

Ernst Kircher · Raimund Girwidz · Peter Häußler  
Editors

# Physikdidaktik

Theorie und Praxis

Zweite Auflage

 Springer

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I: Physikdidaktik

<b>0</b>	<b>Einführung: Was ist Physikdidaktik?</b> .....	<b>3</b>
0.1	Was ist Physik? .....	4
0.2	Was ist Didaktik? .....	6
0.3	Physikdidaktik: Forschung und Lehre über Physikunterricht .....	8
0.4	Studienziele – physikdidaktische Kompetenzen .....	12
	Literatur .....	14
<b>1</b>	<b>Warum Physikunterricht?</b> .....	<b>15</b>
1.1	Bildungstheoretische und pragmatische Begründungen – ein Rückblick .....	16
1.1.1	Zur Bildungstheorie und zu ihrem Einfluss auf den Physikunterricht ....	16
1.1.2	Pragmatische Schultheorie und naturwissenschaftlicher Unterricht.....	23
1.1.3	Zusammenfassende Bemerkungen .....	29
1.2	Die physikalische Dimension des Physikunterrichts.....	30
1.2.1	Zur Entwicklung und zum Aufbau der Physik .....	30
1.2.2	Zusammenfassung .....	35
1.2.3	Über die Natur der Naturwissenschaften lernen .....	36
1.2.4	Zusammenfassende Bemerkungen .....	41
1.3	Die gesellschaftliche Dimension des Physikunterrichts.....	43
1.3.1	Die moderne technische Gesellschaft.....	43
1.3.2	Veränderte Einstellungen zur Technik – Wertewandel .....	46
1.3.3	Technik- und Wissenschaftsethik .....	48
1.3.4	Naturwissenschaftlicher Unterricht und das Prinzip Verantwortung .....	50
1.3.5	Umwelterziehung und Bildung der Nachhaltigkeit .....	51
1.3.6	Zusammenfassende Bemerkungen .....	54
1.4	Die pädagogische Dimension des Physikunterrichts.....	55
1.4.1	Die übergangene Sinnlichkeit im Physikunterricht – eine Kritik .....	56
1.4.2	Schulphysik als Umgang mit den Dingen der Realität .....	58
1.4.3	Begegnung mit den Dingen der Realität in der Schulphysik .....	61
1.4.4	Schülervorstellungen und humanes Lernen.....	63
1.4.5	Zusammenfassung .....	66
1.5	Grundlagen dieser Physikdidaktik .....	67
1.5.1	Dimensionen der Physikdidaktik.....	67
1.5.2	Leitideen, physikdidaktische Dimensionen und methodische Prinzipien.....	71
1.5.3	Perspektiven des naturwissenschaftlichen Unterrichts .....	73
1.6	Ergänzende und weiterführende Literatur.....	76
	Literatur .....	78

