 16 hervorgeht, kann man davon ausgehen, dass auch Merkmale der Testteilnehmenden einen Einfluss auf die Anstrengungsbereitschaft haben. Einige Studien dokumentieren für Frauen eine höhere Testmotivation als für Männer (z. B. BUTLER/ADAMS 2007; HOPFENBECK/KJÆRNSLI 2016) und belegen, dass eine hohe Anstrengungsbereitschaft auch mit einer höheren Ausprägung verschiedener Persönlichkeitsmerkmale wie Gewissenhaftigkeit, Verträglichkeit und Offenheit einhergeht (FINNEY u. a. 2016). Im Hinblick auf relevante Einflussfaktoren auf Seiten der Items haben beispielsweise WOLF, SMITH und BIRNBAUM (1995, zit. nach EKLÖF 2010) festgestellt, dass die Testmotivation und Anstrengungsbereitschaft bei mental anspruchsvollen Aufgaben niedriger ausgeprägt ist.

Insgesamt lassen die empirischen Befunde erkennen, dass sich zumeist Zusammenhänge zwischen der Testmotivation, die oftmals als Anstrengungsbereitschaft operationalisiert wird, und der Testleistung zeigen. Gleichwohl sind diese Befunde häufig abhängig vom Untersuchungsdesign und der Operationalisierung der Anstrengungsbereitschaft. Wird diese mittels Fragebögen abgefragt, so findet sich eher ein Zusammenhang als wenn eine experimentelle Manipulation der Testbedingungen erfolgt. Mögliche Ursachen dafür könnten sein, dass zum einen die tatsächliche Anstrengungsbereitschaft der

Testteilnehmenden ebenfalls einen Einfluss auf deren Bereitschaft hat, entsprechende Fragebögen und Items zur Anstrengungsbereitschaft sorgfältig und ehrlich auszufüllen. Gleichwohl können auch gegebene Testinstruktionen teilweise nicht hinreichend aufmerksam gelesen und verstanden werden oder die gebotenen (finanziellen) Anreize sind nur für eine Teilgruppe attraktiv. Eine weitere Methode, die Anstrengungsbereitschaft und Testmotivation zu untersuchen besteht darin, die Bearbeitungszeiten für einzelne Aufgaben in den Blick zu nehmen. So soll „rapid-guessing", also das sehr schnelle Bearbeiten der Aufgaben, identifiziert werden. Fälle mit Personen, die ein solches sehr schnelles Bearbeitungsverhalten gezeigt haben, können dann später aus den Daten gefiltert werden (WISE/KINGSBURY 2016). Allerdings zeigen empirische Untersuchungen auch, dass dieses „rapid-guessing-behavior" nicht immer einem konstanten Muster folgt, sondern unterschiedlich über den Test verteilt ist (WISE/KINGSBURY 2016). Die Forscher WISE und KINGSBURY (2016) vermuten, dass dieses Verhalten insbesondere bei mental anspruchsvollen oder leselastigen Items auftritt.

Testmotivation in ProMech

In ProMech wurde der Test zur Erfassung der fachspezifischen Problemlösefähigkeit zwar mittels einer Computersimulation administriert, die entwickelten Lösungsansätze wurden jedoch im Papier- und Bleistiftformat erhoben. Eine genaue Erfassung der benötigten Lösungszeiten war damit nicht möglich. Für die Erfassung der Testmotivation in ProMech wurde daher auf Fragebogenskalen zurückgegriffen. In Anlehnung an BOEKAERTS (2002) wurde eine Skala zur Anstrengungsbereitschaft sowie eine Skala zur Testattraktivität verwendet. Die subjektive Testattraktivität wurde abgefragt, um einen weiteren Indikator zur Hand zu haben, wie die Probanden und Probandinnen das eingesetzte recht neuartige und umfangreiche computerbasierte Testinstrument einschätzen. Sowohl die Anstrengungsbereitschaft der Testteilnehmenden als auch die Testattraktivität wurden jeweils zweimal während des Problemlösetests erfasst. Zum ersten Mal unmittelbar im Anschluss an die Übungsaufgaben zur Computersimulation, nachdem die Testteilnehmenden sich einen ersten Eindruck in Bezug auf das System verschaffen konnten. Die zweite Messung erfolgte nach Abschluss aller komplexen Problemlöseaufgaben.

In Tabelle 10 sind die Zustimmungs- und Ablehnungsanteile zu den insgesamt fünf Items der Skala Anstrengungsbereitschaft jeweils zu Beginn und am Ende des Problemlösetests zum ersten Messzeitpunkt etwa ein halbes Jahr nach Beginn der Fortbildung sowie ein Jahr später zum zweiten Messzeitpunkt dargestellt. Der Übersicht halber wurde für die Darstellung die sechsstufige Antwortskala zu drei Kategorien zusammengefasst. Zusätzlich wird der Anteil derjenigen Probanden und Probandinnen ausgewiesen, der keine Angaben gemacht hat. In Tabelle 10 ist auch der genaue Wortlaut der einzelnen Items zu erkennen. Dieser wurde jeweils leicht adaptiert, je nachdem ob das Item VOR oder NACH dem PLF-Test abgefragt wurde. Ein weiterer wichtiger Hinweis betrifft die Stichprobengröße. Obwohl zu beiden Messzeitpunkten etwa knapp 150 Probanden und Probandinnen (MZ1 N=150 und MZ2 N=137) die Items bearbeitet haben, so umfassen diese Gruppen nicht komplett dieselben Personen. Die Überschneidung liegt lediglich bei N=85. Beim zweiten Messzeitpunkt fehlen einige Probanden und Probandinnen der ersten Erhebung und es sind weitere neue Probanden und Probandinnen hinzugekommen. Aus Tabelle 10 wird deutlich, dass bei der Erfassung der Anstrengungsbereitschaft im Anschluss an die Testbearbeitung rund jede/-r Vierte keine Angaben mehr zu seiner bzw. ihrer Testmotivation machte, während zu Beginn nur sehr wenige Probanden und Probandinnen die Items unbeantwortet ließen. Demzufolge ist es trotz mehrfachem Hinweisen auf die Items nicht gelungen, eine entsprechend hohe Antwortrate zu erzielen. Weiterhin zeigt sich ein ähnliches Beantwortungsmuster für die fünf Items. Etwas mehr als jede/-r Zweite plant zunächst vor

