

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>i</b>
<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Aspekte der Rolle der Mathematik im Physikunterricht . . . . .	3
1.2 Forschungsziele . . . . .	6
1.3 Aufbau der Arbeit . . . . .	7
<b>I Theorie</b>	<b>11</b>
<b>2 Darstellungen im Physikunterricht</b>	<b>13</b>
2.1 Externe Darstellungen . . . . .	13
2.2 Darstellungskompetenz . . . . .	17
2.3 Mathematische Darstellungen funktionaler Zusammenhänge . . . . .	20
2.3.1 Funktionale Zusammenhänge und zugehörige Grundvorstellungen . . . . .	21
2.3.2 Graphische Darstellungen . . . . .	23
2.3.3 Algebraische Darstellungen . . . . .	24
2.3.4 Numerische Darstellungen . . . . .	25
2.3.5 Verbale Darstellungen . . . . .	26
<b>3 Umgang mit mathematischen Darstellungen</b>	<b>29</b>
3.1 Umgang mit Diagrammen . . . . .	29
3.1.1 Informationsentnahme . . . . .	29
3.1.2 Konstruktion . . . . .	32
3.2 Umgang mit algebraischen Ausdrücken . . . . .	35
3.2.1 Informationsentnahme . . . . .	37
3.2.2 Konstruktion . . . . .	39
3.2.3 Arbeiten mit der Darstellung . . . . .	41
3.2.4 Berechnen . . . . .	41
3.3 Umgang mit Tabellen . . . . .	41
3.3.1 Informationsentnahme . . . . .	42

3.3.2	Konstruktion . . . . .	43
3.4	Umgang mit verbalen Darstellungen . . . . .	43
3.5	Technische und strukturelle Fähigkeiten . . . . .	45
<b>4</b>	<b>Modellierung von Darstellungswechseln funktionaler Zusammenhänge</b>	<b>49</b>
4.1	Bedeutung von Darstellungswechseln . . . . .	50
4.2	Mathematische Darstellungswechsel . . . . .	51
4.2.1	Subprozesse . . . . .	53
4.2.2	Tätigkeitsgruppen . . . . .	54
4.2.3	Art der Übersetzung . . . . .	56
4.3	Physikalisch-mathematische Darstellungswechsel . . . . .	56
4.3.1	Modell für Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge im Physikunterricht . . . . .	58
4.3.2	Beispiel zur Veranschaulichung des Modells . . . . .	59
4.3.3	Einsatzmöglichkeiten und Funktionen des Modells . . . . .	62
<b>5</b>	<b>Schwierigkeiten bei Darstellungswechseln</b>	<b>65</b>
5.1	Schwierigkeiten bei Subprozessen und Tätigkeitsgruppen . . . . .	65
5.2	Schwierigkeiten beim Umgang mit einzelnen Darstellungen . . . . .	67
5.2.1	Schwierigkeiten beim Umgang mit Diagrammen . . . . .	68
5.2.2	Schwierigkeiten beim Umgang mit algebraischen Ausdrücken . . . . .	73
5.3	Schwierigkeitserzeugende Faktoren bei Darstellungswechseln . . . . .	76
5.3.1	Art der auftretenden Darstellungen . . . . .	76
5.3.2	Mathematischer Inhalt . . . . .	78
5.3.3	Physikalischer Kontext . . . . .	79
5.3.4	Perspektive der Lernenden . . . . .	80
5.3.5	Unterricht . . . . .	82
5.4	Unterschiedliche Schwierigkeitsgrade von Darstellungswechseln . . . . .	84
<b>II</b>	<b>Empirie</b>	<b>93</b>
<b>6</b>	<b>Forschungsfragen</b>	<b>95</b>
<b>7</b>	<b>Empirischer Zugang</b>	<b>97</b>
7.1	Design und Methodik der Studie . . . . .	97
7.1.1	Auswahl des physikalischen Themenbereichs . . . . .	98
7.1.2	Design der Datenerhebung . . . . .	100
7.1.3	Kriterien für die Aufgabenkonstruktion . . . . .	102
7.2	Pilotstudie . . . . .	105

