

**Leo van Waveren** (Universität Stuttgart)

**Reinhold Nickolaus** (Universität Stuttgart)

**Struktur- und Niveaumodell des Fachwissens bei  
Elektronikern für Automatisierungstechnik**

**Herausgeber**

Bernd Zinn

Ralf Tenberg

**Journal of Technical Education (JOTED)**

**ISSN 2198-0306**

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

Leo van Waveren (Universität Stuttgart)  
Reinhold Nickolaus (Universität Stuttgart)

## Struktur- und Niveaumodell des Fachwissens bei Elektronikern<sup>1</sup> für Automatisierungstechnik am Ende der Ausbildung

### Zusammenfassung

In diesem Beitrag präsentieren wir Ergebnisse aus einer Untersuchung bei Elektronikern für Automatisierungstechnik, in der u.a. das Fachwissen am Ende der Ausbildung einer Analyse unterzogen wurde. Eingebettet ist diese Untersuchung in ein größeres Projekt des ASCOT Programms, in dessen Rahmen auch Modellierungen für die analytische und konstruktive Problemlösekompetenz vorgelegt wurden. Die in diesem Beitrag vorgelegten Ergebnisse dokumentieren eine mehrdimensionale Struktur des Fachwissens, die sich entlang inhaltlicher Strukturierungsmerkmale ausdifferenziert und stehen damit in Einklang mit Modellierungen des Fachwissens in anderen gewerblich-technischen Domänen. Im Anschluss an die Ergebnisse zur Struktur wird eine Niveaumodellierung vorgenommen, mit der ein transparentes Bild der erreichten Wissensstände am Ende der Ausbildung gezeichnet werden soll.

*Schlüsselwörter: Elektroniker für Automatisierungstechnik, Kompetenzmodellierung, Dimensionalität von Fachwissen, Strukturierung nach Inhalten, Niveaumodell*

### Structure modelling and achievement scales for Electrotechnicians' knowledge at the end of vocational training

#### Abstract

In this paper we present results from a study on the structure of knowledge at the end of Electrotechnicians' vocational training. Embedded into the ASCOT-Program by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) the project itself was also focused on analytical and constructive problem solving.

Based on our research we propose a multidimensional knowledge structure differentiated by training contents in accordance with similar vocational fields in the technical domain. The paper will then discuss achievement scales for the identified knowledge dimensions.

*Keywords: Electrotechnician, modelling of competencies, achievement scale, dimensionality of knowledge, content oriented structuring*

---

<sup>1</sup> Die dem Beitrag zugrunde liegende Stichprobe weist einen Anteil von > 90 % männlicher Probanden auf, daher wird zur leichteren Lesbarkeit lediglich die männliche Form verwendet. Geschlechtsspezifische Analysen sind angesichts der geringen Anteile an weiblichen Auszubildenden nicht möglich.

## 1 Einleitung

Im Zentrum der ASCOT-Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung steht das Bemühen beruflich Kompetenzen in ausgewählten, qualitativ hochwertigen Berufen zu erfassen (<http://www.ascot-vet.net/>). Im gewerblich-technischen Bereich wurde dazu neben dem Kfz-Mechatroniker der anspruchsvolle Beruf des Elektronikers für Automatisierungstechnik ausgewählt, für den Instrumente zur Erfassung unterschiedlicher Facetten der berufsfachlichen Handlungskompetenz entwickelt und daran anschließend eine Modellierung der erreichten Kompetenzstände am Ende der Ausbildung vorgenommen wurde.

Wie andere Facharbeiterberufe wird der Elektroniker für Automatisierungstechnik in der Klassifikation der Berufe der Bundesagentur für Arbeit (Bundesagentur für Arbeit, 2011a) der zweiten von vier Hierarchiestufen zugeordnet, die als anspruchsvoll beschrieben werden:

*Berufe, denen das Anforderungsniveau 2 zugeordnet wird, sind gegenüber den Helfer- und Anlern Tätigkeiten deutlich komplexer bzw. stärker fachlich ausgerichtet. Das bedeutet, für die sachgerechte Ausübung dieser Tätigkeiten werden fundierte Fachkenntnisse und Fertigkeiten vorausgesetzt* (Bundesagentur für Arbeit 2011b).

In diesen Beruf münden im Vergleich zu anderen gewerblich-technischen Berufen viele Jugendliche ein, die formal einen hohen Schulabschluss vorweisen können (im hier zugrunde gelegten Jahrgang 2010 hatten 67 % einen Realschulabschluss und 29 % eine Studienberechtigung). Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt die jeweiligen Anteile der beiden Abschlüsse an den neu geschlossenen Ausbildungsverträgen und die Gesamtzahl der Auszubildenden (Liniendiagramm) im jeweiligen Jahrgang (eigene Grafik basierend auf Daten des (Bundesinstitut für Berufsbildung [BIBB] 2013) bei Elektronikern für Automatisierungstechnik. Der Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass sich der Anteil an Studienberechtigten im Zeitraum von 2007 bis 2013 deutlich erhöht hat. Die absolute Zahl der neu geschlossenen Ausbildungsverträge erreichte 2008 einen ersten Höhepunkt, der erst 2012 wieder überschritten wurde. Nach 2010 ist ein stetiger Anstieg der Vertragsverhältnisse ablesbar.

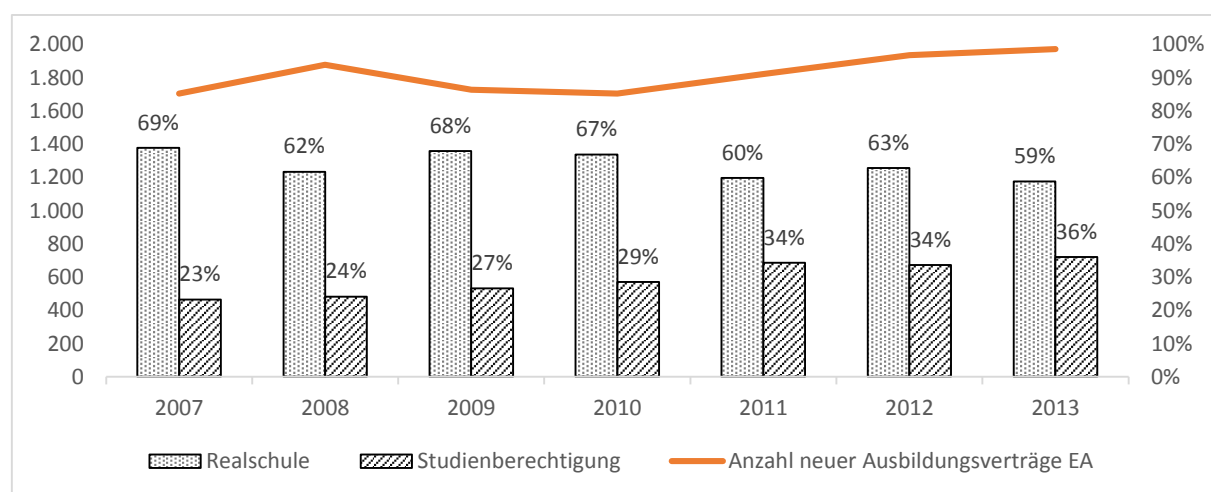


Abbildung 1: Anzahl neu geschlossener Ausbildungsverträge bei Elektronikern für Automatisierungstechnik (linke Ordinate) und jeweilige Anteile der Schulabschlüsse (rechte Ordinate) in den Jahrgängen 2007 bis 2013.

Da in diesen Elektroberuf gemessen an formalen Abschlüssen vor allem im Vergleich zum stark besetzten Handwerksberuf des Elektrikers für Energie- und Gebäudetechnik überdurchschnittlich hoch qualifizierte Jugendliche einmünden, ist zu erwarten, dass die für den Elektriker für Energie- und Gebäudetechnik in vorausgegangenen Studien dokumentierten Leistungsprobleme (Geißel 2008; Nickolaus u.a. 2012), wenn überhaupt, dann zumindest in deutlich abgemilderter Form auftreten. Dafür sprechen auch Leistungsvergleiche zwischen Elektrikern für Energie- und Gebäudetechnik und Elektrikern für Geräte und Systeme, in welchen deutliche Leistungsunterschiede zugunsten der Elektriker für Geräte und Systeme dokumentiert wurden, in den ebenfalls Jugendliche mit einem relativ hohen Leistungsniveau einmünden (Nickolaus, Knöll & Gschwendtner 2006). Im Hinblick auf die Kompetenzstruktur sind im Anschluss an die bestehenden Befundlagen (s.u.) einerseits Ausdifferenzierungen der berufsfachlichen Kompetenz in das Fachwissen und die Fähigkeit, dieses Fachwissen in unterschiedlichen Anforderungskontexten anzuwenden zu erwarten und zum anderen inhaltliche Ausdifferenzierungen des Fachwissens naheliegend, die sich entlang zentraler inhaltlicher Anforderungsbereiche des Berufs vollziehen. In diesem Beitrag berichten wir a) Ergebnisse zur Strukturmodellierung des Fachwissens und b) Ergebnisse der für die Subdimensionen des Fachwissens generierten Kompetenzniveauemodelle.

Als Referenzpunkt dient das Ende des letzten Ausbildungsjahres, der vor dem Hintergrund deutschlandweit einheitlicher IHK-Abschlussprüfungen, eine gute Vergleichbarkeit der Testergebnisse über die unterschiedlichen Standorte hinweg nahelegt.

## 1.1 Stand der Forschung

**Struktur des Fachwissens:** Im gewerblich-technischen Bereich liegen u.a. für den Kfz-Mechatroniker (Gschwendtner 2008; Gschwendtner 2011; Nickolaus u.a. 2012; Schmidt, Nickolaus & Weber 2014), Mechatroniker (Gönnenwein, Nitzschke & Schnitzler 2011), die Grundstufe Bau (Nickolaus, Norwig & Petsch 2014), Schreiner (Pittich 2013) und den Elektriker für Energie- und Gebäudetechnik (Geißel 2008; Nickolaus, Geißel, Abele & Nitzschke 2011) Untersuchungen zur Struktur des Fachwissens vor. Typisch ist für die vorgelegten Modellierungen eine Ausdifferenzierung des Fachwissens entlang inhaltlicher Anforderungsbereiche, die sich im Ausbildungsverlauf zu vollziehen scheint. So berichten beispielsweise Geißel (2008) und Gschwendtner (2008) für das Ende des ersten Ausbildungsjahres für den Elektriker für Energie- und Gebäudetechnik und den Kfz-Mechatroniker jeweils eindimensionale Fachwissensstrukturen, während für beide Berufe am Ausbildungsende mehrdimensionale, an Inhaltsbereichen ausgerichtete Strukturen dokumentiert werden (Gschwendtner 2011; Schmidt, Nickolaus & Weber 2014). Alternative Modellierungen, z.B. in Orientierung an kognitionspsychologischen Anforderungen, wurden u.a. bezogen auf den Beruf des Elektrikers für Energie- und Gebäudetechnik von Geißel (2008, S. 125) geprüft, ohne dass es allerdings gelungen ist, die beiden Wissensformen empirisch zu trennen. Pittich unterstellt ebenfalls im Anschluss an kognitionspsychologische Erwägungen das konzeptionelle Wissen als eigene Wissensform, dokumentiert allerdings enge Zusammenhänge des konzeptionellen Wissens mit dem deklarativen Wissen (Pittich 2013, S. 179). Erste Hinweise auf die empirische Trennbarkeit der kognitionspsychologischen

Wissensformen geben bezogen auf technische Domänen Behrendt, Dammann & Ștefănică (2015, in Vorbereitung) am Beispiel der ingenieurwissenschaftlichen Grundausbildung. An gleicher Stelle werden auch Ausdifferenzierungen auf einer weiteren Ebene in Abhängigkeit von mathematischen Anforderungen berichtet (Aufgaben mit und ohne mathematische Anforderungen). Vor diesem Hintergrund scheint es nicht ausgeschlossen, dass sich die kognitionspsychologisch ausdifferenzierten Wissensdimensionen bei entsprechender Operationalisierung doch trennen lassen und auch in elektrotechnischen Berufen eine Modellierung in Abhängigkeit von mathematischen Anforderungen aussichtsreich ist.

Bezogen auf die Elektroniker für Automatisierungstechnik dokumentieren Walker, Link & Nickolaus (2015) eine Ausdifferenzierung der berufsfachlichen Problemlösekompetenz, in eine analytische und eine konstruktive Subdimension und zeigen gleichzeitig, dass unterschiedliche thematische Wissensbereiche für diese Kompetenzen prädiktiv werden (ebd.). Da zu Beginn des Projekts in gewerblich-technischen Domänen ausschließlich Strukturmodellierungen des Fachwissens vorlagen, in welchen eine Ausdifferenzierung entlang von inhaltlichen Anforderungsbereichen empirisch bestätigt werden konnten, wurde auch für die Testentwicklung des Fachwissenstests für die Elektroniker für Automatisierungstechnik eine inhaltliche Ausdifferenzierung in mehrere Dimensionen unterstellt.