Beginn des Tests, die Aufgaben konzentriert und sorgfältig zu bearbeiten. Gleichzeitig gibt aber auch gut jede/-r Zweite zu, dass er oder sie sich mehr anstrengen würde, wenn es für die Bearbeitung des Tests Noten geben würde. Etwa jede/-r Dritte wählt eine der beiden mittleren Antwortkategorien, die in der Tabelle unter der Bezeichnung „neutral“ zusammengefasst werden. Bei der hypothetischen Frage nach einer gesteigerten Motivation unter „ernsten Bedingungen“ wählt nur jede/-r Fünfte die Mittelkategorie aus. Nur 4,7 bis 8 Prozent der Befragten geben zu Beginn des Tests an, dass sie nicht vorhaben, sich sonderlich anzustrengen, sich zu konzentrieren und sich Mühe bei der Testbearbeitung zu geben. Knapp jede/-r Fünfte gibt hingegen an, dass er sich nicht mehr anstrengen würde, wenn der Test benotet werden würde. Unabhängig davon, dass sich ein großer Anteil der Testteilnehmenden nach dem Test nicht mehr zu ihrer Anstrengungsbereitschaft äußert, wird deutlich, dass sich die Antworten nach Abschluss des Tests insbesondere zu Lasten der Zustimmung verteilen. So reduzieren sich die Anteile der Personen, die nach dem Test noch angeben, dass sie sich Mühe gegeben haben, sich angestrengt haben und die Aufgaben sorgfältig bearbeiteten von 53,4 bis 59,4 Prozent auf 34,6 bis 36,7 Prozent. Nach der Testbearbeitung schreibt sich nur noch gut jede/-r Dritte eine hohe Anstrengungsbereitschaft zu. Rund 40 Prozent bleiben im Nachhinein bei ihrer Aussage, dass sie sich unter „Notendruck“ mehr angestrengt hätten. Beim zweiten Erhebungszeitpunkt fällt die selbsteingeschätzte Testmotivation insgesamt niedriger aus. So geben hier jeweils rund zehn Prozent von Beginn an, dass sie sich nicht sonderlich anstrengen wollen bei der Testbearbeitung. Gleichzeitig sinkt der Anteil derjenigen, die sich anstrengen wollen auf 51,1 bis 44,6 Prozent. Auch hier ist nach der Testbearbeitung nochmals ein Abfall der Anstrengungsbereitschaft festzustellen. Den Befund, dass sich Probanden und Probandinnen beim Pretest mehr anstrengen als beim Posttest berichten auch FINNEY u. a. 2016. Das Absinken des Interesses spiegelt sich auch bei den Items zur Testattraktivität wider, die in Tabelle 11 dargestellt sind. Insgesamt liegen die Bewertungen der Testattraktivität etwas niedriger als die der eigenen Testmotivation. Entsprechend empfindet nur etwa jede/-r Dritte diese Art von Tests als angenehm. Analog zur Beantwortung der Items zur Anstrengungsbereitschaft findet sich hier nach der Testbearbeitung ein großer Anteil von Probanden und Probandinnen wieder, der/die keine Angaben mehr macht. Ebenso liegt zum zweiten Messzeitpunkt die eingeschätzte Testattraktivität niedriger als zum ersten Messzeitpunkt. Da es sich bei den beiden Gruppen zu MZ1 und MZ2 nicht um dieselben Personen handelt, werden zusätzlich die Einschätzungen der N=85 Probanden und Probandinnen in den Blick genommen, die beide Problemlösetests bearbeitet haben. Zum ersten Messzeitpunkt zeigen sich keine auffälligen Abweichungen zwischen den Angaben der beiden Gruppen. Auffällig sind jedoch die Einschätzungen nach der wiederholten Durchführung des Problemlösetests (siehe die beiden rechten Spalten in Tabelle 10). Während in der Gruppe der N=137 gut jede/-r Vierte keine Angabe macht und nur rund jede/-r Dritte angibt sich angestrengt zu haben, sind dies in der Gruppe der „Wiederholungstäter“ nur 12,9 bis 14,1 Prozent, die eine Angabe verweigern und gleichzeitig 31,7 bis sogar 42,3 Prozent, die angeben, sich angestrengt zu haben. Damit kommen diejenigen Personen, die den Problemlösetest zum zweiten Mal bearbeiten, zu etwas positiveren Einschätzungen und geben eine höhere Testmotivation an. Dies ist wenig überraschend, da nach dem ersten Messzeitpunkt bereits angekündigt wurde, dass in einem Jahr erneut der Problemlösetest zum Einsatz kommen wird und die angehenden Techniker/-innen entsprechend darauf vorbereitet sein dürften bzw. möglicherweise auch hauptsächlich diejenigen mit einer entsprechenden Testmotivation sich erneut der (freiwilligen) Testung unterzogen haben.

Tabelle 10: Zustimmungsanteile zu den Items der Anstrengungsbereitschaft im PLF-Test in Prozent

Itemwortlaut	PLF 1. Messzeitpunkt		PLF 2 2. Messzeitpunkt			
	N = 150		N = 137		N = 85 (An beiden Tests teilgenommen)	
Ich werde die Aufgaben sorgfältig bearbeiten. / Ich habe die Aufgaben sorgfältig bearbeitet.	MZ 1 Anfang	MZ 1 Ende	MZ 2 Anfang	MZ 2 Ende	MZ 2 Anfang	MZ 2 Ende
Ablehnung	5,3	6,0	10,9	6,6	12,9	7,1
Neutral	34,0	31,3	30,7	31,3	29,5	36,5
Zustimmung	58,0	36,7	51,1	34,3	53,0	42,3
Keine Angaben	2,7	26,0	7,3	27,7	4,7	14,1
Ich werde die Aufgaben konzentriert bearbeiten. / Ich habe die Aufgaben konzentriert bearbeitet.						
Ablehnung	8,0	8,0	10,2	7,3	11,7	8,2
Neutral	34,0	31,3	35,8	33,6	36,5	38,8
Zustimmung	55,3	34,6	46,8	31,4	47,0	38,8
Keine Angaben	2,7	26,0	7,3	27,7	4,7	14,1
Ich werde mir Mühe bei der Bearbeitung geben. / Ich habe mir Mühe bei der Bearbeitung gegeben.						
Ablehnung	7,3	6,0	10,2	9,5	11,7	10,6
Neutral	30,6	32,7	35,0	30,6	35,3	36,5
Zustimmung	59,4	35,3	47,5	32,1	48,2	40,0
Keine Angaben	2,7	26,0	7,3	27,7	4,7	12,9
Ich werde mich bei der Bearbeitung anstrengen. / Ich habe mich bei der Bearbeitung angestrengt.						
Ablehnung	4,7	6,6	10,2	10,2	11,7	10,6
Neutral	39,3	31,3	37,9	35,8	38,8	43,5
Zustimmung	53,4	36,0	44,6	25,6	44,7	31,7
Keine Angaben	2,7	26,0	7,3	28,5	4,7	14,1
Wenn es Noten geben würde, würde ich mich mehr anstrengen. / Wenn es Noten geben würde, hätte ich mich mehr angestrengt.						
Ablehnung	19,3	11,3	18,3	8,7	21,2	9,4
Neutral	22,6	22,7	21,9	19,7	22,3	25,9
Zustimmung	55,4	40,0	51,8	43,1	50,6	50,6
Keine Angaben	2,7	26,0	8,0	28,5	5,9	14,1

Tabelle 11: Zustimmungsanteile zu den Items der Testattraktivität im PLF-Test in Prozent

	PLF 1. Messzeitpunkt		PLF 2. Messzeitpunkt	
	N = 150		N = 137	
Ich gehe begeistert an die Bearbeitung des Tests heran. / Ich habe den Test begeistert bearbeitet.	MZ 1 Anfang	MZ 1 Ende	MZ 2 Anfang	MZ 2 Ende
Ablehnung	16,7	11,3	15,3	16,0
Neutral	46,6	37,4	53,3	38,7
Zustimmung	34,0	25,4	23,3	17,5
Keine Angaben	2,7	26,0	8,0	27,7
Ich finde diese Art von Tests angenehm. / Die Bearbeitung des Tests war angenehm.				
Ablehnung	17,4	14,0	12,4	11,7
Neutral	47,3	32,7	56,2	40,8
Zustimmung	32,7	27,3	23,3	19,7
Keine Angaben	2,7	26,0	8,0	27,7
Die Bearbeitung der Aufgaben wird mir Spaß machen. / Die Aufgaben haben mir Spaß gemacht.				
Ablehnung	18,0	16,0	18,3	15,3
Neutral	48,7	28,7	54,0	39,4
Zustimmung	29,3	29,3	18,9	17,5
Keine Angaben	4,0	26,0	8,8	27,7

Tabelle 12: Reliabilitäten der Skala Anstrengungsbereitschaft zu den verschiedenen Messzeitpunkten

	Cronbachs Alpha	N
MZ 1 Beginn des PLF-Tests	,766	146
MZ 1 Ende des PLF-Tests	,784	111
MZ 2 Beginn des PLF-Tests	,816	126
MZ 2 Ende des PLF-Tests	,767	98

Neben dieser deskriptiven Darstellung soll in Anlehnung an den skizzierten Forschungsstand auch der Einfluss der Anstrengungsbereitschaft auf die Testleistung analysiert werden. Dazu wird zunächst das Konsistenzmaß mittels CRONBACH's Alpha für die Skala der Anstrengungsbereitschaft zu den verschiedenen Zeitpunkten ermittelt. Tabelle 12 zeigt, dass die fünf Items zu den verschiedenen Zeitpunkten und für die verschiedenen Teilstichproben mit jeweils α>,75 hinreichend konsistent sind.

