

LEO VAN WAVEREN

# Berufsfachliche Kompetenzen im internationalen Vergleich

Eine empirische Studie zu Elektronikern für Automatisierungstechnik  
und Kfz-Mechatronikern in Deutschland und der Schweiz.

Empirische Berufsbildungsforschung 3

Franz Steiner Verlag

3

Leo van Waveren

Berufsfachliche Kompetenzen im internationalen Vergleich

**Empirische Berufsbildungsforschung**

Herausgegeben von Reinhold Nickolaus,

Niclas Schaper, Susan Seeber und Stefan C. Wolter

Band 3

LEO VAN WAVEREN

# **Berufsfachliche Kompetenzen im internationalen Vergleich**

Eine empirische Studie zu Elektronikern für  
Automatisierungstechnik und Kfz-Mechatronikern in  
Deutschland und der Schweiz



Franz Steiner Verlag

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

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.  
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes  
ist unzulässig und strafbar.

© Franz Steiner Verlag, Stuttgart 2018

Zugl. Dissertation der Universität Stuttgart, D 93

Druck: Offsetdruck Bokor, Bad Tölz

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-515-12061-6 (Print)

ISBN 978-3-515-12068-5 (E-Book)

“I may not have gone where I intended to go, but I think I have ended up where I needed to be.”

- Douglas Adams, *The Long Dark Tea-Time of the Soul*



*Meiner Frau für die Unterstützung auf jedem Schritt des Weges.*



## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis . . . . .	9
Tabellenverzeichnis. . . . .	15
Abkürzungsverzeichnis . . . . .	19
Danksagung . . . . .	25
Zusammenfassung . . . . .	27
Summary . . . . .	31
1 Einleitung . . . . .	35
1.1 Forschungsbedarfe . . . . .	35
1.2 Aufbau der Arbeit . . . . .	45
2 Vorstellung der Berufe. . . . .	47
2.1 Kfz-Mechatroniker (D) . . . . .	47
2.2 Automobil-Mechatroniker (CH) . . . . .	50
2.3 Elektroniker für Automatisierungstechnik (D) . . . . .	52
2.4 Automatiker (CH). . . . .	56
3 Stand der Forschung . . . . .	61
3.1 Begriffliche Orientierung . . . . .	61
3.2 Theoretische Kompetenzmodelle . . . . .	67
3.3 Psychometrische Modelle . . . . .	79
3.4 Messverfahren und -konzepte . . . . .	83
3.5 Internationale Vergleichsstudien . . . . .	86
3.6 Rahmenmodell der Projekte KOKO EA und KOKO Kfz . . . . .	95
4 Pilotierung zu curricularen Schwerpunkten . . . . .	99
4.1 Forschungsfrage . . . . .	99
4.2 Instrumente der Studie . . . . .	99
4.3 Durchführungsbedingungen . . . . .	101
4.4 Einschlusskriterien . . . . .	101
4.5 Stichprobenbeschreibung . . . . .	102
4.6 Methoden . . . . .	102

4.7	Ergebnisse . . . . .	103
4.8	Diskussion . . . . .	110
5	Pilotierung des Fachwissenstests . . . . .	113
5.1	Forschungsfrage . . . . .	113
5.2	Instrumente der Studie . . . . .	114
5.3	Durchführungsbedingungen . . . . .	115
5.4	Einschlusskriterien . . . . .	115
5.5	Stichprobenbeschreibung . . . . .	116
5.6	Methoden . . . . .	116
5.7	Ergebnisse . . . . .	117
5.8	Diskussion . . . . .	120
6	Struktur- und Niveaumodell des Fachwissens . . . . .	123
6.1	Forschungsfrage . . . . .	123
6.2	Instrumente der Studie . . . . .	124
6.3	Durchführungsbedingungen . . . . .	126
6.4	Einschlusskriterien . . . . .	127
6.5	Stichprobenbeschreibung . . . . .	128
6.6	Methoden . . . . .	128
6.7	Ergebnisse . . . . .	136
6.8	Diskussion . . . . .	159
7	Internationaler Vergleich bei Kfz-Mechatronikern . . . . .	167
7.1	Forschungsfrage . . . . .	168
7.2	Instrumente der Studie . . . . .	169
7.3	Durchführungsbedingungen . . . . .	172
7.4	Einschlusskriterien . . . . .	173
7.5	Stichprobenbeschreibung . . . . .	173
7.6	Methoden . . . . .	174
7.7	Ergebnisse . . . . .	176
7.8	Diskussion . . . . .	183
8	Internationaler Vergleich in der Automatisierungstechnik . . . . .	187
8.1	Forschungsfrage . . . . .	191
8.2	Instrumente der Studie . . . . .	192
8.3	Durchführungsbedingungen . . . . .	194

