

Inhaltsverzeichnis

I Physikdidaktik

1	Einführung: Was ist Physikdidaktik?	3
	<i>Ernst Kircher</i>	
1.1	Was ist Physik?	5
1.2	Was ist Didaktik?	6
1.3	Physikdidaktik: Forschung und Lehre über Physikunterricht	9
1.4	Studienziele – physikdidaktische Kompetenzen	12
	Literatur	14
2	Warum Physikunterricht?	15
	<i>Ernst Kircher</i>	
2.1	Bildungstheoretische und pragmatische Begründungen – ein Rückblick	18
2.1.1	Zur Bildungstheorie und zu ihrem Einfluss auf den Physikunterricht	18
2.1.2	Pragmatische Schultheorie und naturwissenschaftlicher Unterricht	22
2.1.3	Zusammenfassende Bemerkungen	27
2.2	Die physikalische Dimension des Physikunterrichts	28
2.2.1	Zur Entwicklung und zum Aufbau der Physik	28
2.2.2	Zusammenfassung	33
2.2.3	Über die Natur der Naturwissenschaften lernen	34
2.2.4	Zusammenfassende Bemerkungen	38
2.3	Die gesellschaftliche Dimension des Physikunterrichts	39
2.3.1	Die moderne technische Gesellschaft	40
2.3.2	Veränderte Einstellungen zur Technik – Wertewandel	42
2.3.3	Technik- und Wissenschaftsethik	44
2.3.4	Naturwissenschaftlicher Unterricht und das Prinzip Verantwortung	46
2.3.5	Umwelterziehung und Bildung der Nachhaltigkeit	47
2.3.6	Zusammenfassende Bemerkungen	49
2.4	Die pädagogische Dimension des Physikunterrichts	50
2.4.1	Die übergangene Sinnlichkeit im Physikunterricht – eine Kritik	51
2.4.2	Schulphysik als Umgang mit den Dingen der Realität	53
2.4.3	Begegnung mit den Dingen der Realität in der Schulphysik	55
2.4.4	Schülervorstellungen und humanes Lernen	58
2.4.5	Zusammenfassung	60
2.5	Grundlagen dieser Physikdidaktik	61
2.5.1	Dimensionen der Physikdidaktik	61
2.5.2	Leitideen, physikdidaktische Dimensionen und methodische Prinzipien	65
2.5.3	Perspektiven des naturwissenschaftlichen Unterrichts	66
2.6	Ergänzende und weiterführende Literatur	68
	Literatur	69

3	Ziele und Kompetenzen im Physikunterricht	75
	<i>Ernst Kircher</i>	
3.1	Wie kommt man zu Zielen?	77
3.1.1	Die didaktische Analyse im Physikunterricht	77
3.1.2	Gesichtspunkte für die Inhaltsauswahl – Fragenkatalog für die didaktische Analyse	81
3.1.3	Schritte einer didaktischen Analyse	83
3.2	Lernziele über Lernziele	84
3.2.1	Verschiedene Zielebenen	84
3.2.2	Zielklassen und Anforderungsstufen	87
3.3	Physikdidaktische Zielklassen	89
3.3.1	Konzeptziele (Begriffliche Ziele)	89
3.3.2	Prozessziele (Fähigkeiten und Fertigkeiten)	90
3.3.3	Soziale Ziele	90
3.3.4	Ziele über Einstellungen und Werte	91
3.3.5	Zusammenfassung	92
3.4	Bildungsstandards und Kompetenzen	93
3.4.1	Allgemeine administrative Festlegungen	93
3.4.2	Ausführungen zu den Kompetenzbereichen	94
3.4.3	Erwartungshorizont von Aufgaben	97
3.4.4	Anmerkungen zu den Bildungsstandards für den Physikunterricht	99
3.5	Sachstrukturdiagramme – Lernzielformulierungen	101
3.5.1	Sachstrukturdiagramme	101
3.5.2	Wie werden Lernziele formuliert?	103
3.6	Ergänzende und weiterführende Literatur	103
	Literatur	104
4	Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion	107
	<i>Ernst Kircher</i>	
4.1	Elementarisieren – didaktisch rekonstruieren: Wie macht man das?	109
4.1.1	Pestalozzis Traum – nicht nur historische Bemerkungen	109
4.1.2	Kriterien der didaktischen Rekonstruktion	111
4.1.3	Heuristische Verfahren der didaktischen Rekonstruktion	114
4.2	Didaktische Rekonstruktionen von begrifflichen und technischen Systemen	116
4.2.1	Ein Grundmuster des Physikunterrichts	116
4.2.2	Vereinfachung durch Experimente	118
4.2.3	Vereinfachung durch ikonische Darstellungen	119
4.2.4	Vereinfachung durch symbolische Darstellungen	122
4.2.5	Elementarisierung technischer Systeme	124
4.3	Elementarisierung durch Analogien	125
4.3.1	Was sind Analogien?	125
4.3.2	Beispiel: Die Wasseranalogie zum elektrischen Stromkreis	127
4.3.3	Notwendige Bedingungen für Analogien im Physikunterricht	128
4.3.4	Zusammenfassung: Analogien im Physikunterricht	129
4.4	Über die Elementarisierung physikalischer Objekte und Methoden	132
4.4.1	Zur Elementarisierung physikalischer Objekte	132
4.4.2	Elementarisierung physikalischer Methoden	133