Tabelle 13: Bivariate Korrelationen zwischen der Anstrengungsbereitschaft und den Testleistungen im PLF-Test sowie im Test zur Messung der fluiden Intelligenz

Pearson Korrelationen	Summenscore Kurzaufgaben	Summenscore Problemlösung	WLE- Schätzer (1-Dimensional)	Fluide Intelligenz
MZ 1 Anstrengungsbereitschaft zu Beginn des PLF-Tests	,087 (150)	-,094 (149)	-	,045 (146)
MZ 1 Anstrengungsbereitschaft am Ende des PLF-Tests	-,112 (115)	-,105 (115)	-	-,112 (112)
MZ 2 Anstrengungsbereitschaft zu Beginn des PLF-Tests	**,179*** (140)	,099 (139)	,137 (140)	,162 (127)
MZ 2 Anstrengungsbereitschaft am Ende des PLF-Tests	**,236*** (107)	**,235*** (107)	**,221*** (108)	,111 (100)

Anmerkungen: * p<,05; ** p<,01; *** p<,001; in Klammern N

Tabelle 13 zeigt die bivariaten Korrelationen nach PEARSON zwischen der Anstrengungsbereitschaft zu Beginn und am Ende des PLF-Tests sowie den Problemlöseleistungen der Probanden und Probandinnen für den ersten Testteil zu den Kurzaufgaben sowie zum zweiten Testteil zu den komplexen Problemlöseaufgaben. Für den zweiten Messzeitpunkt steht darüber hinaus noch der Personenschätzer (WLE-Schätzer) für die Gesamtleistungen aus dem Problemlösetest zur Verfügung. In Anlehnung an andere Untersuchungen wird neben den Zusammenhängen zu der relevanten Testleistung auch der Zusammenhang mit einem Fähigkeitsmaß (hier der fluiden Intelligenz) ausgewiesen. Damit wird untersucht, ob die Anstrengungsbereitschaft grundsätzlich unabhängig von den tatsächlichen Fähigkeiten der Personen ist. Die Ergebnisse zeigen ein gemischtes Bild. Während es für die eingeschätzte Anstrengungsbereitschaft zum ersten Messzeitpunkt sowohl zu Beginn als auch am Ende des Tests keine signifikanten Zusammenhänge zur Testleistung gibt, zeigen sich solche für den zweiten Messzeitpunkt. Hier gibt es insbesondere signifikante positive Korrelationen der am Ende des Tests geäußerten Anstrengungsbereitschaft mit der gezeigten Testleistung. Die Korrelationen entsprechen in ihrer Höhe in etwa denen aus anderen Untersuchungen, in denen die Testmotivation mittels Fragebogen erfasst wurde (HOPFENBECK/KJÆRNSLI 2016). Entsprechend den theoretischen Erwartungen zeigen sich keinerlei Zusammenhänge mit dem tatsächlichen Fähigkeitsniveau, wenngleich auch dieses über einen Leistungstest erfasst wurde, der jedoch vergleichsweise von deutlich kürzerer Dauer war. Damit kann gezeigt werden, dass die Problemlöseleistungen (teilweise) mit der Anstrengungsbereitschaft der Testteilnehmenden assoziiert sind, jedoch nicht mit deren kognitiven Grundfähigkeiten. Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere zum zweiten Messzeitpunkt Assoziationen zwischen den Testleistungen und der Anstrengungsbereitschaft der Testteilnehmenden beobachtbar sind. Um dies weitergehend zu prüfen, werden abschließend zwei Regressionsmodelle für die Leistung im Problemlösetest zum zweiten Messzeitpunkt gerechnet (Tabelle 14). Im ersten Modell wird die Anstrengungsbereitschaft nicht berücksichtigt, sondern nur die üblichen kognitiven Einflussfaktoren. Im zweiten Modell jedoch wird zum Vergleich der Einfluss der Anstrengungsbereitschaft herausgerechnet. Wie Tabelle 14 zeigt, ist der Effekt des Vorwissens in

beiden Modellen positiv und signifikant. Die fluide Intelligenz liefert darüber hinaus keinen zusätzlichen Erklärungsbeitrag. Wenn in Modell 2 die Anstrengungsbereitschaft hinzugenommen wird, reduziert sich der Effekt des Vorwissens leicht, da dieser nun bereinigt worden ist.

Tabelle 14: Lineare Regressionen der Gesamttestleistung im PLF-Test (WLE-Schätzer) mit und ohne Anstrengungsbereitschaft

	Modell 1 (β und Standardfehler in Klammern)	Modell 2 (β und Standardfehler in Klammern)
Anstrengungsbereitschaft		,117 (,089)
Vorwissen	**,587*** ** (,012)	**,569*** ** (,012)
Fluide Intelligenz	-,024 (,029)	-,029 (,029)
Adj. R^2	,319	,326
N	100	100

Anmerkungen: * p<,05; ** p<,01; *** p<,001

Das Thema Testmotivation wird in der Forschung häufig vernachlässigt, gleichwohl viele Forscher/-innen betonen, dass es für die Abschätzung der Validität der Ergebnisse von hoher Bedeutung ist. Die hier vorliegenden Ergebnisse liefern erste Befunde zur Testmotivation bzw. Anstrengungsbereitschaft der Testteilnehmer/-innen des Forschungsprojekts ProMech. Bei der Erhebung der Testmotivation über selbsteinzuschätzende Fragebogenskalen zeigt sich der Großteil der Befragten zumindest zu Beginn des Tests motiviert. Nach der Testdurchführung lassen jedoch sehr viele Probanden und Probandinnen die erneute Beantwortung der Fragen offen und es zeigt sich ebenfalls der in der Forschung bekannte Effekt der verringerten Testmotivation bei einer zweiten Testung. Ein möglicher Verzerrungseffekt stellt hier die tatsächliche Anstrengungsbereitschaft der Testteilnehmenden selbst dar, die nach dem rund fünfstündigen Test zur Erfassung der Problemlösefähigkeit keine konzentrierte Bearbeitung der Fragebogenitems erlaubte. Hier wäre zu überlegen, die Testmotivation bzw. die Anstrengungsbereitschaft mittels alternativer Methoden zu überprüfen, um weitere Indikatoren zur Verfügung zu haben, wie es auch EKLÖF (2010) fordert. Dabei könnte an eine Untersuchung unter verschiedenen Testbedingungen (mit finanziellem Anreiz, mit dezidiertem Feedback etc.) zur experimentellen Manipulation der Testmotivation gedacht werden. Aber auch eine Analyse von rapid-guessing-behavior stellt eine Option dar. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die Tests perspektivisch möglichst vollständig elektronisch administriert würden, was neben der exakten Erfassung der Bearbeitungszeiten auch mit weiteren möglichen Vorteilen einhergehen würde, wie der zumindest teilweise automatisierten Auswertung der Tests mit (unmittelbarer) Feedbackoption für die Testteilnehmenden, reduzierten Fehlerquoten und einem reduzierten Zeitaufwand bei der Dateneingabe. Die ersten Auswertungen zeigen jedoch, dass die Anstrengungsbereitschaft zumindest teilweise mit der Testleistung assoziiert ist. Denkbar wäre einerseits, dass die Anstrengungsbereitschaft für die Testleistung prädiktiv wird, angesichts des zum zweiten Messzeitpunkt höher ausfallenden Assoziationsmaßes kann aber auch nicht ausgeschlossen werden, dass die Bearbeitungserfahrung bzw. das damit verbundene Kompetenzerleben auch die Aussage zur eigenen Anstrengungsbereitschaft beeinflusste. Detailliertere Untersuchungen zur Testmotivation könnten einen Beitrag dazu leisten, diese Zusammenhänge näher zu untersuchen.
Die Auswertungen zur eingeschätzten Testattraktivität des Problemlösetests zeigen, dass zu Beginn