Ausgehend von curricularer Erhebungen, die im Rahmen einer Machbarkeitsstudie in sieben europäischen Ländern für ein „Berufsbildungspisa“ erfolgten (Nickolaus & Geißel 2009) und die für Deutschland durch eigene Erhebungen und Analysen im Projektkontext ergänzt wurden (Nickolaus & Geißel 2012), konnten vier zentrale Inhaltsbereiche („Automatisierungstechnik“, „elektrische Energietechnik“, „elektrotechnische Grundlagen“ und „speicherprogrammierbare Steuerungen“ (SPS)) der Ausbildung des Elektrikers für Automatisierungstechnik herausgearbeitet werden.

**Niveaumodellierungen<sup>2</sup>:** Gebräuchlich sind für Niveaumodellierungen zwei Zugänge, a) regressionsanalytische Verfahren im Anschluss an Hartig (2007) und b) Verfahren zur Bestimmung relevanter Schwellen im Anschluss an Beaton und Allan (1992). Während beim ersten Typus entweder ex ante oder ex post die Aufgaben einem (mehrfachen) Ratingverfahren anhand theoretisch unterstellter Merkmale unterworfen und darüber regressionsanalytisch die Schwellenparameter bestimmt werden, geht die Niveaubestimmung nach Beaton und Allan (1992) von einer Sichtung der Lösungsverteilung aus, bestimmt über die Analyse von Lösungshäufigkeiten kritische Schwellen und beschreibt mit Repräsentanten der Aufgaben zwischen den jeweiligen Schwellen die Anforderungscharakteristik(en). Erstellt wurden Niveaumodelle, von Ausnahmen abgesehen, bisher primär für das Fachwissen, das in allen Strukturmodellierungen als eigenständige, jedoch mit der Wissensanwendung eng assoziierte Subdimension fachlicher Kompetenz ausgewiesen wird (im Überblick Nickolaus & Seeber 2013).

---

<sup>2</sup> Siehe dazu ausführlicher Nickolaus (2014)

Als häufiger beobachtete schwierigkeitsbestimmende Merkmale des Fachwissens sind zu nennen:

1. Kognitionspsychologisch-taxonomische Merkmale, z.B. im Anschluss an Bloom (Geißel 2008; Gschwendtner 2008; Nickolaus, Gschwendtner & Abele 2009; Schumann & Eberle 2011; Seeber 2008; Achtenhagen & Winther 2009).
2. Modellierungsanforderungen, d.h. Ansprüchen eigenständig kognitive Modellierungen zu den anforderungsspezifischen Zusammenhängen zu generieren (ebd.).
3. Mathematische Anforderungen (z.B. Seeber 2008).
4. Die Komplexität der Anforderungen, die domänenübergreifend als schwierigkeitsrelevant ausgewiesen werden (in der Berufsbildung z.B. Gschwendtner 2008; Achtenhagen & Winther 2009, Winther 2010; ähnlich auch in physikalischen Anforderungskontexten Kauertz 2009).
5. Bezogen auf das Fachwissen von Kfz-Mechatronikern und Elektronikern für Energie- und Gebäudetechnik wurde auch das Merkmal der Vertrautheit angeführt (z.B. Gschwendtner 2008), das allerdings streng genommen kein Aufgabenmerkmal sondern ein Merkmal der Interaktion von Person und Anforderungssituation darstellt.
6. Aufgabenformate wurden bisher vor allem außerhalb der beruflichen Bildung als schwierigkeitsrelevant angeführt (z.B. Artelt u.a. 2005). Besonders bedeutsam scheinen dabei vor dem Hintergrund der in der eigenen Studie verwendeten geschlossenen Aufgabenformate die Hinweise auf die Schwierigkeitsrelevanz offener vs. geschlossener Aufgabenformate (Schuhmann & Eberle 2011), wobei offene Aufgabenformate bei gleichen Inhalten meist schwerer sind. Insgesamt erweist sich die Befundlage zu den äußeren Aufgabenmerkmalen allerdings eher als uneinheitlich (vgl. auch Klieme 2000; Draxler 2005).
7. Verweisqualitäten in Tabellenbüchern: In gewerblich-technischen Domänen, in welchen sowohl in der Praxis als auch in den Test- und Prüfungssituationen Tabellenbücher verfügbar sind, werden verschiedentlich auch die aufgabenspezifischen Verweisqualitäten als schwierigkeitsbedeutsam angeführt (Geißel 2008; Gschwendtner 2008).

Typisch sind für die bisher vorgelegten Niveaumodellierungen deutliche Diskrepanzen zwischen den curricularen Ansprüchen und den tatsächlich erbrachten Leistungen, was insbesondere in den ULME Studien auf breiter Ebene dokumentiert (Lehmann & Seeber 2007) und inzwischen auch in anderen Untersuchungen immer wieder bestätigt wurde (Geißel 2008; Gschwendtner 2008; Nickolaus u.a. 2012; Nickolaus, Norwig & Petsch 2014). Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob, bzw. inwieweit dieses Phänomen auch bei den relativ leistungsstarken Elektronikern für Automatisierungstechnik beobachtet werden kann.

## 1.2 Forschungsfragen und Annahmen

Ausgehend von der oben skizzierten Befundlage soll im vorliegenden Beitrag den folgenden Fragestellungen nachgegangen werden:

1. Lässt sich auch für den Beruf des Elektrikers für Automatisierungstechnik am Ende der Ausbildung eine mehrdimensionale Struktur des Fachwissens bestätigen, die entlang von inhaltlichen Anforderungsbereichen ausdifferenziert ist?
2. Kommt den kognitiven Grundfähigkeiten auch bei dieser kognitiv relativ starken und vermutlich relativ leistungshomogenen Gruppe Erklärungskraft für die berufsfachlichen Kompetenzen zu?
3. Zeigen sich auch in diesem Ausbildungsberuf die für die Elektriker für Energie- und Gebäudetechnik dokumentierten Differenzen zwischen den curricularen Anforderungen und den tatsächlich erzielten Leistungen oder tritt dieses Phänomen bei dieser leistungsstarken Auszubildendengruppe nicht oder nur eingeschränkt auf?

Zu Frage 1: Obgleich die Testentwicklung unter der Grundannahme erfolgte, dass sich eine inhaltliche Ausdifferenzierung des Fachwissens bestätigen lässt, eröffnet sich die Möglichkeit neben verschiedenen inhaltlichen Kompositionen alternativ auch Ausdifferenzierungen des Fachwissens in Orientierung an kognitionspsychologischen Wissensformen (deklarativ vs. prozedural) und bezogen auf die mathematischen Anforderungen zu prüfen, die sich im ingenieurwissenschaftlichen Grundstudium als strukturbildend erwiesen (Behrendt, Dammann & Ștefănică 2015 in Vorbereitung).

Bezogen auf mögliche inhaltliche Ausdifferenzierungen kommen u.E. neben einem Generalfaktor noch drei weitere Modelle in Betracht, die auf einer Erhebung curricularer Schwerpunktsetzungen aus dem Jahr 2012 bei Elektrikern für Automatisierungstechnik und einer eigenen Befragung von 297 Auszubildenden des dritten Lehrjahres gründen. Extrahiert wurden aus diesen inhaltlichen Analysen vier potentielle Dimensionen, die innerhalb der Ausbildung vermittelt werden<sup>3</sup>: Elektrotechnische Grundlagen, Elektrische Energietechnik, Automatisierungstechnik und Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS). Dabei stellt der Ansatz, die vier curricularen Schwerpunkte getrennt voneinander zu modellieren, das eine Extremum dar, das andere ein Generalfaktormodell, das alle vier Bereiche in sich vereint. Im Anschluss an die bisher in anderen Domänen vorgelegten Strukturmodellierungen erwarten wir, dass eine mehrdimensionale Struktur, entlang von inhaltlichen Bereichen geeignet ist, die Daten am besten abzubilden (Hypothese 1).

Vergleichend getestet werden folgende Modellierungsansätze:

- Ein über das prozedurale und deklarative Wissen aufgespanntes Konstrukt des Fachwissens

---

<sup>3</sup> Ausgehend von den 15 möglichen Kombinationen der vier potentiellen Dimensionen (kombinatorisch  $4^4 = 256$ , die jedoch aus Symmetriegründen auf 15 unterscheidbare Varianten reduziert werden können) ergeben sich vier, unter inhaltlichen Gesichtspunkten sinnstiftend strukturierte Modelle, die sich gegeneinander abgrenzen lassen.

- Ein Konstrukt des Fachwissens, ausdifferenziert nach Anforderungen mit und ohne mathematische Operationen
- Drei Modelle des Fachwissens, in welchen eine inhaltliche Ausdifferenzierung unterstellt wird und
- ein Generalfaktor-Modell, dem die Annahme zugrunde liegt, dass alle operationalisierten Anforderungen unter einem latenten Konstrukt subsummiert werden können.

Zu Frage 2: Der Einfluss der kognitiven Grundfähigkeiten auf die berufsfachlichen Kompetenzen ist vielfach dokumentiert (im Überblick z.B. Abele 2014). Analog zu vergleichbaren Befunden in anderen Domänen (Abele 2014; Nickolaus u.a. 2010, 2011, 2012) ist es vor diesem Hintergrund trotz absehbarer Varianzeinschränkungen naheliegend, dass auch in diesem Beruf entsprechende Einflüsse beobachtet werden können. Zu erwarten ist, dass sich die kognitiven Grundfähigkeiten vor allem bezogen auf kognitiv anspruchsvolle Anforderungen als prädiktiv erweisen (Hypothese 2).

Zu Frage 3: Wie in Abschnitt 2 skizziert, ist davon auszugehen, dass es sich bei den Auszubildenden zum Elektroniker für Automatisierungstechnik um eine besonders leistungsfähige Gruppe handelt, bei der gegebenenfalls ein höheres Leistungsniveau beobachtet werden kann als bei Ausbildungen in die gemessen an den formalen Abschlüssen und den Basiskompetenzen leistungsschwächere Jugendliche einmünden. Andererseits sind aber auch hier Varianzen zu erwarten, so dass wir dennoch unterstellen, dass für einen Teil der Auszubildenden ebenfalls Diskrepanzen zwischen den curricularen Anforderungen und den tatsächlich erbrachten Leistungen beobachtet werden können. Dafür sprechen auch die im Rahmenlehrplan für den Beruf des Elektronikers für Automatisierungstechnik (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland 2003) formulierten Ziele, in welchen bereits ab dem ersten Lernfeld Vorgaben für die Auszubildenden formuliert werden, die eigenständige Analysen und Bewertungen einfordern und damit Ansprüche adressieren, die über Reproduktionsleistungen weit hinausgehen (Hypothese 3).

## **2 Methode**

### **2.1 Stichprobe**

Die hier vorgestellten Ergebnisse basieren auf Erhebungen aus dem Zeitraum Oktober 2013 bis Dezember 2014. In neun Bundesländern wurden insgesamt an 33 Schulen 1011 Auszubildende befragt und getestet. Da die Einbeziehung der Probanden in die Modellierung von der Bereitschaft der Schulen zur Partizipation an der Erhebung abhing, handelt es sich hierbei um keine repräsentative Stichprobe. Gleichwohl wurden damit rund 29 % der kumulierten Jahrgänge 2010 und 2011 (entspricht 57 % eines Jahrgangs gemittelter Größe) (BIBB 2013) der Auszubildenden erfasst und es liegen keine begründeten Annahmen für eine systematische Verzerrung innerhalb der Stichprobe vor.



Für die Aufnahme in die Auswertung wurden als Ein- bzw. Ausschlusskriterien angelegt:

- Einbezogen wurden ausschließlich Auszubildende im Beruf Elektroniker für Automatisierungstechnik (Industrie) bzw. Elektroniker Fachrichtung Automatisierungstechnik (Handwerk). D.h. Elektroniker für Betriebstechnik oder andere Berufe, die gelegentlich gemeinsam mit den Elektronikern für Automatisierungstechnik unterrichtet werden, blieben ausgeschlossen.
- Die Probanden befanden sich zum Zeitpunkt der Testung im letzten Ausbildungsjahr.
- Die bearbeiteten Testhefte lassen nicht darauf schließen, dass mutwillig gegen das Ziel der Testung verstoßen wurde.

Von den 1011 einbezogenen Auszubildenden wurden von der Auswertung 23 ausgeschlossen, weil die Bearbeitung erkennen ließ, dass der Proband vorsätzlich die Testung zu unterlaufen suchte (Abbruch der Bearbeitung, zufälliges Ankreuzen, Ankreuzen aller Alternativen in erheblichem Umfang, Strichzeichnungen statt Antworten, etc.). Die Testergebnisse von 43 Auszubildende wurden ausgeschlossen, da sich diese zum Zeitpunkt der Erhebung nicht im letzten Ausbildungsjahr befanden. Die Ergebnisse von 60 Auszubildende wurden ausgeschlossen, da diese nicht den Beruf des Elektrikers für Automatisierungstechnik erlernten. Weitere 7 Auszubildende gingen nicht in die Auswertung ein, weil diese (u.a. aufgrund von verspätetem Erscheinen) zwar an den Erhebungen der anderen Instrumente partizipierten, jedoch nicht am Fachwissenstest.

