

Inhalt

Vorwort — v

Einleitung — 1

1 Grundbegriffe und Probleme der Wissenschaftstheorie im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften — 4

- 1.1 Einleitung — 4
- 1.2 Gegenüberstellung Geistes- und Sozialwissenschaften/Naturwissenschaften — 5
- 1.3 Wissenschaftstheoretische Konzepte — 6
 - 1.3.1 Das Erkenntniskonzept in der Naturwissenschaft — 6
 - 1.3.2 Eigenständige Methoden des Verstehens in den Geistes- und Sozialwissenschaften — 10
- 1.4 Einordnung wissenschaftstheoretischer Positionen — 14
 - 1.4.1 Erklären und Verstehen — 14
 - 1.4.2 Dialektik — 14
 - 1.4.3 Verallgemeinerte Evolutionstheorie — 15
- 1.5 Metapositionen (Zusammenhang zwischen den Positionen) — 15
 - 1.5.1 Postmoderne Fehlentwicklungen — 15
 - 1.5.2 Historische Entwicklung und wissenschaftlicher Fortschritt — 16
 - 1.5.3 Historische Entwicklung der Kulturen — 17

2 Ausgewählte Begriffe der Mathematik — 20

- 2.1 Funktionen — 21
 - 2.1.1 Beispiele — 21
 - 2.1.2 Umkehrfunktion — 25
- 2.2 Komplexe Zahlen — 26
 - 2.2.1 Darstellung komplexer Zahlen — 26
 - 2.2.2 Funktionen komplexer Zahlen — 27
- 2.3 Ellipse — 28
- 2.4 Infinitesimalrechnung — 29
 - 2.4.1 Differenzialrechnung — 29
 - 2.4.2 Beispiel — 30
 - 2.4.3 Funktionen mit ihren 1. und 2. Ableitungen — 30
 - 2.4.4 Ableitungsregeln — 30
- 2.5 Differenzialgleichungen — 30
 - 2.5.1 Beispiele — 31
 - 2.5.2 Beispiele aus der Physik — 31

2.6	Vektorrechnung —	33
2.6.1	Skalar —	33
2.6.2	Vektor —	33
2.6.3	Vektoranalysis —	36
2.7	Raumkurve, Geschwindigkeit, Beschleunigung —	37
2.8	Grundlegende Gleichungen der Physik —	38
2.8.1	Klassische Mechanik —	39
2.8.2	Klassische Elektrodynamik —	39
2.8.3	Allgemeine Relativitätstheorie —	39
2.8.4	Quantentheorie —	40
3	Grundbegriffe der klassischen Mechanik —	41
3.1	Die Entwicklung des Weltbildes —	41
3.1.1	Das geozentrische Weltbild des Ptolemäus —	42
3.1.2	Heliozentrisches Weltbild des Nikolaus Kopernikus —	44
3.1.3	Die Keplerschen Bewegungsgesetze der Planeten —	45
3.1.4	Galilei am Beginn der Naturwissenschaften —	46
3.2	Die Newtonsche Mechanik —	47
3.2.1	Die Newtonschen Grundgesetze —	47
3.2.2	Das Gravitationsgesetz —	54
3.2.3	Die Überprüfung der Newtonschen Hypothese auf der Erde —	55
3.2.4	Kosmische Überprüfung des Gravitationsgesetzes —	60
3.3	Die Entwicklung der klassischen Mechanik —	67
3.3.1	Die Entdeckung des Neptun —	67
3.3.2	Aufstellung der Hamiltonschen Gleichungen —	68
3.3.3	Determinismus und Kausalität —	70
3.3.4	Deterministisches Chaos —	70
3.4	Rückblick und Ausblick —	72
3.4.1	Zeitliche Entwicklung der Weltbilder —	72
3.4.2	Am Dreiländereck von Theologie, Philosophie und Naturwissenschaft —	73
4	Grundbegriffe der Thermodynamik —	77
4.1	Der Objektbereich der Thermodynamik —	77
4.1.1	Thermodynamische Systeme —	77
4.1.2	Die Zustandsgrößen des idealen Gases im Thermodynamischen Gleichgewicht —	78
4.1.3	Erläuterung der Zustandsgrößen —	78
4.2	Thermodynamische Systeme —	81
4.2.1	Arten Thermodynamischer Systeme —	81
4.2.2	Thermodynamische Zustandsänderungen —	82
4.2.3	Innere Energie —	83
4.3	Thermodynamische Kreisprozesse —	84

