

Physik, Biologie und Theologie

in einer Theorie vereinigt

Teil 1

Notwendigkeit eines erweiterten Realitätsbegriffs

von

Dipl. Phys. Kurt Schwalbe

Berlin, den 01.07.2019

Herausgeber:

Druckerei & Verlag Hans-Volker Götze, Eupener Str. 14, 13125 Berlin

E-Mail: druckereigoetze@t-online.de

Deckblattgestaltung: Linda Kutzki

Kontakt zum Autor:

E-Mail: LPWeltbild@googlemail.com

Webseite: www.kurt-schwalbe.de

Inhaltsverzeichnis:

1	PRINZIPIEN DER NATURWISSENSCHAFTEN	5
2	DIALEKTISCHE ANTINOMIEN UND IHRE AUFLÖSUNG	8
2.1	Das Additionsgesetz der Geschwindigkeiten	8
2.2	Krümmung der Raum-Zeit	10
2.3	Welle-Teilchen-Dualismus	14
2.4	Spinoren	16
3	ELEMENTARTEILCHEN	18
3.1	Standardmodell der Teilchenphysik	18
3.2	Klassen-Eigenschaften der Elementarteilchen	24
3.2.1	Stufen und Mächtigkeiten von Klassen	24
3.2.2	Klassenstufen der Elementarteilchen	27
3.2.3	Satz 1	34
3.2.4	Elementarteilchen in Räumen höherer Dimensionen	35
3.2.4.1	Kleinste Dimension pro Klassenstufe	35
3.2.4.2	Messbare (sichtbare) und dunkle Teilchen	36
3.2.4.3	Eigenschaftsstufen	37
3.2.4.4	Satz 2	42
3.2.5	Punktdichte und Punkt-Klammerung durch Limes-Operatoren	43
3.2.5.1	Verschachtelte Klammerung der Ordinalzahlen	43
3.2.5.2	Limes-Operatoren definieren Längenmaße	45
3.2.5.3	Innere Struktur der Elemente	47
3.2.5.4	Anwendung im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos	52
3.2.5.5	Satz 3	56
3.2.6	Klasse gleicher Ereignis-Impulse definiert Teilchen-Masse und -Volumen	57
3.2.6.1	Ereignis-Impuls-Stärke definiert Teilchen-Masse	57
3.2.6.2	Satz 4	60
3.2.6.3	Ereignis-Impuls-Bündel definiert Teilchen-Volumen	61
3.2.6.4	Lücken in Bündeln bei Teilchen fallender Klassenstufen $i=2,1,0$	64
3.2.6.5	Ereignis-Impulse im k^1 -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos	68
3.2.6.6	Satz 5	73
4	ERHÖHUNG UND VERKÜRZUNG DER DIMENSIONEN	76
4.1	Kosmen höherer Dimensionen	76
4.2	Umwandlung von Raum- in Zeit-Dimensionen und Projektion	77
4.3	Dunkelmaterie bei Raum-Zeit-Kosmen im Quantenfeld	80
5	STANDARDMODELL DER KOSMOLOGIE	85
5.1	Das Modell	85

5.2	Einwände gegen das Standardmodell und Konstruktionen neuer Modelle	92
6	DER GLAUBE AN EINE EVOLUTION	95
6.1	Evolution physikalischer Systeme	95
6.1.1	Selbständig ablaufende Prozesse	95
6.1.2	Der Entropiesatz	98
6.1.3	Konsequenzen aus dem Entropiesatz, technische Systeme	100
6.2	Evolution der Lebewesen	102
6.2.1	Die Erbanlagen	102
6.2.2	Universelle Information	105
6.2.3	Innere Körper	108
7	ERWEITERUNG DES REALITÄTSBEGRIFFS	113
7.1	Notwendigkeit eines erweiterten Realitätsbegriffs	113
7.2	Konzeption eines erweiterten Realitätsbegriffs	115
7.2.1	Bild und Träger	115
7.2.2	Teilchen	120
7.2.3	Ladungen von Teilchen	126
7.2.4	Ladungen von Aussagen	130
7.2.5	Funktionen generieren physikalische und biologische Systeme	134
8	DIE REALITÄT IST GOTT	138
9	LITERATURVERZEICHNIS	141
10	ANLAGE	146
10.1	→ Allgemeines zu logischen Sprachen	146
10.2	→ Klassentheorie	148
10.3	→ Natürliche, ganze, rationale und reelle Ordinalzahlen	151
10.4	→ Funktionen und Klassensemiotik	153
10.5	→ Allgemeines zur SRT	157
10.6	→ Allgemeines zur ART	158
9.8	→ Allgemeines zur QT	161
9.8.1	→ Phasenraum	161
9.8.2	→ Operatoren im Hilbertraum (Heisenberg-Darstellung)	163
9.8.3	→ Differentialoperatoren (Schrödinger-Darstellung)	166
9.8.4	→ Wellenquantelung	167
9.8.5	→ Allgemeines zur ARQ für 1 Teilchen	169

1 Prinzipien der Naturwissenschaften

Beobachtung und Experiment führen auf das Entdecken von Gesetzen, die in einer logischen Sprache als Sätze formuliert werden, das sind allgemeingültige oder wahre Aussagen einer Theorie. Die Theorie umfasst Schlussregeln, die von wahren Aussagen wieder auf wahre Aussagen führen. Das Experiment muss auch die Gültigkeit der Schlussregeln der logischen Sprache bestätigen. Die Gesetze gelten unabhängig von Raum und Zeit, was aus der Reproduzierbarkeit der Experimente an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten (unter gleichen Bedingungen) folgt.

Die philosophische Lehre des Reduktionismus (lat.: *reducere*, zurückführen) wurde zur beherrschenden Methode der physikalischen Forschung. Komplexe Vorgänge sollen auf einfachere zurückgeführt (reduziert) werden. Jedes beliebige System wird letztlich durch seine Einzelbestandteile bestimmt. Alle Wissenschaften sollen auf eine "Elementarwissenschaft" ("Einheitswissenschaft") zurückgeführt werden, die Psychologie auf die Biologie, die Biologie auf die Chemie, die Chemie auf die Physik, die Physik auf die Atome und weiter auf die Elementarteilchen. Aus den fundamentalen physikalischen Gesetzen müsste dann alles ableitbar sein.

Das Phänomen der Wärme kann auf die Bewegungsenergie der Teilchen eines Gases oder Körpers zurückgeführt werden. Der Zusammenhang zwischen Mechanik und Thermodynamik liefert eine Bestätigung für den Reduktionismus.

Die Emergenz führt zu einem tiefgreifenden Einwand gegen die unbegrenzten Fähigkeiten des Reduktionismus. Emergente Eigenschaften (lat.: *emergere*, auftauchen) eines Systems lassen sich grundsätzlich nicht auf Eigenschaften der Systembestandteile zurückführen. Auf einer "höheren Ebene" gelten ganz andere Gesetze. Es tritt ein neuartiges Verhalten des Ensembles von Elementen zutage, das aus den Eigenschaften der einzelnen Elemente prinzipiell nicht abgeleitet und auch nicht vorhergesagt werden kann. Der griechische Philosoph Aristoteles (384-322v.Chr., Schüler Platons) formulierte das in dem Satz: "Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile".

Ein einzelnes Metallatom oder gar die Elementarteilchen, aus denen es besteht, besitzen keine metallischen Eigenschaften. Erst wenn mehrere Atome zu einem Gitter zusammentreten und die einzelnen Elektronen in den Atomhüllen miteinander wechselwirken, treten die typischen Metalleigenschaften auf.

Die neuen Eigenschaften folgen aber aus den Eigenschaften der Bestandteile. Im Beispiel sind mit den Bestandteilen elektrische Ladungen gegeben, die frei beweglichen Elektronen führen zu den Leitereigenschaften der Metalle. Eine weitere Vergrößerung der Gitter zu langen Kabeln führen zu keinen neuen Eigenschaften.

Die Folgerung, dass Quantitäten in neue Qualitäten umschlagen, ist fragwürdig. Durch die Verbindung mit anderen Elementen können Moleküle mit neuen chemischen Eigenschaften auftreten, die nicht bei den Elementarteilchen erkennbar sind. Es sind aber aus den Bestandteilen ableitbare Eigenschaften.

Werden nur magnetische Bindungen betrachtet, die in den Atombindungen auftreten, z.B. bei den Sauerstoff- oder Stickstoff-Molekülen O_2 , N_2 , dann können aus diesen Verbindungen keine Leitereigenschaften abgeleitet werden. Erst die Berücksichtigung der elektrischen Bindungen führen zu Isolator- und Leitereigenschaften der Moleküle.

Bei großen Massenansammlungen, z.B. in Neutronensternen, kann infolge der Gravitationskraft der Abstand zwischen den Neutronen so klein sein, dass eine Synthese

schwerer Elemente möglich ist. Die Elemente des Periodensystems unterscheiden sich in ihren Eigenschaften, doch resultieren ihre Eigenschaften aus den Eigenschaften der Elementarteilchen. Alle bekannten Beispiele fundieren den Reduktionismus, weil die neuen Eigenschaften eines Systems ableitbare Eigenschaften aus den Eigenschaften der Elementarteilchen sind, die gemäß den geltenden Gesetzen zu physikalischen Systemen verknüpft sind.

Emergente Eigenschaften, die sich grundsätzlich nicht auf Eigenschaften der Systembestandteile zurückführen lassen, etwa die Eigenschaften der Lebewesen (Selbsterhaltungstrieb, Vermehrung, Emotionen, Gedanken, Vorstellungen) können nicht aus der Synthese der Elementarteilchen abgeleitet werden. Es gelingt die Synthese von Proteinen (Eiweiß-Makromolekülen), doch lebt das Eiweiß nicht. Es fehlt der genetische Code, der nicht aus der Synthese folgt, aber bei vorhandenem lebendem Eiweiß dupliziert werden kann.

Die Experimente zeigen die Existenz von Gesetzen, die sich scheinbar widersprechen. Derartige Widersprüche werden als dialektische Antinomien bezeichnet, weil sie eine Auflösung besitzen müssen, die auf einer Erweiterung des Realitätsbegriffes beruht. Der griechische Philosoph Platon (427-347v.Chr., Schüler des Sokrates) begreift die Ideen als die ewigen Urbilder alles Seienden. Die Dinge der Wirklichkeit sind unvollkommene Abbilder.

Ein Beispiel liefern die Schattenspiele. Die Bewegung der Schatten auf einer Fläche lässt Täuschungen zu, weil die Bewegungen im Raum anders verlaufen können. Der Speiß, der einen der kämpfenden Ritter auf der Leinwand scheinbar durchbohrt, kann auch vor oder hinter dem Ritter vorbeigehen, weshalb er unverletzt bleibt. Da der 3-dimensionale Raum und die sich darin bewegendenden Körper für den Menschen die Gegebenheiten sind, sind die Schatten unvollkommene Abbilder.

Das gilt auch für alle Bilder, die das Licht transportiert und auf eine Fläche projiziert. Es fehlt die Dimension in der Richtung der Wellennormale. Das räumliche Sehen erfordert Bildpaare, so dass aus dem Strahlengang das räumliche Bild entsteht. Auch das räumliche Bild eines Körpers enthält nur das, was der Körper aussendet (z.B. Photonen), der Körper selbst fehlt im Bild (z.B. die Atomkerne und Elektronen, die bei Quantensprüngen Photonen emittieren).

Bezüglich der 2-dimensionalen Bilder auf den Oberflächen der Körper ist mit den Körpern im 3-dimensionalen Raum ein erweiterter Begriffsraum gegeben. Die 1-dimensionalen Ränder von Bildern auf 2-dimensionalen Oberflächen führen zu noch stärkeren begrifflichen Einschränkungen, wenn von einer weiteren Dimension abstrahiert wird. Im mathematischen Modell eines Raumes können die geometrischen Eigenschaften des Raumes zu jeder Dimension $n=1,2,3,\dots$ exakt formuliert werden, was zu einer Verallgemeinerung bekannter Begriffe führt. Obwohl kein Mensch eine 4. Dimension kennt, können die Gleichungen der Physik in 4-dimensionalen Räumen formuliert werden und ihre Gültigkeit findet eine experimentelle Bestätigung.

Wenn es in dem erweiterten Begriffsraum eine Auflösung von dialektischen Antinomien gibt, dann gibt es einen erweiterten Realitätsbegriff und die dem Experiment zugänglichen Wirklichkeiten sind Abbilder. Es werden aber nicht wie bei Platon die Gedanken selbst als Realität bezeichnet (obwohl auch sie ein Bestandteil der Realität sein müssen), sondern der Inhalt des Gedankens (der Gegenstand, über den ausgesagt wird), der aus dem mathematischen Modell folgt und eindeutig definiert ist, wird zum erweiterten Realitätsbegriff.

In der Relativitätstheorie und der Quantentheorie wird der Realitätsbegriff so erweitert (4-dimensionale Raum-Zeit, Quantenfeld), dass die experimentell nachgewiesenen dialektische Antinomien aufgelöst sind (s. Abschn. 2).

Jede Erweiterung des Realitätsbegriffes muss das Korrespondenzprinzip erfüllen, d.h. die experimentell geprüften Aussagen bleiben weiterhin gültig unter den Bedingungen des Experiments.

Die verschiedenen Bereiche der Natur- und Geisteswissenschaften sind ineinander verflochten und beziehen sich auf Teilbereiche der Realität, die sich gemäß dem mathematischen Modell als Abbilder einer gedanklich erweiterten Realität erweisen. Begriffs- und Gesetzschemata, in denen z.B. die Dimension oder die Punktdichte variabel sind, sind Beispiele, wie die mathematische Logik aus experimentell geprüften Aussagen in der bekannten Realität zu Aussagen in einem erweiterten Begriffsraum führt, in dem eine direkte experimentelle Prüfung nicht möglich ist. Doch gibt es eine indirekte experimentelle Prüfung.

Eine indirekte experimentelle Prüfung ist in den Gegebenheiten (Abbildungen der Realität) möglich. Dem Menschen, der seine Umwelt erforscht und beschreibt, stehen nur Bilder der Realität und auch nur ein Bild von sich selbst zur Verfügung, das experimentell untersucht werden kann. Wenn das Verhalten der Bilder im erweiterten Begriffsraum logisch verständlich ist, ist mit diesem ein erweiterter Realitätsbegriff gegeben, in dem die dialektischen Antinomien aufgelöst sind.

Die dialektischen Antinomien sind nicht immer offensichtlich sondern erfordern bestimmte Bedingungen beim Experiment für ihren Nachweis. Auch kann allein aus dem logischen Schließen eine notwendige Erweiterung des Realitätsbegriffs folgen, die nur eine indirekte experimentelle Prüfung zulässt, weil die dialektischen Antinomien erst in geprüften Erweiterungen auftreten. Relativitätstheorie und Quantentheorie führen bereits zu einem erweiterten Realitätsbegriff, doch sind beide Theorien noch nicht in einer Theorie vereinigt, was eine nochmalige Erweiterung des Realitätsbegriffs nahelegt.

2 Dialektische Antinomien und ihre Auflösung

2.1 Das Additionsgesetz der Geschwindigkeiten

In dem 3-dimensionalen menschlichen Bildraum ist die Zeit t keine Dimension, denn es werden nur Zeitschnitte gesehen. Das Bild enthält weder die Vergangenheit noch die Zukunft sondern nur eine sich zeitlich ändernde Gegenwart, weshalb die Zeit in der klassischen Physik (Newtonsche Mechanik) [16'] als Parameter aufgefasst wird. Dann gilt das klassische Additionsgesetz der Geschwindigkeiten $v=v'+V$, wenn von einem Bezugssystem, in dem das Teilchen die Geschwindigkeit v' hat, zu einem Bezugssystem übergegangen wird, das sich mit der Geschwindigkeit V relativ zum Ausgangs-Bezugssystem auf der gleichen Geraden wie das Teilchen bewegt.