<b>2</b>	<b>Ziele und Kompetenzen im Physikunterricht.....</b>	<b>83</b>
2.1	Wie kommt man zu Zielen?.....	84
2.1.1	Die didaktische Analyse im Physikunterricht.....	84
2.1.2	Gesichtspunkte für die Inhaltsauswahl – Fragenkatalog für die didaktische Analyse.....	88
2.2	Lernziele über Lernziele .....	91
2.2.1	Verschiedene Zielebenen.....	92
2.2.2	Zielklassen und Anforderungsstufen .....	95
2.3	Physikdidaktische Zielklassen .....	97
2.3.1	Konzeptziele (Begriffliche Ziele).....	98
2.3.2	Prozessziele (Fähigkeiten und Fertigkeiten).....	98
2.3.3	Soziale Ziele .....	99
2.3.4	Ziele über Einstellungen und Werte .....	99
2.3.5	Zusammenfassung.....	101
2.4	Bildungsstandards und Kompetenzen .....	101
2.4.1	Allgemeine administrative Festlegungen .....	101
2.4.2	Ausführungen zu den Kompetenzbereichen.....	102
2.4.3	Erwartungshorizont von Aufgaben.....	106
2.4.4	Anmerkungen zu den Bildungsstandards für den Physikunterricht.....	108
2.5	Sachstrukturdiagramme – Lernzielformulierungen .....	111
2.5.1	Sachstrukturdiagramme.....	111
2.5.2	Wie werden Lernziele formuliert?.....	112
2.6	Ergänzende und weiterführende Literatur.....	112
	Literatur .....	113
<b>3</b>	<b>Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion .....</b>	<b>115</b>
3.1	Elementarisieren – didaktisch rekonstruieren: Wie macht man das?.....	116
3.1.1	Pestalozzis Traum – nicht nur historische Bemerkungen .....	116
3.1.2	Kriterien der didaktischen Rekonstruktion.....	118
3.1.3	Heuristische Verfahren der didaktischen Rekonstruktion .....	121
3.2	Didaktische Rekonstruktionen von begrifflichen und technischen Systemen....	124
3.2.1	Ein Grundmuster des Physikunterrichts .....	124
3.2.2	Vereinfachung durch Experimente.....	127
3.2.3	Vereinfachung durch ikonische Darstellungen.....	128
3.2.4	Vereinfachung durch symbolische Darstellungen .....	130
3.2.5	Elementarisierung technischer Systeme .....	133
3.3	Elementarisierung durch Analogien.....	134
3.3.1	Was sind Analogien?.....	134
3.3.2	Beispiel: Die Wasseranalogie zum elektrischen Stromkreis .....	135
3.3.3	Notwendige Bedingungen für Analogien im Physikunterricht.....	137
3.3.4	Zusammenfassung: Analogien im Physikunterricht .....	138
3.4	Über die Elementarisierung physikalischer Objekte und Methoden.....	141
3.4.1	Zur Elementarisierung physikalischer Objekte .....	141
3.4.2	Elementarisierung physikalischer Methoden.....	142

3.5	Zusammenfassung und Ausblick .....	145
3.6	Ergänzende und weiterführende Literatur .....	147
	Literatur .....	147
<b>4</b>	<b>Methoden im Physikunterricht.....</b>	<b>149</b>
4.1	Methodische Großformen .....	151
4.1.1	Offener Unterricht – Freiarbeit .....	151
4.1.2	Spiele im Physikunterricht .....	154
4.1.3	Das Projekt .....	160
4.1.4	Die Unterrichtseinheit – der Kurs.....	166
4.2	Unterrichtskonzepte des Physikunterrichts.....	169
4.2.1	Exemplarischer Unterricht.....	169
4.2.2	Genetischer Unterricht.....	171
4.2.3	Entdeckender Unterricht.....	174
4.2.4	Darbietender Unterricht.....	176
4.3	Artikulationsschemata – wie eine Unterrichtsstunde gegliedert wird.....	178
4.3.1	Übersicht über einige Artikulationsschemata .....	178
4.3.2	Die Phase der Motivation .....	181
4.3.3	Zur Phase der Erarbeitung.....	185
4.3.4	Zur Phase der Vertiefung.....	187
4.4	Sozialformen im Physikunterricht.....	190
4.4.1	Gruppenunterricht.....	191
4.4.2	Individualisierter Unterricht .....	197
4.4.3	Frontalunterricht.....	198
4.5	Ergänzende und weiterführende Literatur .....	200
	Literatur .....	200
<b>5</b>	<b>Medien im Physikunterricht .....</b>	<b>203</b>
5.1	Begriffe und Klassifikationen .....	205
5.1.1	Medium, Medienpädagogik, Mediendidaktik.....	205
5.1.2	Klassifikationsschemata für Unterrichtsmedien .....	206
5.2	Grundlagenwissen zum Medieneinsatz.....	210
5.2.1	Wahrnehmung und Gedächtnis .....	211
5.2.2	Symbolsysteme und kognitive Repräsentation .....	215
5.2.3	Bildhafte Darstellungen.....	217
5.3	Bilder und Texte im Physikunterricht.....	220
5.3.1	Die Funktion von Bildern .....	220
5.3.2	Zum Instruktionsdesign mit Bildmedien .....	224
5.3.3	Texte im Physikunterricht .....	225
5.4	Die klassischen Medien .....	229
5.4.1	Die Wandtafel.....	229
5.4.2	Das Arbeitsblatt .....	230
5.4.3	Das Schulbuch.....	233
5.4.4	Der Arbeitsprojektor.....	236
5.4.5	Weitere Projektionsgeräte.....	239