8.4	Einschlusskriterien . . . . .	195
8.5	Stichprobenbeschreibung . . . . .	195
8.6	Methoden . . . . .	196
8.7	Ergebnisse . . . . .	198
8.8	Diskussion . . . . .	204
9	Gesamtdiskussion und Grenzen der Arbeit . . . . .	209
10	Ausblick . . . . .	227
	Literatur . . . . .	235
A	Pilotstudien EA . . . . .	251
	A.1 Grundlagen . . . . .	251
	A.2 Aufgabenschwierigkeit . . . . .	252
	A.3 Vermittlung AT/SPS . . . . .	254
	A.4 Vermittlung Grundlagen. . . . .	268
	A.5 Vermittlung IT . . . . .	274
	A.6 Vermittlung EET . . . . .	281
B	Deskriptive Statistiken. . . . .	297
	B.1 Haupterhebung Kfz . . . . .	297
	B.2 Haupterhebung EA . . . . .	300
C	Itemstatistiken . . . . .	305
	C.1 Haupterhebung Kfz . . . . .	305
	C.2 Haupterhebung EA . . . . .	310
D	Annex . . . . .	315



## Abbildungsverzeichnis

1.1	Fachkräftemangel im Bereich Automatisierungstechnik . . . . .	37
1.2	Weniger Auszubildende als Ausbildungsplätze . . . . .	38
1.3	Armutrisiko in Europa . . . . .	40
1.4	Abwanderung Fachkräfte . . . . .	42
2.1	Handlungsfelder Automatisierungstechnik . . . . .	55
3.1	KOMET-Modell der beruflichen Kompetenz . . . . .	63
3.2	Impressionismus und Pointillismus . . . . .	64
3.3	CLARION-Architektur der Wissenssysteme . . . . .	70
3.4	Modelle beruflicher Handlungskompetenz in versch. Berufen . . . . .	71
3.5	Zusammenhang des Fachwissens und der Diagnosefertigkeit . . . . .	73
3.6	Niveaustufen beruflicher Kompetenz im KOMET-Projekt . . . . .	75
3.7	Niveaumodell nach Hartig . . . . .	76
3.8	Niveaumodell des Fachwissens Ende Kfz-Grundbildung . . . . .	78
3.9	Niveaumodell Problemlösen Ende Kfz-Ausbildung . . . . .	79
3.10	Rasch- und Partial Credit Modell . . . . .	80
3.11	Beispiel Strukturgleichungsmodell . . . . .	81
3.12	Mehrdimensionale IRT-Modelle . . . . .	82
3.13	Mehrdimensionales IRT-Modell der PISA-Studie 2003 . . . . .	83
3.14	PISA-Ergebnisse 2009 . . . . .	87
3.15	PISA-Ergebnisse 2012 . . . . .	88
3.16	Konvergente Evolution . . . . .	91
3.17	Modell zur Normierung durch Technik . . . . .	92
3.18	Erreichte Kompetenzen in Bangladesh und Deutschland . . . . .	93
3.19	Internationaler Vergleich der KOMET-Studie . . . . .	94
3.20	Modell der berufsfachlichen Handlungskompetenz . . . . .	96
4.1	Beispielitem Grundlagen . . . . .	104
5.1	Wrightmap Pilotierung . . . . .	119
6.1	Beispielitem Paper-Pencil-Test EA . . . . .	130

6.2	Wrightmap Haupterhebung EA . . . . .	140
6.3	Strukturmodell Fachwissen EA . . . . .	141
6.4	Wissensarten und empirische Aufgabenschwierigkeiten . . . . .	142
6.5	Kognitiver Prozess und empirische Aufgabenschwierigkeiten . . . . .	143
6.6	Verteilung Personenfähigkeit AT/SPS . . . . .	146
6.7	Prüfungsaufgabe Logikgatter . . . . .	147
6.8	Testaufgabe Wahrheitstabellen . . . . .	148
6.9	Testaufgabe Logikgatter . . . . .	149
6.10	Prüfungsaufgabe zeitabhängigen Verhaltens . . . . .	151
6.11	Testaufgabe zeitabhängigen Verhaltens . . . . .	152
6.12	Verteilung Personenfähigkeit EET . . . . .	153
6.13	Verteilung Personenfähigkeit G . . . . .	156
7.1	Beispielitem Paper-Pencil-Test Kfz . . . . .	170
7.2	Computersimulation Kfz . . . . .	171
7.3	Wrightmap Fachwissen Kfz . . . . .	177
7.4	Wrightmap Problemlösen Kfz . . . . .	180
8.1	Schweizerische Aufgabe zeitabhängigen Verhaltens . . . . .	188
8.2	Aufgabe Schaltsymbole Fachwissenstest . . . . .	189
8.3	Prüfungsaufgabe Schaltsymbole Deutschland . . . . .	189
8.4	Prüfungsaufgabe Schaltsymbole Schweiz . . . . .	190
8.5	Computersimulation EA . . . . .	193
8.6	Wrightmap internationaler Vergleich Fachwissen EA . . . . .	199
8.7	Wrightmap internationaler Vergleich Problemlösen EA . . . . .	203
D.1	PISA-Ergebnisse 2015 . . . . .	316
D.2	Ausgaben in Bildung in Europa . . . . .	317
D.3	Vergleich der Stoffplanübersichten 2012 und 2016 . . . . .	317
D.4	Stoffplanübersicht CH 2012a . . . . .	318
D.5	Stoffplanübersicht CH 2012b . . . . .	319
D.6	Stoffplanübersicht CH 2016a . . . . .	320
D.7	Stoffplanübersicht CH 2016b . . . . .	321