Wenn 2 Autos in entgegengesetzter Richtung mit je $120 \text{ km/h} = 33,3 \text{ m/s}$ fahren, dann ist ihre relative Geschwindigkeit 240 km/h . Treten an die Stelle der Autos Raketen, die sich nahezu mit Lichtgeschwindigkeit $c \approx 300000 \text{ km/s}$ (im Vakuum $c = 2,99792 \cdot 10^8 \text{ [m/s]}$) bewegen, dann müssten sie fast mit doppelter Lichtgeschwindigkeit $v=v'+V \approx 2c$ aneinander vorbeifliegen, paradox! Das Experiment zeigt, dass es kein Bezugssystem gibt, in dem Teilchen eine Geschwindigkeit $v > c$ besitzen. In Teilchenbeschleunigern erreichen die Teilchen nahezu Lichtgeschwindigkeit.

Die Auflösung dieser dialektischen Antinomie folgt aus der Annahme, dass die Zeit t eine imaginäre Dimension ist, $t \Rightarrow i \cdot c \cdot t$, die bei Multiplikation mit der Lichtgeschwindigkeit c die Dimension einer Länge hat und zu den 3 reellen Raum-Dimensionen hinzutritt. Dann muss bei einer Änderung des Bezugssystems mit den Raumkoordinaten auch die Zeitkoordinate transformiert werden, was zu dem relativistischen Additionsgesetz [26] der Geschwindigkeiten $v=(v'+V)/(1+v' \cdot V/c^2)$ führt, in dem $v < c$ immer erfüllt ist. Bei sehr kleinen Geschwindigkeiten v', V relativ zur Lichtgeschwindigkeit c verschwindet der Term $v' \cdot V/c^2$ im Nenner. Das trifft auf die bekannten Geschwindigkeiten von Flugzeugen, Raketen etc. zu. Dann gilt das klassische Additionsgesetz der Geschwindigkeiten, d.h. das Korrespondenzprinzip ist erfüllt.

Bezugssysteme, in denen sich ein frei beweglicher Körper (der keinen äußeren Kräften unterliegt) mit konstanter Geschwindigkeit v bewegt, heißen Inertialsysteme. Das spezielle Relativitätsprinzip besagt, dass die Naturgesetze in jedem Inertialsystem in gleicher Form gelten. Das Experiment bestätigt dieses Prinzip. Die Gestalt der Gleichungen ändert sich nicht, wenn es Tensorgleichungen (Vektorgleichungen) sind. Dann können die Raum-Zeit-Koordinaten eines Vektors

$$\vec{x} = x^1 \cdot e_1 + x^2 \cdot e_2 + x^3 \cdot e_3 + x^4 \cdot e_4, \quad x^4 := i \cdot c \cdot t, \quad i^2 = -1$$

in jedem anderen Inertialsystem ausgedrückt werden. Die Koordinaten

$$x^1, x^2, x^3, x^4 = x, y, z, t \cdot (c \cdot i)$$

sind die Projektionen auf ein vorgegebenes Bezugssystem $\Sigma = (P, e_1, e_2, e_3, e_4)$, das besteht aus einem vorgegebenen Punkt P , 3 orthogonalen Normalmaßstäben e_1, e_2, e_3 und einer Normal-Uhr e_4 . Beim Übergang vom Inertialsystem Σ zu einem anderen Inertialsystem Σ' , transformieren sich die Koordinaten gemäß der Lorentz-Transformation [19].

Bereits die Spezielle Relativitätstheorie SRT von Einstein [19], [26] führt zur Erweiterung des Realitätsbegriffs, zu einem 4-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos K^4 (dem Ereignisraum), in dem sich die Teilchen ereignen. An die Stelle der Bewegungskurve des Teilchens im 3-dimensionalen Kosmos K^3 tritt die Weltlinie des Teilchens im 4-

dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos K^4 , längs der sich das Teilchen ereignet. Weil die Zeit eine Dimension ist, existieren Vergangenheit und Zukunft der Teilchen. Die Vergangenheit wird nicht vergessen und die Zukunft kann vorhergesehen werden. Der Abstand s zwischen 2 Ereignissen ist in allen Inertialsystemen gleich. Die Lichtgeschwindigkeit c muss eine Konstante sein, weil der Abstand s_{21} zwischen den 2 Ereignissen P_1 – Aussendung des Lichtes, P_2 – Empfang des Lichtes, verschwindet. Das Licht hat die Entfernung $c \cdot (t_2 - t_1)$ in der Zeit $t_2 - t_1$ zurückgelegt, sie ist gleich der Entfernung $l_{21} := \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} = c \cdot (t_2 - t_1)$ im 3-dimensionalen Raum.

Folglich verschwindet der Abstand s_{21} im 4-dimensionalen Ereignisraum. Für das negative Abstandsquadrat gilt:

$$-(s_{21})^2 := (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - c^2 \cdot (t_2 - t_1)^2 = 0,$$

bei unendlich kleinen (infinitesimalen) Abständen $s_{21} \Rightarrow ds$, $l_{21} \Rightarrow dl$ gilt:

$$ds^2 := c^2 \cdot dt^2 - dl^2 = 0, \quad dl^2 := dx^2 + dy^2 + dz^2.$$

Wegen $-ds^2$ werden die Zeit $c \cdot dt$ reell und die Entfernung $i \cdot dl$ imaginär.

Die Teilchen bewegen sich mit einer Geschwindigkeit $v < c$, folglich ist $dl^2 < c^2 \cdot dt^2$ bzw. $ds^2 > 0$. Es gibt immer ein Bezugssystem (Inertialsystem), in dem beide Ereignisse am gleichen Ort ($dl=0$) stattfinden, weshalb der Ereignis-Abstand ds reell ist.

An die Stelle der Bewegungskurve des Teilchens im 3-dimensionalen Raum tritt im 4-dimensionalen Ereignisraum die Weltlinie der Ereignisse. Längs der Weltlinie sind alle Ereignisse kausal. Zwischen kausalen Ereignissen ist der Ereignis-Abstand reell, sie liegen innerhalb des Lichtkegels im Ereignisraum.

Nichtkausale Ereignisse haben einen imaginären Ereignisabstand $ds^2 < 0$, der raumartig ist, weil es immer ein Bezugssystem gibt, in dem beide Ereignisse zur gleichen Zeit $dt=0$ stattfinden. Sie liegen außerhalb des Lichtkegels im Ereignisraum. Die Eigenschaften "raumartig" oder "zeitartig" von Ereignis-Abständen ds hängen nicht von der Wahl des Bezugssystems ab.

Infolge der Invarianz des Ereignis-Abstandes kann von einem Bezugssystem (Ruhsystem) Σ° , in dem das Teilchen ruht, zu einem Inertialsystem Σ übergegangen werden, in dem sich das Teilchen mit einer Geschwindigkeit v bewegt. Dabei transformieren sich die Koordinaten gemäß der Lorentz-Transformation.

Ein Zeitintervall Δt° , das von einer Uhr festgestellt wird, die sich im Ruhsystem Σ° befindet, sich also mit dem Gegenstand bewegt, wird Eigenzeit dieses Gegenstandes genannt. In einem mit der Geschwindigkeit v bewegten Bezugssystem Σ wird ein gedehntes Zeitintervall $\Delta t = \Delta t^\circ / \sqrt{1 - v^2/c^2}$ gemessen. Eine bewegte Uhr geht immer langsamer als eine unbewegte. Es findet eine Zeitdilatation statt. Eine mit Lichtgeschwindigkeit bewegte Uhr (auf einem Lichtstrahl) bleibt stehen.

Die im Ruhsystem Σ° gemessene Länge Δl° eines Stabes heißt Ruh- oder Eigenlänge. In einem Inertialsystem Σ , in dem sich das Teilchen mit der Geschwindigkeit v bewegt, wird eine verkleinerte Länge $\Delta l = \Delta l^\circ \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2}$ gemessen, die auf einem Lichtstrahl (für $v=c$) verschwindet. Es findet eine Längenkontraktion statt.

2.2 Krümmung der Raum-Zeit

In der klassischen Physik [16'] gilt das Newtonsche Gravitationsgesetz: Zwischen den Massen m , M zweier Körper im Abstand r , wirkt eine Anziehungskraft vom Betrage $K = \gamma \cdot m \cdot M / r^2 = m \cdot b$ (γ – Newtonsche Gravitationskonstante), die das Probeteilchen mit der Masse m , das sich auf den Körper (z.B. die Erde) mit der Masse M zubewegt, beschleunigt. Die Beschleunigung $b := dv/dt$ ist eine Konstante, die multipliziert mit der Masse m des Teilchens gleich der Anziehungskraft K ist. Die Gesetze des freien Falls im Gravitationsfeld (der Erde) sind für alle Körper dieselben. Unabhängig von ihrer Masse m erhalten sie alle dieselbe Beschleunigung b (somit fallen Vogelfeder und Felsbrocken gleichschnell, wenn der Luftwiderstand ausgeschaltet ist).

Dagegen gilt unter extremen Bedingungen (große Massendichten) nicht mehr das Newtonsche Gravitationsgesetz, was sowohl in der Newtonschen Physik als auch in der Speziellen Relativitätstheorie SRT zu dialektischen Antinomien führt.

In der Newtonschen Physik und der SRT breitet sich das Licht geradlinig im Raum aus. Messungen zeigen aber, dass sich das Licht in der Nähe starker Gravitationszentren (z.B. der Sonne) nicht geradlinig an ihnen vorbei bewegt.

Diese dialektische Antinomie wird erst in der Allgemeinen Relativitätstheorie ART aufgelöst, in der das Gravitationspotential auf die Krümmung (die Metrik G) des Raum-Zeit-Kosmos zurückgeführt wird. Infolge der Krümmung des Raumes tritt an die Stelle der Geraden, die 2 Punkte im Raum verbindet, eine Geodäte. Das ist analog zur Geraden die kürzeste Verbindung zwischen 2 Punkten, doch nicht in einem flachen sondern in einem gekrümmten Raum. Die Oberfläche eines Körpers, z.B. einer Kugel, veranschaulicht die Krümmung eines 2-dimensionalen Raumes. Infolge der Krümmung der Oberfläche der Kugel in der 3. Dimension ist der kürzeste Abstand zwischen 2 Punkten eine Geodäte, die sich von einer Geraden, die 2 Punkte einer Fläche verbindet, unterscheidet.

Die Einbettung eines gekrümmten Riemannschen Raumes in einen flachen Raum erfordert im Allgemeinen die Hinzunahme vieler Dimensionen, so dass die 4-dimensionale Hyperfläche in einer Verschachtelung von Oberflächen (Hyperflächen) von Oberflächen fallender Dimension im $n > 4$ -dimensionalen flachen Raum liegt [29'].

In der Allgemeinen Relativitätstheorie ART [26], [29'] von Einstein gelten

1. Das Allgemeine Relativitätsprinzip (oder Prinzip der allgemeinen Kovarianz): Die Naturgesetze haben in jedem Bezugssystem, auch in Nichtinertialsystemen, in denen beschleunigte Bewegungen von Körpern auftreten, die gleiche Form, d.h. es sind Tensor-Gleichungen.

2. Das Äquivalenzprinzip: Ein Nichtinertialsystem ist einem Gravitationsfeld in einem kleinen Raumbereich äquivalent. Im frei fallenden Fahrstuhl verschwindet das Gravitationsfeld. Die träge Masse bei Beschleunigung der Teilchen ist gleich der schweren Masse bei den frei fallenden Teilchen im Gravitationsfeld.

Diese beiden Prinzipien führen zu gekrümmten Riemannschen Ereignisräumen (Raum-Zeit-Kosmen) die sich wesentlich von dem flachen Raum, dem Minkowski-Raum (Raum-Zeit-Kosmos) in der SRT, unterscheiden.

In der flachen Raum-Zeit kann jeder Punkt $P(\vec{x})$ von einem Punkt $P(\vec{0})$ aus durch einen Vektor \vec{x} erreicht werden, was in einem gekrümmten Riemannschen Raum im Allgemeinen nicht mehr möglich ist. Auf der Oberfläche einer Kugel, werden

zwei Punkte nicht durch eine Gerade sondern durch eine Geodäten erreicht. Der gerichtete "Pfeil" längs der Geodäten ist kein Vektor \vec{x} . Er wird Pseudovektor genannt, weil das Differential $d\vec{x}$ ein Vektor ist, dessen Richtung sich von Punkt zu Punkt ändert. In jedem Punkt $P(\vec{x})$ des gekrümmten Raumes existiert ein (flacher) lokaler Tangentialraum $V(\vec{x})$, zu dem es einen dualen Tangentialraum $V^\wedge(\vec{x})$ gibt, dessen Vektoren sich im Transformationsverhalten unterscheiden.

Der Vektor $\vec{a} = \sum_{(1 \leq \mu \leq 4)} a^\mu \cdot e_\mu \in V$ ist invariant gegenüber Koordinatentransformationen A , weil bei der Transformation der Basisvektoren e_1, e_2, e_3, e_4 mit der Matrix A sich die Koordinaten a^1, a^2, a^3, a^4 mit der transponierten inversen Matrix $(A^{-1})^T$ multiplizieren. Da bei der Matrizen-Multiplikation die Zeilen der Matrix mit den Spalten der anderen Matrix oder des Vektors multipliziert werden, ist das Produkt $A \cdot (A^{-1})^T = E$ gleich der identischen Abbildung E .

Wenn sich die Basis des Vektors $\vec{a} \in V$ beim Übergang in ein neues Bezugssystem mit der Matrix A multipliziert, die Koeffizienten mit der Matrix $(A^{-1})^T$, dann transformiert sich die Basis des dualen Vektors $\vec{a}^\wedge \in V^\wedge$ mit der transponierten inversen Matrix $(A^{-1})^T$, die Koeffizienten werde mit der Matrix A transformiert.

Die Metrik $G(\vec{x}): V(\vec{x}) \rightarrow V^\wedge(\vec{x})$ ordnet dem Vektor $\vec{a} \in V$ den dualen Vektor $\vec{a}^\wedge = G \cdot \vec{a} \in V^\wedge$ zu. Sie ist ein 2-stufiger Tensor mit der Matrix $(G_{\mu\nu}(x^\alpha))$ ($1 \leq \mu, \nu \leq 4$), die sich von Punkt zu Punkt in den lokalen Tangentialräumen ändert. Sie ist im gekrümmten Raum eine Funktion der Raum-Zeit-Koordinaten x^α ($1 \leq \alpha \leq 4$) des Pseudovektors \vec{x} . Im flachen Raum ist die Metrik eine Konstante und es gibt immer ein Bezugssystem, in dem die Matrix die Gestalt $G_{\mu\nu} = \pm \delta_{\mu\nu} = (\pm 1 \text{ für } \mu = \nu, \text{ sonst } 0)$ annimmt, wobei $+1$ bei den Raum- und -1 bei den Zeit-Dimensionen steht.

