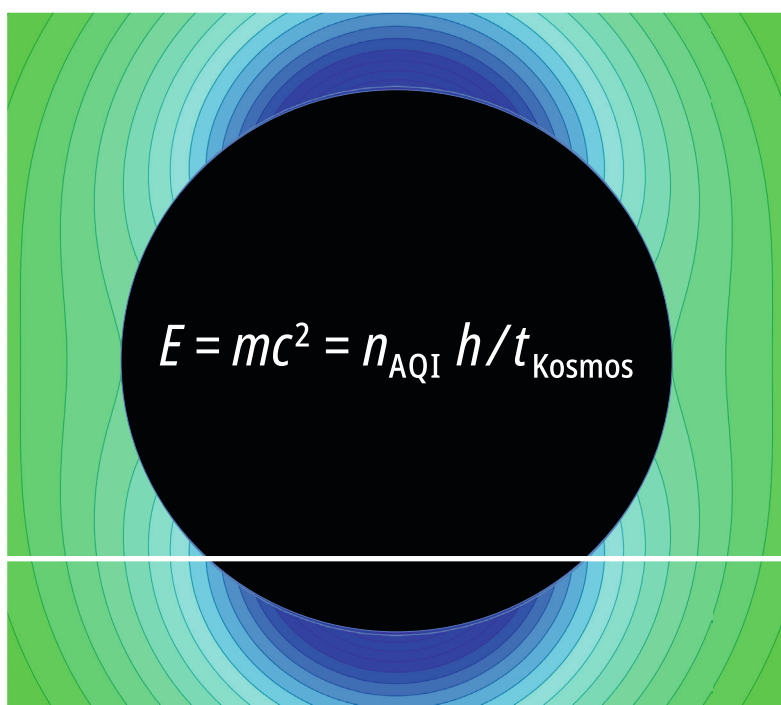


Thomas Görnitz

Quantentheorie verstehen

Grundlegende Vorstellungen und Begriffe



2., aktualisierte und erweiterte Auflage

HANSER

Görlitz
Quantentheorie verstehen



Blleiben 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

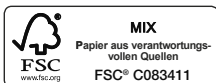
Grundlegende Vorstellungen und Begriffe

2., aktualisierte und erweiterte Auflage

HANSER

Über den Autor:

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



Print-ISBN: 978-3-446-48026-1

E-Book-ISBN: 978-3-446-48054-4

Alle in diesem Werk enthaltenen Informationen, Verfahren und Darstellungen wurden zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nach bestem Wissen zusammengestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Werk enthaltenen Informationen für Autor:innen, Herausgeber:innen und Verlag mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor:innen, Herausgeber:innen 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. Ebenso wenig übernehmen Autor:innen, Herausgeber:innen 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 benutzt werden dürften.

Die endgültige Entscheidung über die Eignung der Informationen für die vorgesehene Verwendung in einer bestimmten Anwendung liegt in der alleinigen Verantwortung des Nutzers.

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 Werkes, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 UrhG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Wir behalten uns auch eine Nutzung des Werks für Zwecke des Text- und Data Mining nach § 44b UrhG ausdrücklich vor.

© 2024 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München

www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Dipl.-Ing. Natalia Silakova-Herzberg

Herstellung: le-tex publishing services GmbH, Leipzig

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

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Titelmotiv: © Thomas Görnitz

Satz: Eberl & Koesel Studio, Kempten

Druck: CPI Books GmbH, Leck

Printed in Germany

Inhalt

Vorwort	XVII
1 Reale und mögliche Strukturen als Triebkraft der Natur	1
1.1 Einstein und Weizsäcker über die Grundlagen der Naturwissenschaft ...	4
1.2 Ein wenig Mathematik	8
1.2.1 Raum	8
1.2.2 Einige weitere mathematische Begriffe	10
1.3 Ein Blick auf die Grundlagen der Naturwissenschaft	14
1.3.1 Alltag, Quanten und noch etwas Mathematik	16
1.3.2 Wie gelangt der Mensch zu Naturgesetzen?	20
1.4 Die Beziehungen der physikalischen Strukturen	24
1.4.1 Theoriebereiche der Physik	24
1.4.2 Der Geltungsbereich der Physik	25
1.4.3 Ein Blick auf die Strukturen der Quantentheorie	25
1.4.4 Quantentheorie und das Verhältnis von Fakten und Möglichkeiten	33
1.4.5 Beziehungen zwischen Quantenfeldtheorie und Relativitätstheorie	33
1.4.6 Relativitätstheorien	34
1.5 Ein Überblick auf Einteilungen der Quanten	35
1.6 Fakten, Möglichkeiten, Quantisierung	38
1.6.1 Die fundamentalen Wechselwirkungen	39
1.6.2 Elektromagnetische Wechselwirkung und die Existenz der Objekte	39

1.7	Zum Verhältnis von Physik, Chemie und Biologie	40
1.7.1	Photonen in der Chemie	43
1.7.2	Virtuelle Teilchen in der Chemie	44
1.7.3	Weitere interessante Quanteneffekte	47
1.7.4	Einfluss der Information auf die Steuerung biochemischer und biologischer Prozesse	48
1.7.5	Kein Widerspruch zwischen Biologie und Physik!	49
1.8	Die Unterscheidung zwischen Inhalt und Form, zwischen Teilen und Ganzheit	52
1.8.1	Quantentheorie und Hylemorphismus	52
1.8.2	Teile werden zu Ganzheiten	54
1.8.3	AQIs und Qubits – was ist gleich, was verschieden?	55
1.8.4	Form und Inhalt in der Chemie	57
1.8.5	AQIs versus Bedeutung	58
1.8.6	Was ist zu erwarten	59
2	„Erklären“ in der Physik	61
2.1	Erklären mit Quantenfeldtheorie	63
2.2	Ein Blick auf das Erforschbare	65
2.3	Regeln und Gesetze durch „Näherungen“	66
2.4	Interpretationen von Objektivem und Subjektivem	73
3	Inspiration und Induktion, Theorie und Experiment	81
3.1	Wahrscheinlichkeiten als Maß für Möglichkeiten	82
3.2	Bilder von Möglichkeiten?	83
3.3	Inspiration	84
3.4	Erstellen von Theorien, ihre Akzeptanz und ihre Bestätigung	86
4	Quanten und Schwarze Löcher	91
4.1	Das erste Bild von einem „Schwarzen Loch“	91
4.2	Fundamentale Quantentheorie und die Schwarzen Löcher	93
4.3	Vom „Schwarzen Loch“ zum „It from Bit“	99
4.3.1	Thermodynamik: Black Holes strahlen	99
4.3.2	Die Vorgeschichte zum „It from Bit“	105
4.4	Das „It from Bit“ und seine Probleme	106
4.5	Zur Bedeutung der Planck-Einheiten	111
4.6	„Mysteriöse Eigenschaften“ der Schwarzen Löcher	114

