

Inhalt

Vorwort	15
Abkürzungen	21

1. Kapitel: Einleitung	
1. Die Frage	23
2. Gliederung	25
3. Gedankengang	28
a. Methodisches	28
b. Zeitliche Logik	29
c. Wahrscheinlichkeit	30
d. Irreversibilität, Evolution, Informationsstrom	31
e. Das Gefüge der Theorien	32
f. Abstrakte Quantentheorie	34
g. Konkrete Quantentheorie	37
h. Deutungsfragen	38
4. Vorschlag zu einem kurzen Durchgang durch das Buch	41

Erster Teil: Zeit und Wahrscheinlichkeit

2. Kapitel: Logik zeitlicher Aussagen	
1. Logik zeitlicher Aussagen als Postulat	47
2. Wie begründet man Logik?	53
3. Präsentische und perfektische Aussagen	64
4. Futurische Aussagen	79
5. Der klassische Aussagenverband	88
3. Kapitel: Wahrscheinlichkeit	
1. Wahrscheinlichkeit und Erfahrung	100
2. Der klassische Wahrscheinlichkeitsbegriff	105
3. Empirische Bestimmung von Wahrscheinlichkeiten	111
4. Zur Wahrscheinlichkeitsbewertung von Prognosen	116

4. Kapitel: Irreversibilität und Entropie	
1. Irreversibilität als Problem	119
2. Ein Modell irreversibler Vorgänge	128
3. Dokumente	139
4. Kosmologie und Relativitätstheorie	149
5. Kapitel: Information und Evolution	
1. Der systematische Ort des Kapitels	163
2. Was ist Information?	165
3. Was ist Evolution?	168
4. Information und Wahrscheinlichkeit	170
5. Evolution als Wachstum potentieller Information	174
a. Grundgedanke	174
b. Kondensationsmodell	181
c. Schlußbemerkungen	186
6. Information als Nutzen	
a. These	189
b. Information als Nutzenfunktion für subjektive Wahrscheinlichkeiten	192
c. Subjektive und objektive Wahrscheinlichkeit und der Informationsbegriff	194
d. Der Sinn der Gleichsetzung von Nutzen und Information	197
7. Pragmatische Information: Erstmaligkeit und Bestätigung	
a. Pragmatische Information	200
b. Erstmaligkeit und Bestätigung	203
c. Ein Modell	204
8. Biologische Präliminarien zur Logik	
a. Methodisches	207
b. Die Erkenntnisförmigkeit des Lebens	207
c. Ein Weg zum pragmatischen Wahrheitsbegriff	210
d. Die Zweiwertigkeit der Logik	212

Zweiter Teil:

Die Einheit der Physik

6. Kapitel: Das Gefüge der Theorien	
1. Vorbemerkung	219
2. Klassische Punktmechanik	223
a. Erste Analyse des Sinns der Grundgleichungen	223
b. Körper, Massenpunkt, Systeme von Massen-	
punkten	229
c. Kraft, Trägheit, Wechselwirkung	234
d. Raum	237
e. Zeit	240
3. Mathematische Formen der Naturgesetze	242
4. Chemie	246
5. Thermodynamik	250
6. Feldtheorien	252
7. Nichteuklidische Geometrie und semantische	
Konsistenz	253
8. Das Relativitätsproblem	255
9. Spezielle Relativitätstheorie	261
10. Allgemeine Relativitätstheorie	266
a. Einsteins Theorie	266
b. Eine Notiz zur philosophischen Debatte	269
c. Abweichende physikalische Argumente	269
d. Kosmologie	274
11. Quantentheorie, historisch	276
a. 1900–1925. Planck, Einstein, Bohr	276
b. Quantenmechanik	279
c. Elementarteilchen	280
12. Quantentheorie, Plan der Rekonstruktion	280
7. Kapitel: Vorüberlegungen zur Quantentheorie	
1. Die Unmöglichkeit einer fundamentalen klassi-	
schen Physik	287
a. Grundsätzliches	287
b. Postulate der klassischen Physik	291
2. Bohrs Begriff der Individualität der Prozesse	295
3. Wahrscheinlichkeitspostulate und Quanten-	
theorie	300

4. Zweite Quantelung	306
5. Feynmans Fassung der Quantentheorie	310
6. Quantenlogik	313
a. Der quantentheoretische Aussagenverband	313
b. Volle Quantenlogik	318
7. Ein Rückblick	319
8. Kapitel: Rekonstruktion der abstrakten Quantentheorie	
1. Methodisches	330
a. Der Begriff der Rekonstruktion	330
b. Abstrakte Quantentheorie	332
c. Vier Wege der Rekonstruktion	333
2. Erster Weg: Rekonstruktion über Wahrscheinlichkeiten und den Aussagenverband	334
A. Alternativen und Wahrscheinlichkeiten	334
B. Objekte	335
C. Letzte Aussagen über ein Objekt	336
D. Finitismus	337
E. Zusammensetzung von Alternativen und von Objekten	338
F. Die Wahrscheinlichkeitsfunktion	339
G. Objektivität	340
H. Indeterminismus	340
I. Skizze des Aufbaus der Quantentheorie	341
Historische Anmerkung	342
3. Zweiter Weg: Rekonstruktion über Wahrscheinlichkeiten direkt zum Vektorraum	343
a. Zwei methodische Vorbemerkungen	344
1. Definition der empirisch entscheidbaren Alternative	344
2. Unschädliche Allgemeinheit	344
b. Drei Postulate über Alternativen	345
1. Trennbarkeit	345
2. Erweiterung	346
3. Kinematik	347
c. Drei Folgerungen	348
1. Zustandsraum	348
2. Symmetrie	348
3. Dynamik	350

