

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	Superdeterminismus	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 AQLs 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