

Inhaltsverzeichnis

1	Empirische Forschung in der Physikdidaktik	1
	<i>Hans E. Fischer und Heiko Krabbe</i>	
1.1	Grundlagen empirischer Forschung	2
1.2	Das Untersuchungsfeld der Didaktik der Physik	5
1.3	Theorie und Evidenz	7
1.4	Kriterien der Glaubwürdigkeit	11
1.4.1	Objektivität	11
1.4.2	Reliabilität	12
1.4.3	Validität	14
1.4.4	Signifikanz	17
1.4.5	Relevanz und Effektstärke	17
1.5	Das Untersuchungsdesign und die Stichprobe	18
1.5.1	Deskription und Korrelation – über internationale Vergleichstests	19
1.5.2	Intervention und Kausalität – experimentelle und quasi-experimentelle Forschung	20
1.5.3	Längsschnitt und Quasi-Längsschnitt	23
1.5.4	Zur Auswahl der Stichprobe	24
1.6	Analyse von Unterricht	25
1.7	Unterrichtsvideografie	27
1.8	Abschließende Bemerkungen	30
	Literatur	31
2	Qualitative Forschung in den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken	37
	<i>Michaela Vogt</i>	
2.1	Planung eines qualitativen Forschungsprojektes – ein erster Überblick	39
2.2	Erster Schritt: Theoretische Fundierung eines Forschungsprojektes	40
2.3	Zweiter Schritt: Datenerhebung	43
2.3.1	Festlegung des Samples	44
2.3.2	Festlegung der Datenerhebungsmethode	46
2.3.3	Festlegung der technischen Unterstützung	49
2.4	Dritter Schritt: Datenauswertung	50
2.4.1	Festlegung der Datenauswertungsmethode	51
2.4.2	Festlegung der technischen Unterstützung	57
2.5	Allgemeines zur Dateninterpretation	59
2.6	Überprüfung der Gütekriterien	60
2.7	Fazit	61
	Literatur	61
3	Aus- und Fortbildung von Physiklehrerinnen und Physiklehrern	67
	<i>Helmut Fischler</i>	
3.1	Lehrerausbildung	69
3.1.1	Besonderheiten in der Lehrerausbildung in der Bundesrepublik Deutschland	69
3.1.2	Die Vereinbarung von Bologna: Bachelor und Master	70

3.1.3	Lehrerausbildung und Unterrichtskompetenz	72
3.1.4	Reform der Studieninhalte	74
3.1.5	Schulpraktische Studien	78
3.1.6	Die zweite Phase der Lehrerbildung	80
3.2	Lehrerfortbildung	81
3.2.1	Lernen im Beruf	81
3.2.2	Kriterien für erfolgreiche Lehrerfortbildung	83
3.2.3	Bundesweite Fortbildungsprogramme	84
3.2.4	Regionale Lehrerfortbildung	86
3.2.5	Schulinterne Lehrerfortbildung	87
3.2.6	Unterrichtsvideos in der Lehrerausbildung	90
3.3	Zusammenfassung und Ausblick	90
	Literatur	92
4	Kompetenzen und Anforderungen an Lehrkräfte	97
	<i>Hans E. Fischer und Alexander Kauertz</i>	
4.1	Professionskompetenz	100
4.1.1	Motivationale Orientierungen	101
4.1.2	Selbstregulative Fähigkeiten	105
4.1.3	Überzeugungen und Werthaltungen	111
4.2	Professionswissen	115
4.2.1	Fachwissen	115
4.2.2	Fachdidaktisches Wissen	116
4.2.3	Zusammenhang zwischen Fachwissen, fachdidaktischem Wissen und Unterricht	119
4.2.4	Pädagogisches Wissen	119
4.3	Fazit	121
	Literatur	122
5	Schülerlabore	127
	<i>Manfred Euler und Tobias Schüttler</i>	
5.1	Labore als außerschulische Lernorte: Erfolgsgeschichte einer Bildungsinnovation	129
5.2	Komplexe Lernumgebung: Einheit in der Vielfalt von Schülerlaborkonzepten	132
5.2.1	Gemeinsame Ziele und Gestaltungsmerkmale	132
5.2.2	Fachspezifische Differenzierungen der Angebote	133
5.2.3	Schülerlabore – ein deutsches Phänomen?	134
5.2.4	Begriffsklärung und Kategorien von Schülerlaboren	135
5.3	Schülerlabore in der Praxis	137
5.3.1	Lernen im klassischen Schülerlabor	137
5.3.2	Forschen im Schülerforschungszentrum	138
5.3.3	Lehren und Lernen im Lehr-Lern-Labor	140
5.3.4	Das DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen – ein besonderer außerschulischer Lernort	142
5.4	Wirkungsforschung: Die kontraintuitive Effektivität der Laboraktivitäten	150