4.5	Zusammenfassung und Ausblick	136
4.6	Ergänzende und weiterführende Literatur	137
	Literatur	137
5	Methoden im Physikunterricht	141
	<i>Ernst Kircher</i>	
5.1	Methodische Großformen	144
5.1.1	Offener Unterricht – Freiarbeit	144
5.1.2	Spiele im Physikunterricht	147
5.1.3	Das Projekt	152
5.1.4	Die Unterrichtseinheit – der Kurs	158
5.2	Unterrichtskonzepte des Physikunterrichts	160
5.2.1	Exemplarischer Unterricht	160
5.2.2	Genetischer Unterricht	162
5.2.3	Entdeckender Unterricht	165
5.2.4	Darbietender Unterricht	167
5.3	Artikulationsschemata – wie eine Unterrichtsstunde gegliedert wird	168
5.3.1	Übersicht über einige Artikulationsschemata	168
5.3.2	Die Phase der Motivation	171
5.3.3	Zur Phase der Erarbeitung	175
5.3.4	Zur Phase der Vertiefung	176
5.4	Sozialformen im Physikunterricht	179
5.4.1	Gruppenunterricht	180
5.4.2	Individualisierter Unterricht	185
5.4.3	Frontalunterricht	186
5.5	Checkliste Lehrerverhalten	188
5.6	Ergänzende und weiterführende Literatur	190
	Literatur	190
6	Medien im Physikunterricht	193
	<i>Raimund Girwidz</i>	
6.1	Begriffe und Klassifikationen	195
6.1.1	Medium, Medienpädagogik, Mediendidaktik	196
6.1.2	Klassifikationsschemata für Unterrichtsmedien	197
6.2	Grundlagenwissen zum Medieneinsatz	200
6.2.1	Wahrnehmung und Gedächtnis	200
6.2.2	Symbolsysteme und kognitive Repräsentation	204
6.2.3	Bildhafte Darstellungen	205
6.3	Bilder und Texte im Physikunterricht	208
6.3.1	Die Funktion von Bildern	208
6.3.2	Zum Instruktionsdesign mit Bildmedien	211
6.3.3	Texte im Physikunterricht	212
6.4	Die klassischen Medien	215
6.4.1	Die Wandtafel	216
6.4.2	Das Arbeitsblatt	217
6.4.3	Das Schulbuch	219
6.4.4	Der Arbeitsprojektor	221