Die Ergebnisse der 878 verbleibenden Probanden stellen die Basis für die hier vorgestellten Analysen dar. Von den im Schnitt 20,4 ( $SD = 2$ ) Jahre alten Probanden waren 91,2 % männlich (Population 91,6 %; 93,7 % im Ausbildungsjahrgang 2010 (BIBB, 2013)). 24,8 % hatten eine Hochschulzugangsberechtigung (Abitur), 70,5 % besaßen einen Realschulabschluss (im Ausbildungsjahrgang 2010 besaßen 67 % einen Realschulabschluss und 29 % eine Studienberechtigung (BIBB 2013)).

## 2.2 Instrumente und Untersuchungsdesign

Wie oben bereits angedeutet wurde basierend auf eigenen (Nickolaus & Geißel 2012) und im Rahmen einer Machbarkeitsstudie zu einem Berufsbildungspisa durchgeführten curricularen Erhebungen (Nickolaus & Geißel 2012) von der Forschergruppe ein Paper-Pencil-Test unter Begleitung einer Expertengruppe mit Vertretern aus Betrieben, beruflichen Schulen und dem Prüfungsausschuss der Prüfungsaufgaben- und Lehrmittelentwicklungsstelle der IHK Region Stuttgart (PAL)<sup>4</sup> entwickelt. Die Items wurden dabei, anhand der festgestellten Ausbildungsschwerpunkte, ex ante disjunkt einem Inhaltsbereich zugeordnet.

Die Pilotierung des Instruments fand im ersten Quartal 2013 statt, die Haupterhebung wurde vom Herbst 2013 bis zum Winter 2014 überwiegend an beruflichen Schulen durchgeführt, von zwei größeren Ausbildungsgruppen wurden davon abweichend die Erhebungen in größeren Ausbildungsbetrieben durchgeführt.

---

<sup>4</sup> [https://www.stuttgart.ihk24.de/aus\\_und\\_weiterbildung/pal/pal\\_index/657140](https://www.stuttgart.ihk24.de/aus_und_weiterbildung/pal/pal_index/657140)

Da aus der Pilotierung bereits zu erwarten stand, dass ein erheblicher Anteil der Klassen weniger als 13 Auszubildende aufweisen würde, wurde ein modifiziertes PISA-Testheftdesign (OECD 2005) bestehend aus neun Testheften eingesetzt, so dass insgesamt 119 Items bei einer Beschränkung der Testzeit auf 120 Minuten administriert werden konnten. Das ebenfalls als Balanced Incomplete Block Design (Frey, Hartig & Rupp 2009) ausgelegte Multi-Matrix-Setting erlaubt die Kontrolle von Positions- und Carryover-Effekten erster Ordnung.

Ausgehend von Relevanzannahmen erhielt der Inhaltsbereich „Automatisierungstechnik“ im Testheftdesign besonderes Gewicht, wie der Tabelle 1 entnommen werden kann. Für die anderen Inhaltsbereiche „Elektrische Energietechnik“ (EET), „elektrotechnische Grundlagen“ (G) und „speicherprogrammierbare Steuerungen“ (SPS) wurde der Aufgabenpool gesplittet und als Cluster unterschiedlicher Größe vorgelegt. In der Tabelle 1 ist für diese Cluster die jeweilige Nummer hinter dem Inhaltskürzel angegeben.

<b>Cluster\TH</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	AT	SPS2	G2	G1	AT	EET2	SPS1	EET3	EET1
<b>2</b>	EET3	AT	EET2	EET1	SPS1	AT	G2	SPS2	G1
<b>3</b>	SPS1	EET2	AT	SPS2	EET3	G2	EET1	G1	AT
<b>4</b>	EET1	G2	SPS1	AT	G1	SPS2	EET3	AT	EET2

Tabelle 1: Eingesetztes Testheftdesign mit Verteilung der Cluster

Erlaubte Hilfsmittel während der Testung waren ein Tabellenbuch, eine Formelsammlung und ein Taschenrechner in Analogie zur IHK-Abschlussprüfung.

Während in der Pilotierung noch teilweise offene Aufgabenformate eingesetzt wurden, enthielten die Testhefte in der Haupterhebung durchgängig geschlossene Items. Diese waren als Single/Multiple Choice oder Zuordnungsaufgaben konstruiert und wurden mittels der Software AMC (Bienvenüe 2013) computerbasiert gegen die Lösung der Aufgaben abgeglichen, die von der Expertengruppe abgenommen wurde – daher kann ein einheitlicher Bewertungsmaßstab als gegeben angesehen werden. In der Abbildung 2 ist ein Beispielitem dargestellt, bei dem die Berechnung eines Stromflusses durchzuführen und die entsprechende Antwort anzukreuzen ist.

Wie aus Abbildung 2 ersichtlich, wurde für jedes Item darüber hinaus von den Auszubildenden die Vermittlungsintensität der Iteminhalte, getrennt nach Schule und Betrieb, mit einem fünfstufigen Likertantwortformat abgefragt, um die curriculare Validität bei der Interpretation der Testergebnisse absichern zu können.

Ein Motor an einem 400 V / 230 V 50-Hz-Netz wird in Y – Δ-Schaltung angelassen. In Y-Schaltung beträgt die Leistungsaufnahme 1500 W, der Leistungsfaktor 0,86. Wie groß ist der Stromfluss in einem Außenleiter bei Δ-Schaltung?

- 2,52 A  
 4,38 A  
 7,55 A  
 13,13 A

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi$$

$$I = \frac{P}{U \cdot \sqrt{3} \cdot \cos \varphi} = 2,52 \text{ A}$$

		gar nicht					sehr intensiv					
Inwieweit wurden die Inhalte der Aufgabe in der Schule/ im Betrieb bearbeitet?	Schule	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Betrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 2: Beispielim des Paper-Pencil-Tests mit Bearbeitung eines Probanden

Die Administration der Tests erfolgte anhand eines im Vorfeld verfassten Durchführungsmanuals durch die Forschergruppe selbst. Bei den Erhebungen auftretende Fragen und Probleme wurden protokolliert und in Abstimmung für nachfolgende Erhebungen einheitlich gehandhabt.

Die kognitiven Grundfähigkeiten wurde in den vier Bereichen Reihenfortsetzen, Klassifikationen, Matrizen und topologische Schlussfolgerungen durch die ersten vier Testlets des CFT-20R (Weiß 2006) bei 517 der 878 Probanden (entspricht 58,9 % der Stichprobe) mit erhoben.

### 2.3 Eingesetzte statistische Analysen und genutzte Gütekriterien

Aus den eingesetzten Items wurde in der Software ConQuest 3.01 (Adams, Wu & Wilson) eine IRT-basierte Modellierung des Fachwissens vorgenommen. Aufgenommen in die endgültige Modellierung wurden Items, die den folgenden Kriterien genügten:

- Lösungsquote des Items  $5\% < p < 95\%$
- $0.9 < WMNSQ < 1.1$ ,
- T-Wert  $< 2$
- Trennschärfe  $> 0$

(Moosbrugger & Kelava 2007; Wu & Adams 2007)

Von den ursprünglich 119 Items des Tests gingen in die Modellierung 75 Items ein. Grundlage der Modellierung stellt die Erweiterung des Raschmodell als Partial-Credit Modell (Masters, 1982) dar. Zum Vergleich der Modelle werden die Informationskriterien AIC und BIC sowie AICc und CAIC herangezogen. Deren Bewertung der Modellpassung ergibt sich aus den Kategorien von Raftery (Raftery 1995) bzw. durch den Einbezug der jeweiligen Modellgewichte (Buckland, Burnham & Augustin 1997).

Da die Modellierung auf die Bildung von Kompetenzniveaus für die zugrundeliegende Population der Stichprobe abzielt, und keine Aussagen über einzelne Probanden angestrebt wurden (Walter & Rost 2011), gleichzeitig jedoch keine multiplen Imputationen möglich waren (s.u.), wurde auf den EAP-Schätzer als Erwartungswert der plausible values (Walter & Rost 2011) bei der Modellierung zurückgegriffen.

Um die Testleistung der Probanden innerhalb der jeweiligen Dimensionen interpretieren zu können, wurde zur Identifizierung des Modells die mittlere Itemschwierigkeit auf Null fixiert (Walter & Rost 2011). Damit sind die Personenparameter zu verstehen als Verschiebung gegenüber einem Item durchschnittlicher Schwierigkeit, so dass eine negative Personenfähigkeit eine schwächere, eine positive Personenfähigkeit eine stärkere Leistung in einer Dimension beschreibt.

Angeschlossen ist eine Analyse der Zusammenhänge zwischen den inhaltlichen Subdimensionen unter Einbezug der kognitiven Grundfähigkeiten, die in der Software MPlus7 (Muthén, Muthén, Asparouhov & Nguyen 2012) durchgeführt wurde.

Aufbauend auf den Untersuchungen zur Struktur des Fachwissens wurde eine Niveaumodellierung vorgenommen. Dabei wurde auf das Vorgehen nach Beaton und Allen (Beaton & Allen 1992) rekurriert, da für ein Verfahren nach Hartig (Hartig 2007) nicht für jede Dimension genügend Items zur Verfügung standen. Damit die Verteilung der Stichprobe auf die Kompetenzstufen zuverlässig abgebildet werden konnte, wurde in Anlehnung an internationale Studien zur Ermittlung von Kompetenzniveaus (z.B. TIMSS (Mullis, Erberber & Preuschoff 2008) und DESI (Hartig 2007)), eine Lösungssicherheit von 65% zugrunde gelegt. Die Verankerung der Kompetenzniveaus erfolgte anhand der Kriterien aus TIMSS (Mullis et al. 2008), wobei nur die Kategorien „verankert“ (anchored) und „weitgehend verankert“ (almost anchored) verwendet wurden.

Ein Item wurde für eine Schwelle als „verankert“ klassifiziert, wenn die Lösungsquote mindestens 65 % im herangezogenen Intervall betrug; als „weitgehend verankert“ wurden Items eingestuft, deren Lösungsquote im Bereich der Schwelle oberhalb von 50 % aber unterhalb von 65 % lagen. Für beide Einstufungen galt darüber hinaus die Voraussetzung, dass die Lösungsquote unter der darunter liegenden Schwelle unterhalb von 50 % liegen musste<sup>5</sup>.

Wie aus Tabelle 1 zu ersehen ist, sind in keinem Testheft alle Aufgaben enthalten. Demzufolge treten im Datensatz eines jeden Probanden „missing by design“-Werte für die nicht vorgelegten Items auf. Die nachfolgende Tabelle 2 im Abschnitt 3 macht deutlich, dass darüber hinaus in gewissem Umfang Items zwar vorgelegt, aber nicht bearbeitet wurden.

Eine Imputation der fehlenden Werte innerhalb des hier vorgestellten Beitrags scheiterte daran, dass aufgrund der ohnehin hohen Testbelastung nur sparsam Kovariablen erhoben wurden. Am Ende einer explorativen Auswertung in MPlus steht die Erkenntnis, dass kein stabiles Imputationsmodell generiert werden konnte, anhand dessen eine verlässliche Vorhersage von plausible values möglich wäre ( $CFI < 0.4$ ). Aus diesem Grunde sind „nicht bearbeitete“ ebenso wie „nicht vorgelegte“ Items als „missing“ kodiert worden.

---

<sup>5</sup> Für die Klassifikation „verankert“ bzw. „weitgehend verankert“ zur Festlegung der niedrigsten Schwelle entfällt das letztgenannte Kriterium notwendigerweise.

### 3 Ergebnisse

Dass der eingesetzte Test insgesamt schwerer war, als für die Zielgruppe angemessen, wird bereits in der nachfolgenden Tabelle 2 deutlich. Die erreichten Lösungsquoten liegen, über alle Items der eingesetzten Inhaltsbereiche hinweg, zwischen 25 und 46 %. Dabei ist festzuhalten, dass die Items, wenn vorgelegt, einen hohen Grad an Bearbeitung erfahren haben.

<b>Dimension</b>	<b>Mittlere Bearbeitungsquote</b>	<b>Mittlere Lösungsquote</b>
<b>Automatisierungstechnik</b>	88 %	25 %
<b>Elektr. Energietechnik</b>	85 %	43 %
<b>Elektrotechnische Grundlagen</b>	90 %	46 %
<b>Speicherprogr. Steuerungen</b>	90 %	39 %

Tabelle 2: Mittlere Bearbeitungs- und Lösungsquoten der Aufgaben in den Subdimensionen

#### 3.1 Dimensionalität des Fachwissens

Für die Beantwortung der Forschungsfrage 1 kann auf die Devianzen aus den Modellierungen in ConQuest als Maß für die Passung der Modelle rekuriert werden bzw. auf die Informationskriterien AIC, AICc, BIC und CAIC. In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die sechs zu prüfenden Modellierungsansätze gegenüber gestellt.