5.5	Folgerungen für modernen Physikunterricht: Eine Renaissance des erfahrungsbasierten Lernens?	153
5.5.1	Experimente als Werkzeuge und Flügel des Geistes	154
5.5.2	Lernen durch Experimentieren: Ist-Zustand	155
5.5.3	Gestaltung von Laborprojekten: Gelingenskriterien für forschendes Lernen	157
5.5.4	Forschend lernen: Unterrichtsmuster verändern	159
5.6	Die Hefe im Teig: Brauchen wir auch künftig Schülerlabore?	162
	Literatur	163
6	Nature of Science – Über die Natur der Naturwissenschaften lernen	167
	<i>Ernst Kircher und Burkhard Priemer</i>	
6.1	Über die Natur der Naturwissenschaften lernen – Ziele und Inhalte	171
6.1.1	Naturwissenschaften und Wirklichkeit	171
6.1.2	Was sind Naturwissenschaften?	175
6.1.3	Technik- und wissenschaftsethische Aspekte	178
6.2	Standardmethoden der Naturwissenschaften	182
6.2.1	Zur induktiven Methode	182
6.2.2	Zur hypothetisch-deduktiven Methode	186
6.2.3	Naturwissenschaften als abstrakte und historische Tradition	187
6.3	Theoriebildung in der Physik – Modellbildung im Physikunterricht	189
6.3.1	Über Theoriebildung in der Physik	189
6.3.2	Über Modellbildung im Physikunterricht	190
6.3.3	Anmerkungen zur Bedeutung von Experimenten in der Physik und im Physikunterricht	192
6.4	Über die Natur der Naturwissenschaften lernen	194
6.4.1	Ansichten über die Natur der Naturwissenschaften	194
6.4.2	Warum NOS im Unterricht thematisieren?	194
6.4.3	Inadäquate Ansichten über NOS	195
6.4.4	Adäquate Ansichten über NOS	197
6.4.5	Warum es schwierig ist, von eindeutig adäquaten Ansichten zu sprechen	200
6.4.6	NOS im Unterricht vermitteln	201
6.4.7	Zusammenfassung	207
	Literatur	207
7	Quantenphysik	211
	<i>Josef Küblbeck</i>	
7.1	Vorbemerkungen	212
7.2	Experimente der Quantenphysik	214
7.2.1	Experimente, die mit Quantelung erklärt werden können	214
7.2.2	Experimente, die man stochastisch beschreibt	215
7.2.3	Experimente, die man mit Interferenz erklärt	216
7.2.4	Experimente zum Komplementaritätsprinzip	218
7.3	Vorstellungen zur Quantenphysik	219
7.3.1	Quantenobjekte als kleine Kügelchen	219
7.3.2	Quantenobjekte als Wellen	221
7.3.3	Welle oder Kügelchen, je nach Experiment	222
7.3.4	Etwas verteiltes Stoffliches	222