6.4.5	Weitere Projektionsgeräte	224
6.4.6	Film- und Videotechnik – DVD und Videodisk	224
6.4.7	Weitere Medien	227
6.5	Experimente im Physikunterricht	228
6.5.1	Experiment, Schulversuch und Medium	228
6.5.2	Funktionelle Aspekte	229
6.5.3	Klassifikation physikalischer Schulexperimente	232
6.5.4	Empfehlungen für die Unterrichtspraxis	235
6.6	Schülerexperimente	240
	Literatur	242
7	Wie lässt sich der Lernerfolg messen?	247
	<i>Peter Häußler</i>	
7.1	Allgemeine Kriterien und Verfahren zur Messung des Lernerfolgs	250
7.1.1	Gütekriterien zur Messung des Lernerfolgs	250
7.1.2	Was kann und soll mit der Messung des Lernerfolgs bezweckt werden?	253
7.1.3	Welche unterschiedliche Typen von Bewertungsverfahren gibt es?	255
7.2	Wie misst man den Lernerfolg im kognitiven Bereich?	257
7.2.1	Wie erfasst man kognitive Leistungen?	257
7.2.2	Schriftliche Verfahren zur Bewertung kognitiver Leistungen	258
7.2.3	Lückentextaufgaben	260
7.2.4	Multiple-Choice- und Zuordnungsaufgaben	260
7.2.5	Begriffsnetze (Concept maps)	262
7.2.6	Aufgaben mit freier Antwort	265
7.2.7	Aufsätze	266
7.2.8	Sammeln von Evidenzen (Portfolio-Methode)	268
7.2.9	Sieben Fehler bei der Formulierung schriftlicher Aufgaben	270
7.3	Wie misst man den Lernerfolg im nichtkognitiven Bereich?	276
7.3.1	Typen von Messverfahren	276
7.3.2	Messung von Kooperation vs. Konkurrenz	280
7.3.3	Messung der motivierenden Wirkung des Unterrichts	280
7.3.4	Messung von Interessen	281
7.3.5	Messung von Einstellungen	282
7.3.6	Messung des emotionalen Gehalts von Begriffen	282
7.3.7	Verfahren, die auf Beobachtung beruhen	284
7.4	Tests	285
7.4.1	Tests aus dem nichtkognitiven Bereich	285
7.4.2	Zusammenstellung der beschriebenen Verfahren	291
	Literatur	292
8	Planung und Analyse von Physikunterricht	295
	<i>Ernst Kircher</i>	
8.1	Unterrichtsplanung	297
8.1.1	Planungsmodelle	297
8.1.2	Der Unterrichtsentwurf	300
8.1.3	Vorüberlegungen	301
8.1.4	Die Unterrichtsskizze	305
8.1.5	Schritte offener Unterrichtsplanung	306

8.2	Analyse einer Unterrichtseinheit	309
8.2.1	Unterrichtsbeobachtung	310
8.2.2	Nachbesprechung – es ist noch kein Meister vom Himmel gefallen.....	313
8.2.3	Analysekriterien für die 2. Phase der Lehrerbildung	315
8.2.4	Abschließende Bemerkungen.....	318
	Literatur	318

II Physikdidaktik in der Praxis

9	Aktuelle Methoden I – Projekte	323
	<i>Johannes Günther, Ellen Günther, Thomas Wilhelm</i>	
9.1	„Die Sonne schickt uns keine Rechnung“ – eine Projektwoche	325
9.1.1	Physikalische und technische Grundlagen	325
9.1.2	Überblick über das Unterrichtsprojekt	328
9.1.3	Projektverlauf	330
9.1.4	Schülerexperimente	334
9.1.5	Zusammenfassung	336
9.2	Projekt „Induktionsmotoren“.....	337
9.2.1	Fachliches – Ideen für Schüleraktivitäten	338
9.2.2	Lernvoraussetzungen für das Projekt	340
9.2.3	Schüleraktivitäten in den Gruppen	343
9.2.4	Abschließende Bemerkungen.....	350
	Literatur	351
10	Aktuelle Methoden II – Lernzirkel	353
	<i>Ernst Kircher, Daniela Lieb, Wolfgang Reusch, Thomas Gessner</i>	
10.1	Lernzirkel „Einführung in die Akustik“	355
10.1.1	Ziele, Lernbereiche und Stationen.....	355
10.1.2	Fachliche Grundlagen	358
10.1.3	Unterrichtsmaterialien.....	362
10.1.4	Zur Evaluation des Lernzirkels.....	365
10.2	Lernzirkel „Laser“.....	367
10.2.1	Lernvoraussetzungen, Inhalte und Organisation	367
10.2.2	Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion des Lasers	368
10.2.3	Die Stationen des Lernzirkels.....	373
10.2.4	Erfahrungen bei der Durchführung.....	379
10.2.5	Anhang: Neue Laserschutzklassen.....	380
	Literatur	381
11	Aktuelle Methoden III – Spiele.....	383
11.1	Gespielte Physik – spielerische Physik	384
11.2	Konstruktionsspiele – technische Kreativität	385
11.3	Gespielte Analogien – modellhaftes Lernen	389
11.4	Sinnhafte Spiele – ursprüngliches Verstehen	395
	Literatur	400