5.4.6	Film- und Videotechnik - DVD und Videodisk .....	239
5.4.7	Weitere Medien .....	243
5.5	Experimente im Physikunterricht.....	244
5.5.1	Experiment, Schulversuch und Medium .....	244
5.5.2	Funktionelle Aspekte.....	245
5.5.3	Klassifikation physikalischer Schulexperimente.....	250
5.5.4	Empfehlungen für die Unterrichtspraxis .....	253
5.5.5	Schülerexperimente .....	259
	Literatur .....	261
<b>6</b>	<b>Wie lässt sich der Lernerfolg messen? .....</b>	<b>265</b>
6.1	Allgemeine Kriterien und Verfahren zur Messung des Lernerfolgs .....	266
6.1.1	Gütekriterien zur Messung des Lernerfolgs .....	266
6.1.2	Was kann und soll mit der Messung des Lernerfolgs bezweckt werden? .....	269
6.1.3	Welche unterschiedliche Typen von Bewertungsverfahren gibt es? ....	272
6.2	Wie misst man den Lernerfolg im kognitiven Bereich? .....	274
6.2.1	Wie erfasst man kognitive Leistungen?.....	274
6.2.2	Schriftlichen Verfahren zur Bewertung kognitiver Leistungen.....	276
6.2.3	Lückentextaufgaben .....	277
6.2.4	Multiplechoice- und Zuordnungsaufgaben.....	277
6.2.5	Begriffsnetze (Concept maps) .....	280
6.2.6	Aufgaben mit freier Antwort.....	283
6.2.7	Aufsätze.....	284
6.2.8	Sammeln von Evidenzen (Portfolio-Methode).....	286
6.2.9	Sieben Fehler bei der Formulierung schriftlicher Aufgaben .....	289
6.3	Wie misst man den Lernerfolg im nichtkognitiven Bereich?.....	295
6.3.1	Typen von Messverfahren .....	295
6.3.2	Messung von Kooperation vs. Konkurrenz .....	301
6.3.3	Messung der motivierenden Wirkung des Unterrichts .....	302
6.3.4	Messung von Interessen .....	303
6.3.5	Messung von Einstellungen.....	305
6.3.6	Messung des emotionalen Gehalts von Begriffen .....	306
6.3.7	Verfahren, die auf Beobachtung beruhen .....	307
6.4	Zusammenstellung der beschriebenen Verfahren .....	309
	Literatur .....	310
<b>7</b>	<b>Planung und Analyse von Physikunterricht.....</b>	<b>311</b>
7.1	Unterrichtsplanung.....	312
7.1.1	Planungsmodelle .....	312
7.1.2	Der Unterrichtsentwurf.....	315
7.1.3	Vorüberlegungen.....	317
7.1.4	Die Unterrichtsskizze .....	321
7.1.5	Schritte offener Unterrichtsplanung .....	323

