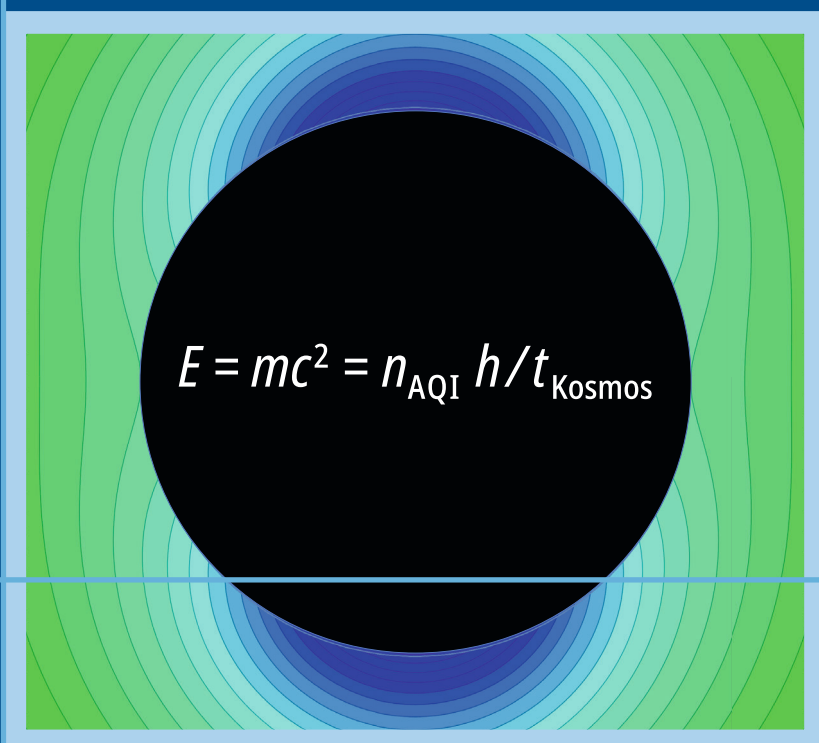


Thomas Görnitz

Quantentheorie verstehen

Grundlegende Vorstellungen und Begriffe



HANSER

Görlitz
Quantentheorie verstehen



Bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Thomas Görnitz

Quantentheorie verstehen

Grundlegende Vorstellungen und Begriffe

HANSER

Der Autor:

Prof. Dr. Thomas Görnitz, Fachbereich Physik, Goethe-Universität Frankfurt/Main

Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht, auch nicht für die Verletzung von Patentrechten, die daraus resultieren können.

Ebenso wenig übernehmen Autor und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt also auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benützt werden dürften.

Bibliografische Information der deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2022 Carl Hanser Verlag München

www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Dipl.-Ing. Volker Herzberg

Herstellung: Melanie Zinsler

Titelmotiv: © Thomas Görnitz

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Coverrealisation: Max Kostopoulos

Satz: Eberl & Koesel Studio, Altusried-Krugzell

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

Print-ISBN: 978-3-446-47225-9

E-Book-ISBN: 978-3-446-47319-5

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	XV
Vorrede	XVII
1 Reale und mögliche Strukturen als Triebkraft der Natur	1
1.1 Einstein und Weizsäcker über die Grundlagen der Naturwissenschaft	3
1.1.1 Raum	6
1.1.2 Einige weitere mathematische Begriffe	7
1.2 Ein Blick auf die Grundlagen der Naturwissenschaft	11
1.2.1 Alltag, Quanten und etwas Mathematik	12
1.2.2 Wie gelangt der Mensch zu Naturgesetzen?	16
1.3 Die Beziehungen der physikalischen Strukturen	20
1.3.1 Theoriebereiche der Physik	20
1.3.2 Der Geltungsbereich der Physik	20
1.3.3 Ein Blick auf Quanten- und Relativitätstheorie	21
1.3.4 Quantentheorie und das Verhältnis von Fakten und Möglichkeiten	27
1.3.5 Beziehungen zwischen Quantenfeldtheorie und Relativitätstheorie	28
1.3.6 Relativitätstheorien	29
1.4 Eine Einteilung der Quanten	30
1.5 Fakten, Möglichkeiten, Quantisierung	32
1.5.1 Die fundamentalen Wechselwirkungen	33
1.5.2 Elektromagnetische Wechselwirkung und die Existenz der Objekte	33
1.6 Zum Verhältnis von Physik, Chemie und Biologie	34

1.6.1	Photonen in der Chemie	36
1.6.2	Virtuelle Teilchen in der Chemie	37
1.6.3	Weitere interessante Quanteneffekte	40
1.6.4	Einfluss der Information auf die Steuerung biochemischer und biologischer Prozesse	41
1.6.5	Kein Widerspruch zwischen Biologie und Physik!	42
1.7	Die Unterscheidung zwischen Inhalt und Form, zwischen Teilen und Ganzheit	44
1.7.1	Quantentheorie und Hylemorphismus	44
1.7.2	Teile werden zu Ganzheiten	46
1.7.3	AQIs und Qubits – was ist gleich, was verschieden?	47
1.7.4	Form und Inhalt in der Chemie	48
1.7.5	AQIs versus Bedeutung	49
1.7.6	Was ist zu erwarten	50
2	Was meint man mit „Erklären“?	53
2.1	Erklären mit Quantenfeldtheorie	53
2.2	Ein Blick auf das Erforschbare	56
2.3	Regeln und Gesetze durch „Näherungen“	56
2.4	Interpretationen von Objektivem und Subjektivem	63
3	Quanten und Schwarze Löcher	69
3.1	Das erste Bild von einem „Schwarzen Loch“	69
3.2	Fundamentale Quantentheorie und die Schwarzen Löcher	71
3.3	Vom „Schwarzen Loch“ zum „It from Bit“	76
3.4	Black Holes strahlen	76
3.5	Die Vorgeschichte zum „It from Bit“	81
3.6	Das „It from Bit“ und seine Probleme	82
3.7	Zur Bedeutung der Planck-Einheiten	86
3.8	„Mysteriöse Eigenschaften“ der Schwarzen Löcher	89
4	Bits, Qubits und AQIs	93
4.1	Computing und Quantencomputing	93
4.2	Die Bits beim Quantencomputing und der Unterschied zu den AQIs	95
4.3	Quantencomputing ist reversibel	96

4.4	Das Gehirn als Quantencomputer?	99
4.5	Analogien und Unterschiede zwischen Bewusstsein und Computer ...	101
4.6	Wahrnehmung von Gestalten und Kräften durch Lebewesen	106
4.7	Künstliche Intelligenz und Mustererkennung	111
5	Der Weg aus der Sackgasse der „kleinsten Teilchen“	115
5.1	Protyposis – der Ausweg aus der Sackgasse	117
5.2	Der historische Weg zur Protyposis	122
6	Grundprinzipien von klassischer und quantischer Physik	125
6.1	Kennzeichen der klassischen Physik	126
6.2	„Bedeutung“ und die Unterscheidung zwischen Form und Inhalt	128
6.3	Bedeutung als Form	128
6.4	Quantentheorie – Ausgedehnte Ganzheit, Verschränkung, Nichtlokalität	130
6.5	Zu welchen Strukturen hat die Quantentheorie geführt?	139
6.6	Die AQIs der Protyposis	141
6.7	Die Dynamische Schichtenstruktur – Koexistenz von klassischer und quantischer Physik	144
6.7.1	Schrödingers Katze und Schrödingers Kätzchen	147
6.7.2	Quantencomputing	149
6.7.3	Ignorabilia und kritische Vorannahmen	150
7	Ein Blick auf die „Zeit“	153
7.1	Wie wird Zeit wahrgenommen und eingeteilt	153
7.1.1	Fakten gliedern die Zeit	153
7.1.2	Aussagen über die Zeit	154
7.1.3	Die moderne Physik und die Zeit – Relativitätstheorien und Quantenphysik	155
7.1.4	Quantentheorie über die Zeit	156
7.1.5	Die Planck-Zeit	159
7.2	Reversibilität und Zeitumkehr	159
7.3	Die „ausgedehnte Gegenwart“ als Grundzug der Quantentheorie	161
7.4	Fakten und klassische Physik	163
7.5	Was war „vor“ der Zeit?	164