5	Bits, Qubits und AQIs	117
5.1	Computing und Quantencomputing	117
5.2	Die Bits beim Quantencomputing und der Unterschied zu den AQIs	119
5.3	Quantencomputing ist reversibel	121
5.4	Das Gehirn als Quantencomputer?	125
5.5	Analogien und Unterschiede zwischen Bewusstsein und Computer	130
5.6	Wahrnehmung von Gestalten und Kräften durch Lebewesen	136
5.7	Künstliche Intelligenz (KI) und Mustererkennung	141
6	Der Weg aus der Sackgasse der „kleinsten Teilchen“	145
6.1	Protyposis – der Ausweg aus der Sackgasse	148
6.2	Der historische Weg zur Protyposis	153
7	Grundprinzipien von klassischer und quantischer Physik ...	157
7.1	Kennzeichen der klassischen Physik	158
7.2	„Bedeutung“ und die Unterscheidung zwischen Form und Inhalt	160
7.3	Form als bedeutungsvolle Information	161
7.4	Quantentheorie – Ausgedehnte Ganzheit, Verschränkung, Nichtlokalität	162
7.4.1	Tunneleffekt	165
7.4.2	EPR-Gedankenexperiment	166
7.4.3	Eine Veranschaulichung des EPR-Experimentes	168
7.5	Zu welchen Strukturen hat die Quantentheorie geführt?	173
7.6	Die AQIs der Protyposis	175
7.7	Der Physik-Nobelpreis 2022 für Verschränkung und Nichtlokalität	179
7.7.1	Einstein und die Nichtlokalität der Quantentheorie	180
7.7.2	Die Bellsche Ungleichung	181
7.7.3	Clausers Experiment 1972	182
7.7.4	Aspects Experiment 1982	182
7.7.5	John Bells Reaktion	183
7.7.6	Zeingers Experimente zur Nichtlokalität in der Quantentheorie	184
7.7.7	Zeinger und das „Beamten“	185
7.7.8	Der „Messprozess“ als Spezialfall des Übergangs von Möglichkeiten zu Fakten	186
7.7.9	Ein Blick auf meine fachliche Diskussion mit C. F. v. Weizsäcker ..	187
7.7.10	Qubits als Eigenschaften von Objekten und AQIs als Basisstrukturen der Quantentheorie	188

7.7.11	Die Versuche zur Teleportation, dem Beamen	189
7.7.12	Abhörsichere Kommunikation	191
7.8	Die Dynamische Schichtenstruktur – Koexistenz von klassischer und quantischer Physik	193
7.8.1	Schrödingers Katze und Schrödingers Kätzchen	195
7.8.2	Dynamische Schichtenstruktur und Quantencomputing	198
7.8.3	Ignorabilia und kritische Vorannahmen	199
8	Ein Blick auf die „Zeit“	201
8.1	Wie wird Zeit wahrgenommen und eingeteilt	201
8.1.1	Fakten gliedern die Zeit	202
8.1.2	Aussagen über die Zeit	203
8.1.3	Die moderne Physik und die Zeit – Relativitätstheorien und Quantenphysik	203
8.1.4	Quantentheorie über die Zeit	205
8.1.5	Die Planck-Zeit	208
8.2	Reversibilität und Zeitumkehr	209
8.3	Die „ausgedehnte Gegenwart“ als Grundzug der Quantentheorie	211
8.4	Fakten und klassische Physik	213
8.5	Was war „vor“ der Zeit?	215
8.6	Der Beginn der Zeit	216
8.7	Ein „Ur-Hauch“, ein „Quantum“, statt „Urknall“	217
9	Grundlagen der Empirie	221
9.1	Erfahrung und Empirie in der Naturwissenschaft	222
9.2	Die Empirie und die Zeit	224
9.3	Transzendente Hypothesen	231
9.4	Zeit und Naturgesetze	233
9.5	Eine realistische Weltbeschreibung	235
10	Das Zählen von Fakten und von Möglichkeiten	237
10.1	Zwischenspiel	237
10.2	Zählen und Zahlen	241
10.3	Das Unendliche	244
10.4	Unendliches in der Physik?	247
10.5	Fakten, Möglichkeiten, Freiheit	251
10.6	Die Notwendigkeit der komplexen Zahlen	260

