

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung und Problemanalyse	1
1. Einleitung	1
1.1 Mathematik als Problem	2
1.2 Voraussetzungen und Anforderungen an eine Technikerweiterbildung	5
II. Theoretische Grundlagen	10
2. Stand der Forschung von verfügbaren Tests und Studien	10
2.1 Deutscher Mathematik Test für das 9. Schuljahr (DEMAT 9)	12
2.2 ULME-Studie	14
2.2.1 Mathematik Ergebnisse aus ULME I	16
2.2.1.1 Mathematiktest I	16
2.2.1.2 Mathematiktest II	17
2.2.1.3 Ergebnisinterpretation durch Einflussfaktoren	18
2.2.2 Mathematik Ergebnisse aus ULME II	18
2.2.2.1 Mathematiktest I	19
2.2.2.2 Mathematiktest II	20
2.3 PISA-Studie	21
2.4 Mathematiktest Grundkenntnisse für Ausbildung und Beruf	24
2.5 Kompetenztest Basiskonntnisse in der beruflichen Bildung	28
2.5.1 Gütekriterien und Normierung	30
2.5.2 Ergebnisse und Auswertung der Untersuchung	32
2.6 Trainingskurs Mathematik für höhere berufsbildende Schulen	34
2.6.1 Gütekriterien und Normierung	35
2.6.2 Ergebnisse und Auswertung der Untersuchung	36
2.7 Mathematiktest für Abiturienten und Studienanfänger (MTAS)	36
2.8 Mathematiktest für die Personalauswahl M-PA	37
2.9 Berufsbezogener Rechentest (BRT)	40
2.10 Vergleichsarbeiten VERA 8 (IQB)	41
2.11 Mathematisch naturwissenschaftliche Kompetenzen in der beruflichen Erstausbildung (ManKobE)	44

2.12 Ausbildungspark Online- Plattform	46
2.13 Mathetest Plakos.....	47
2.14 Mathe online.....	47
2.15 Zusammenfassung und Analyse.....	48
III. Methodologische Grundlagen und Methoden	51
3. Konstruktion und Entwicklung des Tests.....	51
3.1 Entwicklung des Aufgabenpools.....	52
3.2 Das Testtool Mathe-Meister	58
3.3 Testdurchführung und Auswertung.....	59
3.4 Entwicklung des Haupttests durch eine Pilotstudie	61
3.5 Untersuchungsdesign und Methodik	73
3.5.1 Probanden und Testzeitraum.....	73
3.5.2 Angewendete Methodik	74
4. Testgütekriterien	76
4.1 Gütekriterium der Validität	77
4.1.1 Inhaltsvalidität.....	77
4.1.2 Kriteriumsvalidität	78
4.1.3 Konstruktvalidität.....	78
4.2 Gütekriterium der Reliabilität.....	79
4.2.1 Voraussetzungen für die Reliabilitätsschätzung	79
4.2.2 Methoden zur Messung der Reliabilität	80
4.2.2.1 Innere Konsistenz zur Prüfung der Reliabilität	80
4.2.2.2 Retestmethode.....	81
4.2.3 Empirische Überprüfung der Reliabilität.....	81
4.2.3.1 Überprüfung der internen Konsistenz.....	81
4.3 Gütekriterium der Objektivität	82
4.3.1 Durchführungsobjektivität	82
4.3.2 Auswertungsobjektivität	83
4.3.3 Interpretationsobjektivität	84
5. Exploratorische Faktorenanalyse.....	85
5.1 Definition.....	85
5.2 Voraussetzungen für EFA	86