immerhin knapp jede/-r Dritte angab, dass er diese Art von Aufgaben angenehm findet und dass er vermutlich Spaß an dem Test haben wird. Nach Bearbeitung des Tests zeigt sich auch hier eine gewisse Ernüchterung, was sich in sinkenden Zustimmungsraten widerspiegelt (vgl. Tabelle 11). Ebenso gab nach der Bearbeitung des Tests ein großer Anteil der Testteilnehmenden gar keine abschließende Einschätzung ab. Im Vergleich zum Fachwissenstest, der mit etwa 80 Minuten zwar insgesamt deutlich weniger Zeit in Anspruch nahm, allerdings in seiner Form eher klassischen Wissenstests und Prüfungen, wie sie die Probanden und Probandinnen auch aus dem (Berufs-)Schulunterricht kennen dürften, wird dem Problemlösetest beim ersten Messzeitpunkt eine höhere Testattraktivität bescheinigt. Nur jede/-r Fünfte schätzte den Fachwissenstest beim ersten Mal als angenehm ein und gab an, Spaß dabei gehabt zu haben. Der gleiche Anteil lehnte diese Aussagen ab. Beim zweiten Messzeitpunkt hingegen verbesserten sich die Testbewertungen des Fachwissenstests deutlich, was eine gegenläufige Entwicklung zum Problemlösetest darstellt. Während die wahrgenommene Attraktivität des Problemlösetests sinkt, steigt die des Fachwissenstests. Um daraus konkrete Hinweise zur Testoptimierung und –gestaltung ableiten zu können, wären zusätzliche offene Abfragen am Ende der Tests oder Interviews geeignet, bei denen die Testteilnehmenden konkret nach Verbesserungsvorschlägen gefragt werden könnten.

5 Zielerreichung

Insgesamt musste der Projektstart zunächst ein halbes Jahr verschoben werden. Die erste Sitzung des Projektbeirats, die den offiziellen Projektbeginn begleiten sollte, wurde im November 2014 durchgeführt. Tabelle 15 zeigt bereits die angepasste Meilensteinplanung des Projekts, wie sie im Zwischenbericht dargestellt wurde. Zugunsten einer Fokussierung auf quantitative Auswertungen zur Fachkompetenz sowie relevanten Einflussfaktoren auf die Kompetenzentwicklung wurde auf die qualitative Erhebung zur Ermittlung von Barrieren der Problemlösung verzichtet. In Tabelle 15 sind daher diejenigen Meilensteine rot markiert, die aus diesen Gründen wegfielen. Da sich auch die letzten Datenerhebungen (MS 10) um einige Monate nach hinten verschoben und die entsprechenden Testauswertungen und Dateneingaben mehr Zeit als geplant in Anspruch nahmen (ca. bis Mitte 2017), musste auch hier eine weitere Anpassung der Projektlaufzeit erfolgen. Eine offizielle Projektverlängerung wurde bis Ende März 2018 bewilligt. Die Terminanpassungen sind in Tabelle 15 blau markiert. Im Verlauf der zweiten Jahreshälfte 2017 wurden verschiedene Veröffentlichungen sowie Konferenzbeiträge fertig gestellt. Weitere Veröffentlichungen aus dem Projekt sind in Vorbereitung. Der Abschlussbericht wird zum Ende der verlängerten Projektlaufzeit eingereicht. Die Wissenschaft-Praxis-Veranstaltung, auf der die vorliegenden Ergebnisse vorgestellt und zusammen mit Vertretern und Vertreterinnen aus der schulischen Praxis und/oder der Ordnungsarbeit sowie dem Projektbeirat diskutiert werden sollen, ist für Herbst 2018 geplant.

Tabelle 15: Angepasster Meilensteinplan

Nr.	Meilenstein	Termin	Neuer Termin
MS 0	Sitzung des Projektbeirats zur Diskussion des Forschungsstands und Beratung des Testdesigns	IV / 2014	
MS 1	Festlegung der inhaltlichen Aufgabenzuschnitte für die Tests	I / 2015	
MS 2	Ausarbeitung des Testdesigns	II / 2015	
MS 3	Fertigstellung eines Leitfadens für die qualitativen Interviews	II / 2015	
MS 4	Vorliegen von ausreichendem Interviewmaterial	III / 2015	
MS 5	Fertigstellung der Auswertung der Interviews	I / 2016	
MS 6	Endgültige Auswahl der Zielgruppen für die quantitative Befragung	I / 2016	
MS 7	Zwischenbericht	II / 2016	
MS 8	Anpassung der Instrumente aufgrund der Erkenntnisse der Interviewstudie	II / 2016	
MS 9	Fertigstellung der Testinstrumente für die quantitative Erhebung	III / 2016	
MS 10	Abschluss der Datenerhebungen der quantitativen Erhebung	IV/ 2016	II / 2017
MS 11	Durchführung einer Wissenschaft-Praxis-Veranstaltung	III / 2017	III / 2018
MS 12	Abschlussbericht und Veröffentlichungen zu den Ergebnissen der Studien	III / 2017	I / 2018

6 Ausblick und Transfer

Auf Grundlage der bisherigen Auswertungen, die sowohl im vorliegenden Abschlussbericht, im Zwischenbericht als auch in verschiedenen Veröffentlichungen verbreitet wurden, konnte der Großteil der Forschungsfragen und Hypothesen beantwortet bzw. geprüft werden (vgl. Kapitel 2.1). Zentrale Forschungsfragen betreffen beispielsweise die Dimensionierung des Konstrukts der Fachkompetenz für Fortbildungsteilnehmer/-innen zum/zur Techniker/-in. Die inhaltliche Ausdifferenzierung des Konstrukts des Fachwissens wies sowohl zu Beginn als auch am Ende der zweijährigen Vollzeitfortbildung eine dreidimensionale Struktur auf, die sich entlang der erwarteten Inhaltsbereiche aufspannte. Während die latenten Korrelationen zwischen diesen Dimensionen zu Beginn mit ,34 bis ,53 in einem mittleren Bereich lagen, steigen sie am Ende der Fortbildung auf ,60 bis ,82 in einen mittleren bis hohen Bereich. Vermutungen, dass aufgrund der beruflichen Erfahrungen bzw. der im Fortbildungsprogramm vollzogenen Lernprozesse stärkere Integrationsprozesse des Wissens stattfinden, die sich in eindimensionalen Messmodellen widerspiegeln, können auf Basis dieser Ergebnisse nicht bestätigt werden. Gleichwohl gibt es Hinweise darauf, dass die Wissensbereiche im Verlauf der Fortbildung stärker miteinander verschmelzen. Es muss aber auch berücksichtigt werden, dass die angehenden Techniker/-innen eine sehr heterogene Gruppe darstellen, die auf unterschiedliche Ausbildungshintergründe und unterschiedliche berufliche Erfahrungen zurückblicken. Differenzierte Analysen zur Dimensionierung des Fachwissens mit (hinreichend großen) Gruppen von möglichst homogenen Fachkräften (mit und ohne Fortbildung) könnten Erkenntnisse darüber liefern, ob sich beispielsweise in den Gruppen mit mehrjähriger einschlägiger Berufserfahrung nur noch eindimensionale Fachwissensstrukturen nachweisen lassen.