12	Neue Medien und Multimedia	401
	<i>Raimund Girwidz</i>	
12.1	Der Computer im Physikunterricht	402
12.2	Multimedia in der Anwendung	405
12.3	Das Internet	413
12.3.1	Schwierigkeiten bei Internetrecherchen	413
12.3.2	Information ordnen, Wissen vorstrukturieren	414
12.3.3	Aufgabenkultur für Internetrecherchen	416
12.3.4	Grundstrategien für Internetrecherchen	418
12.4	E-Learning und Web 2.0	418
12.4.1	Blended Learning	419
12.4.2	Web 2.0	421
12.5	Mobile Physik mit Smartphones und Tablets	424
12.6	Resümee	425
	Literatur	426
13	Physikalische Fachkonzepte anbahnen – Anschlussfähigkeit verbessern	429
	<i>Rita Wodzinski</i>	
13.1	Einführung	430
13.2	Forderungen an den modernen naturwissenschaftlichen Sachunterricht	430
13.3	Hindernisse bei der Umsetzung der Forderungen	432
13.4	Ansatzpunkt Basiskonzepte	434
13.5	Überlegungen zu möglichen Basiskonzepten für den Sachunterricht	436
13.5.1	Das Konzept der Erhaltung der Materie	436
13.5.2	Das Teilchenkonzept	437
13.5.3	Das Konzept der Energie	439
13.5.4	Das Konzept der Wechselwirkung	442
13.6	Alternative Konzeptionen	443
13.6.1	Das Projekt 2061 – „Benchmarks for science education“	443
13.6.2	Das Nuffield Projekt SPACE	445
13.6.3	Ergebnisse einer Arbeitsgruppe zur Abstimmung der Fachinhalte zwischen Primar- und Sekundarstufe	446
13.6.4	Naturwissenschaftliche Methoden versus naturwissenschaftliche Konzepte	446
13.7	Ansatzpunkte für die Arbeit an Schulen	448
	Literatur	448
14	Physikaufgaben	451
	<i>Alexander Kauertz, Patrick Löffler, Hans E. Fischer</i>	
14.1	Definition von Aufgaben	453
14.2	Merkmale von Aufgaben	454
14.3	Aufgabeneinsatz in Unterricht und Test	457
14.4	Die Qualität von Aufgaben	465
14.5	Zusammenfassung	467
14.6	Anhang	469
	Literatur	474

III Physikdidaktik in der Praxis

15	Quantenphysik	479
	<i>Dr. Josef Küblbeck</i>	
15.1	Vorbemerkungen	480
15.2	Experimente der Quantenphysik	480
15.2.1	Experimente, die mit Quantelung erklärt werden können	481
15.2.2	Experimente, die man stochastisch beschreibt	482
15.2.3	Experimente, die man mit Interferenz erklärt	483
15.2.4	Experimente zum Komplementaritätsprinzip	484
15.3	Vorstellungen zur Quantenphysik	485
15.3.1	Quantenobjekte als kleine Kügelchen	485
15.3.2	Quantenobjekte als Wellen	486
15.3.3	Welle oder Kügelchen, je nach Experiment	487
15.3.4	Etwas verteiltes Stoffliches	488
15.3.5	Die Kopenhagener Interpretation	489
15.3.6	Unbestimmtheit und Schrödingers Katze	490
15.3.7	Zur Nichtlokalität	491
15.4	Formalismen für Vorhersagen	492
15.4.1	Der verbale Formalismus für Interferenz und Komplementarität	492
15.4.2	Der Zeiger-Formalismus	495
15.4.3	Der Formalismus mit den Wahrscheinlichkeitspaketen	497
15.4.4	Lösen der stationären Schrödingergleichung	499
15.5	Abschließende Bemerkungen	500
	Literatur	500
16	Elementarteilchenphysik in der Schule	503
	<i>Jochen Schieck</i>	
16.1	Elementarteilchenphysik im Überblick	504
16.1.1	Experimentelle Methoden	506
16.1.2	Die Materiebausteine des Standardmodells	509
16.1.3	Die fundamentalen Kräfte im Standardmodell	511
16.1.4	Die Entdeckung des Higgs-Bosons	514
16.1.5	Neutrinos	515
16.1.6	Verletzung der CP-Symmetrie	516
16.1.7	Existenz von „Dunkler Materie“	517
16.1.8	Offene Fragen des Standardmodells der Teilchenphysik	519
16.2	Inhalte für den Unterricht	520
16.3	Erkenntnismethoden und experimentelle Herausforderungen der Teilchenphysik	520
16.3.1	Teilchenbeschleuniger	521
16.3.2	Detektoren	522
16.4	Feynman-Diagramme als spezielle Beschreibung in der Teilchenphysik	523
16.5	Ausgewählte Beispiele für den Unterricht	525
16.5.1	Beschleunigerexperimente und das „Prinzip des Sehens“	525
16.5.2	Auswahl von Ereignissen	526
	Literatur	527