## Tabellenverzeichnis

1.1	Ausbildungsmarktentwicklung von 2010 bis 2015 . . . . .	38
2.1	Schulabschlüsse Kfz-Mechatroniker . . . . .	48
2.2	Handlungsfelder Fahrzeugtechnik . . . . .	49
2.3	Absolventenzahlen Automobilberufe Schweiz . . . . .	51
2.4	Lektionentafel CH-Kfz . . . . .	52
2.5	Schulabschlüsse Elektroniker für Automatisierungstechnik . . . . .	54
2.6	Lektionentafel Automatiker EFZ . . . . .	57
4.1	Testheftdesign der beiden Pilotierungsteilstudien in KOKO EA . . .	101
5.1	Testheftdesign bei der Pilotierung II KOKO EA . . . . .	115
5.2	Reliabilitäten der Pilotierung in KOKO EA . . . . .	118
6.1	Testheftdesign bei der Haupterhebung KOKO EA . . . . .	126
6.2	Modellierungsansätze Fachwissen EA . . . . .	133
6.3	Bearbeitungsquote der Haupterhebung in KOKO EA . . . . .	137
6.4	Modellvergleich des Fachwissens bei KOKO EA . . . . .	138
6.5	Zusammenhang der Dimensionen beim Fachwissen EA . . . . .	139
6.6	Niveaueverteilung EA Deutschland . . . . .	144
6.7	Niveaueverteilung EA Deutschland . . . . .	159
7.1	Testheftdesign der Fachwissenstests KOKO Kfz . . . . .	170
7.2	Testheftdesign der Problemlösestudie KOKO Kfz . . . . .	172
7.3	Zusammenhang der Dimensionen beim Fachwissen Kfz . . . . .	176
7.4	Mittlere Leistung beim Fachwissen Kfz . . . . .	178
7.5	Mann-Whitney-U-Test der Leistung im Fachwissen Kfz . . . . .	179
7.6	Effektstärke der Unterschiede im internationalen Vergleich Fachwissen Kfz . . . . .	179
7.7	Mittlere Leistung beim Problemlösen Kfz . . . . .	181
7.8	Mann-Whitney-U-Test der Leistung in der PLF Kfz . . . . .	181
7.9	Mittelwertdifferenzen und Effektstärke der Leistungsstärksten Kfz	182

8.1	Testheftdesign der Problemlösestudie KOKO EA . . . . .	194
8.2	Zusammenhänge beim Fachwissen EA im internationalen Vergleich	199
8.3	Internationaler Vergleich der Leistungen im Fachwissen EA . . . . .	200
8.4	Mann-Whitney-U-Test der Leistungen im Fachwissen EA . . . . .	200
8.5	Effektstärke der Unterschiede im internationalen Vergleich EA . . .	201
8.6	Internationaler Vergleich Niveauverteilung EA . . . . .	202
8.7	Internationaler Vergleich der Leistungen beim Problemlösen EA . . .	204
A.1	Pilotierung: Grundlagen . . . . .	251
A.2	Pilotierung: Regressionsanalyse . . . . .	252
A.3	Pilotierung: Regressionskoeffizienten . . . . .	252
A.4	Pilotierung: IT06 . . . . .	252
A.5	Pilotierung: IT08 . . . . .	253
A.6	Pilotierung: IT09 . . . . .	253
A.7	Pilotierung: IT12 . . . . .	253
A.8	Vermittlung AT: Grundlagen . . . . .	254
A.9	Vermittlung AT: VPS Teil 1 . . . . .	255
A.10	Vermittlung AT: VPS Teil 2 . . . . .	255
A.11	Vermittlung AT: Darstellungen von SPS Teil 1 . . . . .	256
A.12	Vermittlung AT: Darstellungen von SPS Teil 2 . . . . .	257
A.13	Vermittlung AT: Programmierung von SPS Teil 1 . . . . .	258
A.14	Vermittlung AT: Programmierung von SPS Teil 2 . . . . .	259
A.15	Vermittlung AT: Sensoren . . . . .	260
A.16	Vermittlung AT: Aktoren Teil 1 . . . . .	261
A.17	Vermittlung AT: Aktoren Teil 2 . . . . .	261
A.18	Vermittlung AT: Regelungstechnik Teil 1 . . . . .	262
A.19	Vermittlung AT: Regelungstechnik Teil 2 . . . . .	263
A.20	Vermittlung AT: Automatisierungssysteme Teil 1 . . . . .	263
A.21	Vermittlung AT: Automatisierungssysteme Teil 2 . . . . .	264
A.22	Vermittlung AT: S7 . . . . .	265
A.23	Vermittlung AT: Fehlersuche . . . . .	265
A.24	Vermittlung AT: Fehlerdiagnose . . . . .	266
A.25	Vermittlung AT: Programmiersprachen . . . . .	266
A.26	Vermittlung AT: Analogwertverarbeitung . . . . .	267
A.27	Vermittlung AT: Schnittstellen . . . . .	267
A.28	Vermittlung G: Grundgrößen . . . . .	268
A.29	Vermittlung G: Grundsaltungen . . . . .	269
A.30	Vermittlung G: Bauelemente . . . . .	270
A.31	Vermittlung G: Wechselstromtechnik . . . . .	271