11	Das Entstehen der Fakten in der Natur	265
11.1	Der Messprozess aus Sicht der Protyposis	265
11.1.1	Warum schenkt man dem sogenannten Messprozess eine so große Aufmerksamkeit?	265
11.1.2	Zur Interpretation des Messprozesses in der Quantenmechanik	268
11.2	Die dynamische Schichtenstruktur und der Messprozess	273
11.3	Die umfassende Rolle der physikalischen Information	279
11.4	Schlussfolgerungen mit der Protyposis	290
11.4.1	Protyposis: Fakten auch ohne Beobachter	292
11.4.2	Der Quanten-Zenon-Prozess	297
11.4.3	Verlust von „Bedeutung“, jedoch nicht von absoluter Information	298
11.4.4	Massereiche Objekte erscheinen lokalisiert	299
11.5	Die Protyposis macht den Messprozess begreiflich	303
12	Die Protyposis und das Ganze	307
12.1	Ein wichtiger Unterschied zwischen Astronomie und Kosmologie	307
12.2	Das Ganze ist der Kosmos	310
12.3	Unbekannte Information – Thermodynamik	311
13	Reflexionen über die AQIs	315
13.1	Der Weg zu den quantischen Zuständen	315
13.2	Komplexes aus Einfachem	316
13.3	AQIs – ein einleuchtendes Postulat	318
14	Symmetriegruppen für Quantensysteme	325
14.1	Der Weg zu den Symmetrien für das Quantenbit	327
14.2	Symmetrien an Quantensystemen mit einem zweidimensionalen Zustandsraum	333
14.2.1	Die normerhaltende $SU(2)$ -Symmetrie	334
14.2.2	Der Übergang von der $SU(2)$ zur $SL(2, C)$	338
15	AQIs und die Planck-Länge	341
15.1	Die gruppentheoretische Definition der Metrik im kosmischen Raum	343
15.2	Die gruppentheoretische Begründung der Planck-Länge mit der Protyposis	347

16	Kosmologie und die Äquivalenz von Masse, Energie und absoluter Quanteninformation	355
16.1	Kosmologische Vorüberlegungen	355
16.2	Ein Blick auf Kosmologie und Allgemeine Relativitätstheorie	361
16.3	Kosmologische Variable	364
16.4	Die Erweiterung von $E = mc^2$ auf die AQIs	367
16.5	Die Energie eines AQIs	370
16.6	Die wichtige Unterscheidung zwischen AQIs und Entropie	371
16.7	Das „It from Bit“ muss reflektiert werden	372
16.8	Die zeitliche Entwicklung des Kosmos	380
16.9	Die Zustandsgleichung des Kosmos	383
16.10	Von der quantischen zu einer faktischen Beschreibung der kosmischen Entwicklung	389
16.11	Eine Nachbemerkung zur kosmologischen Konstante	392
17	Einige Gedanken über den realistischen Kosmos der Protyposis	397
17.1	Ein Bild der kosmischen Entwicklung	397
17.2	Aspekte von Kosmologie und Naturphilosophie	403
17.3	Zusammenfassung der Argumentationslinie	407
17.4	Die Metrik der Protyposis-Kosmologie	408
17.5	Eine unzeitgemäße Überlegung	412
17.6	Der empirische Input	413
18	Gravitation als Wirkung des Kosmos auf seinen Inhalt	417
18.1	Einstein über Kosmologie und Verbindungen von Allgemeiner Relativitätstheorie zur Newtonschen Theorie	417
18.2	Die Lösung des Konsistenzproblems zwischen Allgemeiner Relativitätstheorie und Quantentheorie	419
18.3	Naturphilosophische Fragen zur Interpretation der Allgemeinen Relativitätstheorie	424
18.4	Eine Begründung von Einsteins Gleichungen aus der Quantentheorie der AQIs	430
18.5	Vom Kosmos zur Allgemeinen Relativitätstheorie!	435
18.6	Die Verbindung zur Empirie	437
18.7	Die wesentlichen Strukturen im Kosmos	440

19	Lösungen für Probleme der gegenwärtigen Kosmologie	445
19.1	Das Koinzidenz-Problem	445
19.2	Das Empirie-Problem	446
19.3	Das Horizont-Problem und die Inflation	446
19.4	Die kosmologische Konstante	447
19.5	Die frühen Schwarzen Löcher	448
19.6	Dunkle Energie und Dunkle Materie	451
19.7	Wofür wurde die Dunkle Materie postuliert?	452
20	Erklärung für ein Phänomen, für das die „Dunkle Materie“ postuliert wurde	459
20.1	Jet-Strukturen an Black Holes	461
20.2	Die Wirkung auf die Umlaufgeschwindigkeiten der Sterne	468
20.3	Gravitationslinsen	471
21	Schwarze Löcher: Entropie und Singularität	473
21.1	Der quasiklassische Zugang zur Entropie der Schwarzen Löcher	474
21.2	Bekensteins Entropie eines Schwarzen Loches	476
21.3	Eine kritische Frage an Bekensteins Resultat	480
21.4	Die Black-Hole-Entropie wird mit der Protyposis plausibel	483
21.5	Das Black-Hole-Modell der Protyposis	485
21.6	Die Innenraumlösung für Black Holes	488
21.6.1	Die Firewall am Horizont des Black Hole	489
21.6.2	Die quantentheoretisch begründete Innenraum-Metrik	489
21.7	Das Black-Hole-Informationsparadox auflösen	492
22	Quantenteilchen im Minkowski-Raum	497
22.1	Der Teilchenbegriff in der Kosmologie	498
22.2	Von den abstrakten Thesen zu den mathematischen Strukturen	499
22.3	Teilchen als Idealisierungen von Objekten	502
22.4	Ein erster Erfolg: Objekte in einem de-Sitter-Kosmos	510
22.4.1	Symmetrien für Quantenbits	510
22.4.2	Quantisierung: Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren	511
22.4.3	Weizsäckers „Stopf- und Ropfoperatoren“	513
22.4.4	$SO(4,1)$ -Darstellung über einem gegebenen Grundzustand	516
22.4.5	Der Übergang zur Poincaré-Gruppe	518