7.2	Analyse einer Unterrichtseinheit.....	326
7.2.1	Unterrichtsbeobachtung.....	327
7.2.2	Nachbesprechung – es ist noch kein Meister vom Himmel gefallen....	330
7.2.3	Analysekriterien für die 2. Phase der Lehrerbildung.....	332
7.2.4	Abschließende Bemerkungen.....	335
	Literatur.....	336
<b>Teil II: Physikdidaktik in der Praxis</b>		
<b>8</b>	<b>Aktuelle Methoden I – Projekte.....</b>	<b>339</b>
8.1	„Die Sonne schickt uns keine Rechnung“ – eine Projektwoche.....	340
8.1.1	Physikalische und technische Grundlagen.....	340
8.1.2	Überblick über das Unterrichtsprojekt.....	344
8.1.3	Projektverlauf.....	346
8.1.4	Schülerexperimente.....	350
8.1.5	Zusammenfassung.....	352
8.2	Projekt „Induktionsmotore“.....	354
8.2.1	Fachliches – Ideen für Schüleraktivitäten.....	354
8.2.2	Lernvoraussetzungen für das Projekt.....	357
8.2.3	Schüleraktivitäten in den Gruppen.....	360
8.2.4	Abschließende Bemerkungen.....	368
	Literatur.....	369
<b>9</b>	<b>Aktuelle Methoden II – Lernzirkel.....</b>	<b>371</b>
9.1.	Lernzirkel „Einführung in die Akustik“.....	372
9.1.1	Ziele, Lernbereiche und Stationen.....	372
9.1.2	Fachliche Grundlagen.....	375
9.1.3	Unterrichtsmaterialien.....	380
9.1.4	Zur Evaluation des Lernzirkels.....	383
9.2.	Lernzirkel „Laser“.....	386
9.2.1	Lernvoraussetzungen, Inhalte und Organisation.....	386
9.2.2	Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion des Lasers.....	387
9.2.3	Die Stationen des Lernzirkels.....	392
9.2.4	Erfahrungen bei der Durchführung.....	400
9.2.5	Anhang: Neue Laserschutzklassen.....	401
	Literatur.....	402
<b>10</b>	<b>Aktuelle Methoden III – Spiele.....</b>	<b>403</b>
10.1	Gespielte Physik – spielerische Physik.....	404
10.2	Konstruktionsspiele – technische Kreativität.....	404
10.3	Gespielte Analogien – modellhaftes Lernen.....	410
10.4	Sinnhafte Spiele – ursprüngliches Verstehen.....	416
	Literatur.....	421

<b>11 Neue Medien und Multimedia .....</b>	<b>423</b>
11.1 Der Computer im Physikunterricht .....	424
11.2 Multimedia.....	426
11.3 Das Internet.....	435
11.3.1 Schwierigkeiten bei Internetrecherchen .....	436
11.3.2 Information ordnen, Wissen vorstrukturieren.....	437
11.3.3 Aufgabenkultur für Internetrecherchen .....	440
11.3.4 Grundstrategien für Internetrecherchen.....	441
11.4 E-Learning und Web 2.0.....	442
11.4.1 Blended Learning .....	443
11.4.2 Web 2.0 .....	445
11.4.3 Resümee .....	449
Literatur .....	449

### **Teil III: Moderne Teilgebiete des Physikunterrichts**

<b>12 Quantenphysik .....</b>	<b>455</b>
12.1 Vorbemerkungen .....	455
12.2 Experimente der Quantenphysik.....	456
12.2.1 Experimente, die mit Quantelung erklärt werden können.....	456
12.2.2 Experimente, die man stochastisch beschreibt .....	457
12.2.3 Experimente, die man mit Interferenz erklärt.....	458
12.2.4 Experimente zum Komplementaritätsprinzip.....	460
12.3 Vorstellungen zur Quantenphysik.....	461
12.3.1 Quantenobjekte als kleine Kügelchen .....	461
12.3.2 Quantenobjekte als Wellen.....	463
12.3.3 Welle oder Kügelchen, je nach Experiment .....	463
12.3.4 Etwas verteiltes Stoffliches .....	464
12.3.5 Die Kopenhagener Interpretation .....	465
12.3.6 Unbestimmtheit und Schrödingers Katze .....	466
12.3.7 Zur Nichtlokalität .....	467
12.4 Formalismen für Vorhersagen .....	468
12.4.1 Der verbale Formalismus für Interferenz und Komplementarität.....	469
12.4.2 Der Zeiger-Formalismus .....	472
12.4.3 Der Formalismus mit den Wahrscheinlichkeitspaketen .....	474
12.4.4 Lösen der stationären Schrödingergleichung.....	476
12.5 Fazit .....	477
Literatur .....	478
<b>13 Elementarteilchenphysik in der Schule.....</b>	<b>479</b>
13.1 Elementarteilchenphysik im Überblick.....	480
13.1.1 Die elementaren Teilchen.....	481
13.1.2 Die vier fundamentalen Kräfte .....	483
13.1.3 Neutrinos: Exoten unter den Elementarteilchen .....	489
13.1.4 Die Suche nach dem Higgs-Boson.....	495