A.32	Vermittlung G: Darstellung und Normen Teil 1 . . . . .	272
A.33	Vermittlung G: Darstellung und Normen Teil 2 . . . . .	273
A.34	Vermittlung IT: Digitaltechnik . . . . .	274
A.35	Vermittlung IT: Hard-/Software . . . . .	275
A.36	Vermittlung IT: Netzwerktechnik Teil 1 . . . . .	276
A.37	Vermittlung IT: Netzwerktechnik Teil 2 . . . . .	277
A.38	Vermittlung IT: Bustechnologien Teil 1 . . . . .	278
A.39	Vermittlung IT: Bustechnologien Teil 2 . . . . .	279
A.40	Vermittlung IT: Visualisierung und Diagnose . . . . .	280
A.41	Vermittlung EET: Installationstechnik Teil 1 . . . . .	281
A.42	Vermittlung EET: Installationstechnik Teil 2 . . . . .	282
A.43	Vermittlung EET: Sicherheitstechnik Teil 1 . . . . .	282
A.44	Vermittlung EET: Sicherheitstechnik Teil 2 . . . . .	283
A.45	Vermittlung EET: Netzsysteme . . . . .	284
A.46	Vermittlung EET: Leitungen und Betriebsmittel Teil 1 . . . . .	285
A.47	Vermittlung EET: Leitungen und Betriebsmittel Teil 2 . . . . .	286
A.48	Vermittlung EET: Energieversorgung . . . . .	287
A.49	Vermittlung EET: Antriebssysteme . . . . .	288
A.50	Vermittlung EET: Gleichstrommotor . . . . .	288
A.51	Vermittlung EET: DASM . . . . .	289
A.52	Vermittlung EET: Leistungselektronik . . . . .	289
A.53	Vermittlung EET: Servomotoren . . . . .	290
A.54	Vermittlung EET: Umrichter Teil 1 . . . . .	290
A.55	Vermittlung EET: Umrichter Teil 2 . . . . .	291
A.56	Vermittlung EET: Transformatoren Teil 1 . . . . .	292
A.57	Vermittlung EET: Transformatoren Teil 2 . . . . .	293
A.58	Vermittlung EET: Messtechnik Teil 1 . . . . .	294
A.59	Vermittlung EET: Messtechnik Teil 2 . . . . .	295
B.1	Verteilung der Stichprobe Kfz . . . . .	297
B.2	Schulabschlüsse Kfz Jahrgang 2010-2014 . . . . .	297
B.3	Schulabschlüsse Stichprobe Kfz D . . . . .	297
B.4	Lernfelder Kfz D . . . . .	298
B.5	Alter der Stichprobe Kfz D . . . . .	299
B.6	Geschlechterverteilung Stichprobe Kfz D . . . . .	299
B.7	Absolventenzahlen Kfz D . . . . .	299
B.8	Verteilung der Stichprobe EA . . . . .	300
B.9	Alter der Stichprobe EA . . . . .	300
B.10	Kognitive Grundfähigkeiten der Stichprobe EA . . . . .	300