5.3 Methodenauswahl der Faktorenanalyse	87
5.3.1 Hauptkomponentenanalyse (PCA).....	87
5.3.2 Hauptachsenanalyse (PFA)	88
5.3.3 Maximum-Likelihood-Funktion (ML).....	88
5.4 Rotationsmethoden	89
5.4.1 Orthogonale Rotation	89
5.4.2 Oblique Rotation	90
5.5 Extraktion der Faktoren der EFA	90
5.5.1 Faktorladungen (Korrelationen) der Items.....	90
5.5.2 Eigenwerte und Kommunalitäten.....	91
5.5.3 Kriterien zur Bestimmung der Anzahl der Faktoren.....	92
5.5.3.1 Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium (KMO)	92
5.5.3.2 Bartlett-Test	93
5.5.3.3 MSA-Koeffizient	93
5.5.3.4 Scree-Test	94
5.5.3.5 Parallelanalyse	94
5.5.3.6 Minimum-Average-Partial-Test (MAP-Test).....	96
5.5.3.7 Maximum-Likelihood-Faktorenanalyse (ML)	96
6. Konfirmatorische Faktorenanalyse.....	98
6.1 Definition und Herleitung.....	98
6.1.1 Lineare Strukturgleichungsmodelle	100
6.1.2 Strukturgleichungen	101
6.2 Voraussetzungen für die Durchführung einer CFA	102
6.2.1 Formatives und reflektives Messmodell	102
6.2.2 Allgemeine Voraussetzungen	104
6.3 Aufbau und Formulierung des Messmodells.....	106
6.3.1 Zusammenhang zwischen dem Modell und den empirischen Ergebnissen	106
6.3.2 Modelltheoretische Korrelationsmatrix	106
6.4 Schätzalgorithmen	110
6.4.1 Maximum-Likelihood-Methode (ML).....	110
6.4.2 Generalized Least Squares (GLS).....	111

6.4.3 Asymptotically Distribution-Free Methode (ADF)	112
6.4.4 Unweighted Least Squares Methode (ULS)	112
6.5 Modell-Fit.....	112
6.5.1 Prüfung auf Itemebene	113
6.5.2 Prüfung auf Konstruktebene	115
6.5.3 Globale Prüfkriterien der CFA.....	116
7. Rasch - Modell.....	120
7.1 Definition.....	120
7.2 Schätzung der Parameter	128
7.2.1 Schätzung der Itemparameter.....	128
7.2.1.1 Maximum-Likelihood-Schätzung (uML).....	129
7.2.1.2 Conditional (bedingte) Maximum-Likelihood-Schätzung (cML).....	130
7.2.1.3 Marginale Maximum-Likelihood-Schätzung (mML)	130
7.2.2 Schätzung der Personenparameter	131
7.2.2.1 Unbedingte-Maximum-Likelihood-Schätzung der Personenparameter.....	131
7.2.2.2 Warm-Weighted-Likelihood-Estimates (WLE)	132
7.2.2.3 Mixed-Rasch-Modell	133
7.3 Modellgeltungstests	134
7.3.1 Andersen-Test	136
7.3.2 Martin-Löf-Test (ML-Test).....	136
7.3.3 Waldtest.....	138
7.3.4 Pearson $-\chi^2$ - Test	138
7.3.5 Likelihood-Quotienten-Test (LQT)	141
7.3.6 Mixed-Rasch-Modell	143
7.3.7 Nonparametrische Teststatistik T11	143
7.3.8 Axiomatische-Prüfung	144
7.3.9 Grafischer Modelltest.....	145
7.3.10 Informationstheoretische Kriterien	147
7.3.11 Q-Index	148
IV. Empirischer Teil.....	150
8. Erarbeitung der Forschungsfragen.....	150
9. Empirische Untersuchungsergebnisse.....	152