7.3.5	Die Kopenhagener Interpretation	223
7.3.6	Unbestimmtheit und Schrödingers Katze	225
7.3.7	Zur Nichtlokalität	226
7.4	Formalismen für Vorhersagen	227
7.4.1	Ein verbaler Formalismus für Interferenz und Komplementarität	227
7.4.2	Der Zeigerformalismus	229
7.4.3	Der Formalismus mit den Wahrscheinlichkeitspaketen	232
7.4.4	Lösen der stationären Schrödinger-Gleichung	234
7.5	Abschließende Bemerkungen	236
	Literatur	236
8	Elementarteilchenphysik in der Schule	239
	<i>Jochen Schieck</i>	
8.1	Elementarteilchenphysik im Überblick	241
8.1.1	Experimentelle Methoden	243
8.1.2	Die Materiebausteine des Standardmodells	246
8.1.3	Die fundamentalen Kräfte im Standardmodell	248
8.1.4	Die Entdeckung des Higgs-Bosons	250
8.1.5	Neutrinos	252
8.1.6	Verletzung der <i>CP-Symmetrie</i>	254
8.1.7	Existenz von Dunkler Materie	255
8.2	Inhalte für den Unterricht	258
8.3	Erkenntnismethoden und experimentelle Herausforderungen der Teilchenphysik	259
8.3.1	Teilchenbeschleuniger	259
8.3.2	Detektoren	260
8.4	Feynman-Diagramme als spezielle Beschreibung in der Teilchenphysik	262
8.5	Ausgewählte Beispiele für den Unterricht	263
8.5.1	Beschleunigerexperimente und das „Prinzip des Sehens“	264
8.5.2	Auswahl von Ereignissen	264
	Weiterführende Literatur	266
9	Astronomie im Unterricht	267
	<i>Andreas Müller</i>	
9.1	Wissensstand in der Astronomie	269
9.2	Offene Fragen in Astronomie und Kosmologie	275
9.3	Für den Unterricht	280
9.4	Erkenntnismethoden der Astronomie	282
9.5	Spezielle Beschreibungs- und Darstellungsweisen in der Astronomie	284
9.5.1	Das Hertzsprung-Russell-Diagramm	284
9.5.2	Die Himmelskarte	286
9.5.3	Falschfarbenfoto aus der Röntgenastronomie	287
9.6	Ein ausgewähltes Beispiel für den Unterricht: Helligkeit und Distanzmessung	288
	Weiterführende Literatur	291

10	Chaos und Strukturbildung	293
	<i>Volkhard Nordmeier und Hans-Joachim Schlichting</i>	
10.1	Deterministisch und unvorhersagbar	295
10.2	Chaotische Schwingungen	297
10.2.1	Das exzentrische Drehpendel	298
10.2.2	Das chaotische Überschlagspendel	299
10.2.3	Der chaotische Prellball	300
10.2.4	Elektromagnetische Schwinger	301
10.2.5	Chaotisches Wasserrad	302
10.2.6	Der tropfende Wasserhahn	303
10.3	Dissipative Strukturen	304
10.3.1	Bénardkonvektion als dissipative Struktur	306
10.3.2	Sand als dissipative Struktur	307
10.3.3	Dissipative Strukturbildung bei der Entstehung von Flussnetzwerken	308
10.4	Fraktale	309
10.4.1	Elemente der fraktalen Geometrie	310
10.4.2	Fraktale als physikalische Objekte	312
10.4.3	Fraktale als nichtlineare Systeme	314
10.4.4	Fraktale als Thema des Physikunterrichts	315
10.5	Nichtlineare Physik im Unterricht	318
	Literatur	321
11	Wege in die Nanowelt: Skalierungs- und Strukturprinzipien, Werkzeuge der Erkenntnisgewinnung, Modelle und Experimente	325
	<i>Manfred Euler</i>	
11.1	Mikro, Nano und technologischer Wandel	328
11.2	Bilder eines komplexen Nanokosmos	329
11.3	Reisen in die Nanowelt: Skalierungen	332
11.3.1	Hören in der Zwergenwelt	332
11.3.2	Augen für die Zwergenwelt	334
11.4	Tastend in die Nanowelt: rastermikroskopische Abbildungsverfahren	335
11.4.1	Die Blackbox erkunden und modellieren: Bohrs Spazierstock als Werkzeug der Erkenntnisgewinnung	335
11.4.2	Rastertunnelmikroskopie: Prinzip und Nahfeldabbildung im akustischen Modell	337
11.4.3	Computergestützte Abtastung und Visualisierung von Messdaten	339
11.4.4	Der Sound der Nanowelt: Ein klassisches Modell des Quantenpferchs	341
11.5	Rasterkraftmikroskopie: Prinzip und Anwendungen in der Nano-Biophysik	344
11.5.1	Funktionsmodelle der Rasterkraftmikroskopie für den Unterricht	344
11.5.2	Kraftspektroskopie an Proteinen: komplexe Verwandlungen begreifen	346
11.5.3	Strukturbildung bei Gummibändern: Kraftspektroskopie in Aktion	348
11.5.4	Nanomechanik in Genetik und Epigenetik: Die Entfaltung von Komplexität und ihre Steuerung	349
11.5.5	Nano-Prozesse hören: Das Ohr als natürliches Nanosensorsystem	353
11.6	Nano im MINT-Unterricht: Experimentieren, Modellieren, kreative Prozesse anstoßen	355
	Literatur	358