B.11 Schulabschlüsse EA Jahrgang 2010-2014 . . . . .	301
B.12 Schulabschlüsse Stichprobe EA D . . . . .	301
B.13 Schulabschlüsse Stichprobe EA CH . . . . .	301
B.14 Abschlussnoten IHK-Prüfung EA . . . . .	301
B.15 Absolventenzahlen EA . . . . .	301
B.16 Lernfelder EA D . . . . .	302
B.17 Ausbildungsbetrieb Stichprobe EA D . . . . .	302
B.18 Bundesländer Stichprobe EA D . . . . .	303
B.19 Geschlechterverteilung Stichprobe EA D . . . . .	303
B.20 Geschlechterverteilung Stichprobe EA CH . . . . .	303
C.1 Itemfitwerte Kfz-K . . . . .	305
C.2 Itemfitwerte Kfz-F . . . . .	306
C.3 Itemfitwerte Kfz-M . . . . .	307
C.4 Itemfitwerte Kfz-Ms . . . . .	308
C.5 Itemfitwerte Kfz-S . . . . .	308
C.6 Itemfitwerte Kfz-St . . . . .	309
C.7 Itemfitwerte Kfz PLF . . . . .	309
C.8 Itemfitwerte EA-AT/SPS . . . . .	310
C.9 Itemfitwerte EA-G . . . . .	311
C.10 Itemfitwerte EA-EET Teil 1 . . . . .	312
C.11 Itemfitwerte EA-EET Teil 2 . . . . .	313
C.12 Itemfitwerte EA PLF . . . . .	313
D.1 Passung der Qualifikation . . . . .	315

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

### Organisationen und Forschungsprogramme

<b>ASCOT</b>	Forschungsprojekt “technology-based Assessment of Skills and Competencies in Vocational Education and Training”
<b>ASCOT+</b>	In Vorbereitung befindliche Transferinitiative zur Fortsetzung des ASCOT-Projekts
<b>BIBB</b>	Bundesinstitut für Berufsbildung
<b>BMBF</b>	Bundesministerium für Bildung und Forschung
<b>bpb</b>	Bundeszentrale für politische Bildung
<b>Cedefop</b>	Centre européen pour le développement de la formation professionnelle
<b>DeSeCo</b>	Forschungsprojekt “Definition and Selection of Competencies”
<b>DESI</b>	Forschungsprojekt “Deutsch Englisch Schülerleistungen International”
<b>DFG</b>	Deutsche Forschungsgemeinschaft
<b>DIHK</b>	Deutscher Industrie- und Handelskammertag e.V.
<b>EELBA</b>	Forschungsprojekt “Entwicklung und Evaluation eines Lehrerfortbildungskonzepts im Bereich Automatisierungstechnik”
<b>etz</b>	Elektro Technologie Zentrum der Innung für Elektro- und Informationstechnik Stuttgart
<b>EU</b>	Europäische Union
<b>EWG</b>	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft

<b>GesinE</b>	Studie zur Bestandsaufnahme der Ausbildung in den <b>Gesundheitsfachberufen in Europa</b>
<b>I:BBK</b>	Institut für <b>berufliche Bildung</b>
<b>IHK</b>	Industrie- und <b>Handelskammer</b>
<b>ISCED</b>	International Standard Classification of <b>Education</b>
<b>KMK</b>	Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland; kurz: <b>Kultusministerkonferenz</b>
<b>KOMET</b>	Forschungsprojekt “berufliche <b>Kompetenzen</b> entwickeln und evaluieren im Berufsfeld Elektrotechnik-Informationstechnik”
<b>KOKO EA</b>	Forschungsprojekt “Erstellung eines empirisch geprüften <b>Kompetenzmodells</b> zur Fach <b>kompetenz</b> für <b>Elektroniker</b> für Automatisierungstechnik am Ende der Ausbildung”
<b>OECD</b>	Organisation for <b>Economic Co-operation and Development</b>
<b>PAL</b>	<b>Prüfungsaufgaben- und Lehrmittelentwicklungsstelle</b>
<b>PISA</b>	Forschungsprojekt “ <b>Programme for International Student Assessment</b> ”
<b>SBFI</b>	Staatssekretariat für <b>Bildung, Forschung und Innovation</b>
<b>SiKoFak</b>	Forschungsprojekt “Bedeutung systemischer <b>sozialer</b> und bildungsbiografischer <b>Kontextfaktoren</b> für die Kompetenzentwicklung”
<b>TIMSS</b>	Forschungsprojekt “ <b>Trends in International Mathematics and Science Study</b> ”
<b>ULME</b>	Forschungsprojekt “ <b>Untersuchung von Leistungen, Motivation und Einstellungen</b> ”
<b>UNESCO</b>	United Nations <b>Educational, Scientific and Cultural Organization</b>
<b>VET-LSA</b>	Forschungsprojekt “Concept for an international <b>Large-Scale Assessment for Vocational Education and Training</b> ”
<b>ZDH</b>	Zentralverbandes des <b>deutschen Handwerks</b>