Das infinitesimale Abstandsquadrat

$$-ds^2 := \vec{dx} \cdot \vec{dx}^\wedge = \sum_{(1 \leq \mu, \nu \leq 4)} G_{\mu\nu}(x^1, x^2, x^3, x^4) \cdot dx^\mu \cdot dx^\nu$$

ist eine gegenüber umkehrbar eindeutigen Koordinatentransformationen

$$x^\mu = f^\mu(x'^1, x'^2, x'^3, x'^4), \quad (1 \leq \mu \leq 4)$$

invariante quadratische Form der Koordinatendifferentiale dx^μ, dx^ν ($1 \leq \mu, \nu \leq 4$), die mit Funktionen $G_{\mu\nu}(x^1, x^2, x^3, x^4)$ der Raum-Zeit-Koordinaten multipliziert werden. Außerdem treten im Allgemeinen zu den 4 Quadraten $(dx^\mu)^2$ ($1 \leq \mu \leq 4$) gemischte Produkte $dx^\mu \cdot dx^\nu$ ($\mu \neq \nu$) hinzu, die in keinem Bezugssystem eliminiert werden können. Die Metrik G ist ein 2-stufiger Tensor mit symmetrischen Komponenten $G_{\mu\nu} = G_{\nu\mu}$, da die Faktoren der Produkte $dx^\mu \cdot dx^\nu$ vertauschbar sind. Somit hat die Matrix $(G_{\mu\nu})$ in der 4-dimensionalen Raum-Zeit 10 unabhängige Komponenten.

Beim Übergang von einem Inertialsystem Σ zu einem gleichmäßig rotierenden System Σ' , das sich mit der Winkelgeschwindigkeit Ω um die z -Achse dreht, transformieren sich die Koordinaten nach dem Gesetz

$$x = x' \cdot \cos(\Omega \cdot t') - y' \cdot \sin(\Omega \cdot t'), \quad y = x' \cdot \sin(\Omega \cdot t') + y' \cdot \cos(\Omega \cdot t'), \quad z = z', \quad (t = t'),$$

so dass das Abstandsquadrat die Gestalt

$$ds^2 = (c^2 - \Omega^2 \cdot (x'^2 + y'^2)) \cdot dt'^2 - dx'^2 - dy'^2 - dz'^2 + 2 \cdot \Omega \cdot y' \cdot dx' \cdot dt' - 2 \cdot \Omega \cdot x' \cdot dy' \cdot dt'$$

annimmt. Dieser Ausdruck kann nicht in eine Summe von Quadraten der 4 Koordinatendifferentiale überführt werden, nach welchem Gesetz auch die Zeit t transformiert wird. Das Nichtinertialsystem definiert eine Verbindung zwischen 2 Punkten, die keine Gerade ist. Das 4-dimensionale Koordinatensystem ist in einem Nichtinertialsystem krummlinig. In dem rotierenden Nichtinertialsystem Σ' entstehen Zentrifugalkräfte, die mit der Entfernung zur Rotationsachse unbegrenzt anwachsen. Beim Übergang von einem Inertialsystem zu einem Nichtinertialsystem wird ein

Kraftfeld erzeugt. Umgekehrt verschwindet das Kraftfeld, das einem Nichtinertialsystem entspricht, wenn zu einem Inertialsystem übergegangen wird.

Das Gravitationsfeld ist eine Funktion des Ortes, speziell der Entfernung r , und somit nur in kleinen Bereichen homogen. In großer Entfernung $r \rightarrow \infty$ verschwindet die Gravitationskraft $K \rightarrow 0$. Deshalb können die Gravitationsfelder, die auch in einem Inertialsystem existieren, durch keine Wahl des Bezugssystems eliminiert werden.

Doch kann das Gravitationsfeld in einem hinreichend kleinen Raumbereich, in dem es als homogen angesehen werden kann, durch die Wahl des Bezugssystems (frei fallender Fahrstuhl) eliminiert werden. Denn ein gleichförmig beschleunigtes Bezugssystem ist äquivalent zu einem konstanten homogenen äußeren Kraftfeld. Einem veränderlichen homogenen Gravitationsfeld entspricht ein ungleichförmig beschleunigtes geradlinig bewegtes Bezugssystem.

In den Einstein'schen Gravitationsfeldgleichungen [26] definiert der Materietensor (Impuls-Energie-Tensor) $T_{\mu\nu}$ die Metrik $G_{\mu\nu}$ der Raum-Zeit. Aus dem Allgemeinen Relativitätsprinzip folgt, dass die Geometrie des Ereignisraumes allein durch seine Metrik eindeutig bestimmt ist. Auch die Unterscheidung zwischen reellen (raumartigen) und imaginären (zeitartigen) Dimensionen folgt aus der Metrik, weshalb in der ART eine reelle Zeit-Dimension zu den 3 reellen Raum-Dimensionen tritt, die sich aber infolge der Metrik wie eine imaginäre Dimension verhält.

Die Massen der Teilchen verursachen die Krümmung der Raum-Zeit, die zu einem gekrümmten Riemannschen Ereignisraum wird, deren Krümmung aus der Verteilung der Massen in der Raum-Zeit folgt. Die Metrik ist das Gravitationspotential, das die Teilchen mit ihren Massen umgibt. Die aus dem Potential abgeleitete Gravitationskraft verändert die Bewegungskurve eines sich kräftefrei bewegenden Teilchens im flachen Raum derart, dass die Bewegungskurve in der gekrümmten Riemannschen Raum-Zeit liegt, deren Krümmung durch die Metrik definiert ist. Wenn sonst keine anderen Kräfte angreifen, bewegen sich die Teilchen kräftefrei auf einer Geodäten in der gekrümmten Riemannschen Raum-Zeit, die bei fehlenden Massen flach ist (dann existieren auch keine Teilchen).

Die Krümmung der Raum-Zeit ist lokal verschieden, doch kann bei einer Mittelung über sehr große Gebiete die Materiedichte als konstant angesehen werden. Dann gelten die Friedmannschen Lösungen der Einsteinschen Gravitationsfeldgleichungen, gemäß denen das Weltall expandiert und einen (punktartigen) Anfang hatte, der Urknall genannt wird. Die Expansion erfolgt in einer gemeinsamen Zeit-Dimension für alle Teilchen, so dass ein Weltalter angegeben werden kann, was im Allgemeinen nicht möglich ist, da jedes Teilchen seine eigene Zeit-Dimension hat. Dem Standardmodell der Kosmologie liegen die Friedmannschen Lösungen zugrunde.

Bei hinreichend großer Materiedichte ist der Kosmos sphärisch gekrümmt und somit räumlich endlich, andernfalls ist er hyperbolisch gekrümmt (im Grenzfall flach) und somit unendlich. Wenn die Expansion in eine Kontraktion übergeht, gibt es auch ein (punktartiges) Weltende.

Die Oberfläche eines Luftballons, der aufgeblasen wird, ist ein expandierender sphärisch gekrümmter 2-dimensionaler Raum. Sind auf der Oberfläche Nadelköpfe angeheftet, die sich beim Aufblasen nicht ausdehnen, dann bewegen sich diese beim Aufblasen mit wachsender Entfernung immer schneller auseinander, weil sich die Oberfläche des Luftballons überall gleichmäßig vergrößert. Ab einer gewissen Entfernung wird auch bei kleiner Aufblas-Geschwindigkeit die Lichtgeschwindigkeit überschritten, sofern der Ballon hinreichend groß ist. Das ist möglich, weil die

angehefteten Nadelköpfe sich nicht bewegen, der Raum dehnt sich aus. Wenn die kleinen angehefteten Nadelköpfe symbolisch für Galaxien, Sonnensysteme, ..., Elementarteilchen stehen, dann können sie winzige Teilchen aussenden, die sich aber höchstens mit Lichtgeschwindigkeit bewegen.

Für jeden Beobachter auf einem beliebigen angehefteten Nadelkopf gibt es somit einen Beobachtungsradius (Welthorizont), der nicht überschritten werden kann, weil sich die dahinterliegenden Nadelköpfe mit Überlichtgeschwindigkeit von ihm entfernen, so dass ihn von dort kein ausgesandtes Signal erreichen kann. Deshalb ist eine Unterscheidung zwischen endlichen und unendlichen Welten unwesentlich.

Das Gravitationspotential der Massen wird in der ART auf die Metrik der Raum-Zeit zurückgeführt, die einen gekrümmten Riemannschen Raum definiert, der gemäß den Einstein'schen Gravitationsfeldgleichungen nicht statisch sein kann sondern ein expandierendes (oder kontrahierendes) Weltall ist und somit einen Anfang hat (und ein Ende haben kann). In einer Umgebung der kosmologischen Singularitäten (Anfang, Ende) sind die Bedingungen so extrem, dass sie sich dem Experiment entziehen. Unter den prüfbareren Bedingungen konnte die ART bisher bestätigt werden, und sie erfüllt das Korrespondenzprinzip. Die Gleichungen gehen unter den Bedingungen, die den klassischen Experimenten zugrunde liegen, in die der klassischen Physik über.

Die ART führt zu einer nochmaligen Erweiterung des Realitätsbegriffs, weil von der flachen Raum-Zeit in der SRT zu einem expandierenden gekrümmten Riemannschen Raum-Zeit-Kosmos übergegangen wird, in dem die Gravitationskraft aus der Geometrie der Raum-Zeit folgt, die wiederum durch die Verteilung der Massen der Teilchen und aller physikalischen Felder in der Raum-Zeit definiert ist. An die Stelle des Impuls-Energie-Erhaltungssatzes in der SRT tritt ein Geometrie-Impuls-Energie-Erhaltungssatz in der ART.

2.3 Welle-Teilchen-Dualismus

Die kleinsten Bausteine der physikalischen Körper besitzen Eigenschaften, die sich scheinbar widersprechen. In verschiedenen Experimenten erscheinen sie entweder als Teilchen oder als Welle. Im Atommodell umkreisen die Elektronen den Atomkern, bestehend aus Protonen und Neutronen, es sind Teilchen mit einer Masse m , die sich mit einer Geschwindigkeit \vec{v} bewegen und somit einen Impuls $\vec{p}=m \cdot \vec{v}$ besitzen. Doch können diese Teilchen auch Wellen einer bestimmte Wellenlänge λ oder Frequenz $\nu=v/\lambda$ sein ($v:=|\vec{v}|$, $p:=|\vec{p}|$ – Betrag des Vektors), die sich in Richtung der Wellennormale \vec{n} ausbreiten. Die Wellen können gebeugt und reflektiert werden. In der technischen Anwendung treten zu den Licht-Mikroskopen Elektronen- und Protonen-Mikroskope, die ein noch besseres Auflösungsvermögen besitzen.

Das Licht ist eine elektromagnetische Welle, die sich mit der Lichtgeschwindigkeit c ausbreitet. Andererseits besteht das Licht aus Teilchen, den Photonen. Das sind Energiequanten, die die Fotoplatte schwärzen. Sie existieren nicht im Ruhezustand sondern nur als mit Lichtgeschwindigkeit dahinrasende Teilchen.

Wirft man einen Stein ins Wasser, dann erzeugt er eine Welle. Die Wassermoleküle werden in einen schwingenden Zustand versetzt, der sich ausbreitet und nach einer Zeit ein ganzes Raum-Gebiet erfüllt. Der Stein bewegt sich durch das Wasser oder kann sogar auf dem Wasser springen, doch befindet er sich nach einer Zeit an einem bestimmten Ort. Er kann nicht gleichzeitig Welle sein, die ein Raum-Gebiet erfüllt. In der Newtonschen Physik kann ein Teilchen nicht auch Welle sein, das ist paradox! Im Experiment werden entweder Wellen oder Teilchen gemessen je nach Versuchsanordnung.

Die dialektische Antinomie findet ihre Auflösung in der Quantentheorie QT [28]. An die Stelle der Welle tritt das Quantenfeld $\Phi(\vec{x}_i, t)|\vec{p}_i^\circ, E^\circ$, das sich in der Zeit t im 3-dimensionalen Raum in der Richtung der Wellennormale \vec{n} ausbreitet. Es transportiert n Teilchen mit bestimmten Impulsen \vec{p}_i° ($1 \leq i \leq n$) und das Teilchen-System hat die Gesamt-Energie E° . Die n Teilchen können sich an den Orten \vec{x}_i im Raum befinden. Das Quantenfeld ist keine physikalische sondern eine Wahrscheinlichkeitswelle, die aussagt, mit welcher Wahrscheinlichkeit sich die n Teilchen mit den Impulsen \vec{p}_i° an den Orten \vec{x}_i ($1 \leq i \leq n$) des Raumes befinden. Da es ein Spektrum von zulässigen Gesamt-Energiewerten E° und ein Spektrum von zulässigen Impulsen \vec{p}_i° gibt, in denen sich die Teilchen des Systems befinden können, gibt es auch ein Spektrum von Quantenfeldern zu jeder Kombination \vec{p}_i°, E° der zulässigen Werte (das sind Eigenwerte der Impuls-Energie-Operatoren im Hilbertraum, die Quantenfelder sind die Komponenten eines Vektors im unendlich-dimensionalen Hilbertraum).

Außerdem ändert sich das Quantenfeld mit der Anzahl $0 < n < \infty$ der Teilchen. Bei der Beugung des Lichtes, das durch 2 enge Spalte auf einen Schirm fällt, entsteht auf dem Schirm ein System von hellen und dunklen Streifen als Ergebnis der Überlagerung der Lichtwellen (Interferenzstreifen). Bei einem sehr schwachen Lichtstrom, dem wenige Teilchen entsprechen, wird der Teilchencharakter der Strahlung sichtbar. Ihre örtliche Verteilung lässt keinerlei Gesetzmäßigkeit erkennen. Erst wenn genügend Teilchen angekommen sind, treten die Interferenzstreifen deutlich hervor.

Der Weg des einzelnen Teilchens kann nicht genau berechnet werden. Es sind nur die Wahrscheinlichkeiten bekannt, wo jedes Teilchen mit großer oder kleiner Wahr-

scheinlichkeit zu finden ist. Da die Wahrscheinlichkeitsfunktion eine komplexe Wellenfunktion ist, ist ihr Betragsquadrat ein reeller Gewissheitswert w .

Die n Teilchen sind mit der Wahrscheinlichkeit w im Zustand der Impulse $\vec{p}_1, \dots, \vec{p}_n$ und der Gesamtenergie E° an den n Orten $\vec{x}_1, \dots, \vec{x}_n$ zur Zeit t zu finden. Sie sind gemäß der Wellenfunktion im Raum wellenartig "verschmiert". Die Welle wird auf viele kleine Teilchen zurückgeführt, die im Raum wellenartig "verschmiert" sind.

Obwohl die Begriffe Teilchen und Welle anschaulich sehr verschieden sind, sind Teilchen und Welle im Rahmen der Quantentheorie zwei einander völlig äquivalente Begriffe.

Ein Oszillator (ein atomares schwingendes System) kann nur Energiequanten

$$E = h \cdot \nu = h \cdot v / \lambda$$

zu einer bestimmten Frequenz ν oder Wellenlänge λ

ausstrahlen. Die Quanten sind die kleinsten unteilbaren Energiemengen in einer Strahlung mit der Frequenz ν . Ein Oszillator enthält entweder kein Quant (dann steht er still) oder ganzzahlige Vielfache $n=1, 2, \dots$, aber niemals Bruchteile davon.

Es gibt eine kleinste Wirkung, das Plancksche Wirkungsquantum $h = 6,623 \cdot 10^{-27}$ [erg·s], das gleichsam das Atom der Wirkung (Energie · Zeit oder Impuls · Weg) ist. Der Weg des einzelnen Teilchens kann nicht genau berechnet werden, weil gemäß der Heisenbergschen Unschärferelation $\Delta x \cdot \Delta p \geq h/2\pi \approx 10^{-27}$ [erg·s] = [g·cm²/s²] bei genauer Kenntnis des Ortes ($\Delta x \rightarrow 0$) des Teilchens sein Impuls ($\Delta p \rightarrow \infty$) unbekannt ist und umgekehrt. Die Unbestimmtheiten Δx und Δp können nicht gleichzeitig verschwinden, was auch auf Δt und ΔE zutrifft.