Sind die Differenzen zwischen dem minimalen Betrag der Modelle eines Informationskriteriums und dem jeweiligen Betrag eines jeden Modells kleiner gleich 2 so gilt sowohl bezüglich der AIC-Kriterien (Burnham 2004) als auch des BIC (Raftery 1995), dass auch das schlechter bewertete Modell eine zu prüfende Annäherung an die Daten darstellt. Eine Differenz von 4 bis 7 spricht für eine deutlich geringere Evidenz des Modells mit dem höheren Betrag und ab einem Unterschied von mehr als 10 kann das Modell mit den höheren Werten ausgeschlossen werden. Aus der Tabelle 3 ist zu entnehmen, dass als einziges der angelegten Kriterien das AIC ein vierdimensionales Modell bevorzugt. Allerdings wird bei einem Personen/Parameter-Verhältnis unter 40, wie es bei den hier betrachteten Modellen der Fall ist, dazu geraten statt des AIC das für Stichprobengrößen korrigierte AICc zu verwenden (Burnham 2004). Gleichzeitig sprechen BIC und CAIC gegen das vierdimensionale Modell. Um zu reflektieren, dass die Auswahl eines Modells mit Unsicherheit behaftet ist, werden für die jeweiligen Modelle Gewichtungen errechnet, so dass, unabhängig von den theoretischen Grundannahmen hinter den Informationskriterien, die Aussagen zueinander vergleichbar sind. In Klammern ist angegeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit das jeweilige Modell zu bevorzugen ist (Buckland et al. 1997).

	<b>Dimensionalität</b>	<b>Deviance</b>	<b>Param.</b>	<b><math>\Delta</math>AIC (<math>w_i</math> in %)</b>	<b><math>\Delta</math>BIC (<math>w_i</math> in %)</b>	<b><math>\Delta</math>CAIC (<math>w_i</math> in %)</b>	<b><math>\Delta</math>AICc (<math>w_i</math> in %)</b>
<b>1</b>	Prozedural deklarativ –	34.503,15	87	39,91 (0%)	24,37 (0%)	21,37 (0%)	37,27 (0%)
<b>2</b>	Mathem. – nicht mathem.	34.484,73	87	21,49 (0%)	5,95 (5%)	2,95 (16%)	18,85 (0%)
<b>3</b>	1D: Generalfaktor	34.507,51	85	40,27 (0%)	15,17 (0%)	10,17 (0%)	36,71 (0%)
<b>4</b>	2D: AT – EET	34.485,53	87	22,29 (0%)	6,75 (3%)	3,75 (11%)	19,65 (0%)
<b>5</b>	3D: AT/SPS – EET – G	34.458,45	90	1,21 (35%)	0 (92%)	0 (72%)	0 (66%)
<b>6</b>	4D: AT – EET – G – SPS	34.447,24	95	0 (65%)	22,67 (0%)	27,67 (0%)	1,3 (34%)

Tabelle 3: Vergleich der Passung unterschiedlicher Modellierungsansätze bewertet anhand verschiedener Informationskriterien

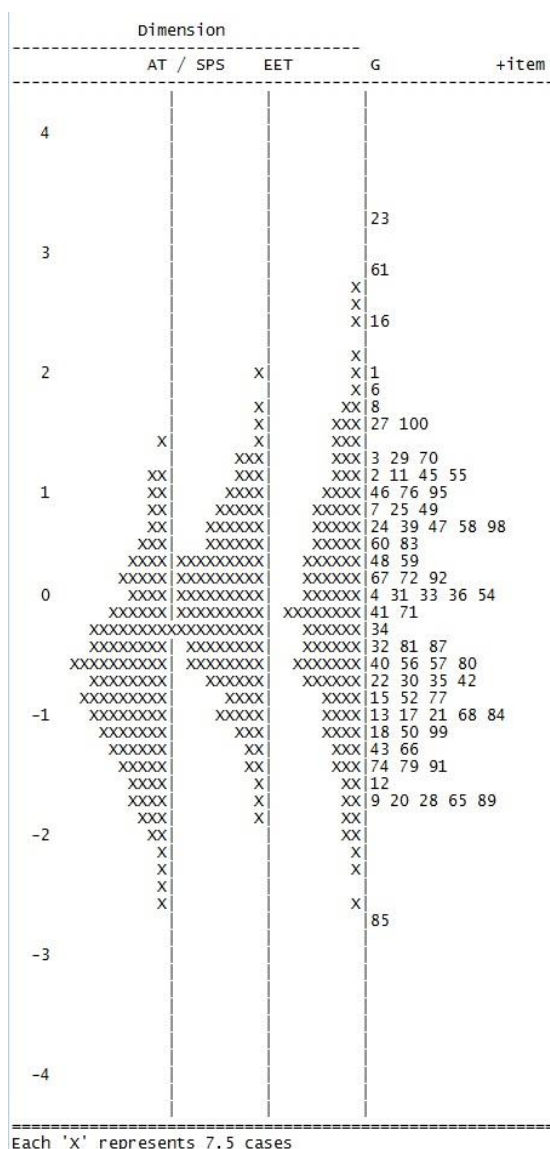
Von den herangezogenen Informationskriterien favorisieren sowohl das sparsamkeitsbevorzugende BIC, als auch das nicht auf der K-L-Divergenz basierende, dimensionskonsistente CAIC und das für Stichprobengrößen korrigierte AICc für die Daten ein dreidimensionales Modell. Das Fachwissen lässt sich demzufolge, ähnlich wie bei dem Beruf des Kfz-Mechatronikers und des Elektronikers für Energie- und Gebäudetechnik, am Ende der Ausbildung als ein mehrdimensionales Konstrukt modellieren, das mit den inhaltsbezogenen Subdimensionen „Automatisierungstechnik / SPS“, „elektrische Energietechnik“ und „elektrotechnische Grundlagen“ beschrieben werden kann. D.h., H1 wird gestützt.

In der nachfolgenden Tabelle 4 sind für das dreidimensionale Modell die Korrelationen zwischen den Subdimensionen und auf der Diagonale die zugehörigen EAP/PV-Reliabilitäten angegeben.

	<b>AT/SPS</b>	<b>EET</b>	<b>G</b>
<b>AT/SPS</b>	0.72		
<b>EET</b>	0.83	0.72	
<b>G</b>	0.87	0.89	0.72

Abzulesen sind akzeptable Reliabilitäten (Moosbrugger & Kelava 2007) der hoch korrelierenden, aber empirisch trennbaren Dimensionen des Fachwissens.

Tabelle 4: Interkorrelationen der Subdimensionen und EAP/PV-Reliabilitäten (auf der Diagonalen)



In Abbildung 3 sind die Wrightmaps für die drei Subdimensionen wiedergegeben. Zu sehen ist, dass die Aufgaben der Dimension „Automatisierungstechnik / SPS“ für die Probanden relativ schwierig waren, da die Personenfähigkeiten der meisten Probanden unterhalb der mittleren Itemschwierigkeit einzuordnen sind. Die Verteilung der Items dokumentiert, dass im unteren Schwierigkeitssegment die Entwicklung zusätzlicher Items wünschenswert wäre, ansonsten ist das Schwierigkeitsspektrum gut abgedeckt.

Abbildung 3: Wrightmap des 3D-Fachwissens mit den Dimensionen AT/SPS (links), EET (mitte links), Grundlagen (mitte rechts) und den Items (rechts).

### 3.2 Zusammenhänge der Fachwissensdimensionen bei Einbezug der kognitiven Grundfähigkeiten

Der über den CFT-20R (Weiß 2006) erhobene, alterskorrigierte IQ liegt für die Stichprobe im Mittel bei 108 ( $SD = 14$ ) Punkten. Die Annahmen über die Zusammensetzung der untersuchten Stichprobe als kognitiv überdurchschnittlich starke Gruppe erweist sich damit auch gemessen an diesem Kriterium als tragfähig. Bei der Erstellung eines Strukturgleichungsmodells in MPlus zeigte sich, dass die verhältnismäßig hohe Zahl von Parametern in Relation zu der erzielten Stichprobengröße und in Verbindung mit dem eingesetzten Multi-Matrix-Design eine Gesamt-

Schätzung verhinderte<sup>6</sup>. Daher wurden die aus ConQuest identifizierten Teildimensionen in MPlus jeweils unter Berücksichtigung der kognitiven Grundfähigkeiten getrennt geschätzt, die daraus resultierenden Itemparameter fixiert und im Anschluss daran im Gesamtkontext modelliert.

Aufgrund des Vorgehens bei der Modellierung stehen keine der typischen Kenngrößen zur Beurteilung der Modellpassung eines Strukturgleichungsmodells zur Verfügung. Die nachfolgende Abbildung 4 stellt das Strukturmodell des Fachwissens bei Elektronikern für Automatisierungstechnik unter Einbezug der via CFT-20R erhobenen kognitiven Grundfähigkeiten dar.

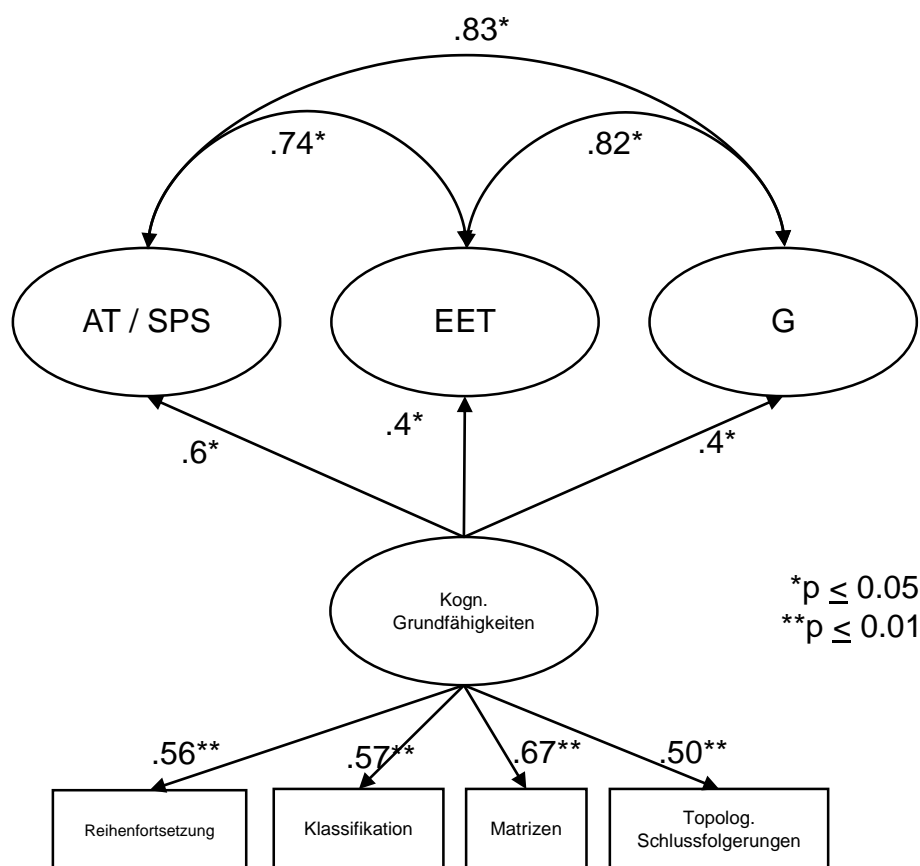


Abbildung 4 - Zusammenhang der inhaltlichen Dimensionen des Fachwissens mit den kognitiven Grundfähigkeiten

Aus der Abbildung 4 lässt sich entnehmen, dass die kognitiven Grundfähigkeiten für alle Subdimensionen des Fachwissens Erklärungskraft besitzen. Erwartungskonform erreichen die kognitiven Grundfähigkeiten vor allem bezogen auf die Automatisierungstechnik, d.h. die besonders anspruchsvolle Subdimension, eine hohe prädiktive Kraft.

<sup>6</sup> Mit einem Anteil von mehr als 50 % fehlender Werte bedingt durch das eingesetzte Testheftdesign und einer, für die Zahl der zu schätzenden Parameter, vergleichsweise kleineren Stichprobe war eine Modellierung eines Gesamtmodells nicht erfolgreich.



### 3.3 Niveaumodellierungen

Dem Verfahren nach Beaton und Allen (Beaton & Allen 1992) folgend, wurde eine Niveaumodellierung entlang des Vorgehens in der TIMS-Studie (Mullis et al. 2008) durchgeführt. In den nachstehenden Abbildung 5 bis Abbildung 7 sind die jeweiligen Verteilungen der Personenfähigkeiten innerhalb der einzelnen Dimensionen, die Niveaustufen und die Zahl der Probanden auf der jeweiligen Stufe dargestellt. Zur Beschreibung werden, wie in Abschnitt 2.3 beschrieben, zwei Kategorien herangezogen.