22.5	Masselose Teilchen im Minkowski-Raum	520
22.6	Generatoren der Poincaré-Gruppe	527
22.7	Impulszustände der Poincaré-Gruppe	528
22.8	Impulszustände der Poincaré-Gruppe über dem Vakuum der AQIs	529
22.9	Das Teilchen-Vakuum im Minkowski-Raum	531
22.10	Masselose Teilchen über dem Lorentz-Vakuum	534
22.11	Spinlose Teilchen mit Ruhmasse im Minkowski-Raum	534
22.12	Rechnerunterstützung für Teilchen-Darstellungen mit Spin und Ruhmasse im Minkowski-Raum	536
22.13	Explizite Zustände relativistischer Teilchen	538
22.14	Qubits zu Quantenteilchen – was bedeutet das	541
23	Die fundamentalen Wechselwirkungen	543
23.1	Wie können die allgegenwärtigen Verschränkungen aufgehoben werden?	545
23.2	Vier grundlegende Wechselwirkungen	547
23.2.1	Einige grundsätzliche Fragen	550
23.2.2	Zwei Seiten einer Medaille	550
23.3	Wechselwirkung und dynamische Schichtenstruktur	554
23.4	Wechselwirkung erfordert Trennung	556
23.5	Die Typen der Wechselwirkung	558
23.6	Bisherige Probleme mit den Eichtheorien	561
23.7	Einige Bemerkungen zur Mathematik bei Quantenfeldtheorien	562
23.8	Die Modellierung von Wechselwirkung	566
23.9	Elektromagnetische und schwache Wechselwirkung	567
23.10	Die starke Wechselwirkung	570
23.11	Die Antworten	576
24	Modelle für lokalisierte Objekte	579
24.1	Erläuterung zu den Grenzen des Standardmodells der Elementarteilchenphysik	579
24.2	Quantenteilchen aus AQIs	582
24.3	Abschätzungen für „Bosonen“ und „Fermionen“	586
24.3.1	Ein Modell für „Bosonen“	586
24.3.2	Ein Modell für „Fermionen“	587
24.4	Die Teilchenmassen als Aufgabe	589

25	Ladungen generieren die Massen	591
25.1	Gravitations- und Higgs-Feld – Ähnlichkeiten und Unterschiede	591
25.2	Drei Ladungstypen	593
25.3	Zum Verhältnis von Materie und Antimaterie	594
25.4	Historische Versuche zur Erklärung der Masse	599
25.5	Ladung, Masse, Gravitation	606
25.6	Modelle für Teilchen im Kosmos der AQIs	607
26	Revue der mathematisch-physikalischen Resultate	609
26.1	Begründung einer Metrik für den kosmischen Raum, in dem wir leben	609
26.2	Die Definition einer kosmischen Zeit	610
26.3	Die Definition der Energie	610
26.4	Die Rolle der Thermodynamik	611
26.5	Das kosmologische Modell der AQIs	612
26.6	Die Allgemeine Relativitätstheorie	613
26.7	Schwarze Löcher	614
26.8	Wirkungen, die der Dunklen Materie zugeschrieben werden	615
26.9	Relativistische Teilchen	615
26.10	Die fundamentalen Wechselwirkungen	616
26.11	Quanteninformation	618
26.12	AQIs und Qubits	619
27	Leben, Bewusstsein, Soziales	621
27.1	Musterbildung	621
27.2	Unbelebtes und Lebendiges – Chemie und Informations-Chemie	622
27.3	Quantentheorie und Biologie	624
27.3.1	Beschreibung von Steuerung als Problem der Darstellung	625
27.3.2	Leben als metastabiles Fließgleichgewicht	627
27.3.3	Elektromagnetische Wechselwirkung – Grundlage aller Lebensvorgänge	628
27.3.4	Dynamische Schichtenstruktur und Leben	632
27.3.5	Vom metastabilen Fließgleichgewicht zum Metabolismus	632
27.3.6	Leben = Stabilisierung durch Informationsverarbeitung	633
27.3.7	Wahrnehmung, Empfindung und Quantentheorie	637
27.3.8	Systemtheorie und die Beschreibung des Lebendigen	641

27.3.9	Die mathematische Struktur zur Beschreibung des Lebendigen ..	645
27.3.10	Das ist Leben	650
27.4	Die Evolution des Lebendigen	651
27.4.1	Ganzheitliche Strukturen und das Entstehen von Bedeutung	652
27.4.2	Räumliche Information und Katalyse	654
27.4.3	Leben als Informationsaustausch, als Kommunikation	656
27.4.4	Rauschen – Quantenphysik im Verborgenen	656
27.4.5	Bedeutung aus dem Wechselspiel von Form und Inhalt	659
27.4.6	Zur RNA-Welt und der anschließenden Entwicklung	660
27.4.7	Leben und Sauerstoff	664
27.4.8	Beziehungsstrukturen in der Evolution	664
27.4.9	„Eingefrorene“ Quantenzustände	667
27.5	Vom Quantenbit zum Bewusstsein	668
27.5.1	Quantenmechanik und Bewusstsein?	669
27.5.2	Bewusstsein und Quantentheorie!	670
27.5.3	Reduktionismus, Dualismus, naturwissenschaftlicher Monismus	676
27.5.4	Bewusstwerdung	680
27.5.5	Bindungsverhalten von Sinneseindrücken	681
27.5.6	Quanteninformationsstruktur und Quantenfeldtheorie	682
27.5.7	Wie kann die Bewusstwerdung modelliert werden?	683
27.5.8	Die „ausgedehnte“ Psyche	688
27.5.9	Subjektivität und Qualia	689
27.5.10	Naturwissenschaftliche Definition von Bewusstsein	690
27.5.11	Zum Unterschied zwischen Bewusstsein und den Korrelaten des Bewusstseins	691
27.5.12	Freier Wille	695
27.5.13	Gedächtnis	697
27.5.14	Geistige Tätigkeiten	698
27.5.15	KI – künstliche Intelligenz	700
27.6	Quantenstrukturen wirken sogar im Sozialen	702
27.6.1	Beziehungsstrukturen wandeln sich zu neuen Gestalten	702
27.6.2	Informationszeitalter	704