Da die Bewegungsgleichungen weiterhin gültig sind, ist die QT streng kausal wie die Newtonsche Mechanik. Doch können die Anfangsbedingungen (Ort und Impuls zu den Teilchen) wegen der Unbestimmtheitsrelation prinzipiell nicht gleichzeitig genau bestimmt werden, weshalb auch die Zukunft in einem gewissen Umfang nicht determiniert ist. Es sind nur statistische Vorhersagen der Zukunft erlaubt gemäß der Wahrscheinlichkeitsfunktion. Die QT ist daher kausal aber nicht voll determiniert.

Die QT ist eine Metatheorie, in der über die Wahrheit oder Gewissheit einer Aussage a in einer Theorie ausgesagt wird. Die Anwendung der Eigenschaften "Ort", "Impuls" auf die Teilchen ist eine Aussage

$a :=$ "die n Teilchen eines Systems mit den (erlaubten) Impulsen \vec{p}_i (die auf sie anwendbar sind) und der Gesamtenergie E° des Systems befinden sich zur Zeit $t=t^\circ$ an den n Orten \vec{x}_i ($1 \leq i \leq n$)"

Die Wahrscheinlichkeitsfunktion Φ ordnet der Aussage a einen komplexen Wahrscheinlichkeits-, Gewissheits- oder Wahrheitswert w_c zu,

$$\Phi(a) = \Phi(\vec{x}_i, t) | \vec{p}_i, E^\circ = \Phi(\vec{x}_i, t, \vec{p}_i, E^\circ, 1 \leq i \leq n < \infty) = w_c.$$

Das Betragsquadrat $|\Phi(\vec{x}_i)|^2 = \Phi(\vec{x}_i) \cdot \Phi^*(\vec{x}_i) = w$ ist ein reeller Gewissheitswert (* – komplexe Konjugation).

In reproduzierbaren Experimenten wird die Richtigkeit der Wahrscheinlichkeits-Aussage (Metaaussage) $\Phi(a)=w$ und somit die Existenz der Wahrscheinlichkeitsfunktion Φ bestätigt, die Metaaussage über die Gewissheit w einer Aussage a ist wahr. In einer Theorie (oder Metatheorie) kann nichts über die Wahrheit ihrer Aussagen ausgesagt werden. Wenn Aussagen über die Aussagen einer Metatheorie gemacht werden, sind es Metametaaussagen in einer Metametatheorie etc. Das Experiment bestätigt die Wahrheit der Metaaussagen.

2.4 Spinoren

Eine Allgemein-Relativistische Quantentheorie ARQ gibt es noch nicht. In der 4-dimensionalen Raum-Zeit hat der Ortsvektor jedes Teilchens zusätzlich eine Zeit-Koordinate und jeder Impuls zusätzlich eine Energie-Koordinate,

$$\begin{aligned} \vec{x} &= x^1 \cdot e_1 + x^2 \cdot e_2 + x^3 \cdot e_3 + x^4 \cdot e_4 \quad (x^4 := c \cdot t), \\ \vec{p} &= p^1 \cdot e_1 + p^2 \cdot e_2 + p^3 \cdot e_3 + p^4 \cdot e_4 \quad (p^4 := E/c), \end{aligned}$$

die somit keine Invarianten bezüglich Koordinatentransformationen sind. Deshalb gibt es kein invariantes Wirkungsprinzip, aus dem die Bewegungsgleichungen der Teilchen abgeleitet werden. Wenn Zeit und Energie Parameter sind, gibt es ein invariantes Wirkungsprinzip. Doch ist der Betrag eines Vektors eine Invariante. Deshalb kann beim 1-Teilchen-Problem ein invariantes Wirkungsprinzip formuliert werden, in dem zunächst die Vereinigung der SRT mit der QT gelingt [29], die aber auch eine Vereinigung von ART und QT zur ARQ-1 ermöglicht [20,17]. Das führt von den Tensoren zu den Spinoren und damit zu einem erweiterten Verständnis der Realität.

Einem s-stufigen Tensor entspricht für s=1 ein Vektor, für s=2 eine Matrix, für s=3 ein Stapel von Matrizen. Jedem 2s-stufigen Spintensor kann umkehrbar eindeutig ein s-stufiger Tensor zugeordnet werden, der für s=1 ein Vektor ist. Die Spintensoren einer geraden Stufe 2s unterscheiden sich somit nicht von den Tensoren, ihr Transformationsverhalten ist eindeutig.

Das gilt nicht für die Spintensoren einer ungeraden Stufe 2s+1. Dem einstufigen Spinor kann kein Vektor zugeordnet werden. Bei einer Drehung um 2π wechselt der Spinor das Vorzeichen. Die 2s+1-stufigen Spintensoren unterscheiden sich somit von den Tensoren. Sie besitzen ein mehrdeutiges Transformationsverhalten (die Lorentzgruppe wird 2-fach durchlaufen).

An die Stelle der Schrödinger-Gleichung für 1 Teilchen tritt die Dirac-Gleichung, in der die Wahrscheinlichkeitsfunktion $\Phi = (\varphi, \chi) = (\varphi^1, \varphi^2, \chi_1, \chi_2)$ ein 1-stufiger Bispinor ist mit 4 Komponenten. Es existieren 2 Varianten der Diracgleichung, in der das Vorzeichen vor der Masse vertauscht wird. Das führt auf die adjungierte Dirac-Gleichung für das Antiteilchen zum Teilchen, deren Lösung der adjungierte Bispinor $\Phi^- = (\varphi^-, \chi^-) = (\varphi^{-1}, \varphi^{-2}, \chi_1^-, \chi_2^-)$ ist. Das konjugiert-komplexe Quantenfeld Φ^* genügt nicht der Diracgleichung, weil der Differentialoperator nicht selbstadjungiert ist. Doch kann aus der Lösung Φ^- der adjungierten Gleichung das konjugiert-komplexe Quantenfeld Φ^* gefunden werden. Das Skalarprodukt $\Phi^* \cdot \Phi = w$ der konjugiert-komplexen Bispinoren Φ, Φ^* führt auf eine reelle Wahrscheinlichkeit w analog zum Betragsquadrat $|\Phi|^2 := \Phi^* \cdot \Phi$ der Wahrscheinlichkeitswelle Φ in der nicht-relativistischen QT.

Jedes Teilchen besitzt eine positive Energie $+E = +m \cdot c^2$. Die Zustände negativer Energie $-E = -m \cdot c^2$ finden im Rahmen der Löcher-Theorie von Dirac ihre Deutung. Im Vakuumzustand sind alle potentiellen Löcher in einem Teilchen belegt. Der Erwartungswert des Vakuumzustandes kann nicht beobachtet werden.

Wenn das Teilchen ein kleineres Teilchen emittiert, entsteht ein Loch mit negativer Energie. Der Erwartungswert des Loches besitzt ein negatives Vorzeichen, weshalb der beobachtete Ereignis-Impuls des Loches negativ ist. Das gespiegelte Loch ist das Antiteilchen zum Teilchen, das infolge der Spiegelung des Ereignis-Impulses auch eine positive Energie besitzt.

Die Teilchen besitzen einen Spin, der etwas Ähnliches ist wie der Drehimpuls in der klassischen Physik. Er wird auf das Plancksche Wirkungsquantum $h/2\pi$ bezogen. Der Gesamtdrehimpuls $J=l+j \cdot (h/2\pi)$ ist die Summe aus Bahndrehimpuls $l=0,1,2, \dots$ (die erlaubten Bahndrehimpulswerte sind ganzzahlige Vielfache von $h/2\pi$) und Eigendrehimpuls $j=\pm 1/2$ (der Eigendrehimpuls bedingt den Vorzeichenwechsel bei einer vollen Umdrehung), weshalb er bei vorhandenem Eigendrehimpuls immer $1/2$ -zahlig ist, $J=1/2, 3/2, 5/2, \dots \cdot (h/2\pi)$. Analoges gilt für das Antiteilchen.

Teilchen mit $1/2$ -zahligem Spin gehören zur Familie der Fermionen (z.B. Elektronen, deren Antiteilchen die Positronen sind).

Die Dirac-Gleichungen besitzen zu einem Impuls \vec{p} 4 verschiedene Lösungen und beschreiben 1 Teilchen (Elektron) mit $1/2$ -zahligem Spin (Eigendrehimpuls) $\pm 1/2$ (der den Vorzeichenwechsel bei einer vollen Umdrehung bedingt) zu einer positiven Energie $+E$ und das Antiteilchen (Positron) zur negativen Energie $-E$ (die bei der Spiegelung am Vakuumzustand in eine positive Energie übergeht).

Die Verallgemeinerung auf relativistische n -Teilchen-Systeme erfordert die Berücksichtigung der Zeit- und Energie-Koordinaten pro Teilchen. Das ist bisher nicht gelungen. Die Vereinigung von ART und QT zur ARQ für das n -Teilchen-Problem führt zu dialektischen Antinomien, deren Auflösung eine weitere Erweiterung des Realitätsbegriffs erfordert, beruhend auf:

1. Dimensionserhöhung und Verkürzung der Dimensionen,
2. Berücksichtigung der Mengeneigenschaften der Elementarteilchen,
3. Berücksichtigung von Funktionen höherer Funktionenstufen,
4. Berücksichtigung von Metatheorien höherer Metastufen.

Diese Erweiterung enthält auch die biologischen Systeme und führt zu einer Beantwortung der Grundfrage der Philosophie.

3 Elementarteilchen

3.1 Standardmodell der Teilchenphysik

Im Sinne des Reduktionismus werden die physikalischen Systeme durch ihre Einzelbestandteile bestimmt. Das Standardmodell [12,19',30'] der Elementarteilchenphysik beschreibt alle bekannten Teilchen einschließlich der zwischen ihnen vorkommenden Wechselwirkungen. Das gesamte Universum besteht aus einer kleinen Anzahl elementarer Bausteine, das sind 6 Leptonen, 6 Quarks, 6 Kraftteilchen, 1 Higgs-Teilchen. Die Quarks kommen nicht als freie Teilchen vor, es sind Teile der schweren Teilchen, der Hadronen (Baryonen, Mesonen). Die Baryonen (speziell die Nukleonen: Proton, Neutron) bestehen aus 3 Quarks, die Mesonen bestehen aus 2 Quarks (einem Quark und einem Antiquark).

Jedes Teilchen besitzt eine Masse m oder Energie $E=m \cdot c^2$, die im Ruhesystem (Bezugssystem, in dem das Teilchen ruht) die Ruhmasse m^0 oder Ruhenergie E^0 des Teilchens ist. Die Maßeinheit für die Energie ist Elektronen-Volt [eV], das ist die Energie eines Elektrons, das eine Beschleunigungsspannung von 1 Volt durchläuft,

$$1\text{eV}=1,602 \cdot 10^{-12}\text{erg}, 1\text{MeV}=10^6\text{eV}, 1\text{GeV}=10^9\text{eV}, [\text{erg}]=[\text{g} \cdot \text{cm}^2/\text{s}^2],$$

$$\text{der Energie } E=1\text{GeV} \text{ entspricht die Masse } m=1\text{GeV}/c^2=1,782 \cdot 10^{-24}\text{g}.$$

Für Teilchen mit der Ruhmasse $m^0=0$ gibt es kein Ruhesystem, sie bewegen sich in jedem Bezugssystem mit Lichtgeschwindigkeit c und haben eine Masse $m=h \cdot \nu/c^2$, der im Wellenbild eine Frequenz ν entspricht, h - Plancksches Wirkungsquantum.

Die elektrische Ladung Q der Teilchen wird auf den Betrag e der Ladung des Elektrons bezogen. Die Ladung besitzt ein Vorzeichen und ist eine ganze Zahl bei allen Teilchen. Bei den Quarks, die Teile der Baryonen sind, ist die Ladung eine gebrochene Zahl (Faktor $1/3$).

Die Teilchen besitzen einen Spin, der etwas Ähnliches ist wie der Drehimpuls in der klassischen Physik. Er wird auf das Wirkungsquantum $h/2\pi$ bezogen.

Der Gesamtdrehimpuls $J=l+j \cdot (h/2\pi)$ ist die Summe aus Bahndrehimpuls $l=0,1,2, \dots$ und Eigendrehimpuls $j=\pm 1/2$, weshalb er bei vorhandenem Eigendrehimpuls immer $1/2$ -zahlig ist, $J=1/2, 3/2, 5/2, \dots \cdot (h/2\pi)$. Teilchen mit $1/2$ -zahligem Spin besitzen auch bei fehlender elektrischer Ladung ein magnetisches Moment. Sie gehören zur Familie der Fermionen. Die Teilchen mit ganzzahligem Spin $J=0,1,2,\dots$ besitzen bei fehlender elektrischer Ladung kein magnetisches Moment (der Eigendrehimpuls j fehlt). Sie gehören zur Familie der Bosonen.

Die 6 Arten von Leptonen (leichte Teilchen) sind 3 Generationen-Paare:

Generation 1	Generation 2	Generation 3
e - Elektron $0,511\text{MeV}$, $-1 \cdot e$, $(1/2) \cdot (h/2\pi)$	μ - Myon $105,7\text{MeV}$, $-1 \cdot e$, $(1/2) \cdot (h/2\pi)$	τ - Tauon $1,78\text{GeV}$, $-1 \cdot e$, $(1/2) \cdot (h/2\pi)$
ν_e - Elektron-Neutrino $<2\text{eV}$, $0 \cdot e$, $(1/2) \cdot (h/2\pi)$	ν_μ - Myon-Neutrino $<2\text{eV}$, $0 \cdot e$, $(1/2) \cdot (h/2\pi)$	ν_τ - Tau-Neutrino $<2\text{eV}$, $0 \cdot e$, $(1/2) \cdot (h/2\pi)$

Weil alle Leptonen den Spin $J=1/2$ haben, gehören sie zur Familie der Fermionen.

Zu den Quantenzahlen, elektrische Ladung $\pm Q$ ($Q=-1$ beim Teilchen, $Q=+1$ beim Antiteilchen), Spin J , treten Leptonen-Zahlen $\pm I_e, \pm I_\mu, \pm I_\tau$ hinzu, die die Erhaltung der Leptonen-Paare $[e, \nu_e], [\mu, \nu_\mu], [\tau, \nu_\tau]$ ausdrücken. Jedes Paar hat die Leptonen-Zahl $I_e=I_\mu=I_\tau=+1$ bei Teilchen, $=-1$ bei Antiteilchen. Gemischte Paare haben die Leptonen-Zahl 0 .

Stabile Leptonen sind: Elektron e , das in die Atomhülle eingeht, und Elektron-Neutrino ν_e , das abgestrahlt wird. Die anderen 4 Leptonen sind instabil und nicht am Aufbau der bekannten Materie beteiligt.

Die 6 Arten von Quarks werden mit "Flavours" (Geschmacksrichtungen) bezeichnet, von denen 2 jeweils als Paar einer Generation angesehen werden:

Generation 1	Generation 2	Generation 3
u - up(aufwärts) 2,3MeV, $+(2/3) \cdot e, (1/2) \cdot (h/2\pi)$	c - charme(entzückend) 1,3GeV, $+(2/3) \cdot e, (1/2) \cdot (h/2\pi)$	t - top(Spitze) 173GeV, $+(2/3) \cdot e, (1/2) \cdot (h/2\pi)$
d - down(abwärts) 4,8MeV, $-(1/3) \cdot e, (1/2) \cdot (h/2\pi)$	s - strange(seltsam) 95MeV, $-(1/3) \cdot e, (1/2) \cdot (h/2\pi)$	b - bottom(Tiefe) 4,2GeV, $-(1/3) \cdot e, (1/2) \cdot (h/2\pi)$

Die 6 Quarks und 6 Leptonen sind Fermionen mit dem Spin $J=1/2$. Sie werden unterteilt in 3 Generationen, die aus einem Quarks-Paar und einem Leptonen-Paar bestehen (mit zunehmender Masse und abnehmender Lebensdauer in den Generationen 1,2,3).