8	Grundlagen der Empirie	167
8.1	Erfahrung und Empirie in der Naturwissenschaft	168
8.2	Die Empirie und die Zeit	170
8.3	Transzendente Hypothesen	176
8.4	Zeit und Naturgesetze	178
8.5	Eine realistische Weltbeschreibung	179
9	Das Zählen von Fakten und von Möglichkeiten	181
9.1	Zwischenspiel	181
9.2	Zählen und Zahlen	184
9.3	Das Unendliche	186
9.4	Unendliches in der Physik?	189
9.5	Fakten, Möglichkeiten, Freiheit	193
9.6	Die Notwendigkeit der komplexen Zahlen	200
10	Der Messprozess aus Sicht der Protyposis	205
10.1	Warum schenkt man dem Messprozess eine so große Aufmerksamkeit?	205
10.2	Zur Interpretation des Messprozesses in der Quantenmechanik	208
10.3	Die dynamische Schichtenstruktur und der Messprozess	212
10.4	Die umfassende Rolle der physikalischen Information	217
10.5	Schlussfolgerungen mit der Protyposis	224
10.5.1	Protyposis: Fakten auch ohne Beobachter	226
10.5.2	Der Quanten-Zenon-Prozess	230
10.5.3	Verlust von „Bedeutung“, jedoch nicht von absoluter Information	231
10.5.4	Massereiche Objekte erscheinen lokalisiert	233
10.6	Die Protyposis macht den Messprozess begreiflich	236
11	Die Protyposis und das Ganze	241
11.1	Ein wichtiger Unterschied zwischen Astronomie und Kosmologie ...	241
11.2	Das Ganze ist der Kosmos	243
11.3	Unbekannte Information – Thermodynamik	244

12	Reflexionen über die AQIs	247
12.1	Der Weg zu den quantischen Zuständen	247
12.2	Komplexes aus Einfachem	248
12.3	AQIs – ein einleuchtendes Postulat	250
13	Symmetriegruppen für Quantensysteme	255
13.1	Symmetriegruppen für das Quantenbit	257
13.2	Symmetrien an Quantensystemen mit einem zweidimensionalen Zustandsraum	262
13.2.1	Die normerhaltende $SU(2)$ -Symmetrie	262
13.2.2	Der Übergang von der $SU(2)$ zur $SL(2, C)$	266
14	AQIs und die Planck-Länge	269
14.1	Die gruppentheoretische Definition der Metrik im kosmischen Raum	270
14.2	Die gruppentheoretische Begründung der Planck-Länge mit der Protyposis	273
15	Kosmologie und die Äquivalenz von Masse, Energie und absoluter Quanteninformation	279
15.1	Kosmologische Vorüberlegungen	279
15.2	Ein Blick auf Kosmologie und Allgemeine Relativitätstheorie	283
15.3	Kosmologische Variable	285
15.4	Die Erweiterung von $E = mc^2$ auf die AQIs	288
15.5	Die Energie eines AQIs	290
15.6	Die wichtige Unterscheidung zwischen AQIs und Entropie	291
15.7	Das „It from Bit“ muss reflektiert werden	291
15.8	Die zeitliche Entwicklung des Kosmos	297
15.9	Die Zustandsgleichung des Kosmos	299
16	Einige Gedanken über den rationalen Kosmos der Protyposis	309
16.1	Ein mögliches Bild der kosmischen Entwicklung	309
16.2	Aspekte von Kosmologie und Naturphilosophie	313
16.3	Zusammenfassung der Argumentationslinie	316
16.4	Die Metrik der Protyposis-Kosmologie	317

16.5	Eine unzeitgemäße Überlegung	318
16.6	Der empirische Input	319
17	Inspiration und Induktion, Theorie und Experiment	321
17.1	Wahrscheinlichkeiten als Maß für Möglichkeiten	321
17.2	Bilder von Möglichkeiten?	323
17.3	Inspiration	324
17.4	Erstellen von Theorien, ihre Akzeptanz und ihre Bestätigung	324
18	Gravitation als Wirkung des Kosmos auf seinen Inhalt	329
18.1	Die Lösung des Konsistenzproblems zwischen Allgemeiner Relativitäts- und Quantentheorie	329
18.2	Zur Begründung der Allgemeinen Relativitätstheorie	333
18.3	Eine Begründung von Einsteins Gleichungen aus der Quantentheorie	338
18.4	Vom Kosmos zur Allgemeinen Relativitätstheorie!	340
18.5	Die Verbindung zur Empirie	341
18.6	Die wesentlichen Strukturen im Kosmos	342
19	Lösungen für Probleme der gegenwärtigen Kosmologie	349
19.1	Das Koinzidenz-Problem	349
19.2	Das Empirie-Problem	349
19.3	Das Horizont-Problem und die Inflation	350
19.4	Die kosmologische Konstante – ein Problem	351
19.5	Die frühen Schwarzen Löcher	351
19.6	Dunkle Energie und Dunkle Materie	353
19.7	Wofür wurde die Dunkle Materie postuliert?	354
20	Erklärung für ein Phänomen der Dunklen Materie	361
20.1	Jet-Strukturen an Black Holes	362
20.2	Die Wirkung auf die Umlaufgeschwindigkeiten der Sterne	370
21	Schwarze Löcher: Entropie und Singularität	375
21.1	Der quasiklassische Zugang zur Entropie der Schwarzen Löcher	376
21.2	Bekensteins Entropie eines Schwarzen Loches	378
21.3	Eine kritische Frage an Bekensteins Resultat	381