28	Von der Naturwissenschaft zur Naturphilosophie	707
28.1	Wege der Erkenntnis	707
28.2	Regeln und Gesetze	710
28.2.1	Bestätigung und Falsifizierung	711
28.2.2	Einheit umfasst „Welt 1, 2 und 3“	712
28.3	Die Grundlage der Erscheinungen	714
28.4	Strukturen der Möglichkeiten	716
28.5	Widersprüche, Wahrscheinlichkeiten, Paradoxien	718
28.6	Wahrscheinlichkeit und Selbstbezüglichkeit anstelle von Paradoxien ...	720
29	Fazit: Was ist bereits erreicht, was ist zu erwarten?	723
29.1	Plancks Entdeckung und Einsteins Resümee	725
29.2	Ausblick	727
30	Anhänge	731
30.1	Der Teilchen-Zoo der Elementarteilchenphysik	731
30.2	Andere Interpretationen des Messprozesses	733
30.2.1	Zum Unterschied Theorie – Interpretation	734
30.2.2	Die de-Broglie-Bohm-Interpretation	735
30.2.3	Die „Viele-Welten“-Interpretation	740
30.2.4	Superdeterminism	742
30.3	Die Multiplizitäten von n-fachen Tensorprodukten zweidimensionaler Darstellungen der $SU(2)$	744
30.4	Die reguläre Darstellung der $SU(2)$	746
30.5	Unbegrenzte Anzahlen von AQIs und die Spezielle Relativitätstheorie ...	748
30.6	Rechnungen mit der Vaidya-Metrik	749
30.7	Zur Rotation von Galaxien	753
30.8	Vertauschungsrelationen mit Parabose-Operatoren	757
30.9	Bemerkungen zur Struktur der $SU(3)$	758
31	Danksagung	763
	Index	765

Vorwort zur zweiten Auflage

Am 1. Juli 2023 wurde das Weltraumteleskop Euclid gestartet. Seitdem liefert es wunderschöne und sehr aufschlussreiche Bilder über einen großen Bereich des Universums. Die offizielle Webseite beginnt mit der Feststellung:

„Euclid, our dark Universe detective, has a difficult task: to investigate how dark matter and dark energy have made our Universe look like it does today. 95 % of our cosmos appears to be made of these mysterious ‚dark‘ entities. But we don't understand what they are because their presence causes only very subtle changes in the appearance and motions of the things we can see.“⁽¹⁾

(Euclid, unser Detektiv für das dunkle Universum, hat eine schwierige Aufgabe: Er soll herausfinden, wie Dunkle Materie und Dunkle Energie unser Universum zu dem gemacht haben, was es heute ist. 95 % unseres Kosmos scheinen aus diesen mysteriösen „dunklen“ Wesenheiten zu bestehen. Aber wir verstehen nicht, was sie sind, weil ihre Anwesenheit nur sehr subtile Veränderungen im Aussehen und in den Bewegungen der Dinge verursacht, die wir sehen können.)

Die Dunkle Energie und Dunkle Materie sind zwei zentrale Grundpfeiler für das Standardmodell der Kosmologie. Es wird als das Λ CDM-Modell bezeichnet. Dabei steht Λ (Lambda) für die sogenannte kosmologische Konstante. Sie kann aber auch die sogenannte Dunkle Energie darstellen. CDM ist Cold dark matter, also kalte Dunkle Materie. Über Dunkle Energie und Dunkle Materie, wird von den Mainstream-Kosmologen angemerkt, dass man bisher nicht versteht, was sie sind. *Das Standardmodell der Kosmologie* baut also zu 95 % auf etwas Unverstandenem auf.

Im Gegensatz zum kosmologischen Modell hat sich das *Standardmodell der Teilchenphysik* als erfolgreich erwiesen. Es hat zur Entdeckung des Higgs-Teilchens geführt.

¹ https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Euclid/Euclid_s_first_images_the_dazzling_edge_of_darkness, vom 07. 11. 2023

Jetzt jedoch wird oft gesagt, man sei in einer Krise, denn man möchte gute Gründe für weitere neue Entdeckungen finden. Die Experimente sind nun so genau geworden, dass kleine Abweichungen vom Teilchen-Modell erkennbar werden. Sie haben aber zu keinen neuen Teilchen geführt. Nach den gängigen Hoffnungen der Teilchenphysik sollen die unbekanntes 95 % im Universum mögliche Argumente für Sorten von „neuen Teilchen“ liefern. Es gibt eine Vielzahl von Hypothesen über sie und vielfältige Namen dafür, jedoch seit Jahrzehnten keinen experimentellen Nachweis.

Der Mainstream befindet sich offenbar in einer Sackgasse. Ein solcher Einwand wäre zu billig, wenn nicht zugleich mathematische und physikalische Strukturen vorgeschlagen werden, die etwas Besseres aufzeigen. Dazu gehört eine deutliche Reduzierung der freien Parameter, deren Anzahl auch im Standardmodell der Teilchenphysik zu groß ist. Das sind willkürlich festlegbare Größen, mit denen experimentelle Kurven an eine hypothetische Gleichung angepasst werden können. Ferner war eine Verbindung zwischen dem Einfachen, dem Großen und dem Kleinen als drei verschiedenen Beschreibungsbereichen der Natur notwendig gewesen. Das geschieht im Buch, u. a. auch mit einer ausführlichen Kritik am Standardmodell der Kosmologie und mit einer Begründung des Standardmodells der Teilchenphysik.

Die mathematische Struktur der Quantentheorie hat seit einem halben Jahrhundert einen Denkweg eröffnet, welcher völlig neue Vorstellungen ermöglicht. Diese erfordern allerdings einen neuen Blick auf manche der bisherigen Dogmen.

Es war und ist ein Ziel des vorliegenden Buches, die Grundprinzipien der Quantentheorie verstehbar werden zu lassen und zugleich für die speziell Interessierten auch die mathematischen Grundlagen dafür aufzuzeigen.