**Statistik**

<b>1-PL</b>	<b>One-Parameter Logistic Model</b>
<b>AIC</b>	<b>Akaike Information Criterion</b>
<b>AIC<sub>c</sub></b>	<b>corrected Akaike Information Criterion</b>
<b>BIBD</b>	<b>Balanced Incomplete Block Design</b>
<b>BIC</b>	<b>Bayesian Information Criterion</b>
<b>CAIC</b>	<b>'consistent' Akaike Information Criterion</b>
<b>DIF</b>	<b>differential item functioning</b>
<b>EAP</b>	<b>expected a posteriori</b>
<b>FIML</b>	<b>full information maximum likelihood</b>
<b>IRT</b>	<b>Item Response Theory</b>
<b>LSA</b>	<b>large-scale assessment</b>
<b>MAR</b>	<b>missing at random</b>
<b>MCAR</b>	<b>missing completely at random</b>
<b>MNAR</b>	<b>missing not at random</b>
<b>MNSQ</b>	<b>mean square</b>
<b>PCM</b>	<b>Partial-Credit-Model</b>
<b>PV</b>	<b>plausible value</b>
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>Bestimmtheitsmaß</b>
<b>SD</b>	<b>standard deviation</b>
<b>SE</b>	<b>standard error</b>
<b>WLE</b>	<b>Warm's mean weighted likelihood estimates</b>
<b>wMNSQ</b>	<b>weighted mean square</b>

**Dimensionen des Fachwissens**

<b>AT</b>	<b>A</b> utomatisierungstechnik
<b>EET</b>	elektrische <b>E</b> nergietechnik
<b>IT</b>	<b>I</b> nformationstechnik
<b>G</b>	elektrotechnische <b>G</b> rundlagen
<b>SPS</b>	<b>S</b> peicherprogrammierbare <b>S</b> teuerung

**Sonstige Abkürzungen**

<b>AWL</b>	<b>A</b> nweisungsliste
<b>CLARION</b>	connectionist learning with adaptive rule induction online
<b>DQR</b>	<b>D</b> eutscher <b>Q</b> ualifikationsrahmen
<b>EBA</b>	Eidgenössisches <b>B</b> erufsattest
<b>ECVET</b>	<b>E</b> uropean <b>C</b> redit System for <b>V</b> ocational <b>E</b> ducation and <b>T</b> raining
<b>EFZ</b>	Eidgenössisches <b>F</b> ähigkeitszeugnis
<b>EQR</b>	<b>E</b> uropäischer <b>Q</b> ualifikationsrahmen
<b>FB</b>	<b>F</b> unktions <b>b</b> austein
<b>FBS</b>	<b>F</b> unktions <b>b</b> austeinsprache
<b>FC</b>	<b>F</b> unktion
<b>FKZ</b>	<b>F</b> örder <b>k</b> ennzeichen
<b>k.A.</b>	keine <b>A</b> ngabe
<b>Kfz</b>	<b>K</b> raft <b>f</b> ahrzeug
<b>KOP</b>	<b>K</b> ontakt <b>p</b> lan
<b>LF</b>	<b>L</b> ern <b>f</b> eld(er)
<b>MCS</b>	<b>M</b> inimally <b>C</b> ompetent <b>S</b> tudent

<b>MIZEBA</b>	<b>M</b> annheimer <b>I</b> ntentar zur <b>E</b> rfassung <b>b</b> etrieblicher <b>A</b> usbildungssituationen
<b>PPIK</b>	<b>P</b> rocess, <b>P</b> ersonality, <b>I</b> nterests and <b>K</b> nowledge
<b>PLF</b>	<b>P</b> roblemlösefähigkeit
<b>SCL</b>	<b>S</b> tructured <b>C</b> ontrol <b>L</b> anguage
<b>TIA</b>	<b>T</b> otally <b>I</b> ntegrated <b>A</b> utomation
<b>u.a.</b>	bei Literaturangaben: <b>u</b> nd <b>a</b> ndere; sonst: <b>u</b> nter <b>a</b> nderem
<b>v.l.n.r.</b>	von <b>l</b> inks <b>n</b> ach <b>r</b> echts



## DANKGSAGUNG

Bei den vielen Unterstützern auf dem Weg zur Abgabe der fertigen Arbeit möchte ich mich an dieser Stelle für die Hilfestellung bedanken.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. Reinhold Nickolaus, ohne den diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre und der mir nach dem Studium den Übertritt in die Welt der Forschung erst ermöglicht hat. Die gewährten Freiräume, auch eigene Ansätze und Herangehensweisen verfolgen zu können und die stets offene Tür für Anliegen, haben es mir erlaubt, die Grenzen meines Horizonts neu zu vermessen.

Bei Herrn Bernd Geißel, dem ich bereits früh im Studium der Technikpädagogik begegnen durfte und der freundlicherweise die Rolle des Zweitgutachters dieser Arbeit übernommen hat.

Darüber hinaus möchte ich mich herzlich bei Herrn Juniorprofessor Dr. Felix Walker für die Diskussionen und Anregungen bedanken, an deren Ende Wege aus gedanklichen Sackgassen gefunden wurden und der mich stets herausgefordert hat, angemessene Begründungen parat zu haben.