21.4	Die Black Hole-Entropie wird mit Protyposis plausibel	384
21.5	Das Black-Hole-Modell der Protyposis	385
21.6	Die Innenraumlösung für Black Holes	388
21.7	Das Informationsparadox auflösen	391
22	Quantenteilchen im Minkowski-Raum	395
22.1	Von den abstrakten Thesen zu den mathematischen Strukturen	395
22.2	Teilchen als Idealisierungen von Objekten	396
22.3	Ein erster Erfolg: Objekte in einem de-Sitter-Kosmos	402
22.3.1	Symmetrien für Quantenbits	402
22.3.2	Quantisierung: Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren ...	403
22.3.3	v. Weizsäckers „Stopf- und Rupfoperatoren“	404
22.3.4	$SO(4,1)$ -Darstellung über einem gegebenen Grundzustand ...	406
22.3.5	Der Übergang zur Poincaré-Gruppe	409
22.4	Masselose Teilchen im Minkowski-Raum	410
22.5	Generatoren der Poincaré-Gruppe	414
22.6	Impulszustände der Poincaré-Gruppe	416
22.7	Impulszustände der Poincaré-Gruppe über dem Vakuum der AQIs ...	416
22.8	Das Teilchen-Vakuum im Minkowski-Raum	418
22.9	Masselose Teilchen über dem Lorentz-Vakuum	421
22.10	Spinlose Teilchen mit Ruhmasse im Minkowski-Raum	421
22.11	Rechnerunterstützung für Teilchen-Darstellungen mit Spin und Ruhmasse	423
22.12	Explizite Zustände relativistischer Teilchen	424
22.13	Qubits zu Quantenteilchen – was bedeutet das	428
23	Die fundamentalen Wechselwirkungen	431
23.1	Wie können die allgegenwärtigen Verschränkungen aufgehoben werden?	432
23.2	Vier grundlegende Wechselwirkungen	433
23.2.1	Einige grundsätzliche Fragen	436
23.2.2	Zwei Seiten einer Medaille	436
23.3	Wechselwirkung und dynamische Schichtenstruktur	439
23.4	Wechselwirkung erfordert Trennung	441

23.5	Die Typen der Wechselwirkung	442
23.6	Bisherige Probleme mit den Eichtheorien	445
23.7	Einige Bemerkungen zur Mathematik bei Quantenfeldtheorien	446
23.8	Die Modellierung von Wechselwirkung	449
23.9	Elektromagnetische und schwache Wechselwirkung	450
23.10	Die starke Wechselwirkung	452
23.11	Die Antworten	457
24	Modelle für lokalisierte Objekte	461
24.1	Quantenteilchen aus AQIs	463
24.2	Abschätzungen für „Bosonen“ und „Fermionen“	466
24.2.1	Ein Modell für „Bosonen“	466
24.2.2	Ein Modell für „Fermionen“	467
24.3	Die Teilchenmassen als Aufgabe	469
25	Ladungen generieren die Massen	471
25.1	Drei Ladungstypen	472
25.2	Zum Verhältnis von Materie und Antimaterie	473
25.3	Historische Versuche zur Erklärung der Masse	477
25.4	Ladung, Masse, Gravitation	482
25.5	Modelle für Teilchen im realen Kosmos	483
26	Revue der mathematisch-physikalischen Resultate	487
26.1	Begründung einer Metrik für den kosmischen Raum, in dem wir leben	487
26.2	Die Definition einer kosmischen Zeit	488
26.3	Die Definition der Energie	488
26.4	Die Rolle der Thermodynamik	489
26.5	Das kosmologische Modell der AQIs	490
26.6	Die Allgemeine Relativitätstheorie	491
26.7	Schwarze Löcher	492
26.8	Wirkungen, die der Dunklen Materie zugeschrieben werden	492
26.9	Relativistische Teilchen	493
26.10	Die fundamentalen Wechselwirkungen	493

26.11	Quanteninformation	495
26.12	AQIs und Qubits	495
27	Leben, Bewusstsein, Soziales	497
27.1	Quantentheorie und Biologie	497
27.1.1	Stabilisierung durch Informationsverarbeitung	500
27.1.2	Wahrnehmung und Empfindung	503
27.1.3	Zur mathematischen Struktur von Systemen des Lebendigen	506
27.2	Ein Blick auf die Evolution	510
27.2.1	Rauschen – Quantenphysik im Verborgenen	513
27.2.2	RNA-Welt und anschließende Entwicklung	515
27.2.3	Beziehungsstrukturen in der Evolution	518
27.3	Vom Quantenbit zum Bewusstsein	519
27.3.1	Der Ausweg aus dem Dilemma	521
27.3.2	Bewusstwerdung und Bindungsverhalten	524
27.3.3	Die „ausgedehnte“ Psyche	525
27.3.4	Subjektivität und Qualia	527
27.3.5	Freier Wille	529
27.3.6	Gedächtnis	531
27.3.7	Geistige Tätigkeiten	531
27.4	Quantenstrukturen wirken sogar im Sozialen	533
27.4.1	Beziehungsstrukturen wandeln sich zu neuen Gestalten	534
27.4.2	Informationszeitalter	536
28	Naturwissenschaft, und über sie hinaus	541
28.1	Wege der Erkenntnis	541
28.2	Regeln und Gesetze	544
28.3	Bestätigung und Widerlegung in der Naturwissenschaft	545
28.4	Mathematische Strukturen	545
28.5	Die Grundlage der Erscheinungen	547
28.6	Strukturen der Möglichkeiten	548
28.7	Auflösen von Paradoxien	550

29	Fazit: Was ist bereits erreicht, was ist zu erwarten?	553
29.1	Plancks Entdeckung und Einsteins Resümee	554
29.2	Ausblick	556
30	Anhänge	559
30.1	Der Teilchen-Zoo der Elementarteilchenphysik	559
30.2	Andere Interpretationen des Messprozesses	561
30.2.1	Zum Unterschied Theorie - Interpretation	561
30.2.2	Die de-Broglie-Bohm-Interpretation	562
30.2.3	Die „Viele-Welten“-Interpretation	568
30.2.4	Superdeterminism	569
30.3	Die Multiplizitäten von n-fachen Tensorprodukten zweidimensionaler Darstellungen der $SU(2)$	570
30.4	Die reguläre Darstellung der $SU(2)$	572
30.5	Unbegrenzte Anzahlen von AQIs und die Spezielle Relativitätstheorie	574
30.6	Rechnungen mit der Vaidya-Metrik	575
30.7	Zur Rotation von Galaxien	579
30.8	Vertauschungsrelationen mit Parabose-Operatoren	582
30.9	Bemerkungen zur Struktur der $SU(3)$	583
	Index	587

Danksagung

Die Inhalte dieses Textes, sofern sie nicht die Mathematik betrafen, sind in ungezählten Diskussionen mit meiner Frau, der Veterinärmedizinerin und Diplompsychologin Dr. Brigitte Görnitz, immer wieder reflektiert worden. Das Buch hätte ohne ihre kreative Unterstützung und Ermutigung so nicht entstehen können.

Für Nachfragen und hilfreiche Hinweise danke ich ebenfalls sehr herzlich dem theoretischen Physiker und Chemiker Prof. Dr. Jochen Schirmer.

Als sehr anerkennenswert habe ich die gute Betreuung durch meinen Lektor Volker Herzberg empfunden.

Nicht zuletzt gilt mein Dank auch den vielen Teilnehmern in den Seminaren und Gesprächskreisen, denen ich mich verbunden fühle. Bei dem bearbeiteten weit fachübergreifenden Themenkreis ist der diskursive Austausch mit Interessierten, die nicht aus meinem Fach sein müssen, fruchtbar und anregend. Von diesen geschätzten Gesprächspartnern möchte ich besonders hervorheben den Mathematiker und Innovationsmanager Günter Kornmann, den Wirtschaftswissenschaftler und Psychologen Korbinian Kornmann, den Facharzt für Psychiatrie und psychosomatische Medizin Dr. Ralf Krüger, den Biologen Dr. Stephan Krall, den Mediziner Dr. Florian Dittrich und den Ethnologen und Naturphilosophen Prof. Dr. Paul Drechsel.