Die Beziehung zwischen dem Konstrukt des Fachwissens und der fachspezifischen Problemlösefähigkeit ist mit r=,74 als substantiell zu bezeichnen. Im Anschluss an die Ergebnisse kann zwar angenommen werden, dass es große Gemeinsamkeiten zwischen dem Fachwissen und den Problemlösefähigkeiten der angehenden Techniker/-innen gibt, die beispielsweise auf gemeinsame Wissensstrukturen zurückgehen könnten. Gleichwohl bilden sie zwei distinkte Konstrukte, die unterscheidbar sind. Einen Ansatzpunkt für zukünftige Forschungsprojekte liefert das Konstrukt der Problemlösefähigkeit und seine Ausdifferenzierung. Interessant wäre es zu erforschen, ob sich die Problemlösefähigkeit auch bei den Technikern und Technikerinnen nach inhaltlichen Aspekten oder in Bezug auf unterschiedliche Anforderungen (z. B. analytisch und konstruktiv) in verschiedene Dimensionen aufteilen lässt, wie das für Auszubildende Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik bestätigt wurde. Dann ließen sich auch die Zusammenhänge der einzelnen Subdimensionen des Fachwissens und der Problemlösefähigkeit differenzierter beschreiben. Für die Berufsbildungspraxis bedeuten die vorliegenden Ergebnisse, dass das Fachwissen eine wichtige Grundlage für die Entwicklung anspruchsvoller fachlicher Problemlösefähigkeiten darstellt. Vermutlich wird mit dem deklarativen und prozeduralen Wissen nicht nur „träges Wissen“ vermittelt, sondern auch eine Wissensbasis bereitgestellt, welche in entsprechenden Problemsituationen aktiviert werden kann und damit Handlungsoptionen zur Verfügung stellt, aus welchen man Lösungsmöglichkeiten ableiten kann.

Die Ergebnisse der Itemskalierungen auf Basis der Item-Response-Theorie für die Gruppen der Auszubildenden und Studierenden zeigen ebenfalls eine Ausdifferenzierung des Fachwissens entlang der postulierten Inhaltsbereiche auf. Hierbei können die Ergebnisse anderer Studien im Bereich der Berufsausbildung erneut bestätigt werden (z. B. VAN WAVEREN/NICKOLAUS 2016). Mit dem Einbezug der

Studierendengruppe stehen zudem erstmals Ergebnisse zur Verfügung, die dokumentieren, dass die identifizierten Strukturen auch außerhalb der beruflichen Bildung vorzufinden sind. Die Zusammenhänge der drei Fachwissensbereiche (Grundlagen der Elektrotechnik, elektronische Anlagen und Systeme und Steuerungstechnik) liegen bei den Auszubildenden zwischen ,42 und ,65 und fallen damit im Vergleich zur Technikergruppe etwas höher aus. Die Korrelationen bei den Studierenden nehmen Werte zwischen ,31 und ,41 an und sind somit geringer assoziiert als bei den angehenden Technikern und Technikerinnen zum Fortbildungsende.
Der Vergleich der Leistungsdaten für das berufstheoretische Fachwissen zwischen den Auszubildenden und den angehenden Technikerinnen und Technikern fällt signifikant zugunsten der Technikergruppe aus, was für greifende Selektionsmechanismen zum Beginn der Fortbildung oder Entwicklungsprozesse im Rahmen der praktischen Berufsausübung sprechen könnte. Die Analysen der Leistungsdaten zwischen der Technikergruppe am Ende der Fortbildung und den Studierenden begünstigen die Gruppe der Studierenden. Dies war insbesondere für das eher deklarative Fachwissen anzunehmen; die Analysen des stärker an die Berufspraxis angelehnten Problemlösefähigkeitstests stehen noch aus.

Entsprechend theoretischer Annahmen sowie empirischer Befunde aus dem Bereich der dualen Ausbildung zeigen sich in den Erklärungsmodellen zur Fachkompetenz insbesondere die kognitiven Voraussetzungen der Studienteilnehmer/-innen, hier vor allem das Vorwissen, aber auch die kognitiven Grundfähigkeiten als relevante Determinanten (VELTEN u. a. 2018, DIETZEN u. a. 2016; NICKOLAUS/GEIßEL/GSCHWENDTNER 2008).
Im Projekt ProMech wurden jedoch auch weitere Einflussfaktoren näher untersucht. Entgegen der Erwartungen konnte die Trait-Komponente der Motivation, also die überdauernden und stärker in der Persönlichkeit der Studienteilnehmer/-innen verhafteten Eigenschaften wie beispielsweise Leistungsmotivation und Gewissenhaftigkeit, keinen zusätzlichen Erklärungsbeitrag liefern (VELTEN 2017; DIETZEN u. a. 2016). Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass die (freiwillige) Bearbeitung der Fachkompetenztests bereits in einem hohen Maße nicht nur kognitive, sondern auch motivationale Merkmale widerspiegelt. Dafür sprechen auch Ergebnisse, die im Rahmen des Vorgängerprojekts Aqua.Kom veröffentlicht wurden (NICKOLAUS u. a. 2015).

Weiterhin konnten im Projektverlauf erste Analysen zur State-Motivation, also der im Gegensatz zur Trait-Motivation eher situativen Motivation, auch als Testmotivation bezeichnet, erfolgen (siehe Kapitel 4.5). Dabei zeigten sich erste Hinweise darauf, dass die Testmotivation der Studienteilnehmer/-innen einen Einfluss auf die Ergebnisse der Problemlösetests hatte bzw. Assoziationen zwischen der Testmotivation und der Testleistung beobachtbar sind. Ähnliche Befunde lassen sich auch in anderen Studien finden, wenngleich die Forschungen zu widersprüchlichen Befunden führten. In Bezug auf das Fachwissen fehlen noch detaillierte Auswertungen zur Testmotivation. In zukünftigen Projekten könnte versucht werden, die Testmotivation nicht nur über Fragebogenskalen zu erheben – denn auch die Bearbeitung dieser kann gewissen motivationalen Verzerrungen unterliegen –, sondern auch die Untersuchungsbedingungen experimentell zu variieren. Geklärt werden könnte damit beispielsweise, ob die Tests mit der gleichen Motivation bearbeitet würden, wenn die Ergebnisse der Teilnehmenden in die Noten einfließen würden. Insgesamt ist dieser Bereich in der beruflichen Kompetenzdiagnostik bislang zu wenig beleuchtet, muss doch davon ausgegangen werden, dass die Testmotivation zumindest einen kleinen Teil der Leistungsvarianz erklärt.