9.1 Ergebnisse der exploratorischen Faktorenanalyse	152
9.1.1 Probanden- und Testdaten.....	152
9.1.2 Empirische Auswertung der EFA mit SPSS.....	157
9.1.2.1 Festlegung der Faktorenanzahl	159
9.1.2.2 Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation (PCA).....	166
9.1.2.3 Hauptachsenanalyse mit der Promaxrotation (PFA)	167
9.1.2.4 Maximum-Likelihood Faktorenanalyse (ML).....	169
9.1.3 Analyse der Ergebnisse	171
9.1.3.1 Ergebnisorientierte Zusammenlegung der Faktoren.....	171
9.1.3.2 Didaktische Interpretation der Faktoren.....	172
9.1.4 Fazit der exploratorischen Faktorenanalyse.....	213
9.2 Empirische Untersuchung der CFA.....	215
9.2.1 Hypothesenbildung	216
9.2.2 Modellerstellung für die statistische Prüfung auf sieben Faktoren.....	216
9.2.2.1 Prüfung des Modells auf Itemebene	217
9.2.2.2 Prüfung auf Konstruktebene	220
9.2.2.3 Globale Prüfung des Testmodells.....	222
9.2.3 Modellerstellung für die statistische Prüfung auf zwei und drei Faktoren	228
9.3 Empirische Untersuchung auf Raschkonformität.....	230
9.3.1 Andersen-Test	231
9.3.2 Martin-Löf-Test (ML-Test).....	233
9.3.3 Waldtest.....	234
9.3.4 Grafischer Modelltest.....	236
9.3.5 Pearson χ^2 und LQT gegen das saturierte Modell.....	243
9.3.6 Informationstheoretische Kriterien und Mixed-Rasch-Modell.....	244
9.3.7 Analyse der Nonparametrischen (NP) Teststatistik T11	248
9.3.8 Q-Index der Itemprüfung	250
9.3.9 Axiomatische Prüfung.....	251
9.3.10 Zusammenfassung der Ergebnisse	256
9.3.11 Gesamtfazit der Rasch-Skalierung.....	258
9.4 Kompetenzfestlegung in den sieben Faktoren.....	259

9.4.1 Ziel der Festlegung.....	259
9.4.2 Kriteriumsorientierte Kompetenzfestlegung.....	259
9.4.3 Festlegung der Kompetenzniveaus	262
9.4.3.1 Kompetenzfestlegung des ersten Faktors	262
9.4.3.2 Kompetenzfestlegung des zweiten Faktors	266
9.4.3.3 Kompetenzfestlegung des dritten Faktors	270
9.4.3.4 Kompetenzfestlegung des vierten Faktors.....	272
9.4.3.5 Kompetenzfestlegung des fünften Faktors	276
9.4.3.6 Kompetenzfestlegung des sechsten Faktors	277
9.4.3.7 Kompetenzfestlegung des siebten Faktors	280
9.4.4 Zusammenfassung und Fazit der Ergebnisse	282
9.5 Anwendung und Erprobung des reduzierten Tests.....	284
9.5.1 Deskriptive Datenstruktur der 80 Testteilnehmer.....	284
9.5.2 Empirische Auswertung der sieben Faktoren	287
9.5.2.1 Erster Faktor	288
9.5.2.2 Zweiter Faktor	290
9.5.2.3 Dritter Faktor	292
9.5.2.4 Vierter Faktor.....	293
9.5.2.5 Fünfter Faktor	294
9.5.2.6 Sechster Faktor	294
9.5.2.7 Siebter Faktor.....	295
9.5.2.8 Zusammenfassung und Fazit	296
9.5.3 Testergebnisse in den Kategorien der 80 Probanden.....	298
9.5.3.1 Alter der Probanden.....	298
9.5.3.2 Qualifikation der Testteilnehmer.....	299
9.5.3.3 Schulausbildung der Probanden	300
9.5.3.4 Letzte Mathematiknote der Probanden.....	301
9.5.3.5 Zuletzt erhaltener Mathematikunterricht	301
9.5.4 Varianzanalyse in den Kategorien	302
9.5.4.1 Signifikanzuntersuchung beim Alter der Probanden.....	302
9.5.4.2 Signifikanzuntersuchung mit den Qualifikationen.....	305
9.5.4.3 Signifikanzuntersuchung mit der Schulform	307

9.5.4.4	Signifikanzuntersuchung mit der letzten Mathematiknote	308
9.5.4.5	Signifikanzuntersuchung mit dem letzten Mathematikunterricht	309
9.5.4.6	Signifikanzuntersuchung zwischen den Schülern der höheren Berufsfachschule und den Fachschülern	310
9.5.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	311
10.	Externe Validität	314
V.	Zusammenfassung.....	317
11.	Zusammenfassung, Beantwortung der Forschungsfragen, Nutzen und Ausblick.....	317
12.	Literaturverzeichnis.....	321
VI.	Anhang.....	335
A1	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	336
A2	Datenerhebungen	346
A3	Pilottest	346
A4	Instruktionen und erster Haupttest.....	360
A5	Zweiter Haupttest	379
A6	Herleitungen der verwendeten Berechnungsformeln	380
A 6.3	Überprüfung und Vergleich der Ergebnisse mit WINMIRA und <i>R</i>	393