Vorrede

Wir Menschen stehen gegenwärtig vor einer Situation, die ein grundlegendes Umdenken erforderlich macht. Eine Menschheit von ungefähr 8 Milliarden muss ihren Umgang mit den Gütern der Erde überdenken, wenn sie als Zivilisation überleben will. Dazu gehört auch die Verbesserung der Gestaltung der Beziehungen, eine gerechte Teilhabe an den materiellen und kulturellen Gütern sowie für jeden Menschen die Ermöglichung eines Bewusstseins, das kulturell und wissenschaftlich allseitig gebildet sein kann.

Energie und vor allem Materie lassen sich nicht „erzeugen“. Natürlich lassen sich verschiedene Erscheinungsformen ineinander umwandeln. Aber beispielsweise wird gegenwärtig darauf verwiesen, dass Bausand knapp wird, weil der Sand aus der Sahara für Beton nicht verwendet werden kann.

In der Tat nutzen wir für uns bisher nur einen geringen Anteil der Energie, die uns von der Sonne erreicht. Diese Energie betrifft nicht nur die Solarzellen, auch Wind und Wellen werden letztlich von der Sonne angetrieben. Für ihre Nutzung gibt es noch viel „Luft nach oben“.

Bei manchen chemischen Elementen jedoch, nehmen wir als Beispiel den Phosphor, sind die gut ausbeutbaren Vorkommen begrenzt. Phosphor ist wegen seines Anteils im Genom und als Bestandteil des Energielieferanten Adenosin*triphosphat* in der Zelle für jedes Lebewesen unersetzlich. Da Phosphor deswegen auch einen wichtigen Anteil im Dünger bildet, ist der früher verschwenderische Umgang mit ihm bereits beträchtlich eingegrenzt worden. Die Wissenschaft hatte einen Einblick in Zusammenhänge ermöglicht, die nicht auf der Hand lagen. So hat die Reduzierung nicht nur bei den Wasch- und Reinigungsmitteln bereits zu einem Rückgang bei der durch zu viel Phosphor verursachten Eutrophierung von Gewässern geführt.

Die Menschheit ist konfrontiert mit der Aufgabe, ihr Handeln ändern zu müssen. Das wird jedoch nur dann möglich sein, wenn unser Verständnis der Wirklichkeit die Realität immer besser erfasst. Das wird nur mithilfe der Wissenschaft gelingen und es wird erleichtern, einen zu verschwenderischen Umgang mit den natürlichen Ressourcen einzugrenzen.

Auf der Basis von Grundlagenforschung sollte es möglich werden, auch die Folgen der Folgen sowie die Material-, Energie- und Informationsabläufe und -Kreisläufe bis in ihre globalen Zusammenhänge besser zu verstehen. Auch die scheinbar unerschöpflichen Vorkommen von Luft und Wasser sind bei weitem nicht so ungefährdet, wie man das über lange Zeiten geglaubt hatte.

Da Materie nicht vermehrt werden kann, ist ein Wirtschaftsverhalten unmöglich, welches auf einem dauerhaft wachsenden Verbrauch von materiellen Gütern beruht.

Ein solcher wachsender Verbrauch wird jedoch bisher im Verstehen von „Wirtschaftswachstum“ als Grundpostulat vorausgesetzt und als allheilender Fetisch verstanden. Ebenso wenig ist auch fruchtbarer Boden, der die Grundlage für die Ernährung darstellt, ohne weiteres zurückzugewinnen oder gar vermehrbar.

Es wird also ein neuer Blick auf die Wirklichkeit notwendig, der eine zu enge Sicht auf die Realität erweitert.

In vielen Darstellungen aus den Bereichen der Naturwissenschaft von der Physik bis zur Hirnforschung kann man den Eindruck gewinnen, dass es im Grunde neben der Realität des Materiellen nichts Weiteres gäbe, womit sich Naturwissenschaft befassen müsste. Damit jedoch bleiben die sozialen und geistesgeschichtlichen Einflüsse auf die Wirklichkeit und damit auch auf die Natur weitgehend im Hintergrund oder werden gänzlich ignoriert. Im Buch werden die grundlegenden Zusammenhänge der Wirklichkeit ausführlich reflektiert. Das erfolgt vor allem auf der Grundlage der Quantentheorie, der besten und genauesten Erfassung der Wirklichkeit.

Neben den naturwissenschaftlichen und naturphilosophischen Schwerpunkten sind in dem Text auch die mathematischen Zusammenhänge eingebaut. Es wird allerdings zu allen mathematischen Ausführungen eine breite verbale Darstellung gegeben, so dass ein Überblick über die grundlegenden Vorstellungen auch gewonnen werden kann, wenn man die mathematischen Fundierungen nur überfliegt.

Im Folgenden werden die Basisstrukturen der Quantentheorie ausgebreitet und aufbereitet. Mit ihnen wird diese angeblich „unverstehbare“ oder gar „verrückte“ Theorie begreifbar. Es geht also im Buch um ein Verstehen dessen, was Quantentheorie für unsere Sicht auf die Natur und auf uns selbst bedeutet. Wie ich aus eigener Erfahrung weiß, sind wegen der Fülle des zu vermittelnden Stoffes in der normalen Vorlesung über Quantenmechanik derartige Aspekte nur sehr schwer oder gar nicht unterzubringen.

Mit den quantentheoretischen Fundamenten wird eine naturwissenschaftlich begründete Sicht auf die gesamte Wirklichkeit vorgestellt. Sie umfasst Vorstellungen, welche von der kosmischen Entwicklung über die kleinsten Teilchen der Materie bis zur menschlichen Psyche reichen.

Gewiss sind in unserer gegenwärtigen Zivilisation viele Menschen davon überzeugt, dass eine Wende im Verhalten dringend geboten ist. Leider bewirken allein Apelle für ein ethisches Verhalten wenig. Das gilt besonders dann, wenn sie gegen einen scheinbar „wissenschaftlich begründeten“ Mainstream antreten müssen, der dem Psychischen und damit auch dem Geistigen eine weit nachgeordnete Rolle hinter der Realität des Materiellen zuweist. Zumindest können sowohl das Konsumverhalten als auch viele Vorstellungen über das innere Wesen des Menschen und seiner Einbettung in das kosmische Geschehen diesen Eindruck nicht entkräften.

Die Einsicht in einen Evolutionsprozess, der vom Beginn des Kosmos über das Leben bis zum menschlichen Bewusstsein geführt hat, zeigt klar, dass eine dualistische Weltansicht, also ein „Nebeneinander“ von Geist und Materie, zwar einen pragmatischen Umgang mit der Realität erleichtert und somit einen praktischen Nutzen haben kann, jedoch niemals eine fundamentale Bedeutung. Es muss eine gemeinsame Grundlage für beides geben –

und genau diese Grundlage kann die Quantentheorie liefern. Das wird im Buch naturwissenschaftlich und auch naturphilosophisch begründet. Den zugrundeliegenden mathematischen und physikalischen Strukturen wollen wir uns im vorliegenden Text schrittweise nähern.

Vielen Menschen wird es vielleicht ähnlich wie mir ergehen. Technische Entwicklungen und wissenschaftliche Erkenntnisse erstaunen uns und erleichtern vieles im täglichen Leben. Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung ermöglichen es, schnell neue Impfstoffe zu entwickeln. Manche Krankheiten werden heilbar, denen wir bisher machtlos gegenüberstanden.

