

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Fokus und Gegenstand dieser Arbeit	2
1.2	Zentrale Fragestellungen und Argumentationslinien	3
1.2.1	Begriffliche Klärung von Wissensfacetten	3
1.2.2	Betrachtung der Kompetenz von Fachphysikern	6
1.2.3	Differenzierte Diagnose fachlichen Wissens	7
1.2.4	Technische Aspekte der durchgeführten Messung	8

Teil Eins

Vorbereitende Gedanken zum fachlichen Wissen

2	Zum Kompetenzbegriff	13
2.1	Der Kompetenzbegriff von Weinert	13
2.1.1	Wissen und Kompetenz	14
2.1.2	Wissen und Handlungen in spezifischen Kontexten	14
2.1.3	Wissen und Wollen	15
2.1.4	Kompetenzerwerb	16
2.1.5	Kompetenz-Evaluation	16
	Exkurs 1: Andere Kompetenzbegriffe	17
2.2	Vier Teilkompetenzen in der Physik	18
3	Fachliches Wissen von (angehenden) Lehrkräften	21
3.1	Fachliches Wissen als Komponente des Professionswissens	21
3.2	Die Bedeutung fachlichen Wissens für Lehrkräfte	23
3.3	Graduierungen als Teilkompetenzen des Fachwissens	25
3.3.1	Graduierungen in der Mathematik	26
3.3.2	Graduierungskonzepte der Mathematik im amerikanischen Raum	27
3.3.3	Graduierungen in den Naturwissenschaften	30
	Exkurs 2: Vertieftes (Schul-)Wissen vom höheren Standpunkt	31
3.4	<i>Erkenntnisgewinnung</i> als Bestandteil fachlichen Wissens	32
3.4.1	Scientific Reasoning	34
3.4.2	Das <i>Scientific Discovery as Dual Search</i> -Modell (SDDS)	35

3.4.3	Practical Work	37
3.4.4	Modellkompetenz	39
3.4.5	Epistemologie	40
3.4.6	Bedeutung für die Lehrerbildung	42
3.5	Überblick über verschiedene Studien	43
3.6	Zusammenfassung und Ausblick	48
4	Fachliches Wissen von (angehenden) Physikern	49
4.1	Ausbildung und Berufsbild des Physiklers	50
4.1.1	Physiker als Spezialisten	51
4.1.2	Physiker als Generalisten	52
4.2	Berufs- und ausbildungsbezogene Kompetenz von Physikern	53
4.2.1	Fachliches Wissen	54
4.2.2	Physikbezogene (motivationale) Einstellungen	59
4.2.3	Epistemologische Beliefs	60
4.2.4	(Erneute) Spezialisierung	62
4.3	Unterschiede zur Kompetenz von Physik-Lehrkräften	63
4.3.1	Innere Struktur	63
4.3.2	Relevanz der Kompetenzfacetten	64
4.3.3	Empirische Prüfung	65
4.4	Zusammenfassung	65

Teil Zwei

Vorbereitende Gedanken zu Kompetenzmodellierung und -messung

5	Kompetenzmodellierung	69
5.1	Funktionen von Kompetenzmodellen	69
5.2	Typisierung von Kompetenzmodellen	71
5.2.1	Deskriptive und normative Modelle	71
5.2.2	Struktur-, Niveau- und Entwicklungsmodelle	72
5.3	Anforderungsmerkmale in Kompetenzmodellen	73
5.3.1	Inhalt	75
5.3.2	Anforderungsstufe	76
5.3.3	Graduierung	77
5.3.4	Kompetenzbereich	78
5.3.5	Wissenschaftsbezogene Elaboration	78
5.3.6	Kognitive Stufung	78
5.3.7	Kontext	79