Die Quantentheorie ist die beste, weil genaueste Theorie, mit der wir Menschen die Naturvorgänge beschreiben. Nicht ein einziges experimentelles Ergebnis hat ihr widersprochen. Ihr Geltungsbereich ist universell. Er reicht von den einfachsten Strukturen, den abstrakten Quantenbits, zum gesamten kosmischen Raum und andererseits bis zu den kleinsten elementaren Teilchen. Als Theorie über das Wirken von Möglichkeiten konfrontiert uns die Quantentheorie mit Phänomenen, die im Bereich des Faktischen nicht vorkommen. Die Quantentheorie stellt die mathematische Struktur bereit, mit der das Entstehen von etwas Neuem, Anderem und Komplexen aus Einfachem erklärt werden kann. In vielen Fällen ist ihre hohe Genauigkeit nicht immer notwendig, da kann eine Theorie über Fakten genügen, wie es die klassische Physik ist.

Ich bin mir darüber im Klaren, dass im Buch zwei verschiedene Lesergruppen angesprochen werden sollen. Zum einen gibt es ein breites Interesse, die in der Schule teilweise unzureichend vermittelten Kenntnisse über die Wirklichkeit in der Natur weiter auszubauen. Für diese Leser finden sich im Buch sehr viele Stellen, die man ohne Studium der mathematischen Zusammenhänge verstehen kann.

Andererseits führt unter den gegenwärtigen Lehr- und Forschungsbedingungen die Beschäftigung mit der Physik und mit den Teilen der Naturwissenschaft, die wie Chemie und Biologie aus guten Gründen nicht mehr zur Physik gerechnet werden, dazu, dass Zeit und Kraft für ein Befassen mit den Grundlagen der Naturwissenschaften nur schwer erübrigt werden können. So wichtig auch die Anwendungen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse sind, so stammen doch diese Anwendungen aus Arbeiten an den Grundlagen von früheren Wissenschaftler-Generationen.

Ein heutiger Vorlauf in der Reflexion der Grundlagen ist eine Voraussetzung für kreative Wissenschaft von morgen. Da diese Reflektionen nicht auf philosophische Überlegungen beschränkt werden dürfen, habe ich es als notwendig empfunden, auch die Zusammenhänge zu verdeutlichen, die nur in der Sprache der Mathematik einfach formuliert werden können.

Mancher Inhalt kann als eine Herausforderung angesehen werden. Denn hier wird gezeigt, dass aus der mathematischen Struktur des fundamentalen Teils der Naturwissenschaften, aus der Physik, geschlussfolgert werden muss, dass die Grundlage der Realität eine nichtmaterielle Struktur ist und dass sich aus dieser die materiellen Strukturen und deren Verhalten ableiten lassen.

Wir erleben gegenwärtig noch eine gewisse Euphorie über kleinste materielle Teilchen, die wie gesagt mit den geheimnisvollen Namen Dunkle Materie und Dunkle Energie bezeichnet werden und für deren Existenz trotz jahrzehntelanger intensiver Suche jeder experimentelle Hinweis fehlt. Der ausgebliebene Erfolg verführt leicht dazu, nur nach neuen größeren und aufwendigeren Experimenten und damit nach einem „mehr des Gleichen“ zu rufen. Die Vorstellung einer Alternative, nämlich auch nach neuen Ideen Umschau zu halten, wird nicht als ein hilfreicher Hinweis angesehen. Ich habe es erlebt, dass er als Provokation missdeutet wird.

In der Naturwissenschaft und somit auch in der Naturphilosophie werden gegenwärtig drei besonders wichtige Probleme betont. Sie zielen auf drei Bereiche, die scheinbar so weit voneinander entfernt sind, dass ein Zusammenhang zwischen ihnen auf den ersten Blick sehr unwahrscheinlich erscheint. Sie betreffen die Kosmologie, also das Größte und Umfangreichste, was man in der Naturwissenschaft untersuchen kann. Sie betreffen weiterhin die kleinsten elementaren Teilchen, also Dasjenige, was man als die Grundstrukturen der Materie bezeichnen kann. Und als drittes wird das Problem des Bewusstseins hinzugerechnet. Es ist dasjenige, was uns Menschen mit Sprache und Schrift zur Kommunikation befähigt und was damit die Voraussetzung für eine Möglichkeit von Naturwissenschaft und Naturphilosophie ist.

Auf diese Probleme wird eine Antwort gegeben, die auf naturwissenschaftlich fundierten Erkenntnissen beruht.

Während man in der Philosophie die vielfältigsten Theorien darüber entwickelt hat, was man unter „Erklären“ verstehen soll, verfolgt man in der Naturwissenschaft schon immer ein gleichermaßen nützliches wie einsichtiges Prinzip: Unter „Erklären“

verstehen man den theoretischen oder tatsächlichen Aufbau von komplizierten und komplexen Strukturen aus einfachen Strukturen. Diese sollen letztlich so einfach sein, dass ein weiterer Erklärungsbedarf nicht ersichtlich ist. So pflegt man seit Jahrtausenden die Vorstellung, man könnte alles das, was uns in der Realität begegnet, letztendlich in kleinste Teile zerlegen. Diese sollen ihrerseits so klein und einfach sein, dass eine weitere Zerlegung bei ihnen nicht mehr nötig und möglich ist. Seit den alten Griechen bezeichnet man sie als Atome.

Die Geschichte der Naturwissenschaft zeigt, wie unerhört erfolgreich diese Idee von „atomaren Objekten“ gewesen ist. Jetzt aber ist Naturwissenschaft so genau geworden, dass die Erklärungskraft dieser Vorstellungen an ihr Ende gelangt ist. Die Schwierigkeiten, die gegenwärtig in der Kosmologie, in der Elementarteilchenphysik und in der Hirnforschung Probleme bereiten, sind verbunden mit den Vorstellungen über „kleinste materielle Teilchen“ als die *Letztgrundlage der Wirklichkeit*.

Im Buch wird gezeigt, welche Lösungen sich mit der Quantentheorie ergeben haben.

Schon in meiner Jugend wollte ich wissen, „was die Welt im Innersten zusammenhält“. Wie erwähnt sollten das damals die „einfachsten Bausteine der Natur“ sein. Mein Weg zum Studium der Theorie der Elementarteilchen war damit vorgezeichnet.