Andererseits machen wir uns berechtigte Sorgen um die nächsten Generationen und die globalen Ungleichheiten. Wir sind konfrontiert mit einer weltweiten Wirtschaftsweise, der man nicht ansehen kann, dass die Einsicht in die Beschränktheit der materiellen und energetischen Ressourcen auf der Erde bereits zum Leitfaden des ökonomischen Handelns geworden wäre.

Trotz der erwähnten technischen Anwendungen der Quantentheorie kann man dem Eindruck schwer ausweichen, dass das politische und ökonomische Handeln weitgehend noch auf einem Weltbild beruht, das seine naturwissenschaftlichen Grundüberzeugungen hauptsächlich aus den großen Entwicklungsfortschritten der klassischen Physik bezieht. Und noch immer gibt es umfangreiche Versuche, die Quantentheorie in diese mathematische Struktur einzupassen.

Bereits ein flüchtiger Blick auf die geistesgeschichtlichen Zusammenhänge im 20. Jahrhundert zeigt zwei entgegengesetzte Tendenzen.

Einerseits eine sich als materialistisch bezeichnende Utopie, die sich vor allem durch eine Verleugnung der Realität des Geistigen sowie durch die Unterdrückung der Bedürfnisse der Menschen nach Freiheit auszeichnete.

Andererseits kann man die Ansicht wahrnehmen, dass nicht nur unsere Vorstellungen und Anschauungen unsere psychischen Konstruktionen seien. Das sind sie in der Tat. Wenn jedoch die materiellen oder biologischen Grundlagen ebenfalls zu lediglich sozialen oder psychischen Konstrukten erklärt werden, so wird damit ein Zugang zur Realität sehr erschwert.

In der Wissenschaft sind wir daher herausfordert, eine Trennung zwischen Abbildern der Wirklichkeit und Zerrbildern zu verdeutlichen.

Gegenwärtig erleben wir in der westlichen Kultur einen gewaltigen Fortschritt in der Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und zugleich im politischen Raum eine Überschätzung der materiellen, also ökonomischen Triebkräfte, die verbunden ist mit einer Unterschätzung von ideologischen und kulturellen, also geistigen Antrieben von Menschen.

Die Naturwissenschaft des 21. Jahrhunderts ermöglicht uns eine, wie oft im Feuilleton so schön formuliert wird, „kopernikanische Wende“ im Verständnis der Natur. (Obwohl Kopernikus in seiner Zeit so wenig öffentlich wirkte, dass man es mehr als ein halbes Jahrhundert lang nicht für nötig befand, sein Buch durch die Inquisition verbieten zu lassen).

Dank der Entwicklungen in der Quantentheorie kann jetzt auch in der Naturwissenschaft akzeptiert werden, was uns in unserem alltäglichen Leben vollkommen selbstverständlich ist:

Nicht allein die faktischen materiellen Umstände, auch unsere gedanklichen Vorstellungen, unsere Erkenntnisse und Erwartungen sowie die noch nicht faktisch gewordenen Möglichkeiten, alle diese für uns bedeutungsvollen Informationen beeinflussen unser Handeln.

Diese Selbstverständlichkeiten können erst in der Naturwissenschaft des 21. Jahrhunderts den ihnen zukommenden gebührenden Platz erhalten und in dieser und in der Philosophie akzeptiert werden.

Die Quantentheorie hat zu der Erkenntnis geführt, dass die Grundlage der Realität durch die Evolution aus einer absoluten Quanteninformation geschaffen wurde und wird. Eine solche Quanteninformation, so zeigt sich, ist äquivalent zu Materie und Energie und bildet die eigentliche Grundlage der Wirklichkeit.

Unser Alltag füllt sich mehr und mehr mit Ereignissen und Gebrauchsgegenständen, welche vor nicht allzu langer Zeit als Zauberei empfunden worden wären oder bei denen man eine Berichterstattung als Märchen oder Lüge bezeichnet hätte. (Lüge deshalb, weil damals auch ein Begriff wie „Fake News“ noch nicht in aller Munde gewesen wäre.) Jules Vernes „Reise zum Mond“ war einst Science-Fiction, seit einem halben Jahrhundert ist es Vergangenheit und wohl bald wieder aktuell. Der Zauberspiegel: „Wer ist die Schönste im ganzen Land“ heißt heute vielleicht „Instagram“?

Ich glaube, dass wohl kaum ein Mensch, der diese technischen Geräte benutzt, dabei an „Quantentheorie“ denkt, einen Bereich der Physik, der seit einem Jahrhundert existiert und der das alles erst ermöglicht hat.

Vielen Menschen ist nicht bewusst, dass beispielsweise elektronische Uhren, Handys, Flachbildschirme, Steuerungssysteme für PKWs und Solarzellen sowie natürlich auch das Internet mit allen seinen guten und bedrohlichen Möglichkeiten ohne die Erkenntnisse aus der Quantentheorie vollkommen unmöglich sein würden.

Alle die Geräte in der Medizin und speziell in der Hirnforschung, bei denen man sogar ohne einen chirurgischen Eingriff umfangreiche Kenntnisse über Zustände und Vorgänge im Inneren des Körpers und auch im Gehirn erhalten kann, sind ebenfalls ohne Anwendungen aus der Quantentheorie undenkbar. Dass heute Eltern schon vor der Geburt wissen können, ob es ein Mädchen oder Junge wird, das verwundert wohl niemanden mehr. Dass die technische Entwicklung bereits Operationen am Ungeborenen ermöglicht, findet man vielleicht doch überraschend.

Die Quantentheorie hat mit ihren Ergebnissen nicht nur unseren Alltag verändert, sie erfordert auch eine Veränderung in der Art und Weise, wie wir über die Wirklichkeit nachdenken.

Auch in seriösen Darstellungen verwendet man oft als Grundlage für Erklärungen von Quantenphänomenen Bilder und Erfahrungen, die man an unbelebten Alltagsgegenständen gelernt hat. Und dann stellt man verwundert fest, dass die Quanten sich völlig anders verhalten können.

Was kann uns helfen, diejenigen Vorgänge in der Natur besser zu verstehen, bei denen das Wirken der Quanten berücksichtigt werden muss?

Ein Fazit liegt auf der Hand:

Der tatsächlichen Basis der Naturwissenschaften auf den Grund zu gehen, bedurfte einer intensiven Forschungsarbeit. Sie soll hier dargelegt werden. Auf dieser Grundlage können wir unsere Anschauungen ändern.

Nur was wir verstanden haben kann uns helfen, besser zu reagieren. Alles, was wir nicht verstehen, vermittelt uns lediglich ein gewisses Gefühl von Ohnmacht.

Ein berühmter deutscher Philosoph hat einmal geschrieben:

Ich behaupte aber, daß in jeder besonderen Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen ist. Denn nach dem Vorhergehenden erfordert eigentliche Wissenschaft, vornehmlich der Natur, einen reinen Theil, der dem empirischen zum Grunde liegt, und der auf Erkenntniß der Naturdinge a priori beruht.¹

In dieser These von Immanuel Kant (1724 - 1804) wird viel behauptet und gegen sie wird sich sicherlich weiterhin viel Widerstand regen. Doch können wir heute, 200 Jahre später, erkennen, dass hinter dieser Behauptung mehr Zutreffendes liegt, als man damals wissen konnte.