5.3.8	Komplexität	79
5.4	Zusammenfassung	83
6	Testtheorie	85
6.1	Klassische Testtheorie	86
6.1.1	Axiomatische Grundlagen	86
6.1.2	Anwendbarkeit	87
6.1.3	Itemschwierigkeit	88
6.1.4	Umgang mit Mehrdimensionalität	89
6.2	Probabilistische Testtheorie	89
6.2.1	Axiomatische Grundlagen	89
6.2.2	Anwendbarkeit	91
6.2.3	Itemschwierigkeit	91
6.2.4	Umgang mit Mehrdimensionalität	92
	Exkurs 3: Messmodelle der IRT im Vergleich	93
6.3	Das Itemformat	95
6.3.1	Geschlossene Formate	96
6.3.2	Offene Formate	97
6.4	Zusammenfassung	97
7	Gütekriterien in der Kompetenzmessung	99
7.1	Objektivität	99
7.1.1	Durchführungsobjektivität	99
7.1.2	Auswertungsobjektivität	100
7.1.3	Interpretationsobjektivität	100
7.2	Reliabilität	100
7.2.1	Allgemeine Definition	101
7.2.2	Bestimmung der Reliabilität	101
7.3	Validität	102
7.3.1	Kriteriumsvalidität	103
7.3.2	Konstruktvalidität	103
7.3.3	Inhaltsvalidität	104
7.3.4	Argumentbasierte Validitätsbegriffe	105
	Exkurs 4: Ein gemeinsamer Blick auf Reliabilität und Validität	106
7.4	Validierung von Kompetenzmodellen	107
7.5	Zusammenfassung und Umsetzung	109

Teil Drei

Ziele und theoretische Grundlagen des Projektes

8	Projektziele	113
8.1	Entwicklung eines Kompetenzmodells	113
8.2	Entwicklung und Erprobung eines Testinstrumentes	114
8.3	Einsatz des Testinstrumentes und Auswertung	116
8.4	Entwicklung eines Niveaumodells fachlichen Wissens	118
9	Strukturmodell des fachlichen Wissens	119
9.1	Rahmenmodell	120
9.2	Teilmodell »Nutzung von Fachwissen«	122
9.2.1	Fach-Stufe	123
9.2.2	Inhaltsbereich	127
9.2.3	Hierarchische Komplexität	128
9.3	Teilmodell »Nutzung von Experimenten und Modellen«	130
9.3.1	Auswahl der beschriebenen Anforderungen	131
9.3.2	SDDS-Suchräume	132
9.4	Mögliche Modellerweiterungen	132
9.5	Zusammenfassung	134
10	Hypothesen	135
10.1	Schwierigkeitserzeugende Aufgabenmerkmale	135
10.2	Wissenserwerb	136

Teil Vier

Das Testinstrument

11	Zusammenstellung des Testinstrumentes	141
11.1	Auswahl der Testtheorie und des Messmodells	141
	Exkurs 5: Abgrenzung von Kompetenz- und Wissenstests	142
11.2	Zusammenstellung des Testinstrumentes	144
11.2.1	Allgemeines Vorgehen	144
11.2.2	Testitems zum fachlichen Wissen	145
11.2.3	Signierung und Dichotomisierung	148
11.3	Übernahme weiterer Testteile	151
11.3.1	Natur der Naturwissenschaften und epistemologische Beliefs	151

11.3.2	Motivationale Aspekte	152
11.4	Testheftdesign	152
11.4.1	Pilotstudie	153
11.4.2	Hauptstudie	153
	Exkurs 6: Verschiedene Testheftdesigns im Vergleich	154
12	Herstellung einer inhaltvaliden Item-Modell-Zuordnung	159
12.1	Mögliche Verfahren	159
12.1.1	Lautes Denken	159
12.1.2	Expertenbefragungen	160
12.2	Erste Expertenbefragung	161
12.2.1	Auswahl der Experten	161
12.2.2	Vorgehen und Ergebnisse	162
12.3	Zweite Expertenbefragung	164
12.4	Evaluation des Entscheidungsbaumes	164
12.4.1	Aufgabe A7, Kurvenradius	164
12.4.2	Aufgabe 52, Stahlkugel	166
12.4.3	Diskussion	168
12.5	Festlegung der Item-Modell-Zuordnung	169
12.6	Zusammenfassung und Ausblick	170
13	Pilotstudie	171
13.1	Ziele, Vorgehen und Stichprobe	171
13.2	Erste Pilotrunde: Qualitative Überarbeitung	172
13.3	Zweite Pilotrunde: Erste statistische Analyse	173
13.3.1	Trennbarkeit der Dimensionen	173
	Exkurs 7: Modellvergleiche mit AIC, BIC und χ^2 -Test	174
13.3.2	Item-Fit und Skalengüte	176
	Exkurs 8: Fit-Statistiken im Rasch-Modell	177
13.3.3	Gruppenvergleiche und Regression	179
13.4	Zusammenfassung	180