4.4	Die Hauptsätze der Thermodynamik —	85
4.5	Ein idealer Kreisprozess: Der reversible Carnot-Prozess —	86
4.5.1	Der Aufbau des Carnot Prozesses —	87
4.5.2	Der ideale Wirkungsgrad —	89
4.5.3	Universalität der idealen Wirkungsgrade —	89
4.5.4	Die Leistung des Carnot-Prozesses —	90
4.6	Ein realer Kreisprozess: Der Stirling-Motor —	91
4.6.1	Aufbau des Stirling-Motors —	91
4.6.2	Die Phasen des Stirling-Motors —	92
4.7	Der Verbrennungsmotor: Ein Gas-Austauschmotor —	94
4.8	Definitionen —	95
5	Grundbegriffe der klassischen Elektrodynamik —	97
5.1	Die Erforscher des Elektromagnetismus —	97
5.2	Die Begriffswelt und die Naturgesetze des Elektromagnetismus —	98
5.2.1	Überblick über die Grundphänomene —	101
5.3	Vektoranalysis: Das mathematische Hilfsmittel zur Formulierung der Elektrodynamik —	107
5.3.1	Vektoren und Vektorfelder —	107
5.3.2	Vektoranalysis —	108
5.3.3	Kontinuitätsgleichung —	110
5.3.4	Beispiele —	111
5.4	Die Grundgleichungen der klassischen Elektrodynamik —	114
5.4.1	Ableitung der bekannten Gesetze aus den Maxwellschen Gleichungen —	115
5.4.2	Zu den Lösungen der Maxwellschen Gleichungen —	117
5.5	Die Integration der Optik in die Elektrodynamik —	118
	Vorbemerkungen zu den Kapiteln 6 bis 10 —	125
6	Die Spezielle Relativitätstheorie —	129
6.1	Das Geheimnis des Lichts —	129
6.1.1	Die klassische Vorstellungswelt —	129
6.1.2	Widerlegung der klassischen Vorstellungswelt —	132
6.1.3	Auswirkungen von Einsteins Relativitätstheorie jenseits der Physik —	135
6.2	Die Lorentz-Transformation —	137
6.2.1	Lorentztransformation im einfachsten Fall —	138
6.2.2	Lorentztransformation im allgemeinen Fall —	141
6.2.3	Gruppeneigenschaft der Lorentztransformation —	143
6.3	Folgerungen aus der Lorentztransformation —	144
6.3.1	Längenmessung – Lorentzkontraktion —	144
6.3.2	Zeitmessung – Zeitdilatation —	145

6.3.3	Das Additionstheorem der Geschwindigkeiten —	146
6.4	Die Kovarianz der Naturgesetze —	148
6.4.1	Allgemeine Vorgehensweise —	149
6.4.2	Die kovarianten Bewegungsgleichungen der Mechanik —	150
6.4.3	Die kovariante Formulierung der Elektrodynamik —	153
7	Die Allgemeine Relativitätstheorie (ART) —	159
7.1	Probleme und Ziele der ART —	159
7.2	Die Gleichungen der ART —	162
7.3	Anwendungen der ART —	171
7.3.1	GPS nicht ohne SRT und ART —	172
7.3.2	Astronomische Bestätigungen der ART —	176
7.4	Die Herleitung der Gleichungen der ART —	185
7.4.1	Tensoranalysis —	186
7.4.2	Intuitionsleitende Einsichten zur Nichteuklidischen Geometrie —	193
7.4.3	Die Riemannsche Nichteuklidische Geometrie —	199
7.4.4	Die Einsteinschen Gleichungen der ART für die reale Raumzeit —	205
8	Teilchen und Diskrete Energien —	215
8.1	Einleitung —	215
8.2	Der Atomismus in der antiken Naturphilosophie und in der modernen Physik —	216
8.3	Beiträge der Statistischen Physik —	218
8.3.1	Universelle Konstanten der Thermodynamik —	218
8.3.2	Die Barometrische Höhenformel —	220
8.3.3	Die Maxwell-Boltzmann-Verteilung und der Gleichverteilungssatz —	224
8.3.4	Die Boltzmann-Gleichung —	227
8.4	Grundlagenproblematik: Ist die Zeit reversibel oder irreversibel? —	232
8.4.1	Übergang zum Γ -Raum —	233
8.4.2	Das Umkehrtheorem —	234
8.4.3	Das Wiederkehrtheorem —	235
8.4.4	Die Boltzmann-Gleichung im Widerspruch zum Umkehr- und Wiederkehrtheorem —	238
8.4.5	Der intuitive Zugang zur Irreversibilität der Zeit —	239
8.5	Eine vorläufige Bilanz —	240
8.6	Das elektromagnetische Feld als Sonde beim Eindringen in die Mikrowelt —	242
8.6.1	Millikan Versuch (Nachweis der Elementarladung) —	242
8.6.2	Bestimmung der Elementarladung durch Elektrolyse —	244
8.6.3	Die Entdeckung des Elektrons —	245