Die Verknüpfung der Quarks führt bei gerader Anzahl zu Bosonen mit ganzzahligem Spin, bei ungerader Anzahl zu Fermionen mit $1/2$ -zahligem Spin. Somit sind die Mesonen Bosonen, die Baryonen sind Fermionen.

Zu jedem angegebenen Teilchen mit einer Ladung gibt es ein Antiteilchen mit identischer Masse aber entgegengesetzter Ladung.

Zu den Quantenzahlen, elektrische Ladung $\pm Q$, Spin J , treten bei den Quarks weitere ladungsartige Quantenzahlen: Baryonenzahl $\pm B$, Isospin I , -Komponente $\pm I_3$, Hyperladung $\pm Y$, Strangeness $\pm S$, \pm Charm, \pm Beauty, \pm Color. Das Vorzeichen \pm bezeichnet die Änderung der Quantenzahl beim Übergang vom Teilchen zum Antiteilchen. Sie dienen zur Charakterisierung der Teilchen und zur Formulierung von Umwandlungsprozessen. Beim einzelnen Teilchen sind sie nicht direkt messbar.

Die Baryonenzahl B erfüllt einen Erhaltungssatz und erfasst damit die Stabilität der Teilchen mit Masse. Das Baryon hat $B=+1$, das Antiteilchen $B=-1$, alle anderen Teilchen haben $B=0$. Da alle Baryonen aus 3 Quarks bestehen, haben die Quarks eine gebrochene Baryonenzahl $B=+1/3$. Es besteht eine Analogie zur elektrischen Ladung e der Leptonen, weshalb mit der Quantenzahl B eine Baryonen-Ladung gegeben sein kann.

Der Isospin I wird analog zum Spin als Drehimpuls interpretiert und nimmt wie der Spin nur $1/2$ - oder ganzzahlige Werte an, $I=+1/2$ bei u- und d-Quark, sonst $I=0$. Das Quadrat $I(I+1)$ hat $2I+1$ verschiedene Einstellmöglichkeiten, wobei eine Komponente I_3 des Isospin-Vektors die Werte $-I, -I+1, \dots, 0, +1, \dots, I$ durchläuft. Die Isospin-Komponente I_3 hat die Werte $I_3=+1/2$ beim u-Quark, $I_3=-1/2$ beim d-Quark. Es besteht eine Analogie zum magnetischen Moment, das mit dem Spin gegeben ist, weshalb mit den Quantenzahlen I, I_3 auch Ladungen gegeben sein können.

Die Hyperladung Y dient der weiteren Unterscheidung der Hadronen. Sie durchläuft ganzzahlige Werte, die bei den Quarks eine gebrochene Zahl mit dem Faktor $1/3$ ist, $Y=+1/3$ bei u- und d-Quark, $Y=-2/3$ beim s-Quark.

Strangeness (Seltsamkeit) S dient zur weiteren Unterscheidung der Hadronen, das s-Quark hat die Quantenzahl $S=-1$, für alle anderen Quarks gilt $S=0$. Zwischen den Quantenzahlen S, Y, B besteht die Beziehung $S=Y-B$.

Charm C dient zur weiteren Unterscheidung der Hadronen, das c-Quark hat die Quantenzahl $C=+1$, für alle anderen Quarks gilt $C=0$.

Beauty dient zur weiteren Unterscheidung der Hadronen, das b-Quark hat die Quantenzahl Beauty=+1, für alle anderen Quarks gilt Beauty=0.

Die Quantenzahlen Y, S, C, Beauty spielen eine weitgehend ähnliche Rolle als Ladungen, die nur in der Mikrowelt von Bedeutung sind.

Jedes Quark kann sich in 3 verschiedenen Color-Zuständen befinden, die ein Color-tripplet bilden, während die Hadronen Colorsingletts sind, also nicht in verschiedenen Colorzuständen auftreten. Die Color-Symmetrie ist ungebrochen. Die Massenwerte innerhalb der Colortriplets sind gleich.

Es gibt mehrere Hundert Arten von Hadronen (schwere Teilchen), die aus unterschiedlichen Quarks zusammengesetzt sind. Praktische Bedeutung haben nur die u- und d-Quarks, aus denen die Nukleonen Proton $p= uud$ und Neutron $n= udd$ bestehen, die die Atomkerne aufbauen und in den Atomkernen stabil sind. Alle anderen Hadronen sind instabil und nicht am Aufbau der bekannten Materie beteiligt.

Die Verknüpfung der Nukleonen zu Atomkernen führt bei einer geraden Anzahl zu Bosonen mit ganzzahligem Spin, bei einer ungeraden Anzahl zu Fermionen mit 1/2-zahligem Spin.

Die 6 Austauschteilchen zu den 4 Kraftarten, auch Kraftteilchen genannt:

g - Gluon (engl. glue: kleben) keine Ruhmasse, $m^0=0$,

$$0 \cdot e, \quad 1 \cdot (\hbar/2\pi)$$

ist Austauschteilchen der starken Kraft, die die Nukleonen in Atomkernen sowie die Quarks untereinander bindet. Ihre Reichweite ist extrem gering. Es gibt keine freien Gluonen. Die Leptonen unterliegen nicht der starken Kraft.

γ - Photon keine Ruhmasse, $m^0=0$,

$$0 \cdot e, \quad 1 \cdot (\hbar/2\pi)$$

ist Austauschteilchen der elektromagnetischen Kraft, die die Anziehung bei entgegengesetzter oder Abstoßung bei gleicher Ladung der Teilchen bestimmt.

Die Wirkung ist um den Faktor 100 schwächer als die der starken Kraft.

Z^0 - 91,2GeV W^+ - 80,4GeV, W^- - 80,4GeV,

$$0 \cdot e, 1 \cdot (\hbar/2\pi) \quad +1 \cdot e, 1 \cdot (\hbar/2\pi) \quad -1 \cdot e, 1 \cdot (\hbar/2\pi)$$

sind Austauschteilchen der schwachen Kraft, die für den radioaktiven Beta-zerfall der Atomkerne zuständig ist und im Atomkern Proton und Neutron ineinander umzuwandeln ermöglicht. Die Wirkung ist um den Faktor 10^{14} geringer als die der starken Kraft.

G - Graviton keine Ruhmasse, $m^0=0$,

$$0 \cdot e, \quad 2 \cdot (\hbar/2\pi)$$

ist das hypothetische Austauschteilchen der Gravitation (Schwerkraft), die unendlich weitreichend ist und die Welt im Großen regiert. Die Wirkung ist um den Faktor 10^{40} schwächer als die der starken Kraft. Das Graviton konnte noch nicht nachgewiesen werden, doch konnte bereits die Gravitationswelle nachgewiesen werden.

Mit den Kräften werden die Wechselwirkungen zwischen den Teilchen beschrieben. Leptonen unterliegen nicht der starken Kraft, sondern der elektromagnetischen Kraft, weil mit ihnen nur elektrische und magnetische Ladungen auftreten. Bei den Neutrinos fehlen auch die elektrischen Ladungen, weshalb sie nur der schwachen Kraft unterliegen. Infolge ihrer Massen unterliegen alle Teilchen der Schwerkraft.

Jede Masse und jede Ladung ist von einem Potentialfeld umgeben, das ein Potential für ein bestimmtes Kraftfeld ist und sich wie eine Welle im Raum ausbreitet. Der

Welle entspricht ein Quantenfeld, die Quanten sind die "Austauschteilchen", die die Kraftübertragung vermitteln. Wie die Handballspieler werfen sich die Quarks und Leptonen gegenseitig Bälle zu, jeder Kraft entspricht eine bestimmte Ballsorte. Im Sinne des Welle-Teilchen-Dualismus treten im Experiment je nach Versuchsanordnung entweder die Wellen- oder die Teilchen-Eigenschaften in Erscheinung.

Die Gluonen der starken Kraft treten in den Baryonen auf, die eine Verbindung von 3 Quarks sind. Die Photonen der elektromagnetischen Kraft treten in Atomen und Molekülen auf, die Verbindungen von Trägern mit entgegengesetzten elektrischen und magnetischen Ladungen sind.

Der Nachweis der Gluonen der starken Kraft gelingt bei der Kollision im Teilchenbeschleuniger. Wenn 2 Quarks entstehen, so fliegen die Paare fast mit Lichtgeschwindigkeit auseinander. Dabei entstehen 2 enge Bündel von Mesonen und ein drittes Bündel von Teilchen, wenn ein Gluon die beiden Quarks verlässt (das sich die Quarks wechselseitig zuwerfen).

Auch in Verbindungen kann ein Teilchen-Austausch stattfinden. Beim Wasserstoff-Ion H_2^+ fehlt ein Elektron, das verbleibende Elektron der Klassenstufe 1 pendelt zwischen den beiden Protonen hin und her. In den Atomkernen haben Proton und Neutron ein gemeinsames Pion $\pi^+ = u\bar{d}$ (Meson) mit positiver elektrischer Ladung, das seinen Aufenthalt ständig wechselt. Es tritt eine bindende Kraft infolge der Austauschwechselwirkung auf.

Das Higgs-Teilchen:

H - Higgs 126 GeV (nach dem britischen Physiker Higgs benannt),

$$0 \cdot e, \quad 0 \cdot (\hbar/2\pi)$$

ist das Austauschteilchen für das Higgsfeld, das den gesamten Kosmos durchzieht und den Teilchen ihre Masse vermittelt.

Im Standardmodell ohne das Higgsfeld sind alle genannten Teilchen masselos, weshalb ihr experimenteller Nachweis 2012 beim CERN zum Schlussbaustein des Standardmodells wurde.

Das Higgs-Teilchen bringt seine Masse mit (sie soll nicht aus der Wechselwirkung mit dem Higgs-Feld folgen). Zeigen die Teilchen eine Wechselwirkung mit dem Higgs-Teilchen, so erhalten sie auf diese Weise ihre Masse, insbes. das Z^0 -Boson erhält seine große Masse, doch nur etwa 1% der bekannten Massen der Atome werden durch das Higgs-Teilchen übertragen. Die restlichen 99% der Massen beruhen auf den Wechselwirkungen der atomaren Bestandteile untereinander. Es dominiert vor allem die starke Bindung der Quarks innerhalb der Nukleonen der Atomkerne. Doch verdanken alle mit Masse behafteten Elementarteilchen und die daraus resultierenden größten Strukturen im Kosmos ihre Stabilität dem Higgs-Teilchen, es ist unverzichtbar in der Standardtheorie.

Die Austauschteilchen der Kräfte sind Bosonen (Eichbosonen) mit dem Spin 1, die Gravitonen der Schwerkraft haben den Spin 2. Die Higgs-Bosonen des Higgs-Feldes haben den Spin 0.

Aus den fundamentalen Teilchen und Antiteilchen lassen sich alle übrigen Teilchen aufbauen. Die Atomkerne bestehen aus Protonen und Neutronen, die wiederum aus u- und d-Quarks aufgebaut sind. Mit ihrer Elektronenhülle bilden sie das Periodensystem der chemischen Elemente. Die chemischen Verbindungen zu Molekülen und Makromolekülen bilden in den 3 möglichen Aggregatzuständen fest, flüssig, gasförmig die uns bekannte physikalische Materie.

Deshalb haben nur die u- und d-Quarks, aus denen Proton $p= uud$ und Neutron $n= udd$ bestehen, ferner das Elektron e , das Elektron-Neutrino ν_e , die 6 Austauschteilchen zu den 4 Kraftarten und das Higgs-Teilchen eine Bedeutung. Die Quarks und Gluonen kommen nicht als freie Teilchen vor sondern sind die Bestandteile der Hadronen.

Die schweren Quarks und die schweren Leptonen sind alle instabil. Nach ihrer Entstehung in Teilchenbeschleunigern zerfallen sie in Bruchteilen von Sekunden. Bei Geschwindigkeiten $v \rightarrow c$ der Teilchen, die sich der Lichtgeschwindigkeit c nähern, können die Stöße zum Auftreten von Teilchen-Antiteilchen-Paaren führen, die sich in getrennten Strahlen auseinander bewegen. Sie sind nur dann stabil, wenn sie weit genug entfernt sind, andernfalls ziehen sie sich an und zerstrahlen wieder. Eine Welt aus Antimaterie ist nicht bekannt. Treten im Raum-Zeit-Kosmos Galaxien aus Materie und Antimaterie auf, würden sie sich anziehen und zerstrahlen.

Die Mesonen bestehen aus Teilchen-Antiteilchen-Paaren zu verschiedenen Quarks-Arten, andernfalls würden sie sofort zerstrahlen. Das (neutrale) Z^0 -Teilchen zerfällt nach seiner Entstehung infolge seiner extrem hohen Energie in ein Lepton-Antilepton-Paar oder in ein Quark-Antiquark-Paar (Meson).

Die schweren instabilen Elementarteilchen könnten in der Vergangenheit, kurz nach dem Urknall eine Bedeutung gehabt haben. Je weiter man sich gedanklich dem Urknall nähert, umso höher werden die Temperaturen und der Druck, so dass es keine Atome noch Atomkerne gab und an die Stelle der geschmolzenen Hadronen ein Quark-Gluon-Plasma tritt (nach dem Urknall noch vor 10^{-34} s). Bei der Abkühlung dieses Plasmas treten zuerst die schweren instabilen Teilchen auf und später die stabilen Teilchen.

Es wird angenommen, dass die schweren Teilchen, die im Periodensystem nach dem Eisen stehen, in einer Frühphase entstanden sind, weil in den Sonnen nur die Atomkerne vom Wasserstoff bis zum Eisen auftreten. Temperatur und Druck zur Synthese der schwereren Atomkerne reichen in der Sonne nicht aus.

Im Standardmodell bleiben noch viele Merkwürdigkeiten der Teilchen unbeantwortet. Warum gibt es keine freien Quarks, warum besitzen sie gebrochene Ladungen, warum liegen die starken Bindungsenergien in der Größenordnung der Ruhmasse der Teilchen?

Teilchen mit $\frac{1}{2}$ -zahligem Spin gehören zur Familie der Fermionen und besitzen ein magnetisches Moment $\mu = e \cdot h / (2\pi \cdot m_T)$ infolge der Bewegung ihrer elektrischen Ladung e , vergleichbar mit einer stromdurchflossenen Spule, in der ein Magnetfeld erzeugt wird. Bei großer Teilchenmasse m_T wird das magnetische Moment sehr klein. Doch besitzen auch Fermionen ohne elektrische Ladung ein magnetisches Moment, was noch einer Erklärung bedarf. Ein rotierendes Teilchen ohne elektrische Ladung besitzt kein magnetisches Moment. Das Standardmodell der Teilchenphysik liefert keine Erklärung weder für das Auftreten der elektrischen noch für das Auftreten der magnetischen Ladung. Der Spin ist eine notwendige aber nicht hinreichende Voraussetzung. Die Ladungen sind Gegebenheiten, die stets in beiderlei Vorzeichen auftreten, weshalb es zu jedem Teilchen ein Antiteilchen gibt. Doch muss das Antiteilchen nicht frei existieren. Es kann implizit in einem Teilchen verbleiben, wenn ein leichteres Teilchen mit Ladung austritt. Dann wandelt sich das (neutrale) Teilchen in ein Teilchen mit der entgegengesetzten Ladung des Antiteilchens um.