Teil Fünf

Empirische Resultate

14 Datenerhebung, Stichprobe und Skalenbildung	183
14.1 Testdurchführung	183
14.2 Stichprobe	185
14.3 Signierung	188
14.4 Skalenbildung im fachlichen Wissen	189
14.4.1 Trennung des fachlichen Wissens nach Teilmodellen	189
14.4.2 Nutzung von Fachwissen	190
14.4.3 Nutzung von Experimenten und Modellen	194
14.5 Nature of Science	195
14.6 Beliefs und motivationale Orientierungen	196
14.6.1 Ihr Bild von der Wissenschaft Physik (A-Skalen)	197
14.6.2 Lernen von Physik in der Schule (B-Skalen)	198
14.6.3 Motivation in lern- und leistungsbezogenen Situationen (C-Skalen)	199
14.7 Vorwissen und Hobbys	200
14.7.1 Schulnoten und Oberstufenkurswahl	200
14.7.2 Probleme mit der Mathematik	201
14.7.3 Physik in Schule und Studium	202
14.7.4 Physikaffine Hobbys	204
14.8 Zusammenfassung	206
15 Empirische Charakterisierung der erfassten Wissensfacetten	209
15.1 Mögliche Prädiktoren des Wissenserwerbs	209
Exkurs 9: Prinzip der Regressionsanalyse	212
15.2 Vorgehen bei der Generierung von Regressionsmodellen	215
15.3 Ergebnisse	216
15.3.1 FW-Gesamtskala	218
15.3.2 Schul-Skala	219
15.3.3 Uni-Skala	219
15.3.4 Vertieft-Skala	220
15.3.5 EM-Skala	221
15.4 Zusammenfassung	222
16 Differentielle Studiengangsanalyse	225
16.1 Differentielle Studiengangsanalyse mittels linearer Regression	225
16.1.1 Nutzung von Fachwissen	227
16.1.2 Nutzung von Experimenten und Modellen	229

16.2	Differentielle Studiengangsanalyse mittels DIF	229
16.2.1	Vorgehen	229
16.2.2	Umfang und Ausmaß der DIFs	230
16.3	Zusammenfassung und Warnhinweis	234
17	Bildung und Analyse von Niveaus des fachlichen Wissens	237
	Exkurs 10: Verfahren zur Niveaubildung aus der Literatur	237
17.1	Allgemeines Vorgehen	240
17.2	Niveaus in der Nutzung von Fachwissen (Gesamtskala)	242
17.2.1	Lösung ohne Fach-Stufen	243
17.2.2	Lösung mit Fach-Stufen	243
17.2.3	Auswahl der Niveaus	245
17.3	Niveaus in den Teilskalen des Fachwissens	246
17.3.1	Niveaus in der Nutzung schulischen Wissens	247
17.3.2	Niveaus in der Nutzung vertieften Wissens	248
17.3.3	Niveaus in der Nutzung universitären Wissens	249
17.4	Niveaus in der Nutzung von Experimenten und Modellen	252
17.5	Analyse der Niveaus	254
17.5.1	Inhaltliche Analyse	254
	Exkurs 11: Status der gefundenen Niveaus	264
17.5.2	Probandenverteilung	266
17.5.3	Charakteristika von Studenten auf niedrigen Niveaus	269
17.6	Zusammenfassung	274

Teil Sechs

Schluss

18	Fazit	279
18.1	Betrachtungen zur Güte der durchgeführten Messung	279
18.1.1	Objektivität und Reliabilität	279
18.1.2	Valide Erfassung von Facetten des fachlichen Wissens	280
18.1.3	Zusammenfassung	283
18.2	Prüfung formulierter Projektziele und Hypothesen	283
18.3	Resümee der zentralen Argumentationsstränge	287
18.3.1	Begriffliche Klärung von Wissensfacetten	287
18.3.2	Betrachtung der Kompetenz von Fachphysikern	289
18.3.3	Differenzierte Diagnose fachlichen Wissens	290
18.3.4	Technische Aspekte der durchgeführten Messung	291
18.4	Ausblick	292

Anhang

A Testhefte	297
A.1 Titelblatt	298
A.2 Demographie	299
A.3 Testitems EM und NOS/NOSI	303
A.4 Testitems FW	328
A.5 Beliefs und motivationale Orientierungen	362
B Entscheidungsbaum	367
B.1 Inhaltsbereich	367
B.2 Teilmodell und Suchraum	368
B.3 Fach-Stufe	370
B.4 Komplexität	372
C Item-Modell-Zuordnung	377
D Itemüberarbeitungen nach der Pilotstudie	381
E Itemfit	387
F Überblick über weitere Skalen des Testhefts	391
Abbildungsverzeichnis	399
Tabellenverzeichnis	401
Stichwortverzeichnis	405
Literaturverzeichnis	415