

Inhalt

Vorwort	XV
----------------------	----

Über Verlässliches und weniger Verlässliches – Physik und Metaphysik	XIX
---	-----

Teil I

Physik: Verlässliches über Raumzeit und Quanten ...	1
--	---

1 Was ist der Urknall eigentlich?	3
Der Beginn einer wissenschaftlichen Kosmologie ...	4
Ein kurzer Blick auf das heutige Standardmodell der Kosmologie	6
Das Programm der Rückextrapolation	7
Eine Lücke oder eine andere Phase von Raum und Zeit?	9

2 Raum und Zeit – Nobelpreisträger Max von Laue spricht über die Relativitätstheorien	11
Das Galileische Relativitätsprinzip	12
Inertialsysteme	13
Inertialsysteme in der Speziellen Relativitätstheorie	14

	Inertialsysteme in der Allgemeinen Relativitätstheorie.	15
	Die Grenzen unserer Vorstellungsfähigkeit	16
3	Über die Zeit	19
	Die Zeit bei reversiblen bzw. irreversiblen Vorgängen in der klassischen Physik	20
	Entropie als Unordnung und Leben als Export von Entropie	23
	Zeit in der modernen Physik	24
4	Was bedeutet eigentlich Einsteins Formel $E = mc^2$?	27
	Die Masse in der Relativitätstheorie	28
	Eine neue Eigenschaft der Masse.	29
	Bedeutende Beispiele für die Nicht-Additivität von Massen	30
5	Realität und Nichtseparabilität in Quantenmechanik und Buddhismus	35
	Separabilität in klassischer Physik und in Quantenmechanik.	35
	Wenn das Konzept der Separabilität an seine Grenzen stößt: offene Systeme	38
	Realität und Nichtseparabilität in der Quantenmechanik	39
	Realität und Nichtseparabilität im Buddhismus	42
	Die moderne Physik und der Buddhismus.	43
6	Individualität und Ununterscheidbarkeit der Quanten	45
	Ununterscheidbarkeit in der klassischen Statistischen Mechanik	46
	Ununterscheidbarkeit in der Quantentheorie	48
7	Wandlungen des Materiebegriffes	53
	Die Masse als charakteristische Eigenschaft von materiellen Objekten	54

Alle Objekte bestehen aus Quanten 55
 Die Energie als charakteristische Eigenschaft
 von materiellen Objekten 57

8 **Werner Heisenberg: „Physik und Philosophie“** 61
 Die moderne Physik und traditionelle
 Grundanschauungen 62
 Die Kopenhagener Interpretation
 der Quantenmechanik 63
 Probleme der Verbalisierung der Ergebnisse
 der Quantenmechanik 66
 Weltanschauung und geistige Lebensgrundlage 67

Teil II

**Physik: Verlässliches angesichts Komplexität
 und Zufall** 69

9 **Zur Physik komplexer Systeme**..... 71
 Auf dem Weg zum Verständnis komplexer Systeme:
 der thermodynamische Gleichgewichtszustand 72
 Auf dem Weg zum Verständnis komplexer Systeme:
 das Fließgleichgewicht 74

10 **Emergenz**..... 79
 Statistische Mechanik versus Thermodynamik 80
 Emergente Phänomene in Multi-Agentensystemen. . 82
 Realität als emergentes Phänomen 83
 Ist Bewusstsein als emergentes Phänomen
 irgendwann erklärbar?..... 85

11 **Emergente Phänomene** 87
 Systeme, emergente Begriffe, Phänomene
 und Gesetze auf zwei Ebenen 88
 Eine kleine Skizze der Statistischen Mechanik 90

	Weitere emergente Phänomene:	
	Strukturbildung, Realität	93
	Emergenz in der Physik und anderswo	97
12	Reduktionismus	101
	Eigenständigkeit der höheren Ebenen trotz Reduktion.	102
	Bildung von Begriffen – durch Definition oder durch „Zeigen“.	104
13	Der Informationsbegriff in der Physik.	107
	Der Begriff der Entropie.	108
	Entropie als Mangel an Information	110
	Statistische Physik: quantitative Beschreibung bei unvollständigem Wissen.	112
14	Quanteninformatik.	115
	Informatik als Wissenschaft von der Verarbeitung codierter Information.	116
	Codierung in Strukturen von Quantenobjekten.	117
15	Der Zufall.	119
	Die Zähmung des Zufalls	119
	Der Umgang mit dem Zufall in der Statistischen Mechanik.	121
	Der Umgang mit dem Zufall bei offenen Systemen	122
	Der Zufall in der Quantenmechanik	125
16	Wie man mit dem Zufall rechnet – stochastische Prozesse	129
	Stochastische Prozesse	131
	Der Zufallsweg als Modell für die Diffusion	133

	Der Relaxator als Modell für einen Weg ins Gleichgewicht	135
	Der stochastische Oszillator	136
17	Wie man dem Zufall trotzt – optimale Voraussagen	139
	Modellierung stochastischer Prozesse: optimale Vorhersagbarkeit als Ziel	139
	Verschiedene Typen von Gleichungen für stochastische Prozesse	141
	Schätzung der Parameter eines Modells	143
	Naturgesetze versus optimierte Prädiktoren	144
18	Vorurteile und Vorwissen	147
	Die Bedeutung des Vorwissens im Alltag und in der Evolution des Denkens	148
	Die Bedeutung des Vorwissens bei der Interpretation von Daten	150
	Das Theorem von Bayes	152
19	Aus Daten Schlüsse ziehen	157
	Die Unsicherheit bei der Modellierung	159
	Die Unsicherheit der Daten	159
	Die Folgen der Unsicherheit der Daten für die Berechnung	162
	Die Unsicherheit in den Parametern	163
	Bedeutung der Datenanalyse für das Testen von Modellen und Theorien	164
20	Ein erster Einblick in die Spieltheorie – vom Beobachten zum Handeln	165
	Eine ganz kurze Geschichte der Spieltheorie	166
	Die Auszahlungsmatrix	167
	Das Gefangenendilemma	169
	Die Evolution der Kooperation	171