Nicht nur für das Umschiffen verschiedenster Klippen bei der Auseinandersetzung mit der Studie zu den Kfz-Mechatronikern, sondern auch für den Gedankenaustausch zu verschiedensten Themen bei Herrn Dr. Stephan Abele.

Florina, Didem und Emre danke ich für das gemeinsame Wachsen im Doktorandenkolloquium.

Die Datenerhebung wäre ohne die anderen Mitarbeiter Nico Link und Matthias Hedrich im EA-Projekt genauso wenig möglich gewesen, wie ohne die Bereitschaft von Lehrern und Ausbildern, uns Unterrichtszeit für die Erhebungen einzuräumen. Besonders möchte ich mich bei Herrn Weibel, Herrn Schmid und Herrn Sutter für die wertvolle Unterstützung bei den Erhebungen in der Schweiz und bei Herrn Professor Dr. Stephan Schumann für das Herstellen der Kontakte mit den schweizerischen Schulen bedanken. Auch Herrn Kummer von der schweizerischen Prüfungsstelle (Swissmem) sowie Herrn Siegle und Herrn Stöcker von der PAL Stuttgart möchte ich meinen Dank für die Unterstützung aussprechen.

Neben der akademischen Seite habe ich auch im privaten Leben viel Unterstützung bei der Umsetzung der vorliegenden Arbeit erfahren. Michael, Fietje und Moritz als Freunde insgesamt und jeweils für sich als Begleiter an meiner Seite ha-

ben mich durch viele Jahre hinweg begleitet. Jedem von euch möchte ich meinen tiefen Dank aussprechen.

Denen, die sich jede Woche für (und gegen) mich in die Schlacht geworfen haben, und mich nie mit einfachen Ausreden haben durchkommen lassen: Achim, Ancilla, Matthias, Sabrina, Ulla und Matthias – ihr wart ein Anker in der Normalität und die Mittwochabende bleiben unersetzlich.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei meinen Korrekturlesern für die Hilfe beim Überführen der Rohfassung(en) in die vorliegende Arbeit und Herrn Udo Rothhaar für das Lektorat.

Stellvertretend geht ein Dank an Arthur, Rand, Adam, Richard, Auri und Rob, die mich als Reiseführer begleitet haben.

Leo van Waveren

Kaiserslautern, den 04.05.2017

## ZUSAMMENFASSUNG

Gleichwohl die Zahl an empirischen Studien im Bildungsbereich in der letzten Dekade stark zugenommen hat, sind nach wie vor internationale Vergleichsstudien in der beruflichen Bildung rar gesät. Noch seltener sind in diesem Bereich Studien, deren Schwerpunkt nicht auf der systemischen Ebene verbleibt, sondern den Fokus auf empirischen Ergebnissen erreichter Kompetenzen legt.

Um den Forschungsstand in der gewerblich-technischen Domäne hinsichtlich einer internationalen Vergleichbarkeit der in Deutschland erreichten Kompetenzprofile zu erweitern, befasst sich die vorliegende Arbeit mit zwei Berufen aus dem gewerblich-technischen Bereich: dem Kraftfahrzeug(Kfz)-Mechatroniker, als dem von Männern am häufigsten gewählten Ausbildungsberuf, und dem Elektroniker für Automatisierungstechnik, dessen komplexes und anforderungsreiches Berufsbild unter den Metall- und Elektroberufen engste Bezüge zu den Herausforderungen im Rahmen von Industrie 4.0 aufweist, wie der Aufbau von vernetzten Produktionswegen und die Verringerung von ausfallbedingten Produktionsstandzeiten.

Das duale System steht immer vor der Herausforderung, angemessen qualifizierte Fachkräfte auszubilden. Während die Befundlage zur Fachkompetenz bei Kfz-Mechatronikern in Deutschland bereits sehr umfangreich ist, lagen für den Elektroniker für Automatisierungstechnik zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit nur wenige Ergebnisse vor. Daher liegt der Schwerpunkt des ersten Teils der Arbeit auf der Erstellung eines curricular validen Messinstruments zur Erfassung des Fachwissens in der Automatisierungstechnik und reflektiert nur kurz die bereits vorhandenen Instrumente für den Kfz-Bereich.

Um für die am Ende der Elektroniker-Ausbildung vorhandenen berufsfachlichen Kompetenzen eine Beurteilungsgrundlage zu haben, wurde eine Reihe aufeinander aufbauender Studien durchgeführt. Das KOKO EA-Projekt entstammt der ASCOT-Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und wurde an der Universität Stuttgart durchgeführt. Ein zentrales Ziel war es dabei, ein Instrument zu entwickeln, dessen Ergebnisse valide interpretierbar für die Auszubildenden am Ende ihrer Ausbildung sind. Zur Wahrung der curricularen Validität der entwickelten Instrumente wurden die Studien durch eine Gruppe von Experten aus Schule und Betrieb sowie der Ordnungsarbeit begleitet.