17	Astronomie im Unterricht.....	529
	<i>Andreas Müller</i>	
17.1	Wissensstand in der Astronomie	530
17.2	Offene Fragen in Astronomie und Kosmologie	536
17.3	Für den Unterricht.....	540
17.4	Erkenntnismethoden der Astronomie	543
17.5	Spezielle Beschreibungs- und Darstellungsweisen in der Astronomie	544
17.5.1	Das Hertzsprung-Russell-Diagramm.....	544
17.5.2	Die Himmelskarte	547
17.5.3	Falschfarbenfoto aus der Röntgenastronomie.....	548
17.6	Ein ausgewähltes Beispiel für den Unterricht: Helligkeit und Distanzmessung	549
	Weiterführende Literatur	551
18	Chaos und Strukturbildung.....	553
	<i>Volkhard Nordmeier, Hans Joachim Schlichting</i>	
18.1	Deterministisch und unvorhersagbar.....	554
18.2	Chaotische Schwingungen.....	556
18.2.1	Das exzentrische Drehpendel.....	556
18.2.2	Das chaotische Überschlagsspendel	558
18.2.3	Der chaotische Prellball.....	559
18.2.4	Elektromagnetische Schwinger	560
18.2.5	Chaotisches Wasserrad	561
18.2.6	Der tropfende Wasserhahn.....	562
18.3	Dissipative Strukturen.....	563
18.3.1	Bénardkonvektion als dissipative Struktur	564
18.3.2	Sand als dissipative Struktur	566
18.3.3	Dissipative Strukturbildung bei der Entstehung von Flussnetzwerken	567
18.4	Fraktale	567
18.4.1	Elemente der fraktalen Geometrie.....	568
18.4.2	Fraktale als physikalische Objekte	571
18.4.3	Fraktale als nichtlineare Systeme	572
18.4.4	Fraktale als Thema des Physikunterrichts	573
	Literatur	576
19	Wege in die Nanowelt	579
	<i>Manfred Euler, Martin Kamp, Alfred Forchel</i>	
19.1	Mikro, Nano & technologischer Wandel.....	580
19.1.1	Bilder eines komplexen Nanokosmos.....	581
19.1.2	Reisen in die Nanowelt: Skalierungen	582
19.1.3	Ertaste die Nano-Wirklichkeit	583
19.1.4	Erfühle die molekulare Komplexität	585
19.1.5	Kreative Potenziale fördern	586
19.2	Nanotechnologien für maßgeschneiderte Materialien und Bauelemente.....	587
19.2.1	Potenziale der Nanotechnologie	588
19.2.2	Realisierungsformen von Nanostrukturen.....	590
19.2.3	Herstellungsverfahren.....	591
19.2.4	Anwendungen	595
	Literatur	599