Die einzelnen Wissenschaften betrachten Teilbereiche der Natur. Wenn es jedoch um die Grundlagen geht, dann ist „das Ganze“, der Kosmos, einzubeziehen. Heute erkennen wir im Kosmos eine Evolution von sehr einfachen Strukturen über das Leben bis zu einer Gesellschaft von Menschen mit Sprache und einem hochkomplexen Sozialsystem.

Die Mathematik als die Wissenschaft möglicher Strukturen ist ein unentbehrliches Gestaltungswerkzeug zumindest für diejenige Naturwissenschaft, die sich mit den einfachsten Strukturen beschäftigt, also für die Physik. Ohne Mathematik gibt es keine Physik. Man kann physikalische Strukturen sprachlich darstellen und erläutern. Jedoch ist ein wirkliches und tieferes Verstehen ohne die Mathematik wahrscheinlich unmöglich.

Ohne die physikalischen Grundlagen bleibt der Chemie das Erklären ihrer Beziehungsstrukturen und Bildungsgesetze verwehrt. Biologie wiederum bliebe ohne diese beiden Wissenschaften auf das Beschreiben von Erscheinungen und Verhaltensweisen beschränkt.

Auf der Basis der einfachen Strukturen entwickeln dann diese Naturwissenschaften und alle die weiteren Wissenschaften ihre jeweils eigenständigen Gesetze.

Je komplexer also die Strukturen werden, desto vielschichtiger werden auch die Versuche, mit mathematischer Unterstützung neue Zusammenhänge finden zu können. Schließlich ist das Finden von Korrelationen nicht dasselbe wie das Entdecken von tatsächlichen Abhängigkeiten und Ursächlichkeiten.

Vor allem die Biologie hatte bisher zu Recht darauf verwiesen, dass für sie ein naturwissenschaftliches Verstehen des Wirkens von Information notwendig ist.

Mit der hier dargelegten Grundlage der Quantentheorie erfolgt die Einordnung der Information in den Rahmen der naturwissenschaftlichen Größen.

Die Quantentheorie ist der genaueste Teil der Physik. Diese große Genauigkeit hat zur Folge, dass bei einem Quantenteilchen, wie z.B. einem Elektron, für die mathematische Beschreibung seines Zustandes unendlich viele Zahlen notwendig sind. Das gilt bereits auch für masselose Objekte wie einem Lichtquant. Bereits das zeigt, dass die Quantenteilchen sehr komplexe Entitäten sind.

Im Gegensatz dazu genügen bei den mathematisch und physikalisch einfachsten aller möglichen Quantenstrukturen zwei Zahlen, um den Zustand einer solchen einfachstmöglichen Quantenstruktur festzulegen.

Diese mathematisch und physikalisch einfachsten Strukturen sind absolute und noch bedeutungsfreie Bits von Quanteninformation, AQIs.

Ein tatsächliches Fundament für die Quantentheorie und damit auch für die Physik und die übrigen Naturwissenschaften kann jetzt auf der Basis einer absoluten und kosmologisch begründeten Quanteninformation errichtet werden. Im Buch wird gezeigt, wie sich aus ihnen die komplexen Strukturen erzeugen lassen, welche die Physik beschreibt.

Diese Feststellung bedeutet eine ähnlich große Herausforderung an unsere Vorstellungskraft wie es der Übergang vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild gewesen sein mag. Aller Augenschein spricht für die Bewegung der Sonne um die Erde. Obwohl wir bis heute dieses Bild in der Sprache bewahrt haben, weil ein Sonnenaufgang so überzeugend ist und ein Sonnenuntergang so beeindruckend sein kann, nötigt uns die naturwissenschaftliche Beschreibung und Erklärung, diese Vorstellung umzukehren.

Im Mittelalter war es für viele Menschen noch nicht einmal erreichbar, lesen und schreiben lernen zu können. Jetzt hingegen ist es einfacher, so viel naturwissenschaftliches Verständnis erlernen zu können, dass man versteht, wieso die Erde um die Sonne läuft. Da sie auch um ihre eigene Achse rotiert, entsteht der Augenschein einer täglichen Bewegung der Sonne um die Erde.

Heute erkennen wir immer klarer: Hinter der offensichtlichen Realität des Materiellen wird durch die Naturwissenschaft eine dahinterstehende Quanteninformationsstruktur aufgezeigt.

Im Folgenden wird dargelegt, was auf diesem Wege bereits erreicht worden ist und was von den nachfolgenden Wissenschaftlergenerationen noch zu leisten ist.

Solche neue Einsicht erleichtert zugleich, sich von den über die Quantentheorie verbreiteten zu engen Vorstellungen von Quantenphysik als „Mikrophysik“ und als „Ensemblephysik“ zu verabschieden.

Damit wird Quantentheorie verstehbar – und aus einem tatsächlichen Verstehen ergeben sich neue fruchtbare Erkenntnisse.

Natürlich bleibt es zutreffend, dass im mikroskopisch Kleinen, bei den Atomen und Molekülen, ohne Quantentheorie keine vernünftigen Ergebnisse erhalten werden. Und ebenso bleibt es richtig, dass Wahrscheinlichkeitsaussagen nur mit Statistik überprüft werden können, also nur mit hinreichend großen Ensembles. Falsch werden diese Vorstellungen, wenn sie – wie früher vielfach üblich – verabsolutiert werden. So konnte man noch vor einiger Zeit in physikalischen Publikationen lesen, dass Aussagen über ein einzelnes Atom unsinnig seien. Seit einiger Zeit wird wie selbstverständlich mit einzelnen Atomen und Ionen experimentiert. Früher lag der Erklärungsschwerpunkt für Quantentheorie beim Durchgang vieler winziger Teilchen oder Lichtquanten durch einen engen Doppelspalt. Es

ist an der Zeit, dass auch diejenigen Quantenexperimente in die Lehrbücher geraten, die sich mit Quantensystemen befassen, welche sich ohne eine Aufspaltung in Teile über weit mehr als tausend Kilometer ausdehnen.

Das Bild von „Quantentheorie als Mikrophysik“ hatte es bisher so schwer gemacht, neben den Vorstellungen von „Quanten als kleine Kügelchen“ auch Raum dafür zu öffnen, dass Quantenstrukturen in manchen Situationen als unermesslich weit ausgedehnt zu denken sind.

Während die neuen Bilder nicht leicht zu vermitteln sind, sind andererseits die mathematischen Strukturen seit langem bekannt. So wie Kepler die vorhandene Mathematik der Ellipsen verwenden konnte, um die alten Bilder von den kreisförmigen Planetenbewegungen abzulösen, so hilft die Mathematik auch jetzt, um besser zutreffende Vorstellungen über die Realität zu eröffnen.

In der Mathematik ist viel an notwendiger Vorarbeit geleistet worden. Sie würde allerdings gleichsam im luftleeren Raum der virtuellen Strukturen verbleiben, wenn sie nicht mit der Physik auf das Geschehen in der Natur angewendet wird. Ohne die Mathematik bleibt wiederum die Physik kraftlos und lediglich beschreibend. Sie kann dann nicht erklärend wirken. Zu dieser Erkenntnis sind auch philosophische Gedankengänge notwendig. Durch Reflexionen kann deutlich werden, was die verwendeten Begriffe und Strukturen bedeuten.