13.2	Unterricht zur Elementarteilchenphysik .....	496
13.2.1	Fachdidaktische Hinweise .....	496
13.2.2	Vermittlung der Teilchenphysik in verschiedenen Elementarisierungsstufen .....	501
13.2.3	Punktuelle Behandlung teilchenphysikalischer Themen .....	505
	Literatur .....	507
<b>14</b>	<b>Astronomie im Physikunterricht .....</b>	<b>509</b>
14.1	Astronomische Entfernungsmessung .....	512
14.2	Übersicht über die Messmethoden .....	513
14.3	Messung der Sonnenentfernung nach Aristarch .....	514
14.4	Messungen mit einem Sextanten .....	515
14.4.1	Diskussion der Messergebnisse .....	516
14.4.2	Vergleich mit Computerberechnungen .....	517
14.4.3	Methodische und didaktische Empfehlungen .....	517
14.5	Die Entfernung des Mondes .....	519
14.5.1	Kooperatives Projekt zur Messung der Mondparallaxe .....	519
14.5.2	Beispiel: Der Mond zwischen Saturn und Jupiter .....	520
14.5.3	Auswertung .....	521
14.6	Abstandsverhältnisse im Sonnensystem .....	522
14.6.1	Bestimmung der Bahnradien .....	522
14.6.2	Bestimmung des Radius der Marsbahn .....	523
14.7	Internet-Projekt: Auswertung des Venustransits am 8. Juni 2004 .....	524
14.7.1	Die parallaktische Verschiebung von Venus und die Entfernung der Sonne .....	525
14.7.2	Schlussfolgerungen .....	526
14.8	Astronomisches Schlechtwetter-Praktikum .....	527
14.8.1	Beispiel: Die Rotation der Sonne und die Astronomische Einheit .....	527
14.8.2	Beispiel: Die Entfernung von Barnards Pfeilstern .....	528
	Literatur .....	529
<b>15</b>	<b>Chaos und Strukturbildung .....</b>	<b>531</b>
15.1	Deterministisch und unvorhersagbar .....	532
15.2	Chaotische Schwingungen .....	534
15.2.1	Das exzentrische Drehpendel .....	534
15.2.2	Das chaotische Überslagpendel .....	536
15.2.3	Der chaotische Prellball .....	537
15.2.4	Elektromagnetische Schwinger .....	537
15.2.5	Chaotisches Wasserrad .....	538
15.2.6	Der tropfende Wasserhahn .....	539
15.3	Dissipative Strukturen .....	540
15.3.1	Bénardkonvektion als dissipative Struktur .....	542
15.3.2	Sand als dissipative Struktur .....	543
15.3.3	Dissipative Strukturbildung bei der Entstehung von Flussnetzwerken .....	544