Bei der Beschreibung „verankert“ finden sich Inhalte, die auf der jeweiligen Niveaustufe mit hinreichender Sicherheit beherrscht werden. Als „weitgehend verankert“ werden Inhalten angeführt, deren Lösungssicherheit nicht an das geforderte 65 %-Kriterium heranreicht, die jedoch mindestens mit 50 prozentiger Lösungswahrscheinlichkeit von den Probanden beherrscht werden.

Um der inhaltlichen Trennung zwischen den Subdimensionen Rechnung zu tragen, wird keine gemeinsame Modellierung über alle Dimensionen hinweg unternommen, sondern jeder Inhaltsbereich wird auf der Basis der zugeordneten Items gesondert beschrieben. Eine Modellierung der Itemschwierigkeit anhand der in Abschnitt 1.1 angeführten schwierigkeitsbestimmenden Merkmalen scheitert, wie oben bereits erwähnt, daran, dass nicht über alle Inhalte hinweg ein linearer Zusammenhang zwischen Merkmalsausprägung und Schwierigkeitsgrad unterstellt werden kann. Gleichwohl können einzelne Merkmale, wie die kognitiven Niveaustufen im Anschluss an die Bloomsche Taxonomie (Bloom, Krathwohl & Masia 1984) zur Beschreibung der Aufgaben genutzt werden.

Um die jeweiligen curricularen Ansprüche zu illustrieren, werden jeweils Auszüge aus dem Rahmenlehrplan (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland 2003) vorgestellt. Das Lernfeld 3 umfasst unter anderem die Bereiche Sensoren und Aktoren, Verbindungs- und speicherprogrammierbare Signalverarbeitung und Logische Grundverknüpfungen. Dort finden sich Formulierungen wie „*Schüler analysieren Anlagen und Geräte*“, „*planen Änderungen und Anpassungen von Steuerungen*“ und „*wählen dazu Baugruppen und deren Komponenten [...] aus*“ (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2003). Ähnlich lauten die Formulierungen in Lernfeld 7 zur Programmierung: „*Sie wählen dazu geeignete Lösungen sowie Baugruppen, Bussysteme, Sensoren und Aktoren aus. Die Schülerinnen und Schüler entwerfen und erstellen normenkonform Steuerungsprogramme mit bibliotheksfähigen Funktionen und Funktionsbausteinen. Die Schülerinnen und Schüler programmieren Verknüpfungssteuerungen, auch mit Zeit- und Zählerfunktionen*“ (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2003). In der Bloomschen Taxonomie entspricht dies den Anforderungen Analysieren bis Evaluieren. Die o.g. Ansprüche aus dem Rahmenlehrplan werden im Folgenden jeweils den Items gegenübergestellt, die die jeweiligen Niveaustufen begründen. Für eine ganze Reihe von Aufgaben zu Inhalten aus dem 3. Ausbildungsjahr erreichten auch die Auszubildenden, die auf der höchsten Niveaustufe zugeordnet wurden keine Lösungsquoten, die dazu hinreichen von einer Verankerung der Items zu sprechen. (vgl. Abschnitt 2.3). Dementsprechend konnten diese Aufgaben nicht zur Verankerung herangezogen werden, so dass die im Folgenden vorgestellten Inhalte nur einen Ausschnitt des administrierten Tests abbilden können. Da die zur

Charakterisierung herangezogenen Merkmale nicht deckungsgleich zwischen den Inhaltsbereichen vorhanden sind, erfolgt die Beschreibung der Schwellen auf einem weniger abstrakten Niveau und ist konkreter an den konstituierenden Aufgaben ausgerichtet.

### 3.3.1 Niveaumodell Automatisierungstechnik

Um die zentralen Schwerpunkte des Berufs abzubilden, wurden im Test die Items der Dimension „Automatisierungstechnik / SPS“ in acht der neun Testhefte den Probanden vorgelegt. Wie sowohl aus Abbildung 3 als auch aus der Tabelle 2 entnommen werden kann, stellte diese Inhaltsdimension für die Probanden eine erhebliche Herausforderung dar.

In Abbildung 5 ist die Verteilung der Personenfähigkeit in der Dimension Automatisierungstechnik / SPS aufgetragen. Mehr als jeder 10. Auszubildende war nicht in der Lage die Anforderungen für das Erreichen der ersten Niveaustufe zu erfüllen. Fast die Hälfte der untersuchten Auszubildenden erreicht lediglich die erste Schwelle und kann damit nur Aufgaben mit einem geringen Anforderungsprofil mit hinreichender Sicherheit bewältigen. Weniger als ein Drittel der Probanden (31,8 %) erreichen die dritte Kompetenzstufe und lediglich 8 % befinden sich auf der höchsten Niveaustufe. Nachfolgend wird eine Beschreibung der jeweiligen Niveaustufen mit den zugehörigen Anforderungen bzw. Inhalten vorgenommen, beginnend mit dem Niveau 2 als der niedrigsten Stufe, für die eine Beschreibung möglich ist.

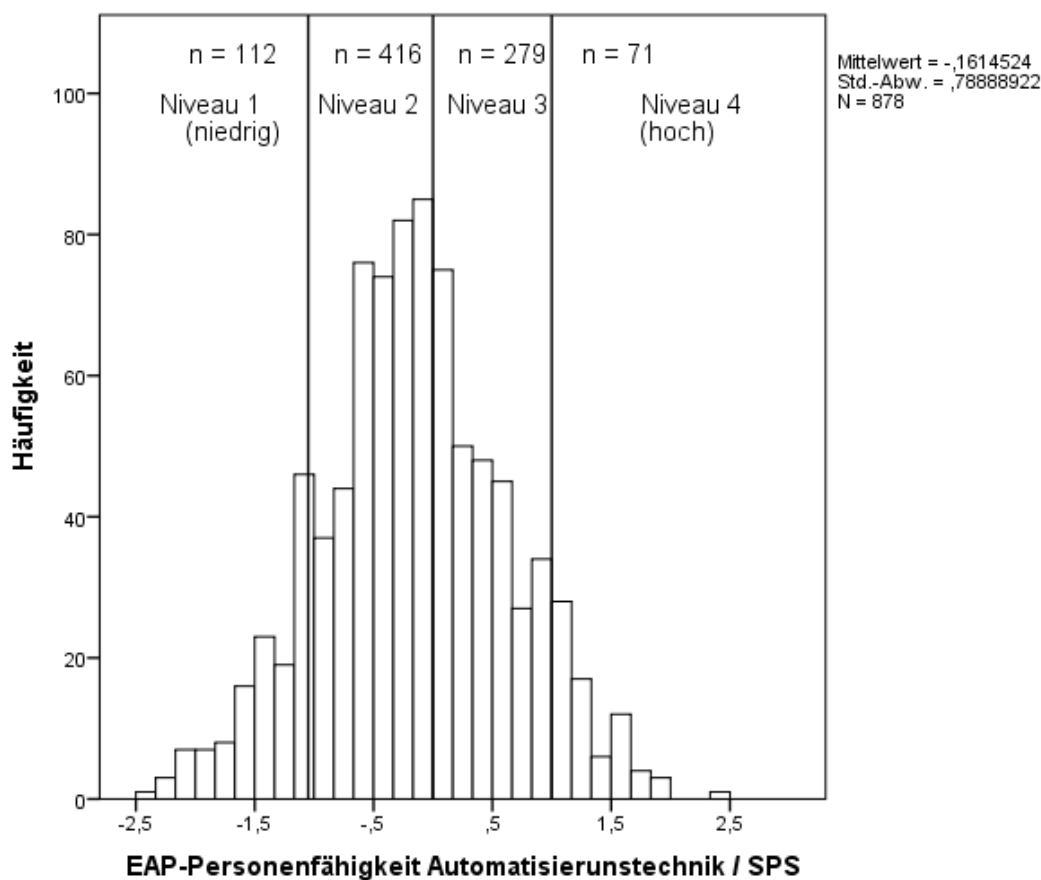


Abbildung 5: Verteilung der Personenfähigkeit in der Dimension Automatisierungstechnik / SPS

### Niveau 2:

Die konstituierenden Items dieser Stufe stammen aus Lernfeldern des 1. Ausbildungsjahres (LF 3). Wenn für die Aufgaben nicht die gesamte Lösung im Tabellenbuch nachgeschlagen werden kann, so doch mindestens Teile des Lösungsweges. Neben dem Aufgabentext ist maximal eine Tabelle oder Grafik mit zu berücksichtigen. Das Anforderungsniveau der Aufgaben verteilt sich auf die unteren beiden Stufen „Kennen“ und „Verstehen“ der Bloomschen Taxonomie und stellt somit vergleichsweise niedrige Anforderungen.

Sicher verankert (Anchored) ist auf dieser Stufe beispielsweise ein Wissen bzw. Grundverständnis über „Bauelemente“, wie es für das Erkennen von Symbolen und deren Vergleich mit einer gegebenen Anweisungsliste notwendig ist.

Weitgehend verankert (Almost Anchored) ist die Kenntnis einfacher logischer Grundverknüpfungen insoweit, dass die zugehörigen Wahrheitstabellen zugeordnet werden können.

### Niveau 3:

Die Aufgaben stammen aus den Lernfeldern des 1. und 2. Ausbildungsjahres (LF 3,6,7). Das Antwortformat bestehen überwiegend aus Multiple Choice- und Zuordnungsaufgaben, dementsprechend oft ist die Zahl der notwendigen Lösungsschritte höher. Auch lassen sich die Aufgaben nur zum Teil rein mit Hilfe des Tabellenbuchs lösen. Die im Aufgabentext gegebenen Informationen sind aufeinander zu beziehen und ergeben erst im Kontext eine Lösung. Zusätzlich zum Aufgabentext ist mindestens eine Tabelle oder Grafik mit zu berücksichtigen. Gegenüber dem darunterliegenden Niveau stellt ein größerer Teil der Aufgaben die Anforderung, dass erlernte Inhalte in neue Situationen zu übertragen und dort anzuwenden sind.

Sicher verankert ist hier die Kenntnis logischer Grundverknüpfungen, die Fähigkeit Kenngrößen zu verschiedenen Bauelementen zu berechnen (Anwendung) oder auch das Verständnis gegebener Pneumatikpläne bzw. Pneumatiksteuerungen. Lücken in Funktionsplänen und Schaltungen können ergänzt werden. Auch im Bereich der Signalverarbeitung wird die Anwendungsebene erreicht.

Weitgehend verankert sind z.B. Aufgaben zur Bestimmung zeitabhängigen Verhaltens von Schaltungen oder zur korrekten Bestimmung einer Ablaufsteuerung, die konkrete Vorgaben erfüllen muss.

### Niveau 4:

Die zugrunde liegenden Aufgaben des Niveaus 4 entstammen ebenfalls den Lernfeldern des 1. und 2. Ausbildungsjahres (LF 1,3,6,7). Auch auf diesem Niveau sind in aller Regel die Aufgaben so konstruiert, dass ein Zusammenhang zwischen den Informationen der Aufgabe hergestellt werden muss. Die Aufgaben lassen sich nur zum Teil mit Hilfe des Tabellenbuchs lösen. Zusätzlich zum Aufgabentext ist mindestens eine Tabelle oder Grafik mit zu berücksichtigen. Anforderungen werden z.T. nur implizit genannt. Gegenüber dem Niveau 3 wird bei der Bearbeitung der Aufgaben bei einem Teil der Aufgaben auch das Anforderungsniveau „Analyse“ erreicht und damit im Ansatz der curriculare Anspruch eingelöst.

Sicher verankert ist hier z.B. die Kenntnis der Aufgaben von Programmbausteinen, die Fähigkeit zeitabhängiges Verhalten in gegebenen Schaltungen zu bestimmen (Analyse) oder Eigenschaften von Sensoren gegeneinander abzugrenzen.

Weitgehend verankert sind z.B. analytische Fähigkeiten, wie sie bei der Klassifikation impliziter Eigenschaften von Steuerungen notwendig sind.

### 3.3.2 Niveaumodell Elektrische Energietechnik

In der Dimension „Elektrische Energietechnik“ verteilen sich die Probanden vor allem auf die zweite (rund 36 %) und dritte Niveaustufe (rund 39 %). Dazu finden sich annähernd gleiche Anteile auf der höchsten und der niedrigsten Stufe (Abbildung 6).