8.6.4	Massenspektrometer —	247
8.6.5	Franck-Hertz-Versuch —	249
8.7	Atommodelle —	251
8.7.1	Das Atommodell von J. J. Thomson —	252
8.7.2	Rutherfordstreuung und Atommodell —	252
8.7.3	Das Bohrsche Atommodell —	257
8.8	Rückblick und Ausblick —	261
8.8.1	Erfolge der klassischen Physik —	261
8.8.2	Das Poppersche Theorem —	262
8.8.3	Die Frage nach dem Stabilitätsgrad von Hypothesen bzw. Naturgesetzen —	262
9	Der Welle-Teilchen-Dualismus —	266
9.1	Übergang von klassischer zu moderner Physik —	266
9.2	Plancksches Strahlungsgesetz —	267
9.2.1	Strahlungsgesetz nach Rayleigh-Jeans —	268
9.2.2	Plancksches Strahlungsgesetz —	269
9.2.3	Die Einsteinsche Ableitung der Planckschen Formel —	272
9.2.4	Die weitreichende Bedeutung des Planckschen Strahlungsgesetzes —	274
9.3	Der Photoelektrische Effekt —	276
9.4	Elektronen: Nur Teilchen oder auch Wellen? —	278
9.4.1	Das Davisson-Germer Experiment —	279
9.4.2	Streuung von Elektronen an Graphit —	280
9.5	Die Materiewellenhypothese von de Broglie —	282
9.5.1	Eigenschaften der Materie —	283
9.5.2	Zusammenhang mit dem Bohrschen Atommodell —	285
9.5.3	Einordnung von de Broglies Materieeigenschaften —	285
9.6	Der Doppelspaltversuch —	286
9.6.1	Nachweis der Wellennatur —	286
9.6.2	Verhalten von Photonen —	287
9.6.3	Die beschränkte Anwendbarkeit der Modellvorstellungen —	288
9.6.4	Schlussfolgerungen —	290
10	Grundbegriffe der Quantentheorie —	291
10.1	Die Situation —	291
10.2	Der Durchbruch: Die Grundgleichungen der Quantentheorie —	292
10.2.1	Die Schrödingergleichung —	293
10.2.2	Die außerordentliche Übersetzungsvorschrift —	293
10.3	Die zentralen Paradigmen —	296
10.3.1	Der eindimensionale Harmonische Oszillator —	296
10.3.2	Das Wasserstoffatom —	303

10.4	Von der Vektorrechnung zum Hilbertraum —	318
10.4.1	Von den Basisvektoren zum Vektorraum —	320
10.4.2	Produkte im Vektorraum R^3 —	322
10.4.3	Die Operatoren des Vektorraums R^3 —	324
10.4.4	Vom dreidimensionalen Vektorraum R^3 nach R^n —	333
10.4.5	Vom Vektorraum R^n zum Hilbertraum H —	337
10.5	Der Quantensprung zur Quantentheorie —	342
10.5.1	Die Eignung des Hilbertraums —	342
10.5.2	Die intuitionsleitende Funktion der zentralen Paradigmen —	343
10.5.3	Zustände, Observable und Operatoren —	344
10.5.4	Erwartungswerte, Messwerte, Varianzen, Unschärfe —	345
10.5.5	Die Bewegungsgleichungen —	352
10.6	Die Dichtematrix oder der statistische Operator —	358
10.6.1	Eigenschaften des statistischen Operators —	359
10.6.2	Erwartungswerte und Bewegungsgleichungen mit der Dichtematrix —	362
10.6.3	Messprozess und Dekohärenz —	364
10.6.4	Ein idealisiertes Modell des Messprozesses —	367
10.7	Vergleich der klassischen und quantentheoretischen Strukturen —	372
10.7.1	Dekohärenz, Indeterminismus, Irreversibilität —	372
10.7.2	Die Logik physikalischer Zustände und Eigenschaften —	375
10.7.3	Ein einfaches Beispiel mit großer Wirkung —	384
10.8	Rückblick und Ausblick —	389
11	400 Jahre Physik. Rückblick, Gegenwart und Ausblick —	392
11.1	Ein Rückblick —	392
11.1.1	Der zurückgelegte Weg —	392
11.1.2	Wissenschaftstheoretische Konsequenzen —	400
11.2	Die gegenwärtige Situation —	406
11.2.1	Die Standardmodelle der Kosmologie und der Elementarteilchentheorie —	406
11.2.2	Der Weg zur Interdisziplinarität —	407
11.3	Ausblick —	409
11.3.1	Der Fortgang des physikalischen Erkenntnisprozesses —	409
11.3.2	Offenheit oder Vollständigkeit der wissenschaftlich erforschbaren Wirklichkeit? —	411
11.3.3	Wissenschaft und Transzendenz —	412
11.3.4	Spuren der Transzendenz in der Wirklichkeit —	414
11.3.5	Die Einheit der Wirklichkeit und die Dimensionen der Wahrheit —	416
	Literatur zur Erinnerung und Vertiefung —	419
	Stichwortverzeichnis —	421