15.4	Fraktale .....	545
15.4.1	Elemente der fraktalen Geometrie .....	546
15.4.2	Fraktale als physikalische Objekte .....	549
15.4.3	Fraktale als nichtlineare Systeme .....	551
15.4.4	Fraktale als Thema des Physikunterrichts .....	551
	Literatur .....	555
<b>16</b>	<b>Wege in die Nanowelt .....</b>	<b>557</b>
16.1	Mikro, Nano & technologischer Wandel .....	557
16.1.1	Bilder eines komplexen Nanokosmos .....	558
16.1.2	Reisen in die Nanowelt: Skalierungen .....	559
16.1.3	Ertaste die Nano-Wirklichkeit .....	560
16.1.4	Erfühle die molekulare Komplexität .....	562
16.1.5	Kreative Potenziale fördern .....	563
	Literatur .....	564
16.2	Nanotechnologien für maßgeschneiderte Materialien und Bauelemente .....	565
16.2.1	Potenziale der Nanotechnologie .....	566
16.2.2	Realisierungsformen von Nanostrukturen .....	569
16.2.3	Herstellungsverfahren .....	570
16.2.4	Anwendungen .....	574
	Literatur .....	578
<b>Teil IV: Aktuelle Beiträge zur Physikdidaktik</b>		
<b>17</b>	<b>Mädchen im Physikunterricht .....</b>	<b>583</b>
17.1	Einleitung .....	583
17.2	Ein erster Überblick .....	584
17.2.1	Die besondere Situation der Mädchen im Physikunterricht .....	584
17.2.2	Einige Ursachen .....	584
17.2.3	Ansatzpunkte, um den Mädchen besser gerecht zu werden .....	587
17.3	Fachdidaktische Beiträge zur Förderung der Mädchen im Physikunterricht .....	588
17.3.1	Konkrete Unterrichtsvorschläge .....	588
17.3.2	Die Interessenstudien des IPN .....	588
17.3.3	Der BLK-Modellversuch .....	591
17.3.4	Die Schweizer Koedukationsstudie .....	594
17.3.5	Fehlende sinnstiftende Kontexte .....	600
17.4	Fazit .....	602
	Literatur .....	603
<b>18</b>	<b>Alltagsvorstellungen und Physik lernen .....</b>	<b>605</b>
18.1	Beispiele für Alltagsvorstellungen .....	605
18.1.1	Vorstellungen zu Phänomenen und Begriffen .....	605
18.1.2	Vorstellungen über die Physik und über das Lernen .....	609
18.1.3	Lehrervorstellungen .....	610

18.2	Vorstellungen und Lernen.....	610
18.2.1	Vorunterrichtliche Vorstellungen berücksichtigen.....	610
18.2.2	Lernen.....	611
18.2.3	Zur Rolle von Vorstellungen beim Lernen.....	613
18.2.4	Konzeptwechsel.....	615
18.3	Unterricht auf der Basis von vorunterrichtlichen Vorstellungen .....	616
18.3.1	Anknüpfen – Umdeuten – Konfrontieren.....	617
18.3.2	Unterrichtsstrategien, die Konzeptwechsel unterstützen.....	618
18.3.3	Wärme – Temperatur – Energie .....	619
18.3.4	Vorstellungen zum Teilchenmodell.....	623
18.4	Anmerkungen und Literaturhinweise.....	627
18.4.1	Abschließende Anmerkungen.....	627
18.4.2	Literaturübersicht zu Alltagsvorstellungen.....	628
	Literatur .....	629
<b>19</b>	<b>Neue Medien unter lernpsychologischen Aspekten.....</b>	<b>631</b>
19.1	Multimodalität, Multicodierung, Interaktivität .....	632
19.2	Theorien zum Lernen mit multiplen Repräsentationen.....	635
19.2.1	Theorie zum Multimedialernen von Mayer.....	635
19.2.2	Das integrierte Modell des Text- und Bildverstehens nach Schnotz und Bannert.....	637
19.2.3	Darstellungsvielfalt und Lernen in Physik .....	639
19.3	Kognitive Belastungen und Maßnahmen .....	641
19.3.1	Cognitive load berücksichtigen .....	641
19.3.2	Supplantationkonzept und Kohärenzbildung.....	645
19.3.3	Adaptive Programme.....	646
19.4	Komplexes Lernen und Multimedia.....	647
19.4.1	Hilfen zum Aufbau mentaler Modelle.....	647
19.4.2	Kognitive Flexibilität fördern.....	650
19.4.3	Situiertes Lernen und Wissensverankerung.....	652
19.4.4	Wissensstrukturierung und Vernetzung.....	654
	Literatur .....	658
<b>20</b>	<b>Standards und Physikaufgaben .....</b>	<b>663</b>
20.1	Aufgabeneinsatz in Unterricht und Test .....	663
20.2	Qualität von Aufgaben.....	665
20.3	Merkmale von Aufgaben .....	667
20.3.1	Offenheit von Aufgaben.....	668
20.3.2	Art der Lösungswege.....	669
20.3.3	Curricularer Bezug .....	669
20.3.4	Antwortformat .....	670
20.3.5	Experimenteller Anteil .....	670
20.3.6	Anforderungsmerkmale.....	671

