

# Inhalt

<b>Vorwort .....</b>	<b>XV</b>
<b>Über Verlässliches und weniger Verlässliches – Physik und Metaphysik .....</b>	<b>XIX</b>
<b>Teil I</b>	
<b>Physik: Verlässliches über Raumzeit und Quanten .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Was ist der Urknall eigentlich? .....</b>	<b>3</b>
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
<b>2 Raum und Zeit – Nobelpreisträger Max von Laue spricht über die Relativitätstheorien .....</b>	<b>11</b>
Das Galileische Relativitätsprinzip .....	12
Inertialsysteme .....	13
Inertialsysteme in der Speziellen Relativitätstheorie .....	14

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

Alle Objekte bestehen aus Quanten . . . . .	55
Die Energie als charakteristische Eigenschaft von materiellen Objekten . . . . .	57
<b>8 Werner Heisenberg: „Physik und Philosophie“ . . . . .</b>	<b>61</b>
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
<b>Teil II</b>	
<b>Physik: Verlässliches angesichts Komplexität und Zufall . . . . .</b>	<b>69</b>
<b>9 Zur Physik komplexer Systeme . . . . .</b>	<b>71</b>
Auf dem Weg zum Verständnis komplexer Systeme: der thermodynamische Gleichgewichtszustand . . . . .	72
Auf dem Weg zum Verständnis komplexer Systeme: das Fließgleichgewicht . . . . .	74
<b>10 Emergenz . . . . .</b>	<b>79</b>
Statistische Mechanik versus Thermodynamik . . . . .	80
Emergente Phänomene in Multi-Agentensystemen . . . . .	82
Realität als emergentes Phänomen . . . . .	83
Ist Bewusstsein als emergentes Phänomen irgendwann erklärbar? . . . . .	85
<b>11 Emergente Phänomene . . . . .</b>	<b>87</b>
Systeme, emergente Begriffe, Phänomene und Gesetze auf zwei Ebenen . . . . .	88
Eine kleine Skizze der Statistischen Mechanik . . . . .	90

<b>Weitere emergente Phänomene:</b>	
Strukturbildung, Realität .....	93
Emergenz in der Physik und anderswo .....	97
<b>12 Reduktionismus .....</b>	<b>101</b>
Eigenständigkeit der höheren Ebenen	
trotz Reduktion.....	102
Bildung von Begriffen – durch Definition	
oder durch „Zeigen“.....	104
<b>13 Der Informationsbegriff in der Physik.....</b>	<b>107</b>
Der Begriff der Entropie.....	108
Entropie als Mangel an Information .....	110
Statistische Physik: quantitative Beschreibung	
bei unvollständigem Wissen.....	112
<b>14 Quanteninformatik.....</b>	<b>115</b>
Informatik als Wissenschaft von der Verarbeitung	
codierter Information.....	116
Codierung in Strukturen von Quantenobjekten....	117
<b>15 Der Zufall.....</b>	<b>119</b>
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
<b>16 Wie man mit dem Zufall rechnet –</b>	
<b>stochastische Prozesse .....</b>	<b>129</b>
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
<b>17 Wie man dem Zufall trotzt – optimale Voraussagen . . . . .</b>	<b>139</b>
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
<b>18 Vorurteile und Vorwissen . . . . .</b>	<b>147</b>
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
<b>19 Aus Daten Schlüsse ziehen . . . . .</b>	<b>157</b>
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
<b>20 Ein erster Einblick in die Spieltheorie – vom Beobachten zum Handeln . . . . .</b>	<b>165</b>
Eine ganz kurze Geschichte der Spieltheorie . . . . .	166
Die Auszahlungsmatrix . . . . .	167
Das Gefangenendilemma . . . . .	169
Die Evolution der Kooperation . . . . .	171

## Teil III

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

<b>26</b>	<b>Schneller als Licht? . . . . .</b>	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
<b>27</b>	<b>Strukturenrealismus und Evolution . . . . .</b>	225
	Der Strukturenrealismus und seine Varianten . . . . .	227
	Berücksichtigung der Evolution . . . . .	229
<b>28</b>	<b>Nicht beim Sein, beim Sosein – da stellen sich die Fragen . . . . .</b>	233
	Eine Liste früherer Hypothesen . . . . .	234
	Eine kurze Geschichte der Hypothesen . . . . .	236
	Nicht das Sein, sondern das Sosein ist das Problem . . . . .	239
 <b>Teil IV</b>		
	<b>Auf dem Weg zum verlässlichen Wissen . . . . .</b>	241
<b>29</b>	<b>Vom Geschichtsbewusstsein . . . . .</b>	243
<b>30</b>	<b>Unser geschichtliches Erbe in Europa . . . . .</b>	247
	Die neue Wissenschaft . . . . .	248
	Die neue Art zu denken: Ergebnisoffenheit . . . . .	249
<b>31</b>	<b>Keine Angst vor neuen Deutungsversuchen . . . . .</b>	251
	Ein Blick in die Geschichte . . . . .	253
	Folgen der Erkenntnis . . . . .	254
	Keine Angst . . . . .	255

<b>32</b>	<b>Die dritte Form der Naturforschung</b>	257
	Sammlungen, Faustregeln, Erfindungen	258
	Die drei Formen der Naturforschung heute	260
<b>33</b>	<b>Über das Verhältnis von Wissenschaft und Technik</b>	263
	Grundlagenforschung inspiriert	
	zu technischen Erfindungen	265
	Technische Erfindungen inspirieren	
	zur Grundlagenforschung	267
	Geplante Forschung und geplante Erfindungen	268
	Kurz und gut	270
<b>Teil V</b>		
	<b>Jenseits verlässlichen Wissens</b>	271
<b>34</b>	<b>Über einen Aspekt der Schönheit bei physikalischen Theorien und Inventionen von J. S. Bach</b>	273
	Schönheit in der Physik	273
	Schönheit in der Musik	274
<b>35</b>	<b>Das Heilige und das Profane</b>	279
	Gleichheit hinsichtlich der kulturellen Leistung	279
	Unterschiedlichkeit hinsichtlich der Wirkung	281
<b>36</b>	<b>Der „freie Wille“ eines Agenten</b>	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
<b>37</b>	<b>Zweierlei Unvorstellbares</b>	293

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

<b>Literatur .....</b>	<b>335</b>
<b>Anmerkungen zu den Kapiteln .....</b>	<b>341</b>
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>361</b>