Einer meiner jüngeren Enkel hat mich gefragt, was „Baum“ bedeutet. Ich erklärte ihm zuerst, dass der „Baum“ ein Lebewesen ist. Dann begann ich mit dem ganzen Baum und zerlegte ihn in der Beschreibung in Stamm und Wurzeln, mit Rinde, Ästen, Blättern, Blüten und Früchten. Eine noch weitere Aufgliederung in Moleküle und Atome und zu noch Kleinerem würde für ihn wohl noch zu kompliziert werden.

Dieses Vorgehen passt zu einem bekannten, aber in der Weiterführung überraschenden Befund: Viele Philosophen und Physiker vertraten seit der Antike die Vorstellung, dass „Kleineres“ zugleich „Einfacheres“ sein würde.

Die Geschichte der Quantentheorie offenbart allerdings das Gegenteil zu dieser Vorstellung. Im Gegensatz zu ihr führt nach der Schwelle, die mit den chemischen Atomen gekennzeichnet werden kann, der immer weiter beschrittene Weg ins räumlich Kleine zu immer komplizierteren anstatt zu einfacheren Theorien.

Da man unter „Erklären“ im Allgemeinen versteht, etwas Kompliziertes aus dem Einfachen aufzubauen oder zumindest daraus zu rekonstruieren, bedeutet ein „wirkliches Erklären“, mit dem „wirklich Einfachsten“ zu beginnen. Das sind die erwähnten AQIs.

Hier eine erste kurze Kennzeichnung:

Ein AQI ist so einfach, dass ihm keine Eigenschaft, also keine spezielle Bedeutung und auch kein spezieller Ort im Kosmos, zugeordnet werden kann. Es kann veranschaulicht werden wie eine Schwingung, die über den ganzen Raum ausgedehnt ist. Mathematisch und physikalisch sind sie als Quantenbits definierbar. Nur mit sehr vielen von ihnen werden spezielle Strukturen wie lokalisierte Teilchen möglich.

Was lässt sich zuerst ganz allgemein zur Quantentheorie sagen?

Die Quantentheorie wurde erst notwendig und unabweisbar, als Experimente und Theorien sehr genau geworden waren.

- Die Quantentheorie erweist sich als die Physik des Genauen.

Der im Zusammenhang mit der Quantentheorie unglücklich gewählte Begriff der „Unschärfe“ erschwert diese Einsicht.

- Die Quantentheorie erweist sich als eine Physik der Beziehungen.²

Beziehungen begründen das Entstehen von etwas Neuem, von Ganzheiten, von Strukturen, welche mehr sind als die Summe ihrer Teile. Man kann sogar formulieren:

- Beziehungsstrukturen werden zu Objektstrukturen und werden bei Lebewesen auch zu Bedeutungsstrukturen.

Die Quantentheorie zeigt weiterhin, dass über die Fakten hinaus sogar Möglichkeiten, die noch keine Fakten geworden sind, bereits Wirkungen hervorrufen können.

- Die Quantentheorie erweist sich als eine Physik der Möglichkeiten.

Gelegentlich finden sich vollkommen falsche Vorstellungen über die Quantentheorie. Es sind Aussagen von der Art: »Ein Kreisel kann sich rechtsherum oder linksherum drehen, ein Elektron dreht sich gleichzeitig in beide Richtungen.«

Diese Behauptung über das Elektron ist gemäß der deutschen Grammatik eine Aussage über Fakten. Wenn sich Aussagen über Fakten widersprechen, dann sind sie nicht „alternativ“, sondern unglaubwürdig oder Unsinn. Als Reaktion auf solche unzulänglichen Bilder wird der Quantentheorie oft eine Unverstehbarkeit attestiert. Aber sollte man nicht die beste und genaueste Theorie, die wir besitzen, verstehen können?

- Das Wichtige an der Quantentheorie ist, dass sie keine Aussagen über faktische Zustände, sondern Aussagen über Möglichkeiten formuliert.

Erst wenn man das Elektron misst und damit nötigt, in einen faktischen Zustand überzugehen, dann dreht es sich entweder nach links oder nach rechts – genau so, wie es die Logik verlangt. Solange also das Elektron nicht in einen faktischen Zustand gezwungen wird, dann besitzt es zur gleichen Zeit die *Möglichkeit*, sich rechtsherum oder linksherum drehen zu können. Und das ist weder ein Widerspruch noch ist es unverständlich.

Hinter der Aussage über „Möglichkeiten“ steht die Tatsache, dass die Quantentheorie eine neue „Philosophie der Zeit“ erforderlich macht. Diese Änderung ist noch grundlegender als jene, die sich aus den beiden Relativitätstheorien ergeben haben.

Im Buch wird darüber reflektiert, was aus den Grundstrukturen der Quantentheorie gefolgt werden soll und kann.

Albert Einstein (1879 – 1955) hatte am Ende seines Forscherlebens die Vision, dass die Basis der Physik sich in einer Struktur zeigen könnte, die in ihrer konkreten Ausführung dem entspricht, was hier vorgestellt wird.

Carl Friedrich v. Weizsäcker (1912 – 2007) war der erste, der den Weg in ein solches Programm eröffnete und der im deutschen Sprachraum darüber viel veröffentlichte. Viele Jahre später hat Archibald Wheeler (1911 – 2008) die im englischen Sprachraum prägend

gewordene These „It from Bit“ verkündet – allerdings ohne dabei aus dem zu engen Rahmen „Quantenphysik = Mikrophysik“ und den damit verbundenen Vorstellungen herauszutreten.

In eine solche Grundlegung ist nun ein halbes Jahrhundert an weiterer Forschungsarbeit eingeflossen. Das Buch will seine Leserinnen und Leser auf dem Weg mitnehmen, der von den naturwissenschaftlich erkennbaren Grundlagen der Wirklichkeit bis zu den gegenwärtigen Theorien führt.

Dabei wird gezeigt, wie weit und mit welchen Erfolgen das Programm, die Physik aus *kosmologisch begründeten absoluten Quantenbits* zu rekonstruieren, bereits durchgeführt worden ist.

Der Forscherdrang, immer besser verstehen zu wollen, was den Phänomenen zugrunde liegt, wie die Natur wirkt und wie wir das alles erklären können, ist der Hauptmotor in der Entwicklung der Naturwissenschaften. Glühendes Eisen strahlt. Max Planck (1858 – 1947) wollte verstehen, wie solche Strahlung zustande kommt. Die dafür notwendige Verbindung von Elektrodynamik und Thermodynamik führte ihn unausweichlich zur Quantentheorie.

Quantentheorie und Allgemeine Relativitätstheorie verbinden sich an den Schwarzen Löchern. Die dort notwendige Verkettung dieser beiden Theorien führte unausweichlich dazu, die *Quanteninformation* in die Physik einzuschließen.

Der *Einschluss der Quanteninformation als das Fundament in die Physik* bedeutet eine grundlegende Wende gegenüber derjenigen Naturwissenschaft, in der ich selbst und die meisten meiner Kollegen ausgebildet wurden.

Daraus folgt eine Schwierigkeit beim Schreiben dieses Buches. Es werden allseitig kreative neue Ideen gefordert und zugleich wird gewünscht, dass sie sehr einfach – sozusagen mund- bzw. denkgerecht – dargeboten werden. Sie sollen fantasievoll sein, aber auch die etablierten Gedanken bestätigen.