Schließlich zeigen Analysen zur Rolle der Berufserfahrung für die Fachkompetenzentwicklung, dass eine differenzierte und tätigkeitsbezogene Messung der Erfahrung einen höheren Erklärungsbeitrag leisten kann als die Erfassung der Berufserfahrung über die reine Dauer (siehe DIETZEN u. a. 2016, Kapitel 4.4). Erfahrung mit beruflichen Tätigkeiten, die eng mit den im Test abgefragten Inhalten korrespondieren, haben somit einen positiven Einfluss auf das spätere Fachwissen. Für die berufliche Praxis bedeutet dies, dass diejenigen Fortbildungsteilnehmer/-innen von ihrem Fachwissensaufbau profitieren, wenn sie in ihrer beruflichen Tätigkeit bereits häufig Anlagen montierten und analysierten. Schwieriger dürfte es entsprechend für diejenigen sein, die kaum einschlägige Tätigkeiten ausgeübt haben, sondern in anderen Bereichen eingesetzt wurden wie z. B. in der Ausbildung oder im Projektmanagement. An dieser Stelle könnten zusätzliche Unterstützungsangebote für Fortbildungsinteressierte hilfreich sein.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Fachschulen von einer starken Heterogenität der Fortbildungsteilnehmer/-innen betroffen sind. Dies gilt sowohl für die kognitiven Eingangsvoraussetzungen, die formalen Ausbildungsabschlüsse als auch die beruflichen Erfahrungen. Das stellt an die didaktischen Handlungsprogramme hohe Anforderungen, sofern der Anspruch aufrechterhalten wird, allen Teilnehmenden eine substantielle Kompetenzentwicklung zu ermöglichen.

Mit dem Projekt ProMech wurde erstmals im Bereich der Technikerfortbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik eine Kompetenzmessung vorgenommen. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass die Instrumente für den ins Auge gefassten Personenkreis trotz dessen hoher Heterogenität reliable Abschätzungen der berufsfachlichen Kompetenz ermöglichen. Bestätigt werden die in der Ausbildung einschlägiger Berufe beobachteten Kompetenzstrukturen, wobei sich im Verlaufe der Fortbildung deutlich höhere Zusammenhänge zwischen den Subdimensionen des Fachwissens ergeben, was wir als zunehmende integrative Verarbeitung des Fachwissens im Verlaufe der Fortbildung interpretieren. Bemerkenswert sind die substantiellen Kompetenzzuwächse im Verlaufe der Ausbildung. Das gilt für alle Subgruppen, wenngleich die Leistungsspreizung zwischen Probanden und Probandinnen mit handwerklichem und industriellem Hintergrund eher zunimmt. Für das erreichte Leistungsniveau der Fortbildungsschüler/-innen werden erwartungskonform die kognitiven Voraussetzungen (Vorwissen, kognitive Grundfähigkeiten) aber auch motivationale Momente und vor allem die berufliche Erfahrung bedeutsam. Letzteres gilt allerdings nur, wenn die beruflichen Erfahrungen inhaltsspezifisch erfasst werden, die reine Dauer der Berufstätigkeit erbringt keinen Erklärungsbeitrag. Von hoher Bedeutung für die Bildungspraxis erachten wir den Befund, dass die berufsfachlichen Problemlöseleistungen deutlich enger mit dem Fachwissen assoziiert sind als die inhaltsbezogen erfassten Berufserfahrungen. In Anerkennungskontexten erweisen sich vor diesem Hintergrund Fachwissenstests als bessere Schätzer für das berufsfachliche Leistungsvermögen als die inhaltsspezifisch erfassten Berufserfahrungen. Die Nutzung von Fachwissenstests und Daten zur inhaltlich spezifizierten beruflichen Erfahrung versprechen allerdings noch bessere Abschätzungen des berufsfachlichen Leistungsvermögens als die Nutzung einer Informationsquelle allein. Vor allem dann, wenn Anerkennungen allgemein ausgesprochen werden, ist es vor dem Hintergrund der generierten Ergebnisse angezeigt, beide Informationsquellen zu nutzen.

Veröffentlichungen

Nicht-referierte Beiträge:

- DIETZEN, Agnes; VELTEN, Stefanie; SCHWERIN, Christine; NICKOLAUS, Reinhold; NITZSCHKE, Alexander; MAIER, Annette **(2016).** Messung fachlicher Kompetenzen von Fachkräften im Bereich der Mechatronik und der Elektrotechnik (ProMech). Zwischenbericht. Bonn. Bundesinstitut für Berufsbildung. Verfügbar unter: https://www2.bibb.de/bibbtools/tools/dapro/data/documents/pdf/zw_22305.pdf [09.04.2018]

Referierte Beiträge in Zeitschriften und Sammelbänden:

- NITZSCHKE, Alexander; VELTEN, Stefanie; DIETZEN, Agnes; NICKOLAUS, Reinhold **(2017).** Motive, Vorerfahrungen und kognitive Eingangsvoraussetzungen von Technikerschülern und Technikerschülerinnen. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, 113 (3), 490-516.

- VELTEN, Stefanie **(2017).** What Affects Vocational Competencies in Post-secondary VET? *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education*, 8(2), 3091-3102.

- VELTEN, Stefanie; NITZSCHKE, Alexander; NICKOLAUS, Reinhold; WALKER, Felix **(2018).** Die Fachkompetenzstruktur von Technikern für Elektrotechnik und Einflussfaktoren auf ihre Kompetenzentwicklung. *Journal of Technical Education*, 6(1), 201-222.

- NITZSCHKE, Alexander; NICKOLAUS, Reinhold; VELTEN, Stefanie; DIETZEN, Agnes **(2018):** Die Bedeutung beruflicher Erfahrungen und fachsystematischen Wissens für die Bewältigung fachlicher Problemstellungen bei angehenden Technikern (in Vorbereitung).

Referierte Vorträge:

- VELTEN, S. & NITZSCHKE, A. Knowledge and competences in post-secondary VET. Vortrag anl. des VET Congress, Bern/Zollikofen, 14.-16. **März 2017**.

- VELTEN, S. Vocational Skills and Competencies in German VET. Vortrag anl. der Canadian International Conference on Education, Toronto, 26.-29. **Juni 2017**.

- NITZSCHKE, A. & VELTEN, S. Eingangsvoraussetzungen und Fachleistungen in der beruflichen Fortbildung bei angehenden Technikerinnen und Technikern für Elektrotechnik. Vortrag anl. der Herbsttagung der Sektion Berufs- und Wirtschaftspädagogik der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaften, Stuttgart, 25.-27. **September 2017**.