	11
d. Schlußbemerkung	352
4. Dritter Weg: Rekonstruktion über Amplituden zum Vektorraum.	352
Abstrakte Quantentheorie. Entwurf, September 1974	354
5. Erläuterungen zum dritten Weg	369
9. Kapitel: Spezielle Relativitätstheorie	
1. Konkrete Quantentheorie	379
a. Raum	379
b. Teilchen	384
c. Wechselwirkung	384
2. Vierter Weg: Rekonstruktion der Quanten- theorie über variable Alternativen	385
a. Variable Alternativen	385
α. Drei Postulate	385
1. Fundierung der Möglichkeiten	385
2. Offener Finitismus	386
3. Aktuelle Alternative	387
β. Drei Folgerungen	388
1. Determinismus der Möglichkeiten	388
2. Variable Alternativen	389
3. Wachstum der Möglichkeiten	389
b. Uralternativen	390
1. Theorem der logischen Zerlegung der Alternativen	390
2. Theorem der mathematischen Zerlegung der Zustandsräume	391
3. Postulat der Wechselwirkung	392
4. Postulat der Ununterscheidbarkeit der Ure	393
c. Der Tensorraum der Ure	393
3. Raum und Zeit	396
a. Realistische Hypothese	396
b. Der Einstein-Kosmos: ein Modell des Raums	399
c. Trägheit	400
d. Spezielle Relativitätstheorie im binären Tensorraum	402
e. Konforme spezielle Relativitätstheorie	404
f. Relativität der Ure	409

10. Kapitel: Teilchen, Felder, Wechselwirkung	
1. Offene Fragen	413
a. Rekapitulation	413
b. Programm	416
2. Darstellungen im Tensorraum	418
a. Grundoperationen in T_n	418
b. Grundoperationen in T	421
c. Bose-Darstellungen	423
d. Parabose-Darstellungen	424
e. Mehrfache Quantelung in der Urtheorie	429
3. Wechselwirkung im Tensorraum	431
a. Produkte von Darstellungen	431
b. Wechselwirkung	433
c. Energie	436
4. Quasiteilchen in starren Ortsräumen	440
a. Einstein-Raum	440
b. Globaler Minkowski-Raum	442
c. Lokaler Minkowski-Raum	445
5. Modell der Quantenelektrodynamik	449
a. Alter Entwurf, neues Programm	449
b. Masseloses Lepton	450
c. Relativistische Invarianz	454
d. Das Maxwell-Feld	456
e. Elektromagnetische Wechselwirkung	458
α. Die Gestalt der Gleichungen	459
β. Trennbarkeit	459
γ. Konstanten	460
6. Elementarteilchen	462
a. Vorgeschichte: Atomismus oder einheitliche Feldtheorie	462
b. Das Angebot der Urtheorie	464
c. Systematik und Eichgruppen	467
d. Ruhmassen	470
7. Allgemeine Relativitätstheorie	476
a. Das Problem der Raumstruktur	476
b. Klassisches metrisches Feld	479
c. Quantentheorie der Gravitation	483
d. Kosmologie	484

Dritter Teil:

Zur Deutung der Physik

11. Kapitel: Das Deutungsproblem der Quantentheorie	
1. Zur Geschichte der Deutung	489
a. Die Aufgabe	489
b. Vorgeschichte der Deutungsdebatte	490
c. Schrödinger	493
d. Born	495
e. De Broglie	498
f. Heisenberg	498
α) Quantenmechanik	498
β) Unbestimmtheitsrelation	500
γ) Teilchenbild und Wellenbild	503
g. Bohr	506
h. Neumann	511
i. Einstein	512
2. Die semantische Konsistenz der Quantentheorie	514
a. Vier Stufen semantischer Konsistenz	514
b. Messung als Informationsgewinn	515
c. Meßtheorie, klassisch	519
α) Die Idee einer Quantentheorie der Mes-	
sung	519
β) Die Irreversibilität der Messung	523
γ) Die Rolle des Beobachters in der Kopen-	
hagener Deutung	526
d. Meßtheorie, quantentheoretisch	531
e. Quantentheorie des Subjekts	535
3. Paradoxien und Alternativen	538
a. Vorbemerkung	538
b. Schrödingers Katze: der Sinn der Wellen-	
funktion	541
c. Wigners Freund: Einbeziehung des Bewußt-	
seins	543
d. Einstein-Podolsky-Rosen: verzögerte Wahl	
und Realitätsbegriff	544
α) Das Gedankenexperiment	544
β) Ein älteres Gedankenexperiment mit	
verzögerter Wahl	547

γ) Semantische Konsistenz der Wahrscheinlichkeitsdeutung, anhand des EPR-Modells	550
δ) Einsteins Realitätsbegriff	552
ε) Raum und Objekt	557
e. Verborgener Parameter	560
f. Das quantentheoretische Mehrwissen	561
g. Poppers Realismus	563
h. Everetts Mehr-Welten-Theorie: Möglichkeit und Faktizität	563
12. Kapitel: Der Informationsstrom	
1. Die Suche nach der Substanz	567
2. Der Informationsstrom in der Quantentheorie	572
3. Geist und Form	580
13. Kapitel: Jenseits der Quantentheorie	
1. Grenzüberschreitung	588
a. Physik jenseits der Quantentheorie	589
b. Menschliches Wissen jenseits der Physik	591
c. Sein jenseits menschlichen Wissens	593
2. Faktizität der Zukunft	595
3. Möglichkeit der Vergangenheit	603
4. Umfassende Gegenwart	612
5. Jenseits der Physik	617
14. Kapitel: In der Sprache der Philosophen	
1. Exposition	621
2. Wissenschaftstheorie	622
3. Physik	627
4. Metaphysik	634
Personenregister	643
Sachregister	647
Literatur	656