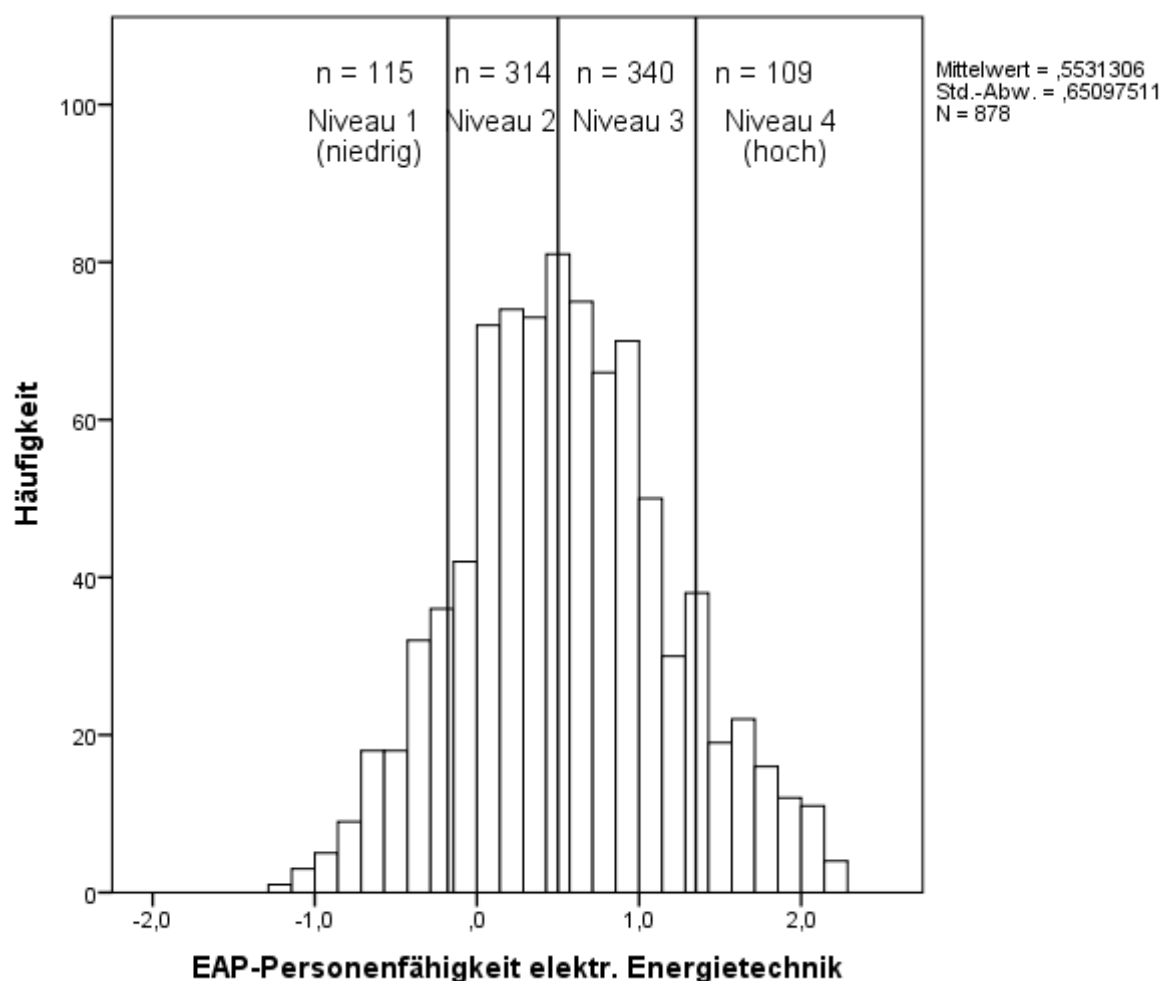


Abbildung 6: Verteilung der Personenfähigkeit in der Dimension elektr. Energietechnik

Um für diesen Inhaltsbereich den curricularen Anspruch transparent zu machen sei aus dem Lernfeld 8 ein Ausschnitt angeführt:

„Sie bewerten die Antriebe hinsichtlich ihrer Eignung, auch unter ökonomischen Aspekten. [...] Die Schülerinnen und Schüler nutzen auch englischsprachige Fachbegriffe zur Darstellung von Sachinformationen der Antriebstechnik“ (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland 2003).

Während die Anforderung an die Fachsprachlichkeit das Niveau „Anwendung“ beschreibt, liegen die übrigen Vorgaben, wie auch in den beiden anderen Inhaltsdimensionen, auf den oberen Niveaustufen der Bloomschen Taxonomie.

#### Niveau 2:

Im Gegensatz zum Niveau 2 der Dimension Automatisierungstechnik sind in dieser Dimension Lernfelder der ersten beiden Ausbildungsjahre abgebildet (LF 1,5,6). In den Aufgaben dieses Niveaus wird vor allem deklaratives Faktenwissen abgefragt. Zusätzlich zum Aufgabentext ist mindestens eine Tabelle oder Grafik mit zu berücksichtigen.

Sicher verankert sind z.B. Kenntnisse und Verständnis von Schutzklassen, sowie das Verständnis von Betriebswerten eines Motors.

Weitgehend verankert sind Grundkenntnisse von Messverfahren und das Verständnis von Schaltsymbolen.

#### Niveau 3:

Die Aufgaben stammen aus Lernfeldern des 1. und 2. Ausbildungsjahres (LF 1,2,5). Zusätzlich zum Aufgabentext ist selten mehr als eine Tabelle oder Grafik mit zu berücksichtigen. Die Aufgaben teilen sich gleichmäßig zwischen prozeduralem und deklarativem Wissen auf. Gegenüber dem darunterliegenden Niveau wird die Anforderung „Anwenden“ erreicht; bei den „weitgehend verankerten“ Aufgaben wird mitunter auch die Notwendigkeit zur „Analyse“ erreicht.

Sicher verankert sind beispielsweise das Verständnis von Schutzeinrichtungen, die Interpretation von Messwerten und Betriebswerten, die Berechnung von Kennwerten elektrischer Grundgrößen (Anwendung) oder auch die Eigenschaften eines Drehstrommotors.

Weitgehend verankert ist z.B. die Fähigkeit situationsangemessen Schutzarten zu wählen, die Ermittlung von Kenngrößen bei Vorlage impliziter Angaben und die Fähigkeit zur situationsadäquaten Auswahl eines Antriebs.

#### Niveau 4:

Auch hier repräsentieren die Aufgaben Inhalte aus Lernfeldern des 1. und 2. Ausbildungsjahres (LF 1,2,5,6,8). Zusätzlich zum Aufgabentext sind in etwa einem Drittel der Aufgaben mindestens zwei Grafiken oder Tabellen zu berücksichtigen. Dabei kann das Tabellenbuch nur für wenige Aufgaben zur Unterstützung herangezogen werden. Die Aufgaben stellen zu einem großen Teil bei der Bearbeitung prozedurale Wissensanforderungen und überstreichen die unteren vier Anforderungsniveaus der Taxonomie. D.h. erst auf dieser Stufe werden einzelne Aufgaben beherrscht, deren Anforderungen noch auf der kognitiven Stufe der Reproduktion und des Verständnisses liegen. Eine ganze Reihe der Aufgaben lassen sich in der Taxonomie auf der Stufe „Analyse“ verorten.

Sicher verankert ist z.B. die Fähigkeit der situationsangemessenen Schutzartwahl, die mehrschrittige Berechnung von Kenngrößen bei impliziten Vorgaben, die messtechnische Ermittlung von Werten und deren anschließende rechnerische Verarbeitung, das Verständnis unterschiedlicher Schaltplanarten und die Fähigkeit Auswirkungen von Veränderungen an Motoren abzuschätzen.

Weitgehend verankert ist z.B. die Fähigkeit Antriebe anhand verschiedener Kriterien systematisch zu vergleichen und aufwendigere Berechnungen durchzuführen.

### 3.3.3 Niveaumodell elektrotechnische Grundlagen

Die Inhalte der Dimension „elektrotechnische Grundlagen“ sind die Ausgangsbasis für viele der fortgeschrittenen Konzepte aus den beiden anderen Dimensionen. Wie in der Dimension Automatisierungstechnik kommen auch bei den elektrotechnischen Grundlagen über die Hälfte der Auszubildenden nicht über die erste Schwelle hinaus. Aus der Abbildung 7 wird deutlich, dass die Streubreite der Verteilung insgesamt breiter ist ( $SD(AT) = 0.78$ ;  $SD(EET) = 0.65$ ;  $SD(G) = 1.14$ ), gleichzeitig erreicht aber rund jeder 6. Auszubildende die höchste Kompetenzstufe, während dies bei etwa jedem 8. in der Dimension „elektrische Energietechnik“ und nur knapp jedem 12. in der Dimension „Automatisierungstechnik / SPS“ der Fall ist.

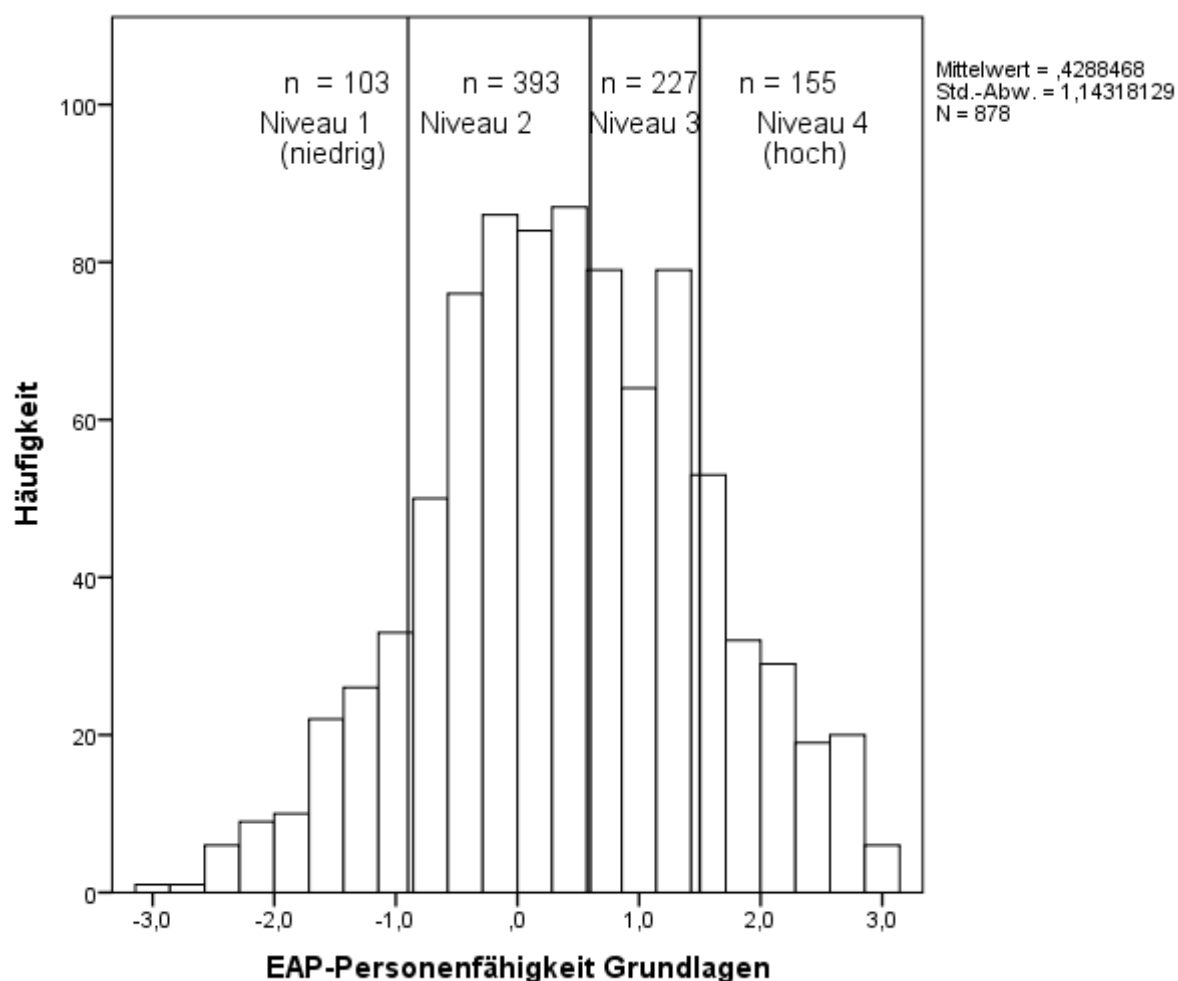


Abbildung 7: Verteilung der Personenfähigkeit in der Dimension elektrotechnische Grundlagen  
Zur Illustration der curricularen Ansprüche des Inhaltsbereichs wird auf die Beschreibung des Lernfeldes 2 recurriert, um die eingangs vorgestellten allgemeinen Formulierungen zu ergänzen:

*„Die Schülerinnen und Schüler planen Installationen unter Berücksichtigung typischer Netzsysteme und der erforderlichen Schutzmaßnahmen. [...] Sie bemessen die Komponenten und wählen diese unter funktionalen, ökonomischen und ökologischen Aspekten aus“* (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland 2003).

Auch hier werden Ansprüche auf den oberen Taxonomiestufen formuliert.

#### Niveau 2:

Wie bei der Automatisierungstechnik beziehen sich die Inhalte dieses Niveaus nur auf Lernfelder des 1. Ausbildungsjahres (LF 1,2). Die Aufgaben können vollständig mit Hilfe des Tabellenbuchs gelöst werden, zusätzlich zum Aufgabentext ist eine Tabelle oder Grafik mit zu berücksichtigen. Nur ein Teil der Aufgaben macht Berechnungen notwendig.