Dieser Bereich der Physik firmierte damals noch unter dem Begriff Hochenergiephysik. Allerdings hat sich damals niemand gefragt, wieso das Grundlegende und Einfachste mit den höchsten Energien zusammenhängen soll. Meine jahrzehntelange Befassung mit den Grundlagen der Physik und mit ihren mathematischen Strukturen führte mich zu anderen Vorstellungen. Die kleinen Teilchen sind zwar durchaus wichtig. Sie sind aber viel zu kompliziert, als dass sie tatsächlich die Basis für ein Verstehen der Wirklichkeit in ihrer vollen Breite bereitstellen könnten.

Im Buch wird daher dasjenige ausführlich dargelegt, was zu den tatsächlichen Grundlagen der Quantentheorie und damit der gesamten Physik gehört.

Es sind nicht die kleinsten, sondern stattdessen die einfachsten Strukturen.

Diese Aussage mag auf den ersten Blick simpel erscheinen. Aber eine solche Erkenntnis erfordert eine radikale Umkehr in den Vorstellungen über die Natur und damit des naturwissenschaftlichen Denkens. Die notwendige Veränderung erstreckt sich nicht nur auf die elementaren Teilchen, sondern auch auf die Kosmologie, auf die Wissenschaft, die sich mit der Entwicklung des Universums beschäftigt. So hat sie es auch ermöglicht, die Phänomene zu erklären, für die man die Dunkle Materie und die Dunkle Energie postuliert hatte. Sie lieferte nicht zuletzt auch eine Lösung für die Vorstellungen vom Bewusstsein.

Dass die räumlich kleinsten Teilchen die maximale Energiedichte erfordern, ist bekannt seitdem Max Planck die Quanten entdeckt hatte, also seit mehr als einem Jahrhundert. Die konsequente Schlussfolgerung besagt, dass das mathematisch und physikalisch Einfachste mit der geringsten Energiedichte und somit mit der größten Ausdehnung verbunden ist. Diese Einsicht ist Grundlage für das Verstehen der Physik.

Die gesuchten mathematisch einfachsten physikalischen Quantenstrukturen werden räumlich die maximale Ausdehnung besitzen. Sie sind so einfach, dass ihnen noch keinerlei Eigenschaft, also auch kein konkreter Ort im Kosmos zugeordnet werden kann. Sie haben auch sonst noch keine andere spezielle Eigenschaft, sie sind also noch frei von jeder konkreten Bedeutung. Die Mathematik der Quantentheorie zeigt dann, wie sich daraus auch die lokalisierten materiellen und energetischen Strukturen entwickeln können.

Ausgedehnte ganzheitliche Systeme werden in der Physik als „nichtlokal“ bezeichnet. In der Geschichte der Naturwissenschaften wird deutlich, dass die Beschreibungen der Natur eine immer abstraktere Form annehmen. Die Sprechweisen hingegen bleiben oft an den alten Vorstellungen hängen. Wir lassen noch immer „die Sonne aufgehen.“ Das Konkrete ist bildhaft und anschaulich, aber es erlaubt kaum Regeln und erst recht keine Naturgesetze. Diese erfordern mit immer größerem Geltungsbereich immer abstraktere Strukturen. Das bedeutet, dass die mathematisch abstraktesten Strukturen notwendig sind, um die Grundlagen zu erfassen.

Es sei noch einmal betont, der Ausgangspunkt des Buches war die Mathematik der Quantentheorie. Sie führt zu den einfachsten Grundstrukturen. Aus denen lässt sich dasjenige rekonstruieren, was die Physik beschreibt.

Die einfachsten Quantenstrukturen sind mathematisch identisch mit denen, die als Quantenbits bezeichnet werden.

Die zwei Begriffe „Bit“ und „Quantenbit“ sind weit in den öffentlichen Sprachgebrauch vorgedrungen. Die Möglichkeiten der Computer und vor allen diejenigen der Systeme der künstlichen Intelligenz werden zunehmend über Wissenschaft und Forschung hinaus auch in Wirtschaft, Politik und in den Medien wahrgenommen. Das Ignorieren der quantentheoretischen Grundlagen ist natürlich beim Quantencomputing unmöglich. Dass aber bereits schon das normale Computing ohne eine Technik auf Basis der Quantentheorie unmöglich wäre, wird selten betont.

Wichtig für das Verstehen des Lebens und noch wenig in seiner Bedeutung dargestellt wird die Tatsache, dass alle Prozesse einer biologischen Informationsverarbeitung von den Einzellern über die Pflanzen, Pilze und Tiere bis hin zum menschlichen Bewusstsein auf dem Austausch von Lichtquanten, den Photonen beruhen, also auf Quantenprozessen.

Wenn von Quantenbits gesprochen wird, so ist allerdings zu beachten, dass die Quantenbits als Quanteninformation im Computer als Eigenschaft von kleinen Teilchen erscheinen. Durch diese Anbindung an lokalisierte Objekte tritt das Quantenbit in diesem Fall selbst ebenfalls lokal auf.

Die fundamentalen Quantenstrukturen, die AQIs, soll man sich hingegen nicht als Eigenschaft von etwas anderem vorstellen. Ein AQI, ein Abstraktes und Absolutes Bit von QuantenInformation, ist ein Quantenbit noch ohne jede Anbindung an etwas Lokales.

Die von Einstein aufgezeigte Äquivalenz von Materie und Bewegung, $E = mc^2$, übersteigt jede anschauliche Vorstellung. Trotzdem gehört sie zu den experimentell immer wieder bestätigten Grundtatsachen. Diese Äquivalenz konnte mit den AQIs erweitert werden auf eine Struktur, die unter anderem auch als das erscheinen kann, was man üblicherweise als Information bezeichnet.

Eine Äquivalenz, wie z. B. $E = mc^2$, ist keine Gleichheit. Äquivalenz bedeutet einerseits, dass es Prozesse gibt, bei denen das eine in das andere umgewandelt werden kann. Sie bedeutet andererseits, dass die Unterscheidung in zwei verschiedene Erscheinungsformen sinnvoll und begründet ist und in vielen Fällen aus praktischen Gründen nicht aufgehoben werden soll.