Um eine solche Quadratur des Kreises zu bewältigen ist ein Blick auf die Mathematik hilfreich. Die Quadratur des Kreises ist unmöglich, sie würde erfordern, unendlich viele Stellen von „ π “ zu berücksichtigen. Zugleich kommen wir zu der Einsicht, dass eine solche Unmöglichkeit doch näherungsweise immer so gut erledigt werden kann, wie es die Umstände erfordern. Daher wird an vielen Stellen des Buches neben den zugrundeliegenden mathematischen Strukturen der neuen Physik zugleich ausführlich dargelegt, wie sie verstanden werden können.

Literatur

- 1 Kant I (1786) *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, A VIII.
- 2 Görnitz T (1999) *Quanten sind anders/Die verborgene Einheit der Welt*, Heidelberg, Spektrum Akademischer Verlag

1

Reale und mögliche Strukturen als Triebkraft der Natur

Die Mathematik ist die Wissenschaft denkbarer logischer Strukturen.

Die Physik ist die Wissenschaft realisierbarer Strukturen.

Die Strukturen, die in der Natur reale Wirkungen hervorrufen können und die von der Physik erfasst werden, umfassen neben den Fakten auch die Möglichkeiten, die noch nicht faktisch geworden sind. Damit sind nicht diejenigen Möglichkeiten gemeint, die bereits als Fakten vorliegen, uns aber unbekannt sind. *In diesem Sinne ist die Physik die Wissenschaft derjenigen mathematisch darstellbaren Strukturen, die reale Wirkungen erzeugen können.*

Alles, was man in der Mathematik konstruieren kann, ist viel umfassender als die physikalische Realität. Viele Strukturen der Mathematik werden nach bisheriger Kenntnis nicht realisiert. Mit den mathematischen Strukturen lassen sich nicht nur faktische Geschehnisse modellieren, sondern auch die Entwicklungen von physikalischen Möglichkeiten. So können die Prognosen für Möglichkeiten auch dazu helfen, die Realisierung von unerwünschten Möglichkeiten zu verhindern, also ihr „Faktisch-Werden“ zu vermeiden. Das kann z.B. zur „Paradoxie der Prophylaxe“ führen: Uneinsichtige Menschen erklären nach dem Erfolg einer Prophylaxe, dass sie überflüssig gewesen sei.

Die Forderung von Wirkungsmöglichkeit wird an die Mathematik nicht gestellt. Von manchen mathematischen Theorien ist zumindest gegenwärtig eine Anwendung in einem physikalischen Modell noch nicht zu erkennen. Allerdings hat es in der Geschichte der Physik immer wieder überraschende Anwendungen von mathematischen Methoden gegeben, die bis dahin nur in der Mathematik benutzt wurden. Ein bekanntes Beispiel ist die Riemannsche Geometrie, die Bernhard Riemann (1826 - 1866) als eine reine mathematische Erkenntnis gestartet hatte. Nachdem Albert Einstein (1879 - 1955) die Feinheiten dieser mathematischen Strukturen von seinem Freund, dem Mathematiker Marcel Grossmann (1878 - 1936) erfahren hatte, erwiesen sie sich als der Schlüssel zum Verstehen der Gravitation.

In der Physik finden sich viele Theorien. Diese haben jeweils einen Anwendungsbereich und beziehen sich auf viele ähnliche Fälle. Die Theorien werden oft als Differentialgleichungen formuliert. Durch die verschiedenen Anfangsbedingungen werden beliebig viele Situationen erfasst.

Theorien handeln nicht von einem Fall, sondern von vielen Fällen.

Im vorliegenden Buch geht es nicht nur um Gesetze, sondern auch um den Begriff „Prinzip“.

Die Redewendung „im Prinzip“ wird im Alltag oft so verwendet, dass das Gemeinte gerade nicht erfüllbar ist, aber eigentlich erfüllbar sein sollte. In philosophischen Zusammenhängen und auch hier im Buch ist eine solche Abschwächung nicht intendiert.

Als Prinzipien (Griech: ἀρχή, arché – Anfang, Prinzip, Ursprung; Plural archai) kann dasjenige bezeichnet werden, was den Theorien zugrunde liegt, was die Theorien erst ermöglicht.

Während die Theorien logisch geschlossene Strukturen sein sollen, kann das von den Prinzipien nicht verlangt werden. Platons „ungeschriebene Lehre“ handelt von den Archai. Weizsäcker hatte mich auf das 1993 erschienene Buch von G. Reale und die vorausgehenden Arbeiten von Krämer und Gaiser aufmerksam gemacht.¹ Diese Prinzipien bei Platon sind das „Eine“ und die „unbegrenzte Zweiheit“. Der „Aufstieg“ steuert auf das „Eine“. Von dort erfolgt der „Abstieg“ in die „unbegrenzte Zweiheit“, in die Realität mit ihrer Vielfältigkeit.

In den Diskussionen mit Weizsäcker waren wir zu dem Schluss gekommen, dass die Archai vor der Idee der Logik kommen, also nicht der Logik der Fakten unterliegen. Deshalb wohl ist diese Lehre nicht geschrieben worden, denn das „Eine“ und die „unbegrenzte Zweiheit“ formen einen logischen Widerspruch, *wenn sie als Fakten gedacht werden*.

Wir können das Ganze, das Eine, nur in seiner Zerlegung in Vielheiten begreifen und erklären. Eine „Theorie“ über das „Eine“ wäre ein Widerspruch in sich, denn eine Theorie bezieht sich auf vieles. So kann eine Bezeichnung „Theory of everything“ aus meiner Sicht zu unzutreffenden Schlussfolgerungen führen. Ebenso unsinnig ist der im Deutschen zu findende Begriff der „Weltformel“. Eine Formel ist als Ausdruck für ein Gesetz nur für eine Vielheit sinnvoll und nicht für das „Eine“.

Hier im Buch geht es um das Ganze. Und natürlich gibt es sehr erfolgreiche und sehr bewährte Theorien. Diese sind unbedingt ernst zu nehmen. Deshalb wird im Folgenden gezeigt, wie aus dem *Prinzip der Protyposis* die bewährten Theorien der Physik hergeleitet werden können.

Die Protyposis als die Grundlage der Physik ist die Gesamtheit der in der Vorrede bereits erwähnten einfachsten Strukturen, die Gesamtheit der absoluten und noch bedeutungsfreien Bits von Quanteninformation, der AQIs.

Wir haben diesen Begriff gewählt, um die Verwechslung der absoluten Quanteninformation, der AQIs, mit demjenigen Informationsbegriff zu vermeiden, der, wie im Alltag üblich, bereits mit einer speziellen Bedeutung gedacht wird. Die Protyposis ist also bedeutungslos oder bedeutungsfrei im Gegensatz zu den Qubits des Quantencomputers.

Zur Wortbedeutung dieses ungebräuchlichen Begriffes:

Protyposis stammt aus dem Altgriechischen. Der Wortstamm τυπώ (typto), bedeutet: „schlagen, auch z. B. eine Münze prägen“; προτύπω (protupto) „vorwärtsdringen, vorbrechen“; τυπώ (typoo) „eindrücken, prägen“, προτυπώ (protypoo) „eine Vorstellung von etwas Zukünftigem geben“; προτύποις (protyposis) „das Vorgeprägte, das Sich-Ausprägende, Sich-Entwickelnde“.