

# Inhalt

<b>Vorwort</b>	<b>XIII</b>
<b>Naturphilosophisch querdenkend – Vorwort zur deutschsprachigen Ausgabe</b>	<b>XVII</b>
<b>Prolog</b>	<b>1</b>
<b>1. Kann ein Computer Geist besitzen?</b>	<b>3</b>
Einleitung	3
Der Turing-Test	5
Künstliche Intelligenz	10
Wie die KI „Lust“ und „Schmerz“ beschreibt	13
Die starke KI und Searles chinesisches Zimmer	15
Hardware und Software	21
<b>2. Algorithmen und Turing-Maschinen</b>	<b>28</b>
Der Hintergrund des Begriffs Algorithmus	28
Turings Idee	33
Die binäre Codierung numerischer Daten	40
Die Church-Turing-These	44
Nicht-natürliche Zahlen	47
Die universelle Turing-Maschine	48
Die Unlösbarkeit des Hilbertschen Problems	55
Wie man einen Algorithmus besiegt	62
Der Lambda-Kalkül von Church	64
<b>3. Mathematik und Wirklichkeit</b>	<b>72</b>
Das Land Tor'Bled-Nam	72
Reelle Zahlen	78
Wie viele reelle Zahlen gibt es?	81
Die „Realität“ der reellen Zahlen	84

Komplexe Zahlen	85
Die Konstruktion der Mandelbrot-Menge	90
Sind mathematische Begriffe Platonische Ideen?	92

#### 4. Wahrheit, Beweis und Erkenntnis 96

Das Hilbertsche Programm der Mathematik	96
Formale mathematische Systeme	99
Der Gödelsche Satz	103
Mathematische Erkenntnis	105
Platonismus oder Intuitionismus?	109
Turings Resultat und der Gödelsche Satz	113
Rekursiv aufzählbare Mengen	115
Ist die Mandelbrot-Menge rekursiv?	121
Einige Beispiele für nicht-rekursive Mathematik	125
Gleicht die Mandelbrot-Menge der nicht-rekursiven Mathematik?	135
Komplexitätstheorie	137
Komplexität und Berechenbarkeit bei physikalischen Gegenständen	142

#### 5. Die klassische Welt 145

Der gegenwärtige Stand der theoretischen Physik	145
Die Euklidische Geometrie	151
Die Dynamik von Galilei und Newton	157
Die mechanistische Welt der Newtonschen Dynamik	162
Ist das Leben in der Billardkugelmwelt berechenbar?	165
Die Hamiltonsche Mechanik	168
Der Phasenraum	171
Die Maxwellsche Theorie des Elektromagnetismus	178
Berechenbarkeit und Wellengleichung	181
Die Lorentzsche Bewegungsgleichung und davonlaufende Teilchen	182
Die spezielle Relativitätstheorie von Einstein und Poincaré	185
Einsteins allgemeine Relativitätstheorie	195
Kausalität und Determinismus in der Relativitätstheorie	205
Berechenbarkeit in der klassischen Physik: Eine Zwischenbilanz	209
Masse, Materie und Wirklichkeit	210

#### 6. Quantenmagie und Quantengeheimnis 218

Brauchen Philosophen die Quantentheorie?	218
Probleme der klassischen Theorie	220
Die Anfänge der Quantentheorie	222
Das Doppelspalt-Experiment	224

Wahrscheinlichkeitsamplituden	229
Der Quantenzustand eines Teilchens	235
Das Unschärfeprinzip	241
Die Entwicklungsprozesse U und R	242
Teilchen an zwei Stellen zugleich?	244
Der Hilbert-Raum	249
Messungen	253
Der Spin und die Riemannsche Zustandskugel	256
Objektivität und Meßbarkeit von Quantenzuständen	261
Das Kopieren eines Quantenzustands	262
Der Photonspin	263
Objekte mit großem Spin	266
Vielteilchensysteme	267
Das „Paradoxon“ von Einstein, Podolsky und Rosen	272
Experimente mit Photonen: Ein Problem für die Relativitätstheorie?	279
Schrödinger-Gleichung und Dirac-Gleichung	281
Die Quantenfeldtheorie	282
Schrödingers Katze	283
Verschiedene Interpretationen der gegenwärtigen Quantentheorie	286
Wo stehen wir nun?	289

## 7. Die Kosmologie und der Zeitpfeil 295

Der Fluß der Zeit	295
Die unausweichliche Zunahme der Entropie	297
Was ist Entropie?	302
Der zweite Hauptsatz in Aktion	307
Der Ursprung der niedrigen Entropie im Universum	310
Kosmologie und Urknall	315
Der uranfängliche Feuerball	318
Erklärt der Urknall den zweiten Hauptsatz?	320
Schwarze Löcher	322
Die Struktur von Raum-Zeit-Singularitäten	327
Wie speziell war der Urknall?	331

## 8. Auf der Suche nach der Quantengravitation 339

Warum Quantengravitation?	339
Was verbirgt sich hinter der Hypothese der Weylschen Krümmung?	341
Die zeitliche Asymmetrie bei der Reduktion des Zustandsvektors	345
Die Hawkingsche Schachtel – ein Bindeglied zur Weylschen Krümmungshypothese?	350
Wann findet die Reduktion des Zustandsvektors statt?	358

<b>9. Wirkliche Gehirne und Hirnmodelle</b>	<b>365</b>
Wie sieht das Gehirn eigentlich aus?	365
Wo ist der Sitz des Bewußtseins?	372
Split-Brain-Experimente	374
Partielle Blindheit	377
Informationsverarbeitung in der Sehrinde	377
Wie funktionieren Nervensignale?	379
Computermodelle	383
Die Plastizität des Gehirns	387
Parallelcomputer und die „Einheit“ des Bewußtseins	388
Spielt die Quantenmechanik eine Rolle für die Hirntätigkeit?	390
Quantencomputer	391
Über die Quantentheorie hinaus?	392
 <b>10. Worin besteht die Physik des Geistes?</b>	 <b>395</b>
Wozu ist Geist gut?	395
Was tut das Bewußtsein eigentlich?	399
Natürliche Selektion von Algorithmen?	403
Das nicht-algorithmische Wesen der mathematischen Erkenntnis	406
Inspiration, Erkenntnis und Originalität	408
Nicht-Verbalität des Denkens	413
Haben Tiere Bewußtsein?	415
Kontakt mit der Platonischen Welt	416
Eine Ansicht zur physikalischen Realität	419
Determinismus und starker Determinismus	421
Das anthropische Prinzip	423
Parkettierungen und Quasikristalle	424
Mögliche Bedeutung für die Hirnplastizität	427
Die Zeitverzögerungen des Bewußtseins	429
Die seltsame Rolle der Zeit in der bewußten Wahrnehmung	432
Schlußwort: Mit den Augen eines Kindes	436
 <b>Epilog</b>	 <b>441</b>
Literaturhinweise	442
Danksagung für Illustrationen	448
Index	449