---

7.3	Erhebungsinstrumente der Hauptstudie . . . . .	106
7.3.1	Aufgaben . . . . .	106
7.3.2	Vorwissenstests . . . . .	118
7.4	Durchführung der Hauptstudie . . . . .	120
7.4.1	Beschreibung und Einordnung der Stichprobe . . . . .	121
7.4.2	Eignung der Stichprobe . . . . .	123
7.5	Auswertungsmethodik . . . . .	123
7.5.1	Lösung der Aufgaben . . . . .	125
7.5.2	Lösungsprozess der Aufgaben . . . . .	125
7.6	Gütekriterien . . . . .	134
<b>8</b>	<b>Lösung der Aufgaben</b>	<b>137</b>
8.1	Aufgabe Abkühlung . . . . .	137
8.2	Aufgabe Temperatur und Wärme . . . . .	139
8.3	Aufgabe Physikalischer Vorgang gesucht . . . . .	141
8.4	Aufgabe Luftmatratze . . . . .	145
<b>9</b>	<b>Tätigkeiten bei Darstellungswechseln</b>	<b>149</b>
9.1	Umgang mit Diagrammen . . . . .	150
9.2	Umgang mit algebraischen Ausdrücken . . . . .	152
9.3	Umgang mit Tabellen . . . . .	155
9.4	Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	158
<b>10</b>	<b>Einordnung ins Modell für Darstellungswechsel</b>	<b>161</b>
10.1	Ausprägungen einer strukturellen Übersetzung . . . . .	162
10.2	Aufgabe Abkühlung . . . . .	164
10.2.1	Fallbeispiel Nuri und Raja . . . . .	164
10.2.2	Tätigkeitsgruppen und Art der Übersetzung . . . . .	172
10.2.3	Diskussion . . . . .	180
10.3	Aufgabe Physikalischer Vorgang gesucht . . . . .	181
10.3.1	Fallbeispiel Martin und Ron . . . . .	182
10.3.2	Tätigkeitsgruppen und Art der Übersetzung . . . . .	193
10.3.3	Diskussion . . . . .	210
10.4	Aufgabe Luftmatratze . . . . .	211
10.4.1	Fallbeispiel Lars und Christian . . . . .	212
10.4.2	Tätigkeitsgruppen und Art der Übersetzung . . . . .	224
10.4.3	Übergangsdarstellung . . . . .	236
10.4.4	Diskussion . . . . .	237
10.5	Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	240

<b>11 Schwierigkeiten bei Darstellungswechseln</b>	<b>247</b>
11.1 Darstellungswechsel mit Diagrammen . . . . .	247
11.1.1 Zieldarstellung Diagramm . . . . .	248
11.1.2 Ausgangsdarstellung Diagramm . . . . .	263
11.1.3 darstellungsübergreifend . . . . .	266
11.1.4 Auftreten der Schwierigkeiten . . . . .	275
11.2 Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	281
11.3 Ergänzung: Darstellungswechsel mit algebraischen Ausdrücken . . . . .	284
<b>III Schluss</b>	<b>287</b>
<b>12 Zusammenfassung und Diskussion</b>	<b>289</b>
12.1 Theorie . . . . .	289
12.2 Empirie . . . . .	291
<b>13 Ausblick</b>	<b>299</b>
13.1 Implikationen für den Unterricht . . . . .	299
13.2 Weiterführende Forschung . . . . .	301
<b>Anhang</b>	<b>303</b>
<b>A Instrumente</b>	<b>305</b>
<b>B Stichprobe der Laborstudie</b>	<b>313</b>
B.1 Kontrollparameter . . . . .	313
B.2 Korrektheit der Aufgabenlösungen . . . . .	315
<b>C Transkriptionsregeln</b>	<b>319</b>
<b>D Codierleitfäden für die Kategoriensysteme</b>	<b>321</b>
D.1 Tätigkeiten bei Darstellungswechseln . . . . .	321
D.2 Einordnung ins Modell für Darstellungswechsel . . . . .	333
D.3 Schwierigkeiten bei Darstellungswechseln . . . . .	337
<b>E Sicherung der Auswertungsqualität der Daten</b>	<b>343</b>
E.1 Interrating der Aufgabenkorrektheit . . . . .	343
E.2 Intercoding der SchülerInnen-tätigkeiten in Phase I . . . . .	343
E.3 Interrating der Einordnung ins Modell in Phase II . . . . .	343
E.4 Validierung der Schwierigkeiten in Phase III . . . . .	343

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>351</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>355</b>
<b>Literatur</b>	<b>367</b>
<b>Danksagung</b>	<b>369</b>