Sicher verankert sind z.B. Anforderungen, die die Wiedergabe und das Verständnis grundlegender Sicherheitsregeln erfordern.

Weitgehend verankert ist die Berechnung von elektrotechnischen Grundgrößen.

#### Niveau 3:

Aufgaben aus den Lernfeldern des 1. und 2. Ausbildungsjahres (LF 1, 2, 6) stellen die Inhalte dieses Niveaus. Zusätzlich zum Aufgabentext ist mindestens eine Tabelle oder Grafik mit zu berücksichtigen. Das Tabellenbuch enthält nur für einen Teil der Aufgaben Lösungen und die Berechnungen erfordern oft mehrere Rechenschritte. Im Gegensatz zum darunterliegenden Niveau geht ein Teil der Aufgaben im Anspruch über die Stufe des „Verstehens“ hinaus.

Sicher verankert ist die Bewältigung von Anforderungen, in welchen das Verhalten einfacher Grundschaltungen abzuschätzen ist oder die Berechnung elektrotechnischer Grundgrößen.

Weitgehend verankert ist das Verständnis verschiedener Schaltplanarten und die rechnerische Ermittlung von Kenngrößen aus Diagrammen.

#### Niveau 4:

Die Aufgaben basieren auf Lernfeldern des 1. und 2. Ausbildungsjahres (LF 1,2,3,6). Das Tabellenbuch enthält nur für einen Teil der Aufgaben Lösungshinweise. Die gegebenen Informationen müssen in der Regel in einen Kontext eingearbeitet werden und die Berechnungen erfordern oft mehrere Rechenschritte. Zusätzlich zum Aufgabentext ist mindestens eine Tabelle oder Grafik mit zu berücksichtigen. Im Gegensatz zum darunterliegenden Niveau verlangen alle Aufgaben dieses Niveaus durchgängig eine „Anwendung“ von Fachwissen.

Sicher verankert sind z.B. Berechnungen von Kenngrößen aus Diagrammen, die Auswahl geeigneter Bauelemente auf der Grundlage geltender Normen und Richtlinien und die Bestimmung des Verhaltens von grundlegenden Bauelementen.

Da in dieser Dimension Anforderungen repräsentiert wurden, denen grundlegende Bedeutung für darauf aufbauende Konzepte der anderen Bereiche zugesprochen wird, lag das Anforderungsprofil der Aufgaben, die hier zur Beschreibung herangezogen werden konnten, insgesamt etwas unterhalb des curricular intendierten. Insofern ist der Befund umso

bemerkenswerter, dass nur knapp jeder sechste Auszubildende eine Testleistung auf dem vierten Kompetenzniveau erreichte.

Damit lässt sich hinsichtlich der Forschungsfrage 3 festhalten, dass in allen drei Subdimensionen ein erheblicher Anteil der Auszubildenden hinter den im Rahmenlehrplan vorgegebenen Zielen zurückbleibt und je nach Subdimension zwischen 50 und 60 % der Auszubildenden nicht über die erste Niveauschwelle hinauskommen.

## 4 Diskussion

Die vorgestellte Studie hatte zum Ziel: (1) die Struktur des Fachwissens für den Beruf des Elektroniklers für Automatisierungstechnik am Ende der Ausbildung zu ermitteln und Aufschlüsse über eine mögliche Ausdifferenzierung des Fachwissens zu geben, wie sie in anderen gewerblich-technischen Berufen beobachtet werden kann und (2) eine darauf aufbauende Niveaumodellierung vorzunehmen. Ausgehend von Erhebungen zu curricularen Schwerpunktsetzungen wurde ein Test entwickelt, der im Paper-Pencil-Format gestaltet wurde und durchgängig geschlossene Antwortformate enthält. Inhaltlich wurde bei der Testentwicklung im Anschluss an die Befundlage unterstellt, dass sich eine entlang von Inhaltsbereichen beobachtbare Ausdifferenzierung des Fachwissens bestätigen lässt. Der Testzuschnitt gibt jedoch auch die Möglichkeit Ausdifferenzierungen nach Wissensformen der Kognitionspsychologie und nach mathematischen Anforderungen vorzunehmen, die sich partiell in anderen Kontexten als strukturelevant erwiesen. Die erwartungskonform bestätigte Ausdifferenzierung des Fachwissens entlang von Inhaltsbereichen weist nur insoweit eine Abweichung von den ursprünglichen Annahmen auf, als die bei der Testentwicklung unterstellten Subdimensionen Automatisierungstechnik und SPS empirisch nicht getrennt werden können. Das bedeutet, dass zur Bewältigung der in diesen Bereichen gestellten Anforderungen letztlich die gleichen Kompetenzen benötigt werden. Weitere Ausdifferenzierungen innerhalb der identifizierten Subdimensionen (Elektrotechnische Grundlagen, Automatisierungstechnik/SPS, Elektrische Energietechnik), z.B. nach mathematischen Anforderungen oder den Wissensarten scheitern bereits an der verfügbaren Itemzahl, so dass nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich noch weitere Ausdifferenzierungen innerhalb der einzelnen Subdimensionen in Orientierung an den Eingangs angedeuteten Optionen belegen lassen.

Die Zusammenhänge zwischen den Subdimensionen fallen relativ hoch aus, insbesondere die Grundlagen haben erhebliche gemeinsame Varianzen mit den anderen Subdimensionen, was man als Hinweis auf die Bedeutung des Grundlagenwissens für die weitere Kompetenzentwicklung deuten könnte. Im Hinblick auf die Prüfungspraxis spricht die dokumentierte Mehrdimensionalität für deren Abdeckung in den Prüfungszuschnitten, da ansonsten keine verlässliche Abschätzung der Fachkompetenz gewährleistet werden kann. Die an anderer Stelle (Walker, Link & Nickolaus 2015) dokumentierte prädiktive Kraft des Fachwissens für die fachspezifische Problemlösekompetenz macht auch nochmals den Stellenwert des Fachwissens deutlich, das eine zentrale Voraussetzung zu sein scheint um auch komplexere Problemlösungen, wie sie beispielsweise bei der Analyse steuerungstechnischer



Anlagen notwendig werden, zu erbringen.

Die kognitiven Grundfähigkeiten sind bezogen auf alle Subdimensionen erwartungskonform prädiktiv, besonders starke Effekte zeigen sich bezogen auf die Subdimension Automatisierungstechnik/SPS, die sich empirisch als besonders anspruchsvoll erweist.

Die Ergebnisse der Niveaumodellierungen machen deutlich, dass auch bei dieser kognitiv relativ leistungsfähigen Gruppe, die in anderen Studien dokumentierten Diskrepanzen zwischen den curricularen Ansprüchen einerseits und den erreichten Leistungsniveaus andererseits, repliziert werden können. Wir interpretieren das als Ausdruck von (noch) nicht ausgeschöpften Entwicklungspotentialen, dieser grundsätzlich leistungsstarken Zielgruppe. Von zentralem Interesse scheint, ob im weiteren Entwicklungsverlauf der beruflichen Biographie diese Potentiale weiter ausgeschöpft werden können. Damit gehen auch Implikationen für das didaktische Handeln einher, denn es scheint wünschenswert, diese Entwicklung nicht allein der Weiterbildung zu überlassen, sondern bereits im Ausbildungsverlauf Maßnahmen zu ergreifen, die einem größeren Teil der Auszubildenden die Erreichung der höheren Niveaus ermöglichen. Das im Baubereich positiv evaluierte didaktische Förderkonzept BEST (Petsch & Norwig 2012) und der daran anschließende Förderansatz FLAM (Zinn u.a. 2015), indem die positiven Effekte des in BEST erprobten Strategieförderansatzes repliziert wurden, könnten gegebenenfalls auch in dieser Domäne erfolgversprechend sein. Im Hinblick auf die Ordnungsarbeit wäre im Anschluss an unbefriedigende Einlösung der curricularen Zielsetzungen auch zu klären, inwieweit realistischere Zielformulierungen eingebracht werden könnten. Zumindest als Standards scheinen die gegenwärtigen Vorgaben nur bedingt geeignet

Die in anderen Studien zur Niveaumodellierung herangezogenen Schwierigkeitsmerkmale sind in der eigenen Studie zwar nicht replizierbar, eignen sich aber dennoch partiell zur Beschreibung der Niveaus. D.h. letztlich, dass diese Merkmale nicht notwendiger Weise inhaltspezifisch eine lineare Schwierigkeitsmodellierung ermöglichen, sondern bezogen auf unterschiedliche inhaltliche Anforderungen Aufgaben mit unterschiedlichen Schwierigkeiten auf gleichen kognitiven Anforderungsniveaus angesiedelt sein können.

## **5 Ausblick**

Im Anschluss an die hier vorgestellten Ergebnissen ergeben sich aus Sicht der Forschergruppe eine Reihe weiterer Fragen, denen in der kommenden Zeit nachgegangen werden soll bzw. die Anknüpfungspunkte für zukünftige Forschungsanstrengungen bilden. Das betrifft u.a. weitere Analysen zur Relevanz von curricularen Schwerpunktsetzungen, die sich in anderen Studien als relevante Prädiktoren der erzielten berufsfachlichen Leistungen erwiesen haben (Maier u.a. 2015; Nickolaus u.a. 2015). Zu erwarten wäre, dass das auch in dieser Studie repliziert werden kann, wozu allerdings weitere Analysen notwendig werden, in welchen einerseits auf Klassenebene (curriculare Schwerpunktsetzungen in der Schule) und andererseits auf Individualebene (betriebliche Ausbildung) möglichen Effekten nachzugehen wäre.

Es ist zu erwarten, dass in den Klassen deutliche Varianzen der Schwerpunktsetzungen innerhalb der Lernfelder beobachtet werden können und in betrieblichen Kontexten möglicherweise auch in Abhängigkeit von Leistungsniveaus unterschiedliche Aufgabenzuweisungen erfolgen. Von Interesse sind in diesem Zusammenhang auch Leistungsvarianzen zwischen den Klassen und in Abhängigkeit von Merkmalen der betrieblichen Ausbildungsgestaltung. Wünschenswert wären auch Studien zur Frage, welche Leistungszuwächse sich im weiteren Verlauf der Berufsbiographie beobachten lassen.

Im Hinblick auf die Kompetenzstruktur stellt sich die Frage, ob sich auch bei anderen Testzuschnitten (z.B. bei Einbezug weiterer Inhaltsbereiche oder einer Variation der inhaltlichen Schwerpunkte) bzw. einer Variation der Aufgabenformate (Berücksichtigung offener Aufgabenformate) die hier dokumentierte dreidimensionale Struktur replizieren lässt. Des Weiteren wäre von zentralem Interesse, wie sich die Kompetenzstrukturen und Leistungszuwächse im Ausbildungsverlauf und danach entwickeln. Für Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik (Geißel 2008) und den Kfz-Mechatroniker (Gschwendtner 2008) konnten am Ende des ersten Ausbildungsjahres noch eindimensionale Strukturen des Fachwissens dokumentieren konnten. Insofern liegt die Vermutung nahe, dass auch beim Elektroniker für Automatisierungstechnik im Laufe der Ausbildung Ausdifferenzierungen beobachtet werden können. Untersuchungen zu einer möglichen Veränderung der Kompetenzstruktur bei Technikern/Meistern können darüber hinaus weitere Aufschlüsse über den Erwerb und die Entwicklung von Kompetenzen in gewerblich-technischen Berufen liefern.

Während der Fragekomplex zu den curricularen Schwerpunktsetzungen und den Einflüssen betrieblicher Ausbildungsbedingungen mit den aus diesem Projekt verfügbaren Daten bearbeitet werden kann und in weiteren Publikationen auch entfaltet werden soll, sind für die Fragekomplexe zur Replizierbarkeit der Ergebnisse zu den Kompetenzstrukturen und der weiteren Kompetenzentwicklung im weiteren Verlauf der Berufsbildungsbiographie neue Studienzuschnitte erforderlich.