20.4	Aufgabenmerkmale und Lernprozesse.....	672
20.4.1	Bezug zu Lernprozessen.....	672
20.4.2	Kontextualisierung .....	673
20.4.3	Einsatz von Hilfen .....	674
20.4.4	Bezug zu Schülervorstellungen .....	674
20.4.5	Umgang mit Fehlern.....	675
20.4.6	Beziehung zu anderen Aufgaben.....	676
20.4.7	Verfügbarkeit des Fachwissens .....	677
20.5	Kompetenzmodelle .....	677
20.5.1	Kognitive Prozesse .....	677
20.5.2	Komplexität.....	678
20.5.3	Kompetenzstufen.....	679
20.6	Kompetenzen in anderen Bereichen .....	680
20.6.1	Kompetenzbereich Kommunikation.....	680
20.6.2	Kompetenzbereich Bewertung .....	681
20.6.3	Lesekompetenz.....	681
20.6.4	Statistische Kennwerte .....	682
20.7	Aufgabenbeispiele .....	683
20.8	Abschließende Bemerkungen .....	686
	Literatur .....	687
<b>21</b>	<b>Professionswissen und Fortbildung von Physiklehrern.....</b>	<b>689</b>
21.1	Professionswissen und Unterrichtsqualität .....	689
21.2	Forschungsansätze zum Professionswissen von Lehrern.....	693
21.2.1	Operationalisierung des Fachwissens.....	694
21.2.2	Operationalisierung des fachdidaktischen Wissens.....	696
21.2.3	Zusammenhang zwischen Fachwissen, fachdidaktischem Wissen und Unterricht .....	697
21.2.4	Pädagogisches Wissen.....	698
21.2.5	Implikationen für die Aus- und Fortbildung.....	700
21.3	Lernprozessorientierte Fortbildung.....	700
21.3.1	Lernprozessorientierte Fortbildung zum Professionswissen .....	700
21.3.2	Auswahl des Fortbildungsthemas.....	701
21.3.3	Wichtige Basismodelle für den Physikunterricht .....	702
21.3.4	Verlauf der Fortbildung.....	703
21.4	Ergebnisse der Fortbildung.....	704
21.5	Zusammenfassung .....	704
	Literatur .....	705
<b>22</b>	<b>Lehrerausbildung und Lehrerfortbildung – nach „Bologna“ und PISA .....</b>	<b>709</b>
22.1	Lehrerausbildung .....	709
22.1.1	Die Vereinbarung von Bologna: Bachelor und Master .....	709
22.1.2	Lehrerausbildung und Unterrichtskompetenz.....	712
22.1.3	Reform der Studieninhalte.....	714
22.1.4	Schulpraktische Studien .....	718