20	Biophysik	601
	<i>Joachim Rädler, Matthias Rief, Günther Woelke, Wolfgang Zinth</i>	
20.1	Struktur biologischer Moleküle	602
20.1.1	Bausteine des Lebens.	603
20.1.2	Zwischenmolekulare Kräfte und Reaktionen	603
20.1.3	Freie Energie – Leben im Wechselspiel von Enthalpie und Entropie	605
20.1.4	Proteine – Maschinen des Lebens	606
20.1.5	Proteinfaltung und Konformationsänderungen	608
20.2	Biophysik der Zelle	611
20.2.1	Membranen.	611
20.2.2	Filamente und makromolekulare Netze	614
20.2.3	Ionentransport durch Membranen	615
20.2.4	Ionenkanäle und Pumpen	616
20.3	Molekulare Maschinen	617
20.3.1	Enzymatische Reaktionen.	617
20.3.2	Molekulare Motoren	618
20.3.3	Vergleichende Aspekte	623
20.4	Hochentwickelte Prozesse	623
20.4.1	Nervenleitung (neuronalen Signalübertragung)	624
20.4.2	Photosynthese	625
20.5	Biophysik im Unterricht	626
20.5.1	Über Physik und Biologie im Physikunterricht	626
20.5.2	Experimente und Analogversuche im Unterricht	627
20.5.3	Schwierigkeiten beim Lernen der Biophysik.	628
20.5.4	Zusammenfassende Bemerkungen	629
	Literatur	630

IV Aktuelle Beiträge zur Physikdidaktik

21	Sprache im Physikunterricht	635
	<i>Karsten Rincke, Josef Leisen</i>	
21.1	Was ist Sprache?	636
21.1.1	Welche Beziehung haben Sprache und Denken?	637
21.1.2	Schriftlichkeit, Mündlichkeit	639
21.1.3	Was ist Fachsprache?	641
21.2	Fach- und Alltagssprache unter deskriptiver Perspektive	642
21.2.1	Das Fachvokabular	643
21.2.2	Syntaktische und stilistische Merkmale	643
21.2.3	Die Kommunikationssituation	644
21.3	Fach- und Alltagssprache unter normativer Perspektive	645
21.3.1	Das Fachvokabular	645
21.3.2	Syntaktische und stilistische Merkmale	646
21.3.3	Die Kommunikationssituation	647
21.4	Welcher Entwicklungszusammenhang besteht zwischen Alltags- und Fachsprache? ..	648

21.5	Spracharbeit im Physikunterricht	650
21.5.1	Leitlinien der Spracharbeit im Physikunterricht	650
21.5.2	Leitlinie 1	651
21.5.3	Leitlinie 2	652
21.5.4	Leitlinie 3	652
21.6	Abschließende Bemerkungen	653
	Literatur	654
22	Alltagsvorstellungen und Physik lernen	657
	<i>Reinders Duit</i>	
22.1	Beispiele für Alltagsvorstellungen	658
22.1.1	Vorstellungen zu Phänomenen und Begriffen	658
22.1.2	Vorstellungen über die Physik und über das Lernen	661
22.1.3	Lehrervorstellungen	662
22.2	Vorstellungen und Lernen	662
22.2.1	Vorunterrichtliche Vorstellungen berücksichtigen	662
22.2.2	Lernen	663
22.2.3	Zur Rolle von Vorstellungen beim Lernen	664
22.2.4	Konzeptwechsel	666
22.3	Unterricht auf der Basis von vorunterrichtlichen Vorstellungen	667
22.3.1	Anknüpfen – Umdeuten – Konfrontieren	668
22.3.2	Unterrichtsstrategien, die Konzeptwechsel unterstützen	669
22.3.3	Wärme – Temperatur – Energie	670
22.3.4	Vorstellungen zum Teilchenmodell	673
22.4	Anmerkungen und Literaturhinweise	676
22.4.1	Abschließende Anmerkungen	676
22.4.2	Literaturübersicht zu Alltagsvorstellungen	677
	Literatur	678
23	Aus- und Fortbildung von Physik Lehrkräften	681
	<i>Helmut Fischler</i>	
23.1	Lehrerbildung	682
23.1.1	Die Vereinbarung von Bologna: Bachelor und Master	682
23.1.2	Lehrerbildung und Unterrichtskompetenz	685
23.1.3	Reform der Studieninhalte	686
23.1.4	Schulpraktische Studien	690
23.2	Die zweite Phase der Lehrerbildung	691
23.2.1	Ausbildungsstandards	691
23.3	Fortbildung von Lehrkräften	693
23.3.1	Lernen im Beruf	693
23.3.2	Kriterien für erfolgreiche Lehrerfortbildung	694
23.3.3	Bundesweite Fortbildungsprogramme	695
23.3.4	Regionale Lehrerfortbildung	697
23.3.5	Schulinterne Lehrerfortbildung	698
23.3.6	Unterrichtsvideos in der Lehrerbildung	700
23.4	Zusammenfassung und Ausblick	701
	Literatur	702