- NITZSCHKE, A. & VELTEN, S. Die Fachkompetenzstruktur von Technikern für Elektrotechnik und Einflussfaktoren auf ihre Kompetenzentwicklung. Vortrag anl. des 2. Technikdidaktik-Symposiums, Siegen, 23.-24. **November 2017.**

Literaturverzeichnis

ABELE, Stephan u. a.: Dynamische Problemlösekompetenz - Ein bedeutsamer Prädiktor von Problemlöseleistungen in technischen Anforderungskontexten? In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft (2012) 15, S. 363-391

ABELE, Stephan: Empirische Erfassung diagnostischer Problemlösekompetenzen in beruflichen Kontexten: Unsichtbare Resultate berufliche Lehr- Lern-Prozesse sichtbar machen. Kumulative Habilitationsschrift. Universität Stuttgart 2017

ACKERMAN, Phillip, L.: A Theory of Adult Intellectual Development: Process, Personality, Interests, and Knowledge. In: Intelligence (1996) 22, S. 227-257

BARRY, Carol; HORST, Jeanne; FINNEY, Sara; BROWN, Alison; KOPP, Jason: Do Examinees Have Similar Test-Taking Effort? A High-Stakes Question for Low-Stakes Testing. In: International Journal of Testing (2012) 10, S. 342-363

BAUMERT, Jürgen; DEMMRICH, Anke: Test motivation in assessment of student skills: The effects of incentives on motivation and performance. In: European Journal of Psychology of Education (2001) 16, S. 441-462

BECK, Klaus; LANDENBERGER, Margarete; OSER, Fritz: Technologiebasierte Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung. Ergebnisse aus der BMBF-Förderinitiative ASCOT. Bielefeld 2016

BOEKAERTS, Monique: The On-Line Motivation Questionnaire: A self-report instrument to assess students' context sensitivity. In: MAEHR, Martin L.; PINTRICH, Paul R. (Series Eds.); PINTRICH, Paul R.; MAEHR, Martin L. (Vol. Eds.): Advances in motivation and achievement: (Vol. 12). New directions in measures and methods. Amsterdam 2002, S. 77-120

BOONE, William J.; STAVER, John R.; YALE, Melissa S.: Rasch analysis in the human sciences. Dordrecht 2014

BUTLER, Jayne; ADAMS, Raymond: The Impact of Differential Investment of Student Effort on the Outcomes of International Studies. In: Journal of Applied Measurement (2007) 8, S. 279-304

CATTELL, Raymond B.: Intelligence: It's Structure, Growth and Action. Amsterdam 1987

DETTE, Dorothea; ABELE, Andrea; RENNER, Oliver: Theoretische Überlegungen und metaanalytische Befunde zum Zusammenhang von externen und internen Laufbahnerfolgsmaßen. In: Zeitschrift für Personalpsychologie (2004) 3, S.170-183

DIETZEN, Agnes; NICKOLAUS, Reinhold; RAMMSTEDT, Beatrice; WEIß, Reinhold (Hrsg.): Bildungsstandards und Kompetenzorientierung. Bonn 2016

DUCKWORTH, Angela Lee; QUINN, Patrick; LYNAM, Donald; LOEBER, Rolf; SOUTHAMER-LOEBER, Magda: Role of test motivation in intelligence testing. In: Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America (2011) 108, S. 7016 - 7020

DYBOWSKI, Gisela: Erfahrungsgeleitetes Lernen: ein Ansatz zur Kompetenzentwicklung. QUEM-Report 63. Berlin 1999

DYE, David; RECK, Martin; MCDANIEL, Michael: The Validity of Job Knowledge Measures. In: International Journal of Selection and Assessment (2016) 1, S. 153-157

ECCLES, Jacquelynne; WIGFIELD, Alan: Motivational Beliefs, Values and Goals. In: Annual Review of Psychology (2002) 53, S. 109-132

EKLÖF, Hannah: Skill and will: Test-taking motivation and assessment quality. In: Assessment in Education: Principles, Policy & Practice (2010) 17, S. 345-356

FINNEY, Sara; SUNDRE, Donna; SWAIN, Matthew; WILLIAMS, Laura: The Validity of Value-Added Estimates From Low-Stakes Testing Contexts: The Impact of Change in Test-Taking Motivation and Test Consequences. In: Educational Assessment (2016) 21, S. 60-78

GEIßEL, Bernd; HEDRICH, Matthias: Identifizierung von Barrieren der Störungsdiagnose in simulierten und realen Anforderungssituationen bei Elektronikern. In: FAßAUER, Uwe; AFF, Josef; FÜRSTENAU, Bärbel; WUTTKE, Eveline (Hrsg.): Lehr-Lernforschung und Professionalisierung: Perspektiven der Berufsbildungsforschung. Opladen 2011, S. 11-23

GEITHNER, Eva; MOSER, Klaus: Die Messung von herausforderungsbasierter Berufserfahrung In: MÜNK, Dieter; SEVERING, Eckhart (Hrsg.): Theorie und Praxis der Kompetenzfeststellung im Betrieb – Status quo und Entwicklungsbedarf. Bonn 2009, S. 71-89

GREEN, Paul; ROHLING, Martin L.; LEES-HALEY, Paul R.; ALLEN III, Lyle M.: Effort has a greater effect on test scores than severe brain injury in compensation claimants. In: Brain Injury (2001) 15,12, S. 1045-1060

GSCHWENDTNER, Tobias: Ein Kompetenzmodell für die kraftfahrzeugtechnische Grundbildung. In: NICKOLAUS, Reinhold; SCHANZ, Heinrich (Hrsg.): Didaktik der gewerblichen Berufsbildung. Konzeptionelle Entwürfe und empirische Befunde. Baltmannsweiler 2008, S. 103-119

GSCHWENDTNER, Tobias; ABELE, Stefan; NICKOLAUS, Reinhold: Computersimulierte Arbeitsproben: Eine Validierungsstudie am Beispiel der Fehlerdiagnoseleistung von KFZ-Mechatronikern. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, 105 (2009) 4, S. 556-578

GÖNNENWEIN, Annette; NITZSCHKE, Alexander; SCHNITZLER, Annalisa: Fachkompetenzerfassung in der gewerblichen Ausbildung am Beispiel des Ausbildungsberufs Mechatroniker/-in - Entwicklung psychometrischer Fachtests. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis 40 (2011) 5, S. 14–18

HARTIG, Johannes: Kompetenzen als Ergebnisse von Bildungsprozessen. In: JUDE, Nina; HARTIG, Johannes; KLIEME, Eckhard (Hrsg.): Kompetenzerfassung in pädagogischen Handlungsfeldern. Theorien, Konzepte und Methoden. Herausgegeben vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Band 26. Bonn, Berlin 2008, S. 15-25

HOPFENBECK, THERESE; KJÆRNSLI, Marit: Students test motivation in Pisa. In: The Curriculum Journal (2016) 27, S. 1-18

HU, Li-tze; BENTLER, Peter M.: Cutoff Criteria for Fit Indexes in Covariance Structure Analysis: Conventional Criteria Versus New Alternatives. In: Structural Equation Modeling (1999) 6, S. 1-55

HUNTER, John; HUNTER, Ronda: Validity and Utility of Alternative Predictors of Job Performance. In: Psychological Bulletin (1984) 96, S. 72–98

KLIEME, Eckhard; MAAG-MERKI, Katharina; HARTIG, Johannes: Kompetenzbegriff und Bedeutung von Kompetenzen im Bildungswesen. In: HARTIG, Johannes; KLIEME, Eckhard (Hrsg.): Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik. Herausgegeben vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Band 20. Bonn, Berlin 2007, S. 5-15

KRAMER, Jochen: Allgemeine Intelligenz und beruflicher Erfolg in Deutschland. In: Psychologische Rundschau (2009) 60, S. 82-98

KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK): Rahmenvereinbarung über Fachschulen. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.11.2002 i. d. F. vom 19.05.2017). Berlin 2017

KULTUSMINISTERKONFERENZ (KMK): Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit den Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. Berlin 2007

LEHMANN, Rainer; SEEBER, Susan; HUNGER, Susanne; GÄNSFUSS, Rüdiger: ULME I: Untersuchung der Leistungen, Motivationen und Einstellungen zu Beginn der beruflichen Ausbildung. Behörde für Bildung und Sport, Amt für berufliche Bildung und Weiterbildung. Hamburg 2005

MAGIS, David; BÉLAND, Sébastien; TUERLINCKX, Francis; BOECK, Paul de: A general framework and an R package for the detection of dichotomous differential item functioning. In: Behavior research methods (2010) 42

NG, Thomas W. H.; EBY, Lillian T.; SORENSEN, Kelly L.; FELDMAN, Daniel C.: Predictors of objective and subjective career success: A meta-analysis. In: Personnel Psychology (2005) 58, S. 367-408.