## 6 Literaturverzeichnis

- Abele, S. (2014). *Modellierung und Entwicklung berufsfachlicher Kompetenz in der gewerblich-technischen Ausbildung*. Stuttgart: Steiner.
- Achtenhagen, F. & Winther, E. (2009). *Konstruktvalidität von Simulationsaufgaben: Computergestützte Messung berufsfachlicher Kompetenz – am Beispiel der Ausbildung von Industriekaufleuten*. Abschlussbericht für das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Abrufbar unter: [http://www.bmbf.de/pubRD/Endbericht\\_BMBF09.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/Endbericht_BMBF09.pdf).
- Adams, R., Wu, M. & Wilson, M.. *ConQuest*. Camberwell, Australia: Australian Council for Educational Research.
- Artelt, C., McElvany, N., Christann, U., Richter, T., Groeben, N., Köster, J., Schneider, W., Stannat, P., Ostermeier, C., Schiefele, U., Valentin, R. & Ring, K. (2005). *Expertise – Förderung von Lesekompetenz*. Bonn & Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Beaton, A. E. & Allen, N. L. (1992). *Interpreting Scales Through Scale Anchoring*. In: *Journal of Educational Statistics* 17, H. 2, S. 191–204.
- Behrendt, S, Dammann, E. & Stefanica, F. (2015). *Modellierung technischer Mechanik (in Vorbereitung)*.
- Bienvenue, A. (2013). *AMC. Auto Multiple Choice*.
- Bloom, B. S., Krathwohl, D. R. & Masia, B. B. (1984). *Taxonomy of educational objectives. The classification of educational goals*. New York: Longman.
- Buckland, S. T., Burnham, K. P. & Augustin, N. H. (1997). *Model Selection: An Integral Part of Inference*. In: *Biometrics* 53, H. 2, S. 603.
- Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.) (2011a). *Klassifikation der Berufe 2010 - Band 1. Systematischer und alphabetischer Teil mit Erläuterungen*. Meckenheim: Deutsche Vertriebsgesellschaft mbH.
- Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.) (2011b). *Klassifikation der Berufe 2010 - Band 2. Definitivischer und beschreibender Teil*. Meckenheim: Deutsche Vertriebsgesellschaft mbH.
- Bundesinstitut für Berufsbildung (2013). *Berufsbildungsstatistik der statistischen Ämter des Bundes und der Länder (Erhebung zum 31.12.) DAZUBI*. <https://www2.bibb.de/bibbtools/de/ssl/2235.php>. 17.04.2015.
- Burnham, K. P. (2004). *Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection*. In: *Sociological Methods & Research* 33, H. 2, S. 261–304.
- Draxler, D. (2005). *Aufgabendesign und basismodellorientierter Physikunterricht*. Dissertationsschrift, Universität Duisburg-Essen.
- Frey, A., Hartig, J. & Rupp, A. A. (2009). *An NCME Instructional Module on Booklet Designs in Large-Scale Assessments of Student Achievement: Theory and Practice*. In: *Educational Measurement: Issues and Practice* 28, H. 3, S. 39–53.

- Geißel, B. (2008). Ein Kompetenzmodell für die elektrotechnische Grundbildung: Kriteriumsorientierte Interpretation von Leistungsdaten. In Nickolaus, R./ Schanz, H. (Hrsg.), *Didaktik der gewerblichen Berufsbildung. Konzeptionelle Entwürfe und empirische Befunde*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren (Diskussion Berufsbildung; Bd. 9), S. 121-141.
- Gönnenwein, A., Nietzschke, A. & Schnitzler, A. (2011). Fachkompetenzerfassung in der gewerblichen Ausbildung am Beispiel des Ausbildungsberufs Mechatroniker/in. In: *Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*, 40(5), S. 14-18.
- Gschwendtner, T. (2008). Ein Kompetenzmodell für die kraftfahrzeugtechnische Grundbildung. In: Nickolaus, R. (Hrsg.): *Didaktik der gewerblich-technischen Berufsbildung. Konzeptionelle Entwürfe und empirische Befunde*. Baltmannsweiler: Schneider Verl. Hohengehren, S. 103–119.
- Gschwendtner, T. (2011). Die Ausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker im Längsschnitt. Analysen zur Struktur von Fachkompetenz am Ende der Ausbildung und Erklärung von Fachkompetenzentwicklungen über die Ausbildungszeit. In: Nickolaus, R. & Pätzold, G (Hrsg.): *Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung*. Stuttgart: Steiner, Beiheft 25 zur Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, S. 55–76.
- Hartig, J. (2007). Skalierung und Definition von Kompetenzniveaus. In: Beck, B. (Hrsg.): *Sprachliche Kompetenzen. Konzepte und Messung; DESI-Studie (Deutsch-Englisch-Schülerleistungen-International)*. Weinheim, Basel: Beltz, S. S. 83-99.
- Kauertz, A. (2009). Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben. In Höttecker, D. (Hrsg.): *Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung*. Berlin: Logos Verlag, S. 52-64.
- Klieme, E. (2000). Fachleistungen im voruniversitären Mathematik- und Physikunterricht. Theoretische Grundlagen, Kompetenzstufen und Unterrichtsschwerpunkte. In: Baumert, J. (Hrsg.): *TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie. Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. 2. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe*. Opladen: Leske + Budrich, S. 57-128.
- Kultusministerkonferenz (2003). *Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Automatisierungstechnik/ Elektronikerin für Automatisierungstechnik*.
- Lehmann, R. & Seeber, S. (Hrsg.). (2007). *ULME 3. Untersuchungen von Leistungen, Motivation und Einstellungen der Schülerinnen und Schüler in den Abschlussklassen der Berufsschulen*. Hamburg: Behörde für Bildung und Sport.
- Maier, A., Nietzschke, A., Nickolaus, R., Schnitzler, A., Velten, S. & Dietzen, A. (2015). Der Einfluss schulischer und betrieblicher Ausbildungsqualität auf die Entwicklung des Fachwissens. In M. Stock, P. Schlögl, K. Schmid & D. Moser (Hrsg.), *Kompetent - wofür? Life Skills - Beruflichkeit - Persönlichkeitsbildung. Beiträge zur Berufsbildungsforschung (Innovationen in der Berufsbildung, Bd. 9, 1. Auflage, S. 225–243)*. Innsbruck: Studien Verlag.

- Masters, G. N. (1982). A rasch model for partial credit scoring. In: *Psychometrika* 47, H. 2, S. 149–174.
- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.) (2007). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag Heidelberg.
- Mullis, I. V., Erberber, E. & Preuschoff, C. (2008). The TIMSS 2007 International Benchmarks of Student Achievement in Mathematics and Science. Chapter 13. In: Martin, M. O./ Gregory, K. D./ Stemler, S. E. (Hrsg.): *TIMSS 2007 technical report*. Chestnut Hill, Mass.: TIMSS & PIRLS International Study Center; Lynch School of Education, Boston College, S. 339–348.
- Muthén, B., Muthén, L., Asparouhov, T. & Nguyen, T. (2012). *MPlus: Muthén & Muthén*.
- Nickolaus, R. (2014). Schwierigkeitsbestimmende Merkmale von Aufgaben und deren didaktische Relevanz. In: Braukmann, U./ Dilger, B./ Kremer, H. H. (Hrsg.): *Wirtschaftspädagogische Handlungsfelder. Festschrift für Peter F. E. Sloane zum 60. Geburtstag*. Detmold: Eusl-Verlagsgesellschaft, S. 285-303.
- Nickolaus, R. & Geißel, B. (2012). Erstellung eines Kompetenzmodells zur Fachkompetenz von Elektroniker/-innen für Automatisierungstechnik. Paderborn.
- Nickolaus, R., Abele, S., Gschwendtner, T., Nitzschke, A. & Greif, S. (2012). Fachspezifische Problemlösefähigkeit in gewerblich-technischen Ausbildungsberufen – Modellierung, erreichte Niveaus und relevante Einflussfaktoren. *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW)*, 108(2), 243-272.
- Nickolaus, R., Geißel, B., Abele, S. & Nitzschke, A. (2011). Fachkompetenzmodellierung und Fachkompetenzentwicklung bei Elektronikern für Energie- und Gebäudetechnik im Verlauf der Ausbildung. Ausgewählte Ergebnisse einer Längsschnittstudie. In: Nickolaus, R. (Hrsg.): *Lehr-Lernforschung in der gewerblich-technischen Berufsbildung*. Stuttgart: Steiner, S. 77–94.
- Nickolaus, R. & Geißel, B. (2009). Electricians. In: Baethge, M.; Arends, L.: *Feasibility Study VET-LSA. A comparative analysis of occupational profiles and VET programmes in 8 European countries - International report*. Federal ministry of Education and Research: Vocational Training Research volume 8. Bonn, Berlin: bmbf, S. 48-70.
- Nickolaus, R., Gschwendtner, T. & Abele, S. (2009). Die Validität von Simulationsaufgaben am Beispiel der Diagnosekompetenz von Kfz-Mechatronikern. Vorstudie zur Validität von Simulationsaufgaben im Rahmen eines VET-LSA. Abrufbar unter: [http://www.bmbf.de/pubRD/Abschluss-Bericht\\_Druckfassung.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/Abschluss-Bericht_Druckfassung.pdf).
- Nickolaus, R., Knöll, B. & Gschwendtner, T. (2006). Methodische Präferenzen und ihre Effekte auf die Kompetenz- und Motivationsentwicklung – Ergebnisse aus Studien in anforderungsdifferenten elektrotechnischen Ausbildungsberufen in der Grundbildung. In: *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW)*, Jg. 102, Heft 4, S. 552 – 577.
- Nickolaus, R., Norwig, K. & Petsch, C. (2014). Individuelle Förderung im berufsfachlichen Unterricht - Das berufsbezogene Strategietraining BEST, seine praktische Umsetzung und Effekte. In: *Tagungsband zum AG BFN-Workshop in Nürnberg: Individuelle Förderung in heterogenen Gruppen*. (Band 15). S. 169 – 195. Bundesinstitut für Berufsbildung: Bonn.

- Nickolaus, R. & Seeber, S. (2013). Berufliche Kompetenzen: Modellierungen und diagnostische Verfahren. In Frey, A./ Lissmann, U./ Schwarz, B. (Hrsg.), *Handbuch berufspädagogischer Diagnostik*, S. 166-195.
- OECD (2005). *PISA 2003 Technical Report*. Paris: OECD Publishing.
- Petsch, C. & Norwig, K. (2012). *Berufsbezogenes Strategietraining BEST. Grundlagen und unterrichtliche Umsetzung (H-12/31.0)*. Stuttgart: Landesinstitut für Schulentwicklung.
- Pittich, D. (2013). *Diagnostik fachlich-methodischer Kompetenzen*. Dissertationsschrift, TU Darmstadt.
- Raftery, A. E. (1995). Bayesian Model Selection in Social Research. In: *Sociological Methodology* 25, S. 111–163.
- Schmidt, T., Nickolaus, R. & Weber, W. (2014). Modellierung und Entwicklung des fachsystematischen und handlungsbezogenen Fachwissens von Kfz-Mechatronikern. In: *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik* 122, H. 4, S. 549–574.
- Schumann, S. & Eberle, F. (2011). Bedeutung und Verwendung schwierigkeitsbestimmender Aufgabenmerkmale für die Erfassung ökonomischer und beruflicher Kompetenzen. In: Fasshauer, U./ Fürstenau, B./ Wuttke, E. (Hrsg.), *Grundlagenforschung zum Dualen System und Kompetenzentwicklung in der Lehrerbildung*. Opladen: Budrich + Leske, S. 77-89.
- Seeber, S. (2008). Ansätze zur Modellierung beruflicher Fachkompetenz in kaufmännischen Ausbildungsberufen. In: *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik (ZBW)*, 104(1), S. 74-97.
- Walker, F., Link, N. & Nickolaus, R. (2015). Berufsfachliche Kompetenzstrukturen bei Elektronikern für Automatisierungstechnik am Ende der Berufsausbildung. In: *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, H 2, S. 222-241.
- Walter, O. & Rost, J. (2011). Psychometrische Grundlagen von Large Scale Assessments. In: Hornke, L. (Hrsg.): *Methoden der psychologischen Diagnostik*. Göttingen [u.a.]: Verl. für Psychologie, Hogrefe, S. 87–149.
- Weiß, R. H. (2006). *CFT-20-R. Grundintelligenztest Skala 2 - Revidierte Fassung*. Göttingen: Hogrefe Verlag.
- Winther, E. (2010). *Kompetenzmessung in der beruflichen Bildung*. Bielefeld: W. Bertelsmann.
- Wu, M. & Adams, R. (2007). *Applying the Rasch model to psycho-social measurement. A practical approach*. Melbourne.
- Zinn, B, Wyrwal, M., Sari, D. & Louis, A. (2015). Förderung von Auszubildenden im Berufsfeld Metalltechnik. In: *Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik*, H1, S. 56-78.

## **Autoren**

Leo van Waveren,

Universität Stuttgart

Institut für Erziehungswissenschaft (IfE), Abteilung Berufs-, Wirtschafts- und  
Technikpädagogik

Geschwister-Scholl-Straße 24 D, 70174 Stuttgart

vanwaveren@bwt.uni-stuttgart.de

Prof. Dr. phil. Reinhold Nickolaus

Universität Stuttgart

Institut für Erziehungswissenschaft (IfE), Abteilung Berufs-, Wirtschafts- und  
Technikpädagogik

Geschwister-Scholl-Straße 24 D, 70174 Stuttgart

nickolaus@bwt.uni-stuttgart.de

---

Zitieren dieses Beitrages:

van Waveren, L. & Nickolaus, R. (2015): Struktur- und Niveaumodell des Fachwissens bei  
Elektronikern für Automatisierungstechnik am Ende der Ausbildung. Journal of Technical  
Education (JOTED), Jg. 3 (Heft 2), S. 62-91.