24	Qualitative Forschung in den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken	705
	<i>Michaela Vogt</i>	
24.1	Planung eines qualitativen Forschungsprojektes – ein erster Überblick	706
24.2	Erster Schritt: Theoretische Fundierung eines Forschungsprojektes	707
24.3	Zweiter Schritt: Datenerhebung	710
24.3.1	Festlegung des Samples	710
24.3.2	Festlegung der Datenerhebungsmethode	711
24.3.3	Festlegung technischer Untersuchungsmittel	714
24.4	Dritter Schritt: Datenauswertung	715
24.4.1	Festlegung der Datenauswertungsmethode	715
24.4.2	Festlegung der technischen Untersuchungsmittel	720
24.5	Allgemeines zur Dateninterpretation	722
24.6	Überprüfung der Gütekriterien	722
24.7	Fazit	724
	Literatur	724
25	Empirische Forschung in der Physikdidaktik	727
	<i>Hans E. Fischer, Heiko Krabbe</i>	
25.1	Grundlagen empirischer Forschung	728
25.2	Das Untersuchungsfeld der Didaktik der Physik	729
25.3	Theorie und Evidenz	732
25.4	Kriterien der Glaubwürdigkeit	735
25.4.1	Objektivität	735
25.4.2	Reliabilität	736
25.4.3	Validität	738
25.4.4	Signifikanz	740
25.4.5	Relevanz und Effektstärke	741
25.5	Das Untersuchungsdesign und die Stichprobe	742
25.5.1	Deskription und Korrelation – über internationale Vergleichstests	742
25.5.2	Intervention und Kausalität – experimentelle und quasi-experimentelle Forschung	743
25.5.3	Längsschnitt und Quasi-Längsschnitt	746
25.5.4	Zur Auswahl der Stichprobe	747
25.6	Analyse von Unterricht	748
25.7	Unterrichtsvideografie	749
25.8	Abschließende Bemerkungen	752
	Literatur	753
26	Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln	759
	<i>Manfred Euler, Tobias Schüttler, Dieter Hausmann</i>	
26.1	Labore als außerschulische Lernorte: Erfolgsgeschichte einer Bildungsinnovation	760
26.2	Komplexe Lernumgebung: Einheit in der Vielfalt von Schülerlaborkonzepten	762
26.2.1	Gemeinsame Ziele und Gestaltungsmerkmale	762
26.2.2	Fachspezifische Differenzierungen der Angebote	763
26.2.3	Balance von Instruktion und Konstruktion	764
26.3	Wirkungsforschung: Die kontraintuitive Effektivität der Laboraktivitäten	765
26.4	Unterrichtsentwicklung: Renaissance des erfahrungsbasierten Lernens	768
26.4.1	Arbeitsweisen erfahrbar machen: Lehr-Lern-Zyklen	768
26.4.2	Kreative Prozesse erfahrbar machen: Experimente als Werkzeuge und Flügel des Geistes ..	769