NICKOLAUS, Reinhold: Die Erfassung fachlicher Kompetenzen und Ihrer Entwicklungen in der beruflichen Bildung – Forschungsstand und Perspektiven. In: ZLATKIN-TROITSCHANSKAIA, Olga (Hrsg.): Stationen empirischer Bildungsforschung. Traditionslinien und Perspektiven. Wiesbaden 2011, S. 331-351

NICKOLAUS, Reinhold; BEHRENDT, Stefan; ABELE, Stephan: Kompetenzstrukturen bei KFZ-Mechatronikern und die Erklärungskraft des fachsystematischen KFZ-Wissens für berufsfachliche Kompetenzen. In: Unterrichtswissenschaft (2016) H2, S. 114-130

NICKOLAUS, Reinhold; GEIßEL, Bernd: Electricians. In: Feasibility Study VET-LSA. A comparative analysis of occupational profiles and VET programmes in 8 European countries – International report. Bonn Berlin 2009a

NICKOLAUS, Reinhold; GEIßEL, Bernd: Förderung schwächerer Auszubildender in der schulischen Berufsbildung. Teilprojekt II: Förderung der fachspezifischen Problemlösefähigkeit in der elektrotechnischen Grundbildung. In: Abschlussveranstaltung Programm „Bildungsforschung“ Stuttgart 2009b, S. 87-96

NICKOLAUS, Reinhold; GEIßEL, Bernd; GSCHWENDTNER, Tobias: Die Rolle der Basiskompetenzen Mathematik und Lesefähigkeit in der beruflichen Ausbildung und die Entwicklung mathematischer Fähigkeiten im ersten Ausbildungsjahr. In: bwp@ – Berufs- und Wirtschaftspädagogik – online. (2008)

NICKOLAUS, Reinhold; GSCHWENDTNER, Tobias; ABELE, Stefan: Die Validität von Simulationsaufgaben am Beispiel der Diagnosekompetenz von Kfz-Mechatronikern. Vorstudie zur Validität von Simulationsaufgaben im Rahmen eine VET-LSA. Abschlussbericht. Universität Stuttgart 2009

NICKOLAUS, Reinhold; MAIER, Annette; NITZSCHKE, Alexander; SCHNITZLER, Annalisa; VELTEN, Stefanie: Zur Relevanz mathematischer Kompetenzen für die Entwicklung berufsfachlicher Kompetenzen bei Auszubildenden der Mechatronik und Fachinformatik. In: Unterrichtswissenschaft (2015) 3, S. 263-281

NICKOLAUS, Reinhold; SEEBER, SUSAN: Berufliche Kompetenzen: Modellierungen und diagnostische Verfahren. In: FREY, Andreas; LISSMANN, Urban; SCHWARZ, Bernd (Hrsg.): Handbuch Berufspädagogische Diagnostik. Weinheim 2013, S. 166-195

NICKOLAUS, Reinhold: Kompetenzmodellierung in der beruflichen Bildung- eine Zwischenbilanz. In: SCHLICHT, Juliane; MOSCHNER, Ute (Hrsg.): Berufliche Bildung an der Grenze zwischen Wirtschaft und Pädagogik. Reflexionen aus Theorie und Praxis. Wiesbaden 2018, S. 255-282

QUIÑONES, Miguel: Work experience: A review and research agenda. In: International Review of Industrial and Organizational Psychology (2004) 19, S. 119-138

QUIÑONES, Miguel; FORD, Kevin; TEACHOUT, Mark: The Relationship between Work Experience and Job Performance: A conceptual and Meta-Analytic Review. In: Personell Psychology (1995) 48, S. 887-910

RAUCH, Dominique; HARTIG, Johannes: Interpretation von Testwerten in der IRT. In: MOOSBRUGGER, Helfried; KELAVA, Augustin (Hrsg.): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion (2. Aufl.). Heidelberg 2012, S. 253-264

REINECKE, Jost: Strukturgleichungsmodelle in den Sozialwissenschaften. Wien 2005

ROBERTS, Julia; WHILE, Alison; FITZPATRCIK, Joanne: Exploring the process of data acquisition: Methodological challenges encountered and strategies employed. In: Journal of Advanced Nursing (1996) 23, S. 366-372

SCHÖNBRODT, Felix D.; GERSTENBERG, Friederike X. R.: An IRT analysis of motive questionnaires. The Unified Motive Scales. In: Journal of Research in Personality (2012) 46, S. 725-742

SCHULER, Heinz; PROCHASKA, Michael: Leistungsmotivationsinventar. Göttingen 2001

SCHUPP, Jürgen; GERLITZ, Jean-Yves: Big Five Inventory-SOEP (BFI-S). Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen. 2014 doi: 10.6102/ZIS54

SONNENTAG, Sabine; VOLMER, Judith; SPYCHALA, Anna: Job Performance. In: BARLING, Julian; COOPER, Cary (Hrsg.): The Sage Handbook of Organizational Behavior. London 2008, S. 427-447

TESLUK, Paul; JACOBS, Rick: Toward an integrated Model of Work Experience. In: Personell Psychology (1998) 51, S. 321-355

VAN WAVEREN, Leo; NICKOLAUS, Reinhold: Einflüsse der Vermittlungsintensität von Schule und Betrieb auf das Fachwissen bei Elektronikern für Automatisierungstechnik. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (2016) 3, S. 382-405

WALKER, Felix; LINK, Nico; NICKOLAUS, Reinhold: Berufsfachliche Kompetenzstrukturen bei Elektronikern für Automatisierungstechnik am Ende der Berufsausbildung. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (2015) 2, S. 222-241

WALKER, Felix; LINK, Nico; NICKOLAUS, Reinhold: A multidimensional structure of domain-specific problem-solving competencies of electronics technicians for automation technology. In: Empirical Research in Vocational Education and Training (2016) 8, S. 1-16

WALKER, Felix; LINK, Nico; VAN WAVEREN, Leo; HEDRICH, Matthias; GEIßEL, Bernd; NICKOLAUS, Reinhold: 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, S. 282-405

WASKIEWICZ, Rhonda: Achievement Goal Orientation and Situational Motivation for a Low-Stackes Test of Content Knowledge. In: American Journal of Pharmaceutical Education (2011) 76, S. 1-7

WEIß, Rudolf H.: Grundintelligenztest CFT 3. Braunschweig 1971

WISE, Steven; KINGSBURY, Gage: Modeling Student Test-Taking Motivation in the Context of an Adaptive Achievement Test. In: Journal of Educational Measurement (2016) 53, S. 86-105

WISE, Steven; DEMARS, Christine: Low Examinee Effort in Low-Stakes Assessment: Problems and Potential Solutions. In: Educational Assessment (2005) 10, S. 1-17

ZILBERBERG, Anna; FINNEY, Sara; MARSH, Kimberly; ANDERSON, Robin: The Role of Students Attitudes and Test-Taking Motivation on the Validity of College Institutional Accountability Test. In: International Journal of Testing (2014) 14, S. 360-384

ZINKE, Gert; SCHENK, Harald; KRÖLL, Jan: Ergebnisse einer Online Befragung zur Berufsfeldanalyse der industriellen Elektroberufe. Bundesinstitut für Berufsbildung. Bonn 2014 Verfügbar unter: https://www.bibb.de/dokumente/pdf/Ergebnisse_einer_Online-Befragung.pdf [27.06.2016]