12	Biophysik	361
	<i>Joachim Rädler, Matthias Rief, Günther Woehlke und Wolfgang Zinth</i>	
12.1	Struktur biologischer Moleküle	363
12.1.1	Bausteine des Lebens	364
12.1.2	Zwischenmolekulare Kräfte und Reaktionen	364
12.1.3	Freie Energie – Leben im Wechselspiel von Enthalpie und Entropie	367
12.1.4	Proteine – Maschinen des Lebens	368
12.1.5	Proteinfaltung und Konformationsänderungen	369
12.2	Biophysik der Zelle	373
12.2.1	Membranen	373
12.2.2	Filamente und makromolekulare Netze	376
12.2.3	Ionen transport durch Membranen	377
12.2.4	Ionenkanäle und Pumpen	379
12.3	Molekulare Maschinen	380
12.3.1	Enzymatische Reaktionen	380
12.3.2	Molekulare Motoren	381
12.3.3	Vergleichende Aspekte	386
12.4	Hochentwickelte Prozesse	386
12.4.1	Nervenleitung (neuronal Signalübertragung)	387
12.4.2	Photosynthese	388
12.5	Biophysik im Unterricht	389
12.5.1	Über Physik und Biologie im Physikunterricht	389
12.5.2	Experimente und Analogversuche im Unterricht	390
12.5.3	Schwierigkeiten beim Lernen der Biophysik	392
12.6	Zusammenfassende Bemerkungen	393
	Weiterführende Hinweise	394
13	Die Physik des Klimawandels: Verstehen und Handeln	395
	<i>Cecilia Scorza, Harald Lesch, Moritz Strähle und Dominika Boneberg</i>	
13.1	Unsere Erde: Ein ganz besonderer Planet	397
13.2	Die Sonne als Motor und Energiequelle	402
13.2.1	Wie viel Energie bekommt die Erde von der Sonne?	402
13.3	Die Energiebilanz der Erde	403
13.3.1	Ein Planet wird bestrahlt	403
13.3.2	Die Rolle der Atmosphäre und der Treibhauseffekt	405
13.4	Vom Wetter zum Klima	410
13.4.1	Der Unterschied zwischen Wetter und Klima	410
13.4.2	Das Klimasystem der Erde	410
13.4.3	Wetter- und Klimamodelle	415
13.5	Der Klimawandel	415
13.5.1	Der anthropogene Treibhauseffekt	415
13.5.2	Rückkopplung- und Verstärkungseffekte	418
13.5.3	Auswirkungen des Klimawandels	419

13.6	Klimawandel im Unterricht: Verstehen und Handeln	422
13.6.1	Konkretes Handeln: Was tun?.....	424
13.6.2	Übersicht der Kompetenzen zur Physik des Klimawandels:	
	Verstehen und Handeln	427
	Literatur	428
14	Gravitationswellen	431
	<i>Andreas Müller</i>	
14.1	Was sind Gravitationswellen?	433
14.2	Doppelsternsysteme	437
14.3	Laserinterferometer	440
14.4	Durchbruch im Jahr 2015	443
14.5	Kollidierende Neutronensterne	449
14.6	Ausgewählte Beispiele für den Unterricht	452
14.7	Ausblick	454
14.8	Quellen und weiterführende Literatur	457
	Weiterführende Literatur	459
	Serviceteil	
	Stichwortverzeichnis	463