Nach einer Sichtung von Lehrmaterial, Ausbildungsordnungen und dem von der KMK herausgegebenen Rahmenlehrplan sowie den baden-württembergischen Bildungsstandards wurde ein Fragebogen zur Erfassung der inhaltlichen Ausrichtung erarbeitet. Die Schwerpunkte der Ausbildung wurden in einer ersten Pilotstudie aus den Angaben von 278 Auszubildenden extrahiert und dann zum Gegenstand der Itementwicklung gemacht.

In der zweiten Pilotstudie wurden diese entwickelten Items für den Einsatz im *large-scale assessment* erprobt. Dazu wurden 202 Auszubildende aus sechs Bundesländern unter Prüfungsbedingungen an den beruflichen Schulen getestet. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse wurden die Items nach nochmaliger Überarbeitung von den Experten abgenommen, ehe der entwickelte Test endgültig freigegeben wurde.

In der Haupterhebung wurde das berufsfachliche Wissen von insgesamt 1011 Probanden aus Deutschland mittels Paper-Pencil-Test erhoben. Anhand von IRT-Modellierungen wurden verschiedene Strukturierungsansätze überprüft, die in der gewerblich-technischen Domäne bereits bei anderen Berufsgruppen herangezogen wurden. Konsistent mit der bisherigen Befundlage erweist sich auch für diesen Beruf das Fachwissen als ein mehrdimensionales Konstrukt.

Die drei Dimensionen richten sich dabei an fachinhaltlichen Strukturen aus und weisen enge Beziehungen zueinander auf, wobei Reliabilitäten in zufriedenstellender Höhe erreicht wurden. Eingelöst wurde somit das erste Forschungsanliegen, einen curricular validen Test zu entwickeln, der dazu geeignet ist, das Fachwissen bei Elektronikern für Automatisierungstechnik am Ende der Ausbildung zu erfassen.

Damit die Ergebnisse der Modellierung für die Praxis qualitativ greifbar gemacht werden können, wurde für jede der drei Dimensionen ein vierstufiges Niveaumodell erstellt. Dazu wurde auch ein Abgleich gegenüber den Ansprüchen durchgeführt, die sich aus dem Rahmenlehrplan der Ausbildung zum Elektroniker für Automatisierungstechnik ergeben. Deutlich traten dabei Diskrepanzen zwischen den dort formulierten Vorgaben und den in der Praxis erreichten Ständen im Fachwissen zutage. In Deutschland verfehlte damit ein erheblicher Anteil der Auszubildenden zum Elektroniker für Automatisierungstechnik die gesteckten Ziele der Ausbildung.

Um die Tür für empirische Vergleiche erreichter Kompetenzen in der beruflichen Bildung zu öffnen und gleichzeitig einen Eindruck von der Leistungsverteilung im gewerblich-technischen Bereich zwischen verschiedenen Ländern zu erhalten, wurde eine Pilotstudie für den Beruf des Kfz-Mechatronikers durchgeführt. Den Ergebnissen aus Deutschland wurden dazu die zweier Klassen der schweizerischen Entsprechung „Automobil-Mechatronikern mit Eidgenössischem Fähigkeits-

zeugnis“ gegenübergestellt. Eingesetzt wurde neben einem Paper-Pencil-Test zur Erhebung des Fachwissens auch eine realitätsnahe Simulation zur Erfassung der Problemlösefähigkeit am Kraftfahrzeug. In allen getesteten Inhaltsbereichen des Fachwissens, wie auch in der Problemlösefähigkeit, erzielten die Auszubildenden der Schweiz erheblich bessere Leistungen als die Referenzgruppe aus Deutschland.

In Analogie zu diesen Befunden wurde ein Vergleich zwischen der zuvor erschlossenen Berufsgruppe der Elektroniker für Automatisierungstechnik und deren schweizerischem Pendant, dem „Automatiker mit Eidgenössischem Fähigkeitszeugnis“ durchgeführt. Neben dem für die Auszubildenden aus Deutschland validierten Test zum Fachwissen kam auch in diesem Beruf eine realitätsnahe Simulation zum Einsatz, hier jedoch mit Items zur Erfassung der Problemlösefähigkeit in Automatisierungssystemen. Die Differenzen im Fachwissen fielen in diesem Beruf zwar weniger markant aus als dies für den Kfz-Bereich der Fall war, jedoch erreichten auch hier die schweizerischen Auszubildenden bessere Leistungen als jene aus Deutschland.

Insgesamt zeichnet die Arbeit damit die Entwicklung eines curricular validen Tests zur Erfassung des fachspezifischen Wissens nach und führt anhand zweier Berufe einen ersten internationalen Vergleich der erreichten beruflichen Fachkompetenz zwischen Deutschland und der Schweiz in der gewerblich-technischen Domäne durch.