Von den AQIs führt ein gerader Weg zu dem, was als Verschränkung und als Nichtlokalität bezeichnet wird. Verschränkungen führen aus einfachen Quantensystemen zu komplizierteren Quantensystemen, in denen diese einfachen Systeme nicht mehr als sichtbare Teile vorhanden sind. Verschränkungen verbinden die Ausgangsteile auf eine multiplikative Weise, sodass *das Ganze mehr wird als die bloße Summe seiner Teile*.

Ein AQI ist so wenig Information, dass es nicht einmal einen Ort markieren kann. Es ist ausgedehnt – nichtlokal – und zwar über den gesamten kosmischen Raum – und trotz der Ausdehnung teilelos. Im Unterschied zum üblichen Verständnis von „Information“ kann ein AQI auch keine Bedeutung vermitteln. Ein AQI ist noch bedeutungsfrei. Deshalb war ein neuer Begriff für die Menge aller AQIs notwendig: Protyposis.

Wenige Monate nach dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Buches wurden drei Experimentalphysiker mit dem Nobelpreis für ihre Experimente in genau denjenigen Bereichen der Quantentheorie geehrt, die im Buch als ihre wesentlichen Aspekte herausgearbeitet worden waren. Der Nobelpreis wurde für Experimente im Zusammenhang mit Nichtlokalität und mit Verschränkung verliehen. Mit der Physik der AQIs werden derartige Versuche leichter verstehbar.²⁾

Wenn bei der Beschreibung dieser Experimente oft noch von „zwei Teilchen“ oder von „zwei Photonen“ gesprochen und geschrieben wird, so ist dies der jahrhundertelangen Konzentration auf die kleinen Teilchen in der Ausbildung der Physiker geschuldet. Dabei wird aber ein anderer wesentlicher Aspekt der Quantentheorie ausgeschlossen. Die Quantentheorie zeigt auf, dass nicht nur in unserem menschlichen Leben, sondern auch bereits in der unbelebten Natur bloße Möglichkeiten reale Wirkungen hervorrufen können.

²⁾ Görnitz, T.: https://www.academia.edu/92858403/Explaining_Nobel_Prize_Physics_2022; https://www.researchgate.net/publication/364648473_Der_Nobelpreis_Physik_2022_-Die_seit_langem_ausstehende_offentliche_Anerkennung_fur_Experimente_welche_die_theoretischen_Aspekte_einer_grundlegenden_Eigenschaft_der_Quantenphysik_bestatigen

In der Sprache der Physik spricht man von Superpositionen.

Die „zwei Quanten“, z. B. zwei Photonen, sind in ihrer Verschränkung bloße Möglichkeiten, sie dürfen nicht wie etwas Faktisches gedacht werden. Selbst wenn am Beginn und am Ende eines solchen Experimentes die gleichen Strukturen anzutreffen sind, so sind diese während ihrer Verschränkung zwischen Anfang und Ende nicht als eigenständige Teile des Ganzen vorhanden. Erst das *Erkennen des Ganzen als ein „mehr als die Summe der Teile und als etwas anderes als diese“* kann ein Verstehen bereits ohne Einschluss des gesamten mathematischen Apparates ermöglichen.

Der Einschluss der Quanteninformation als Grundlage in die Physik hatte es auch ermöglicht, die für das Verstehen des Lebens für lange Zeit als wichtig erachteten, aber nicht zur Naturwissenschaft gehörenden Begriffe wie „Lebenskraft“, „Entelechie“ oder „Elean vital“ abzulösen. Sie konnten ersetzt werden durch eine in die Naturwissenschaften eingebundene Quanteninformation, die zu Steuerungen fähig ist.

Die „Steuerung“ stammt aus der Schifffahrt. Der Steuermann nimmt Informationen aus der Umwelt und über das Schiff auf. Dann wird von ihm mit einem relativ verschwindenden Einsatz von Energie die Bewegung des Schiffes beeinflusst. Auch in der Technik versteht man unter Steuerung die Beeinflussung eines Gerätes unter vernachlässigbarem Energieeinsatz.

Ähnlich ist es in der Biologie. Die „Energiewährung“, das Adenosintri-phosphat (ATP), und dessen „Recycling“ aus Adenosindiphosphat (ADP), betrifft eine Masse, die täglich etwa der Hälfte der Körpermasse gleichkommt. Die Informationen hingegen, die die betreffenden Prozesse auslösen und steuern, sind im Vergleich dazu winzig. Die Selbststabilisierung durch eine steuerungsfähige Quanteninformation ist ein zentraler Aspekt des Lebens. Diese Vorstellung kann jetzt aus der Metaphysik in die Physik übergeführt werden. Erst damit wurden auch die Grundlagen für ein naturwissenschaftliches Verstehen des Bewusstseins geschaffen – ein Verstehen, welches über eine Beschreibung der Verarbeitungsorte im Rahmen der Hirnphysiologie hinausgeht und das die Wirkung des Bewusstseins auf das Gehirn naturwissenschaftlich erklärbar gemacht hatte.³⁾

³ Siehe z. B. Görnitz, T.; Görnitz, B. (2016) Von der Quantenphysik zum Bewusstsein: Kosmos, Geist und Materie, Springer, Heidelberg

Vorrede zur ersten Auflage

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 Adenosintri $phosphat$ in der Zelle für jedes Lebewesen unersetzlich. Da Phosphor deswegen auch einen wichtigen Anteil im Dünger bildet, ist der frühere 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, sodass 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 neben den mathematischen Grundlagen 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 Welt-

sicht, 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 berechnete 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 oder gar unmöglich gemacht.

In der Wissenschaft sind wir daher herausgefordert, 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. (Dieser Ausdruck verschleiert, dass 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 müssen).

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 kosmische 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 war.) 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.

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 das, 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.“⁴⁾

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

⁴ Kant, I. (1786) *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, A VIII.