26.4.3	Wissen verkörpern: Handlungsmuster und Abstraktionen	770
26.4.4	Gestaltung von Laborprojekten: Gelingenskriterien für forschendes Lernen	771
26.4.5	Lernen durch Experimentieren: Ist-Zustand	772
26.4.6	Forschend lernen: Unterrichtsmuster verändern	773
26.5	Die Hefe im Teig: Brauchen wir auch künftig Schülerlabore?	775
26.6	Das DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen – ein besonderer außerschulischer Lernort	776
26.6.1	Das Konzept des DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen	777
26.6.2	Ausblick	780
	Literatur	781
27	Modellbegriff und Modellbildung in der Physikdidaktik	783
	<i>Ernst Kircher</i>	
27.1	Erläuterungen und Festlegungen zum Modellbegriff	784
27.1.1	Zweckmäßigkeit und Konventionen	784
27.1.2	Eingrenzung des Modellbegriffs	785
27.1.3	Erläuterungen zum Modellbegriff	786
27.1.4	Formale Darstellung des Erkenntnisprozesses und Modelldefinition	786
27.1.5	„Analogien“ zwischen Modell und Objekt	788
27.2	Beziehungen zwischen Modell und Objekt	789
27.2.1	Das Abbildungsmerkmal	789
27.2.2	Das Verkürzungsmerkmal	790
27.2.3	Gegenständliche Modelle: Strukturmodelle, Funktionsmodelle, gestaltähnliche Modelle	791
27.3	Eigenschaften von Modellen	792
27.3.1	Anschaulichkeit von Modellen	793
27.3.2	Einfachheit von Modellen	794
27.3.3	Transparenz von Modellen	796
27.3.4	Vertrautheit von Modellen	797
27.3.5	Produktivität von Modellen	798
27.3.6	Bedeutsamkeit von Modellen	799
27.4	Funktionen von Modellen	800
27.4.1	Erklärungen durch Modelle	800
27.4.2	Prognosen durch Modelle	802
27.4.3	Lernen durch Modelle	803
27.5	Klassifikation von Modellen	804
	Literatur	806
28	Über die Natur der Naturwissenschaften lernen	809
	<i>Ernst Kircher</i>	
28.1	Über die Natur der Naturwissenschaften lernen – Ziele und Inhalte	810
28.1.1	Naturwissenschaften und Wirklichkeit	810
28.1.2	Was sind Naturwissenschaften?	814
28.1.3	Technik- und wissenschaftsethische Aspekte	816
28.2	Standardmethoden der Naturwissenschaften	820
28.2.1	Zur induktiven Methode	820
28.2.2	Zur hypothetisch-deduktiven Methode	823

28.3	Historische Beschreibungen naturwissenschaftlicher Theoriebildung	825
28.3.1	Naturwissenschaftliche Revolution und Normalwissenschaft	825
28.3.2	Naturwissenschaften als historische Tradition	830
28.3.3	Naturwissenschaften als abstrakte und historische Tradition	831
28.4	Theoriebildung in der Physik – Modellbildung im Physikunterricht	833
28.4.1	Über Theoriebildung in der Physik	833
28.4.2	Über Modellbildung im Physikunterricht	836
28.4.3	Über die Bedeutung von Experimenten in der Physik und im Physikunterricht	837
28.5	Ergänzende und weiterführende Literatur	839
	Literatur	839
29	Multimedia unter lerntheoretischen Aspekten	843
	<i>Raimund Girwidz</i>	
29.1	Multimodalität, Multicodierung, Interaktivität	845
29.2	Theorien zum Lernen mit multiplen Repräsentationen	848
29.2.1	Theorie zum Multimedialernen von Mayer	848
29.2.2	Das integrierte Modell des Text- und Bildverstehens nach Schnotz und Bannert	850
29.2.3	Darstellungsvielfalt und Lernen in Physik	851
29.3	Kognitive Belastungen und korrespondierende Maßnahmen	853
29.3.1	Cognitive Load berücksichtigen	853
29.3.2	Anpassen der Belastungen	855
29.3.3	Supplantationskonzept und Kohärenzbildung	857
29.3.4	Adaptive Programme	858
29.4	Simulationen und entdeckendes Lernen	859
29.4.1	Simulationen für den Physikunterricht	859
29.4.2	Entdeckendes Lernen mit digitalen Medien und kognitive Führung	860
29.4.3	Unterrichten mit Simulationen	861
29.5	Komplexes Lernen und Multimedia	862
29.5.1	Hilfen zum Aufbau mentaler Modelle	863
29.5.2	Kognitive Flexibilität fördern	865
29.5.3	Situiertes Lernen und Wissensverankerung	868
29.5.4	Wissensstrukturierung und Vernetzung	869
29.6	Abschließende Bemerkungen	872
	Literatur	873
	Serviceteil	879
	Stichwortverzeichnis	880