Die anziehende Wirkung aller Massen bedingt den Spin 2 für das Graviton, doch sind auch Austauschteilchen mit Spin 0 (Graviskalar) oder 1 (Graviphoton) denkbar. Graviton und Graviskalar ziehen alle Materiearten (Materie oder Antima-

terie) an, das Graviphoton ist nur bei verschiedenen Materiearten anziehend, bei gleichen Materiearten ist es abstoßend. Wenn es 3 Austauschteilchen für die Schwerkraft gibt, dann fällt Antimaterie schneller auf die Erde als Materie, was aber nicht beobachtet werden konnte.

Was sind dunkle Teilchen und dunkle Energie, die zusammen mit 95% an der physikalischen Materie beteiligt sein sollen?

3.2 Klassen-Eigenschaften der Elementarteilchen

3.2.1 Stufen und Mächtigkeiten von Klassen

Die Klasse ist eine gedankliche Zusammenfassung von Objekten mit gemeinsamen Eigenschaften. Sie kann als Behälter mit einem Eigenschafts-Etikett interpretiert werden, der alle Objekte mit der angegebenen Eigenschaft enthält, die sich aber in wenigstens einer Eigenschaft unterscheiden. Die Klasse ist allein durch ihren Inhalt definiert, weshalb der Behälter weder geometrische noch physikalische Eigenschaften besitzt. Die Elementrelation $x \in X$ der Klassentheorie besagt: "Das Objekt x ist Element aus der Klasse $X = \{\dots, x, y, z, \dots\}$ ". Die geschweifte Klammer $\{\}$ drückt die Zusammenfassung der Elemente zu einer Klasse aus.

Die Elemente können auch Klassen mit gemeinsamen Eigenschaften sein, $x = \{\dots, a, \dots\}$. Dann gibt es Klassen von Klassen $\{\dots, \{\dots, a, \dots\}, y, z, \dots\}$, die sich in der Klassenstufe k unterscheiden entsprechend der Anzahl k der Verschachtelungen. Die Klassenstufe der Elemente wird durch die Anzahl k der verschachtelten Klammern $\{\dots\{\dots\}\dots\}$ ausgedrückt.

Objekte, die keine Klassen sind, heißen Urelemente. Die Urelemente haben die Klassenstufe 0. Der Urbereich U ist die Klasse aller Urelemente, er hat die Klassenstufe 1. Die leere Klasse \emptyset , die nichts enthält, entspricht einem Urelement der Klassenstufe 0. Ein leerer Urbereich $U = \emptyset$ hat die Klassenstufe 0.

Die Teilklassen $X' \subseteq X$ einer Klasse X enthalten Elemente aus der Klasse X , weshalb die Klassenstufen $0 \leq k' \leq k$ der Teilklassen kleiner oder gleich der Klassenstufe k der Ausgangsklasse X sind. Die leere Klasse \emptyset ist ein Teil von der Klasse X , weshalb beide Teilklassen sind. Wenn die Teilklasse $X' \subseteq X$ auch Element der Klasse X ist, $X' \in X$, dann ist ihre Klassenstufe k' kleiner als k . Die Klasse X kann sich nicht selbst als Element enthalten. Die von Russel entdeckte Antinomie in der Cantorschen Mengenlehre führte zur Einführung der Klassenstufe. Die Elemente einer Klasse haben stets eine kleinere Klassenstufe als die Klasse, die sie enthält.

Die Klasse aller Teilklassen heißt Potenzklasse $P(X)$, weil es bei einer Klasse $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ aus n Elementen genau 2^n Teilklassen gibt. Für $n=2$ enthält die Potenzklasse $P(X) = \{\emptyset, \{x_1\}, \{x_2\}, X\}$ 4 Teilklassen der Klasse $X = \{x_1, x_2\}$ als Elemente. Die Potenzklasse $P(X)$ ist um eine Klassenstufe höher als die Klasse X .

Die Potenzklasse $P(\emptyset) = \{\emptyset\}$ der leeren Klasse ($n=0$) enthält 1 Element $x_1 = \emptyset$. Sie hat die Klassenstufe 1. Die 2-fache Potenzklasse $P(P(\emptyset)) = \{\emptyset, \{\emptyset\}\}$ hat die Klassenstufe 2 und enthält 2 Elemente $x_1 = \emptyset$, $x_2 = \{\emptyset\}$. Die 3-fache Potenzierung führt auf die Potenzklasse $P(P(P(\emptyset))) = \{\emptyset, \{\emptyset\}, \{\{\emptyset\}\}, \{\emptyset, \{\emptyset\}\}\}$ der Klassenstufe 3 mit 4 Elementen $x_1 = \emptyset$, $x_2 = \{\emptyset\}$, $x_3 = \{\{\emptyset\}\}$, $x_4 = \{\emptyset, \{\emptyset\}\}$.

Bei transfiniten Klassen gibt es keine größte Anzahl n von Elementen, doch können sie in ihren Mächtigkeiten unterschieden werden. Wenn die Elemente einer Klasse umkehrbar eindeutig den Elementen einer anderen Klasse zugeordnet werden können, sind die Klassen gleichmächtig, bleiben Elemente in einer Klasse übrig, dann ist diese von einer größeren Mächtigkeit.

Die transfiniten Kardinalzahlen $\aleph_0, \aleph_1, \dots, \aleph_i, \dots$ bezeichnen die Mächtigkeiten von unendlichen Mengen. In der Theorie der Ordinalzahlen sind die transfiniten Kardinalzahlen Anfangszahlen, von denen aus wieder weiter gezählt werden kann. Die Anfangszahl \aleph_i , die einen Anfangsabschnitt $N_{\aleph_i} \subseteq N$ von der Klasse N der Ordinal-

zahlen begrenzt ist die kleinste Zahl, die größer ist als alle Zahlen aus dem Anfangsabschnitt, also das Supremum von N_{ω_i} . Der Anfangsabschnitt N_{ω_i} ($i \in \mathbb{N}$) hat die Mächtigkeit ω_i . Mit jeder nachfolgenden Anfangszahl $\omega_{i'}$ ($i'=i+1$) haben die Anfangsabschnitte eine größere transfinite Mächtigkeit.

Die Klasse N_{ω_0} der natürlichen Zahlen hat die kleinste transfinite Mächtigkeit ω_0 , die Potenzklasse $P(N_{\omega_0})$ ist gleichmächtig zur Klasse R der reellen Zahlen, sie hat die Mächtigkeit ω_1 . Nochmaliges Potenzieren führt auf die Potenzklasse $P(P(N_{\omega_0}))$ der Mächtigkeit ω_2 . Bei der Potenzklasse $P(X)$ erhöhen sich relativ zur transfiniten Ausgangsklasse X sowohl die Klassenstufe von k auf $k'=k+1$ als auch die Mächtigkeit von ω_i auf $2^{\omega_i}=\omega_{i'}$ ($i'=i+1$).

In der Theorie der Ordinalzahlen sind die transfiniten Mächtigkeiten Anfangszahlen ω_i ($i=0,1,2,\dots$), die keinen unmittelbaren Vorgänger besitzen sondern erst mit einem neuen Limes-Operator $\lim_i(n \rightarrow \omega_i)$ erreicht werden können unter Einbeziehung der vorhergehenden Limes-Operatoren $\lim_{i'}(n \rightarrow \omega_{i'})$ $-1 \leq i' < i$, wobei $\lim_{-1} :=$ den Nachfolger-Operator $n' = n+1$ bezeichnet. Die Anfangszahl ω_i ist das Supremum, das ist die kleinste Ordinalzahl, die größer ist als alle Ordinalzahlen, die mit den Limes-Operatoren bis zur Stufe $i-1$ erreicht werden können. Die Klasse N_{ω_0} der natürlichen Zahlen ist ein Anfangsabschnitt in der Klasse N der Ordinalzahlen, der alle (finiten) Ordinalzahlen enthält, die kleiner sind als ω_0 .

Die Teilklasse $N_{\omega_0(2)} \subseteq N_{\omega_0} \subseteq N$ der geraden natürlichen Zahlen $\{0,2,4,6,\dots,2n,\dots\}$ ist gleichmächtig zur Klasse N_{ω_0} der natürlichen Zahlen. Das gilt für jede Teilklasse $N_{\omega_0(m)}$, die jede m . (" m "-te, $0 < m < \omega_0$) natürliche Zahl enthält. Sie ist gleichmächtig zu N_{ω_0} , unabhängig wie groß die finite Ordinalzahl m ist, denn es werden alle natürlichen Zahlen zum Aufzählen jeder m . natürlichen Zahl benötigt und es reicht jede m . natürliche Zahl für das Aufzählen der natürlichen Zahlen aus.

Dagegen ist die Potenzklasse $P(N_{\omega_i})$ eines Anfangsabschnitts $N_{\omega_i} \subseteq N$ der Ordinalzahlen, der von einer Anfangszahl ω_i begrenzt wird, gleichmächtig zum nachfolgenden Anfangsabschnitt $N_{\omega_{i'}} \subseteq N$, der von der Anfangszahl $2^{\omega_i} = \omega_{i'}$ begrenzt wird. Das gilt auch für die Potenzklassen $P(N_{\omega_i(m)})$ zu jeder gleichmächtigen Teilklasse von N_{ω_i} .

Eine Klasse heißt Menge, wenn es eine stufengrößere Klasse gibt, die sie als Element enthält, andernfalls heißt die Klasse Unmenge. Zu jeder Menge gibt es auch eine Potenzklasse. Bei einer Unmenge können die Teilklassen nicht mehr zu einer Potenzklasse zusammengefasst werden.

Die Klasse N der Ordinalzahlen ist eine Unmenge, deren "über-transfinite" Mächtigkeit ω keine transfinite Kardinalzahl sein kann, da die Indexklasse zum Aufzählen der Anfangszahlen die Klasse N selbst ist, d.h. $\omega_i \in N$, $i \in \mathbb{N}$. Die Indexklasse wird mit jedem nachfolgenden Limes-Operator \lim_i größer, weshalb es keinen Grenzwert gibt, der von einem Limes-Operator erreicht werden kann. Das absolut Unerreichbare wird mit ω bezeichnet, alle transfiniten Mächtigkeiten (Anfangszahlen) ω_i sind mit einem Limes-Operator \lim_i erreichbar. Die Klassenstufe $k \in \mathbb{N}$ ist eine Ordinalzahl. Die Ordinalzahlen sind somit Eigenschaften von Mengen, nicht von Unmengen. Doch sind die Unmengen gleichmächtig zur Klasse N der Ordinalzahlen, weshalb ihnen die absolut unerreichbare Klassenstufe ω als Eigenschaft zukommt.

Die Teilklasse $N_A \subseteq N$ der Anfangszahlen ω_i ($-2 \leq i < \omega$) ist die Klasse der transfiniten Kardinalzahlen, zu der auch die finiten Anfangszahlen $\omega_{-2} := 0$ und $\omega_{-1} := 1$ gehören.

Diese haben auch keinen unmittelbaren Vorgänger, der Nachfolger-Operator definiert die nachfolgende Ordinalzahl 1, die auf die Anfangszahl 0 folgt, analog zu einem Grenzübergang. Mit dem Nachfolger-Operator existiert auch die Addition +, weshalb $n' = n + 1$ gilt.

Der durch ∞_i begrenzte Anfangsabschnitt $N_{\infty_i} \subseteq N$ der Ordinalzahlen hat die Mächtigkeit ∞_i . Jede dazu gleichmächtige Menge hat die Kardinalzahl ∞_i . Da die Indexklasse zum Aufzählen der Anfangszahlen (transfiniten Kardinalzahlen) die Klasse N der Ordinalzahlen ist, ist auch die Klasse N_A eine Unmenge. Die Kardinalzahlen bezeichnen Mächtigkeiten von Mengen, doch muss zwischen finiten und transfiniten Kardinalzahlen unterschieden werden.

Die finiten Kardinalzahlen $n \in N_{\infty_0}$ bezeichnen die Mächtigkeiten endlicher Mengen. Der Mächtigkeit entspricht die Anzahl n ihrer Elemente. Die finiten Kardinalzahlen können addiert werden, weshalb sie isomorph (Eigenschafts- und Relationen-treu) zu den finiten Ordinalzahlen und somit natürliche Zahlen sind.

In der Klasse N_A der transfiniten Kardinalzahlen entartet die Addition + in das Maximum \max , d.h. $\max(\infty_i, \infty_j) = \infty_j$ für $i < j$.

Die transfiniten Mächtigkeiten ∞_i sind Eigenschaften von Mengen. Die absolut unerreichte Mächtigkeit ∞ der Teilklasse $N_A \subseteq N$ der Anfangszahlen ist eine Eigenschaft von Unmengen aber keine Kardinalzahl.

3.2.2 Klassenstufen der Elementarteilchen

Die Klassenstufe der Teilchen wird an ihren Zerfallsreihen erkennbar. Dabei muss unterschieden werden zwischen den austretenden Elementen, die von einer kleineren Klassenstufe sind, und einer Zerlegung in Teile. Teile der gleichen Klassenstufe können keine Elemente sein. Das trifft auf die Quarks zu, die Teile der Hadronen sind. Die Ruhmassen der austretenden Elemente sind im Allgemeinen wesentlich kleiner als die Ruhmasse des Teilchens, das sie enthält, weshalb sich seine Ruhmasse nur wenig ändert beim Austritt der Elemente.

Wenn aus einem Teilchen Elemente mit Ladungen austreten, dann nehmen die Elemente entweder diese Ladungen des Teilchens mit, so dass sie beim Teilchen fehlen, oder es treten in dem Teilchen (das diese Ladungen nicht besitzt) die entgegengesetzten Ladungen auf, mit denen die Antiteilchen zu den ausgetretenen Teilchen als potentielle Elemente gegeben sind. Das Teilchen erhält beim Austritt des Elements neue Ladungseigenschaften und wird somit in ein anderes Teilchen der gleichen Klassenstufe umgewandelt. Es gilt das Gesetz der Erhaltung der Ladungen zu jeder Ladungsart. Das gilt auch für stufengleiche Teile, doch kann auf die Teile anteilig die Ladung verteilt sein, so dass es zu gebrochenen Quantenzahlen kommt, wie bei den Quarks. Bei anderen bekannten Teilbildungen bleiben die Quantenzahlen ungebrochen. Das Element ist ohnehin ein Teil, doch von kleinerer Klassenstufe als die des Teilchens, aus dem es aus- oder eintreten kann.

Das entstandene Antielement im Teilchen hat die gleiche Klassenstufe und Ruhmasse wie die des ausgetretenen Elements. Bei Austritt des Antielements aus dem Teilchen nimmt es seine Ruhmasse mit, wie alle Elemente. Wenn dagegen das ausgetretene Element zurückkehrt, heben sich die Ladungen von Element und seinem verbliebenen Antielement in dem Teilchen auf. Doch tritt die Masse des eingetretenen Elements zur Teilchen-Masse hinzu. Element und zugehöriges Antielement bleiben weiterhin potentielle Elemente im stufengrößeren Teilchen.

Klassenstufe 0:

Die Kraftteilchen ohne Ruhmasse, $m^0=0$, sind Energie- oder Massequanten gemäß der Relation $E=m \cdot c^2$, das sind Gluonen, Photonen, Gravitonen. Sie enthalten keine Elemente und haben somit die Klassenstufe $k=0$. Auch tragen sie keine Ladungen. Da es ein ganzes Spektrum von Energiequanten gibt, ist die Klasse U der Urelemente nicht leer.