22.2	Die zweite Phase der Lehrerbildung .....	719
22.2.1	Ausbildungsstandards.....	719
22.2.2	Reformvielfalt in den Bundesländern.....	721
22.3	Fortbildung von Lehrerinnen und Lehrern.....	721
22.3.1	Lernen im Beruf.....	721
22.3.2	Kriterien für erfolgreiche Lehrerfortbildung .....	723
22.3.3	Bundesweite Fortbildungsprogramme.....	724
22.3.4	Regionale Lehrerfortbildung .....	726
22.3.5	Schulinterne Lehrerfortbildung .....	727
22.3.6	Unterrichtsvideos in der Lehrerbildung.....	730
22.4	Zusammenfassung und Ausblick .....	731
	Literatur .....	732
<b>23</b>	<b>Modellbegriff und Modellbildung in der Physikdidaktik.....</b>	<b>735</b>
23.1	Erläuterungen und Festlegungen zum Modellbegriff.....	735
23.1.1	Zweckmäßigkeit und Konventionen.....	735
23.1.2	Eingrenzung des Modellbegriffs .....	736
23.1.3	Erläuterungen zum Modellbegriff .....	737
23.1.4	Formale Darstellung des Erkenntnisprozesses und Modelldefinition .....	738
23.1.5	„Analogien“ zwischen Modell und Objekt.....	739
23.2	Beziehungen zwischen Modell und Objekt.....	741
23.2.1	Das Abbildungsmerkmal .....	741
23.2.2	Das Verkürzungsmerkmal .....	742
23.2.3	Gegenständliche Modelle: Strukturmodelle, Funktionsmodelle, gestaltähnliche Modelle.....	743
23.3	Eigenschaften von Modellen.....	745
23.3.1	Anschaulichkeit von Modellen.....	745
23.3.2	Einfachheit von Modellen .....	747
23.3.3	Transparenz von Modellen .....	749
23.3.4	Vertrautheit von Modellen .....	750
23.3.5	Produktivität von Modellen .....	751
23.3.6	Bedeutsamkeit von Modellen .....	752
23.4	Funktionen von Modellen.....	753
23.4.1	Erklärungen durch Modelle .....	754
23.4.2	Prognosen durch Modelle.....	755
23.4.3	Lernen durch Modelle .....	757
23.5	Klassifikation von Modellen.....	758
	Literatur .....	761
<b>24</b>	<b>Über die Natur der Naturwissenschaften lernen.....</b>	<b>763</b>
24.1	Über die Natur der Naturwissenschaften lernen – Ziele und Inhalte .....	764
24.1.1	Naturwissenschaften und Wirklichkeit.....	764
24.1.2	Was sind Naturwissenschaften? .....	767
24.1.3	Technik- und wissenschaftsethische Aspekte.....	770

24.2	Standardmethoden der Naturwissenschaften .....	774
24.2.1	Zur induktiven Methode .....	774
24.2.2	Zur hypothetisch-deduktiven Methode.....	778
24.3	Historische Beschreibungen naturwissenschaftlicher Theoriebildung.....	780
24.3.1	Naturwissenschaftliche Revolution und Normalwissenschaft.....	780
24.3.2	Naturwissenschaften als historische Tradition .....	786
24.3.3	Naturwissenschaften als abstrakte und historische Tradition .....	788
24.4	Theoriebildung in der Physik – Modellbildung im Physikunterricht.....	790
24.4.1	Über Theoriebildung in der Physik .....	790
24.4.2	Über Modellbildung im Physikunterricht.....	793
24.4.3	Über die Bedeutung von Experimenten in der Physik und im Physikunterricht .....	794
24.5	Ergänzende und weiterführende Literatur.....	797
	Literatur .....	797
<b>25</b>	<b>Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln .....</b>	<b>799</b>
25.1	Labore als außerschulische Lernorte: Erfolgsgeschichte einer Bildungsinnovation.....	799
25.2	Komplexe Lernumgebung: Einheit in der Vielfalt von Schülerlaborkonzepten.....	801
25.2.1	Gemeinsame Ziele und Gestaltungsmerkmale .....	801
25.2.2	Fachspezifische Differenzierungen der Angebote.....	802
25.2.3	Balance von Instruktion und Konstruktion.....	803
25.3	Wirkungsforschung: Die kontraintuitive Effektivität der Laboraktivitäten .....	805
25.4	Unterrichtsentwicklung: Renaissance des erfahrungsbasierten Lernens.....	808
25.4.1	Arbeitsweisen erfahrbar machen: Lehr-Lern-Zyklen .....	808
25.4.2	Kreative Prozesse erfahrbar machen: Experimente als Werkzeuge und Flügel des Geistes.....	809
25.4.3	Wissen verkörpern: Handlungsmuster & Abstraktionen .....	810
25.4.4	Gestaltung von Laborprojekten: Gelingenskriterien für forschendes Lernen.....	811
25.4.5	Lernen durch Experimentieren: Ist-Zustand.....	813
25.4.6	Forschend lernen: Unterrichtsmuster verändern.....	814
25.5	Die Hefe im Teig: Brauchen wir auch künftig Schülerlabore?.....	816
	Literatur .....	817
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>819</b>