Teil III

Wege zum verlässlichen Wissen	173
21 Die Natur der Physik und der kritische Rationalismus ...	175
Die Begrenztheit unserer Erkenntnisfähigkeit und die Natur der Physik	176
Der kritische Rationalismus	178
22 Die Sprache der Physik	183
Die Mathematik als Sprache, in der formuliert und argumentiert wird	183
Die Mathematik als Führer zu neuen Hypothesen ..	185
Die Mathematik als Führer im Unvorstellbaren	187
23 Warum können wir Gesetzmäßigkeiten in der Natur mathematisch erfassen?	191
Die evolutionäre Erkenntnistheorie	192
Klassische Physik als Physik unserer Alltagswelt	193
Mathematik als taugliche Sprache im Unvorstellbaren	194
24 Stephen Hawking: „Der große Entwurf – Eine neue Erklärung des Universums“	197
Modellabhängiger Realismus	197
Naturphilosophie versus Naturwissenschaft	200
Der große Entwurf	202
25 Über das Entstehen physikalischer Theorien	207
Die zwei Ebenen der Theorien	208
Leben mit Schwierigkeiten auf der begrifflichen Ebene	210
Lehren für die Einschätzung neuer Theorien	213

26	Schneller als Licht?	217
	Die Prinzipien der Speziellen Relativitätstheorie ...	218
	Diskussionen um die Relativitätstheorie im Oktober 2011	219
	Frühere Anfechtungen physikalischer Theorien ...	221
	Lehren aus der Geschichte der Physik	222
 27	 Strukturenrealismus und Evolution	 225
	Der Strukturenrealismus und seine Varianten	227
	Berücksichtigung der Evolution	229
 28	 Nicht beim Sein, beim Sosein – da stellen sich die Fragen	 233
	Eine Liste früherer Hypothesen	234
	Eine kurze Geschichte der Hypothesen	236
	Nicht das Sein, sondern das Sosein ist das Problem	239

Teil IV

Auf dem Weg zum verlässlichen Wissen	241	
 29	 Vom Geschichtsbewusstsein	 243
 30	 Unser geschichtliches Erbe in Europa	 247
	Die neue Wissenschaft	248
	Die neue Art zu denken: Ergebnisoffenheit	249
 31	 Keine Angst vor neuen Deutungsversuchen	 251
	Ein Blick in die Geschichte	253
	Folgen der Erkenntnis	254
	Keine Angst	255

32	Die dritte Form der Naturforschung	257
	Sammlungen, Faustregeln, Erfindungen.	258
	Die drei Formen der Naturforschung heute	260
33	Über das Verhältnis von Wissenschaft und Technik	263
	Grundlagenforschung inspiriert zu technischen Erfindungen.	265
	Technische Erfindungen inspirieren zur Grundlagenforschung	267
	Geplante Forschung und geplante Erfindungen ...	268
	Kurz und gut	270

Teil V

	Jenseits verlässlichen Wissens	271
34	Über einen Aspekt der Schönheit bei physikalischen Theorien und Inventionen von J. S. Bach	273
	Schönheit in der Physik	273
	Schönheit in der Musik	274
35	Das Heilige und das Profane	279
	Gleichheit hinsichtlich der kulturellen Leistung	279
	Unterschiedlichkeit hinsichtlich der Wirkung	281
36	Der „freie Wille“ eines Agenten	285
	Der Agent	286
	Die reine Strategie	287
	Ein Agent in Gesellschaft	288
	Die gemischte Strategie	289
	Der Mensch als Agent	290
	Der freie Wille	291
37	Zweierlei Unvorstellbares	293

38	Innenwelt und Außenansicht	295
39	Gefühle eines Physikers beim Lesen eines philosophischen Artikels	297
	Kann man Wahrheit fühlen?	297
	Über den Umgang mit der Sprache	298
	Das anthropische Prinzip und die Evolution	299
40	Was kann ein Philosoph zu einer Fachwissenschaft beitragen?	303
	Der mereologische Fehlschluss	304
	Lehren aus der Geschichte der Physik	305
	Vorläufigkeit und Entwicklung von Begriffen	307
41	Brauchen wir Gott? Gedanken zu einer Sammlung religions-kritischer Texte	311
	Über den analytischen Zugang zur Religion	312
	Über den pragmatischen Zugang zur Religion	315
	Geborgenheit als übergeordnetes Ziel	317
42	Physik aus der Gottesperspektive?	319
	Naturwissenschaft und die „letzten Dinge“	320
	Die „letzte Theorie“ versus Komplexität der Welt ..	321
43	Gedanken zu einem Artikel von Patrick Becker: „Naturwissenschaftliches Denken als Herausforderung für den Gottesglauben“	325
	Die Bedeutung der Kausalität	325
	Die Bedeutung der Evolution	327
	Prinzipien der naturwissenschaftlichen Methode: Nachprüfbarkeit	329
	Prinzipien der naturwissenschaftlichen Methode: Ergebnisoffenheit	330
	Wie der Herausforderung begegnen?	332

XIV **Was können wir wissen?**

Literatur	335
Anmerkungen zu den Kapiteln	341
Stichwortverzeichnis	361