Allen Teilchen mit einer Ruhmasse $m^0>0$ können durch ein Kraftfeld Energie- oder Massequanten zugeführt werden, die sie als potentielle Elemente enthalten oder abgeben können, weshalb ihnen stets eine Klassenstufe $k>0$ zukommt.

Klassenstufe 1:

Teilchen, die nur Teilchen der Klassenstufe 0 als potentielle Elemente enthalten, haben die Klassenstufe $k=1$, das sind Leptonen (leichte Teilchen), die Austausch-Teilchen Z^0 , W^+ , W^- der schwachen Kraft mit Ruhmassen $m^0>0$, das Higgs-Teilchen H und Mesonen. Das Z^0 -Teilchen zerfällt nach seiner Entstehung in ein Lepton-Antilepton-Paar der Klassenstufe 1 oder in ein Quark-Antiquark-Paar (Meson) der Klassenstufe 1. Letzteres folgt aus der extrem hohen Energie des Z^0 -Teilchens.

Die Teilchen der Klassenstufe 1 enthalten Energiequanten als potentielle Elemente, die bei Wechselwirkungen infolge der Gravitationskraft, der elektromagnetischen Kraft oder der starken Kraft absorbiert oder emittiert werden können.

Die Elemente der Klassenstufe 0 sind Energiequanten, die keine Ladungen tragen. Deshalb ändert sich beim Austausch der Elemente der Klassenstufe 0 nicht die Teilchenart, doch ändert sich ihre Masse. Sie haben keine Ruhmasse und bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit.

Im Allgemeinen treten mit den Teilchen der Klassenstufe 1 auch Ladungen der Ladungsstufe 1 auf, das sind elektrische Ladung Q , Spin J , die bei $\frac{1}{2}$ -zahligem Spin auftretende magnetische Ladung (magnetisches Moment). Das magnetische Moment fehlt bei ganzzahligem Spin. Das Antiteilchen T^{\wedge} zum Teilchen T (mit \wedge gekennzeichnet) hat die entgegengesetzten Ladungen des Teilchens und den entgegengesetzten Spin.

Alle Leptonen haben den Spin $\frac{1}{2}$ und somit ein magnetisches Moment, Beim Elektron e , Myon μ und τ -Lepton τ tritt noch die negative elektrische Ladung e^{-} , bei den Antiteilchen e^{\wedge} , μ^{\wedge} , τ^{\wedge} die positive elektrische Ladung e^{+} hinzu. Die Teilchen W^{+} , W^{-} der schwachen Kraft haben den Spin 1, weshalb sie nur eine elektrische aber keine magnetische Ladung besitzen.

Die Quantenzahlen L_e , L_{μ} , L_{τ} für den Erhalt der Leptonen-Paare $[e, \nu_e]$, $[\mu, \nu_{\mu}]$, $[\tau, \nu_{\tau}]$ sind keine Ladungen, obwohl sich das Vorzeichen der Quantenzahl bei den Anti-Leptonen-Paaren umkehrt.

Zu den stabilen Leptonen gehören Elektron e und Elektron-Neutrino ν_e . Zu den instabilen Leptonen gehören Myon μ und τ -Lepton, die Lebensdauer von Myon-Neutrino ν_{μ} , und τ -Lepton-Neutrino ν_{τ} ist unbekannt. Die Neutrinos haben eine sehr kleine oder keine Ruhenergie $0 \leq E^{\circ} < 2 \cdot eV$ (Ruhmasse $m^{\circ} = E^{\circ}/c^2$), weshalb sie sich fast oder mit Lichtgeschwindigkeit bewegen. Bei fehlender Ruhmasse $m^{\circ} = 0$ wären es Teilchen der Klassenstufe 0, die keine Elemente enthalten und kein magnetisches Moment besitzen.

Myon:

Das Myon $\mu \rightarrow e + \nu_e^{\wedge} + \nu_{\mu}$ hat eine große Ruhenergie ($E^{\circ} = 105,7$ MeV) relativ zum Elektron ($E^{\circ} = 0,511$ MeV) und zerfällt in der Zeit von $2,20 \cdot 10^{-4}$ Sekunden in ein Elektron e , ein Elektron-Antineutrino ν_e^{\wedge} und ein Myon-Neutrino ν_{μ} . Das sind Teile des Myons, keine Elemente, denn alle haben die gleiche Klassenstufe 1 für $m^{\circ} > 0$ und können Energiequanten als potentielle Elemente aufnehmen oder abgeben. Die Neutrinos kommen aber für $0 < m^{\circ} < 2/c^2$ eV den Elementen der Klassenstufe 0 ($m^{\circ} = 0$) sehr nahe, weshalb beim Austritt der Neutrinos ν_e^{\wedge} , ν_{μ} das Myon zu einem Elektron der gleichen Klassenstufe 1 wird.

Die entgegengesetzten magnetischen Momente von Elektron e und Antineutrino ν_e^{\wedge} oder Myon-Neutrino ν_{μ} und Elektron-Antineutrino ν_e^{\wedge} bedingen einen (instabilen) Zusammenhalt. Weil sich aber die Momente nicht vollständig aufheben, führen die gleichgerichteten Momente von Elektron e und Myon-Neutrino ν_{μ} zur Abstoßung und damit zum Zerfall.

τ -Lepton:

Das noch schwerere τ -Lepton $\tau \rightarrow \mu + \nu_{\mu}^{\wedge} + \nu_{\tau}$ mit der Ruhenergie $E^{\circ} = 1782$ MeV und der elektrischen Ladung eines Elektrons zerfällt in der Zeit von $3 \cdot 10^{-13}$ Sekunden in ein Myon μ , ein Myon-Antineutrino ν_{μ}^{\wedge} und ein τ -Neutrino ν_{τ} , die alle die gleiche Klassenstufe 1 haben und Energiequanten als potentielle Elemente aufnehmen oder abgeben können. Es sind keine Elemente sondern Teile des τ -Leptons, die aber Elementen der Klassenstufe 0 sehr ähnlich sind, weshalb beim Austritt der Neutrinos ν_{μ}^{\wedge} , ν_{τ} das τ -Lepton zu einem Myon der gleichen Klassenstufe 1 wird.

Higgs-Teilchen:

Weil die Teilchen der schwachen Kraft und das Higgs-Teilchen eine Ruhmasse $m^0 > 0$ haben, können sie Energiequanten als potentielle Elemente aufnehmen oder abgeben, doch erfordert das eine Wechselwirkung mit einer anderen Kraft.

Das Higgs-Teilchen H ist über seine Masse anteilig an allen Teilchen bis zur Klassenstufe 2 beteiligt. Das Teilchen Z^0 der schwachen Kraft hat die gleiche Klassenstufe 1 wie das Higgs-Teilchen und ist somit nicht Element sondern Teil des Higgs-Teilchens. Das Higgs-Teilchen besitzt keine Ladungen, es hat auch keinen Spin, $J=0$.

Mesonen:

Mesonen gehören zu den schweren Teilchen, den Hadronen, und bestehen aus einem Quark und einem Antiquark. Die Quarks besitzen Ladungen der Ladungsstufe 2, die sich aber beim Quark-Antiquark-Paar aufheben, weshalb ihnen die Baryonenzahl $B=0$ zukommt. Deshalb unterscheiden sie sich wesentlich von den Baryonen, die aus 3 Quarks oder 3 Antiquarks bestehen.

Aus dem einzelnen Quark können keine Leptonen austreten sondern erst aus einem Quarks-Tripel, dem Baryon, das somit die Klassenstufe 2 hat. Obgleich die Quarks Teile der Baryonen der gleichen Klassenstufe 2 sind, haben die Mesonen die Klassenstufe 1, weil sie keine Leptonen als Elemente enthalten, die ein- oder austreten können. Die Mesonen sind instabile Teilchen, die in Teilchen der gleichen Klassenstufe 1 zerfallen. Bei ihrem Zerfall treten keine Teilchen der Klassenstufe 2 auf, in die sich das Quark-Antiquark-Paar umwandeln müsste, wenn es von der Klassenstufe 2 wäre. Wenn Elemente aus Teilchen austreten, verändern sich die Teilchen, doch nicht ihre Klassenstufe, weil ihre Struktur den Wiedereintritt des Elements zulässt.

In den Zerfallsreihen der Mesonen treten nur Leptonen auf, Teilchen mit elektrischen Ladungen und Neutrinos. In Zwischenschritten zerfallen die schweren Mesonen in leichtere Mesonen, doch gibt es keinen stabilen Endzustand, in dem ein stabiles Teilchen der Klassenstufe 2 auftritt. Deshalb kommt den Mesonen die Klassenstufe 1 zu, obwohl sie aus 2 Teilchen (Quark und Antiquark) der Klassenstufe 2 bestehen. Die Mesonen sind instabil und zerfallen in Leptonen-Paare oder sie zerstrahlen:

Das elektrisch neutrale Meson Pion $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ zerstrahlt in 2 γ -Quanten in $8,3 \cdot 10^{-17}$ Sekunden. Die Energiequanten (γ -Quanten) haben die Klassenstufe 0.

Das Meson Anti-Pion $\pi^+ = u\bar{d} \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ (mit der elektrischen Ladung eines Positrons) besteht aus dem u-Quark und dem \bar{d} -Antiquark. Es zerfällt in $2,6 \cdot 10^{-8}$ Sekunden in 2 Leptonen, ein Anti-Myon μ^+ (mit der elektrischen Ladung und dem magnetischen Moment eines Positrons) und ein Myon-Neutrino ν_μ (mit dem magnetischen Moment eines Elektrons) der Klassenstufe 1.

Das Pion $\pi^- = \bar{u}d \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$ (mit der elektrischen Ladung eines Elektrons) besteht aus dem \bar{u} -Antiquark und dem d-Quark. Es zerfällt in die Leptonen Myon μ^- (mit der elektrischen Ladung und dem magnetischen Moment eines Elektrons) und Myon-Antineutrino $\bar{\nu}_\mu$ (mit einem entgegengesetzten magnetischen Moment zum Moment beim Myon μ^-) der Klassenstufe 1.

Bei den Pionen verschwinden die Quantenzahlen $B=Y=S=C=0$, der Isospin $I=I_3=+1$ ist ganzzahlig, weshalb ihm keine zur magnetischen Ladung äquivalente Ladung zukommt. Aufgrund der entgegengesetzten Ladungen der Stufe 2 ziehen sich die

Quarks $u^{\wedge}d$ im Pion π oder ud^{\wedge} im Anti-Pion π^{\wedge} an, was den Zerfall in 2 Leptonen $\mu+v_{\mu}^{\wedge}$ oder $\mu^{\wedge}+v_{\mu}$ zur Folge hat. Die Leptonen haben die Klassenstufe 1.

Beim Zerfall der Pionen π, π^{\wedge} gehen die Teile u-Quark, d^{\wedge} -Antiquark oder u^{\wedge} -Antiquark, d-Quark der Klassenstufe 2 über in die Teile Myon μ , Myon-Antineutrino v_{μ}^{\wedge} oder Anti-Myon μ^{\wedge} , Myon-Neutrino v_{μ} der Klassenstufe 1. Diese Leptonen sind somit implizit mit den Pionen gegeben.

Das Meson Anti-Kaon $K^{\wedge}=us^{\wedge}\rightarrow\pi^{\wedge}+\pi^{\circ}\rightarrow\mu^{\wedge}+v_{\mu}+2\gamma$ (mit der elektrischen Ladung eines Positrons) besteht aus dem u-Quark und dem instabilen s-Antiquark. Es zerfällt in $1,24\cdot 10^{-4}$ Sekunden in die instabilen Mesonen $\pi^{\wedge}, \pi^{\circ}$, die weiter zerfallen in die instabilen Leptonen Anti-Myon μ^{\wedge} , Myon-Neutrino v_{μ} der Klassenstufe 1 und in 2 γ -Quanten der Klassenstufe 0, die somit implizit mit dem Anti-Kaon K^{\wedge} gegeben sind.

Das elektrisch neutrale D-Meson $D^{\circ}\rightarrow K+\pi^{\wedge}+\pi^{\circ}$ zerfällt in $4\cdot 10^{-13}$ Sekunden in die instabilen Mesonen Kaon K, Anti-Pion π^{\wedge} , neutrales Pion π° der Klassenstufe 1, die aber weiter in stabile Leptonen der Klassenstufe 1 und γ -Quanten der Klassenstufe 0 zerfallen und somit implizit mit dem neutralen D-Meson D° gegeben sind.

Wenn die Teilchen der Klassenstufe 1 Elemente sind, müssen die Teilchen, die sie enthalten, von einer Klassenstufe $k>1$ sein.

Klassenstufe 2:

Teilchen, die Elemente der Klassenstufe 1 enthalten, haben die Klassenstufe $k=2$. Sie können auch Elemente der Klassenstufe 0 enthalten. Die schweren Teilchen, die aus 3 Quarks bestehenden Baryonen, sind Teilchen der Klassenstufe 2. Die Quarks sind keine freien Teilchen, doch liefern die 3 Quarks im Baryon anteilig Masse und Ladungen, weshalb die Quantenzahlen der Quarks mit dem Faktor $1/3$ multipliziert sind. Die Leptonen treten aus Baryonen aus, wobei alle 3 Quarks anteilig am Element beteiligt sind.

Aus den Baryonen können Leptonen mit magnetischen und elektrischen Ladungen austreten. Es verbleiben dann die entgegengesetzten Ladungen im Baryon, das in ein Teilchen der Klassenstufe 2 mit neuen Ladungseigenschaften aus Ladungen der Stufe 1 umgewandelt wird.

Bei den Teilchen der Klassenstufe $k=2$ treten zu den Leptonen-Ladungen der Ladungsstufe 1 neue Ladungen (ladungsartige Quantenzahlen) der Ladungsstufe 2 hinzu, das sind Baryonen-Ladung B, Isospin I, Isospin-Komponente I_3 , [Hyperladung Y, Strangeness (Seltsamkeit) S, Charm C, Beauty]. Bei den Quarks tritt noch die Quantenzahl Color hinzu. Doch entsprechen nicht allen Quantenzahlen Ladungen. Alle Baryonen haben die Baryonen-Ladung $B=+1$, ihre Antiteilchen haben $B=-1$, bei allen anderen Teilchen, einschließlich den Mesonen, ist $B=0$. Bei den Paaren verschiedener Quarks und Antiquarks heben sich die Ladungen der Ladungsstufe 2 auf ($B=0$), weshalb den Quark-Antiquark-Paaren die Klassenstufe 1 zukommt.

Stabile Baryonen sind die Nukleonen (Proton p, Neutron n) in den Atomkernen, die anderen Baryonen, z.B. Lambda-, Sigma-, Omega-Baryonen etc. sind instabil.
Neutron:

Von den stabilen Nukleonen ist das Neutron nur in den Atomkernen infolge der Anwesenheit der Protonen nahezu stabil. Das freie Neutron n ist instabil und zerfällt in der Zeit von 900 Sekunden (15 Minuten) in ein Proton p, ein Elektron e und ein Elektron-Antineutrino v_e^{\wedge} , $n\rightarrow p+e+v_e^{\wedge}$, die stabile Teilchen sind. Das Neutron wandelt sich bei der Emission der leichten Teilchen e, v_e^{\wedge} , die Elemente des Neutrons sind, in ein Proton um. Die magnetischen Momente von Elektron und Antineutrino heben sich auf, es verbleibt das magnetische Moment des Neutrons im

Proton. Doch tritt mit dem emittierten Elektron eine elektrische Ladung auf, die beim Neutron fehlt und als entgegengesetzte Ladung beim Proton vorhanden ist. Das Antiteilchen zum Elektron e ist das Positron e^+ mit positiver elektrischer Ladung und dem entgegengesetzten magnetischen Moment zum Moment des Elektrons. Das Positron ist ein Element des Protons, das aber nicht lokalisiert werden kann.

Es kann im Neutron kein Elektron und auch kein Antineutrino gefunden werden, doch werden diese Teilchen emittiert, was zur Umwandlung des Neutrons $n=udd$ in ein Proton $p=uud$ führt. Während die Teile (Quarks u, d) im Teilchen lokalisierbar sind, treten die Elemente erst beim Zerfall auf. Die elektrische Ladung der Nukleonen (Neutron, Proton) verteilt sich auf 3 Quarks, wobei $u=2/3$, $d=-1/3$ der elektrischen Ladung e tragen. Somit gilt im Neutron $u+d+d = 0$, im Proton $u+u+d = +1$. Die Restladung $(-u+d) = -1$ kommt dem emittierten Elektron e zu. Bei der Umwandlung des Neutrons in ein Proton wird ein u -Quark zu einem d -Quark, das die entgegengesetzte halbierte elektrische Ladung des u -Quarks und größere Masse besitzt.

In den Atomkernen sind auch umgekehrte Reaktionen möglich (beim β -Zerfall), in denen ein Proton in ein Neutron verwandelt wird, wenn Elektron und Antineutrino eintreten.

Proton und Neutron sind von der Klassenstufe 2, weil die leichten Teilchen (Elektron, Positron, Neutrino, Antineutrino) ihre (potentiellen) Elemente sind. Diese leichten Teilchen haben die Klassenstufe 1, weil sie eine Ruhmasse besitzen und somit Energiequanten der Klassenstufe 0 aufnehmen oder abgeben können, was auch auf Proton und Neutron zutrifft.

In den Teilchenbeschleunigern können aus den vorhandenen stabilen Teilchen, einschließlich Neutronen, beim Zusammenstoß mit gegenläufigen Teilchen extreme lokale Bedingungen erzeugt werden, so dass neue instabile Teilchen entstehen, die in Bruchteilen von Sekunden wieder zerfallen. Die u - und d -Quarks der stoßenden Nukleonen treten so dicht zusammen, dass sie sich in andere Quarks umwandeln, so dass neue Arten von Hadronen (Baryonen, Mesonen) entstehen:

Das elektrisch neutrale Baryon Lambda $\Lambda=uds \rightarrow p+\pi, n+\pi^0$ hat ein neues s -Quark, das zu dem u - und d -Quark tritt anstelle vom u -Quark beim Proton oder d -Quark beim Neutron. Es zerfällt in $2,6 \cdot 10^{-10}$ Sekunden entweder in das stabile Proton p und ein instabiles Meson (negatives) Pion π oder in ein Neutron n und ein instabiles π^0 -Meson (neutrales Pion). Bei der Emission des Elements Pion π der Klassenstufe 1 wandelt sich das Baryon Λ der Klassenstufe 2 in ein Proton der Klassenstufe 2 um. Bei der Emission des Elements neutrales Pion π^0 der Klassenstufe 1 wandelt sich das Baryon Λ in ein Neutron der gleichen Klassenstufe 2 um.

Das (negative) Baryon Sigma $\Sigma \rightarrow n+\pi$ zerfällt in $1,5 \cdot 10^{-10}$ Sekunden in das Neutron n und das instabile (negative) Pion π . Bei der Emission des Elements π wandelt sich das Baryon Σ in ein Neutron der gleichen Klassenstufe 2 um.

Das (positive) Anti-Sigma $\Sigma^+ \rightarrow p+\pi^0, n+\pi^+$ zerfällt in $0,8 \cdot 10^{-10}$ Sekunden entweder in das stabile Proton p und das instabile Element neutrales Pion π^0 , oder in das Neutron n und das instabile Element positives Anti-Pion π^+ .

Das neutrale Sigma $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda+\gamma$ zerfällt in $5,8 \cdot 10^{-20}$ Sekunden in das instabile Lambda Λ der gleichen Klassenstufe 2 und strahlt Energie (1 γ -Quant) der Klassenstufe 0 ab.

Das (negative) Xi $\Xi^- \rightarrow \Lambda+\pi$ zerfällt in $1,6 \cdot 10^{-10}$ Sekunden in das instabile Lambda Λ und das instabile Element (negatives) Pion π .

Das neutrale Baryon Xi $\Xi^0 \rightarrow \Lambda+\pi^0$ zerfällt in $2,9 \cdot 10^{-10}$ Sekunden in das instabile Lambda Λ und das instabile Element neutrales Pion π^0 .

Das Baryon (negatives) Omega $\Omega=sss \rightarrow \Lambda + K$, $\Xi^0 + \pi$ zerfällt in $0,9 \cdot 10^{-10}$ Sekunden entweder in das instabile Lambda Λ und das instabile Element (negatives) Kaon K (Meson der Klassenstufe 1) oder in das instabile neutrale Xi Ξ^0 und das instabile Element (negatives) Pion π .

Da sowohl Baryonen als auch Mesonen aus Quarks bestehen, zerfallen die instabilen Baryonen in 2 ungleiche Teile der Klassenstufen 2 und 1, in ein neues Baryon und ein Meson, die beide weiter zerfallen, bis nur noch stabile Teilchen existieren.

Die Trennung von Teilchen mit entgegengesetzten Ladungen ist äußerst instabil, sofern die Teilchen nicht hinreichend weit getrennt sind. Deshalb sind alle Mesonen instabil und zerfallen schrittweise weiter in stabile Teilchen der Klassenstufe 1 oder in γ -Quanten (Energiequanten) der Klassenstufe 0, wenn Quark und Antiquark zerstrahlen.

Das neutrale Baryon Lambda

$$\Lambda = uds \rightarrow p + \pi \rightarrow p + \mu + \nu_{\mu}^{\wedge} \rightarrow (p + e + \nu_e^{\wedge}) + (\nu_{\mu} + \nu_{\mu}^{\wedge}) = n + 2\gamma$$

der Klassenstufe 2 zerfällt in 3 Schritten:

- (1) in das stabile Baryon Proton p der Klassenstufe 2 und das instabile Meson Pion π der Klassenstufe 1,
- (2) das Pion $\pi \rightarrow \mu + \nu_{\mu}^{\wedge}$ zerfällt weiter in die instabilen Leptonen Myon μ , Myon-Antineutrino ν_{μ}^{\wedge} der Klassenstufe 1, die somit implizite Elemente von Λ sind,
- (3) das Myon $\mu \rightarrow e + \nu_e^{\wedge} + \nu_{\mu}$ zerfällt weiter in die stabilen Leptonen Elektron e , Elektron-Antineutrino ν_e^{\wedge} , Myon-Neutrino ν_{μ} der gleichen Klassenstufe 1, die somit auch implizite Elemente von Λ sind.

oder es zerfällt in das (instabile) Neutron $n \rightarrow p + e + \nu_e^{\wedge}$ und das Myon-Neutrino-Paar (Myon-Neutrino, Myon-Antineutrino) $\nu_{\mu} + \nu_{\mu}^{\wedge} = 2\gamma$, das in 2 γ -Quanten zerstrahlt.

Die Leptonen Elektron e , Myon-Neutrino ν_{μ} , Myon Antineutrino ν_{μ}^{\wedge} sind implizite Elemente der Klassenstufe 1 vom Baryon Λ der Klassenstufe 2. Wenn Λ diese Leptonen emittiert, was über die Mesonen erfolgt, wandelt es sich in das stabile Proton p der Klassenstufe 2 um. In Λ geht das instabile s -Quark in ein u -Quark über, wenn ein π -Meson emittiert wird. Wenn ein π^0 -Meson emittiert wird, geht das instabile s -Quark in ein d -Quark über und Λ wird zum Neutron n .

Umgekehrt können bei hinreichender Energiezufuhr aus Teilchen-Antiteilchen-Paaren auch Paare höherer Klassenstufen entstehen. Jedes aus Teilchen und Antiteilchen bestehende System hat die Quantenzahlen $B=L_e=L_{\mu}=L_{\tau}=0$, $Q=I=Y=C=0$, weil das Vorzeichen \pm dieser Quantenzahlen bei Teilchen und Antiteilchen entgegengesetzt ist. Folglich kann jedes dieser Systeme in jedes andere aus Teilchen und Antiteilchen bestehende System übergehen, ohne gegen die Erhaltungssätze für diese Ladungen zu verstoßen. Deshalb sind für das Elektron-Positron-Paar $e+e^{\wedge}$ folgende Prozesse möglich:

$e+e^{\wedge} \rightarrow 2\gamma$ (Paarvernichtung im Anfangszustand, die Teilchen zerstrahlen),

$e+e^{\wedge} \rightarrow p+p^{\wedge}$, $e+e^{\wedge} \rightarrow \tau+\tau^{\wedge}$ (Paarerzeugung im Endzustand, schwere Teilchen, Proton-Antiproton-Paare $p+p^{\wedge}$ oder τ -Neutrino- τ -Antineutrino-Paare $\tau+\tau^{\wedge}$ entstehen).

Das (neutrale) Z^0 -Teilchen zerfällt nach seiner Entstehung infolge seiner extrem hohen Energie in ein Lepton-Antilepton-Paar oder in ein Quark-Antiquark-Paar (Meson).

Solche Prozesse werden an Teilchenbeschleunigern, speziell den Elektron-Positron-Speicherringen untersucht. Bei der Erzeugung der schweren Teilchen-Paare wird die kinetische Energie (Klassenstufe 0) der leichten Teilchen-Paare (Klassenstufe 1) in

die Ruhenergie der schweren Teilchen-Paare (beim Proton Klassenstufe 2, beim τ -Lepton Klassenstufe 1) umgewandelt, sofern die kinetische Energie den Schwellwert (= doppelte Ruhenergie des schweren Teilchens) überschreitet. Umgekehrt kann auch aus Ruhenergie $m^0 \cdot c^2$ der Teilchen kinetische Energie hervorgehen, gemäß der sich die austretenden Elemente mit einer Geschwindigkeit $\rightarrow^3 v$ bewegen.

Klassenstufe 3:

Es ist naheliegend, dass die Teilchen der Klassenstufe 2 Elemente aus überschweren Teilchen der Klassenstufe $k=3$ sind. Diese Teilchen können mit der Dunkelmaterie gegeben sein, deren Anteil 95% der gesamten Materie im Kosmos sein soll. Analog zu den 3 Quarks in den Baryonen könnten auch die Teilchen der Klassenstufe 3 in weitere elementare Teile (Dunkel-Quarks) zerlegt sein. Es gibt dann überstarke Kräfte mit Dunkel-Gluonen. Außerdem müssten mit den Teilchen der Klassenstufe 3 neue Ladungsarten der Ladungsstufe 3 auftreten. Wenn Elemente der Klassenstufen 2 mit ihren Ladungen aus- oder eintreten, treten die (entgegengesetzten) Ladungen der Ladungsstufen 2 und 1 beim Teilchen der Klassenstufe 3 auf.

Mit den (dunklen) Teilchen der Klassenstufe 3 können dann innere Kerne gegeben sein, deren Hüllteilchen die Nukleonen der Klassenstufe 2 sind, analog zu den Atomkernen, deren Hüllteilchen Elektronen der Klassenstufe 1 sind. Die anziehende Kraft der inneren Kerne aus dunklen Teilchen mit der Anti-Baryonen-Ladung $B=-1$ und den sichtbaren Hüllteilchen (Protonen, Neutronen) mit der Baryonen-Ladung $B=+1$ kann nicht gemessen werden, weil die Reichweite des Baryonen-Feldes sehr klein ist und die Teilchen der Klassenstufe 3 (noch) unbekannt sind.

Fasst man die Masse als (vorzeichenlose) Ladung der Stufe 0 auf, die jedem Teilchen zukommt, dann müssten bei den Teilchen der Klassenstufe k wenigstens 2^k neue Ladungsarten (Quantenzahlen) der Stufe k auftreten, zu denen noch Quantenzahlen treten, die keine Ladungen sind.

Für $k=0$ gibt es nur eine "Ladung", die Masse.

Für $k=1$ gibt es 2 Ladungen, die elektrische und magnetische Ladung ($1/2$ -zahliger Spin) und die Quantenzahlen L_e, L_μ, L_τ .

Für $k=2$ gibt es 4 Ladungen, Baryonen-Ladung B , Isospin I , Isospin-Komponente I_3 , Quantenzahlen [Hyperladung Y , Strangeness S , Charm C , Beauty] und bei den Quarks die Ladung Color.

Für $k=3$ müsste es wenigstens 8 ladungsartige Quantenzahlen geben.

Aus Teilchen der Klassenstufe $k'=k+1$ können Teilchen der Klassenstufe k mit Ladungen der Ladungsstufe k austreten. Wenn diese Ladungen im Teilchen der Klassenstufe k' fehlen, dann treten beim Austritt der stufenkleineren Elemente mit ihren Ladungen die Antiteilchen mit entgegengesetzten Ladungen der Ladungsstufe k in dem Teilchen der Klassenstufe k' auf. Das gilt auch beim Austritt von Teilchen kleinerer Klassenstufen $0 \leq k' \leq k$, die Ladungen der Ladungsstufe k' mitnehmen, so dass im Teilchen der Klassenstufe k' entgegengesetzte Ladungen der Ladungsstufe k' verbleiben. Das erfordert der Erhaltungssatz der Ladungen, die sich beim Teilchen-Antiteilchen-Paar aufheben.

Die (ladungsartigen) Quantenzahlen sind zur Charakterisierung der Teilchen erforderlich, dienen zur Klassifikation der Teilchen und zur Formulierung von Einschränkungen bei Umwandlungsprozessen. Doch sind sie für das einzelne Teilchen nicht direkt messbar.

3.2.3 Satz 1

Der physikalische Kosmos enthält Elementarteilchen der Klassenstufen $0 \leq k \leq 3$:

0 - Gravitonen, Photonen, Gluonen (Teilchen der Gravitationskraft, der elektromagnetischen Kraft und der starken Kraft),

1 - Leptonen (Neutrinos, Elektronen), Z^0 -, W^+ -, W^- -Teilchen der schwachen Kraft,

Mesonen (aus Quark und Antiquark der Klassenstufe 2), das Higgs-Teilchen H,

2 - Baryonen (aus 3 Quarks), speziell die stabilen Nukleonen (Proton, Neutron),

3 - Dunkelmaterie (aus mehreren Dunkel-Quarks).

Die Klasse aller Teilchen aus dem physikalischen Kosmos hat die Klassenstufe 4, die auch dem Kosmos zukommt. Es gilt die Element-Relation \in der Klassentheorie. Die Elemente eines Teilchens können aus- oder eintreten, doch sind sie im Teilchen nicht lokalisierbar, auch nicht die entstandenen Löcher beim Austritt.

Mit der Klassenstufe k treten wenigstens 2^k neue Ladungsarten auf (für $k=0$ die Masse), die den Teilchen der kleineren Klassenstufen $0 \leq j < k$ fehlen.

Beim Ein- oder Austritt von Elementen mit Ladungen findet eine Umwandlung des stufengrößeren Teilchens statt, das seine Ladungen ändert aber nicht die Klassenstufe. Die Massen der Elemente sind klein relativ zu den Massen der Teilchen, die sie als (potentielle) Elemente enthalten.

Wenn die Energiezufuhr bei Teilchen-Antiteilchen-Paaren einen Schwellwert übersteigt, wandelt sich kinetische Energie in Ruhmasse um, was zu einer Erhöhung der Klassenstufe der Teilchen-Antiteilchen-Paare führen kann.

3.2.4 Elementarteilchen in Räumen höherer Dimensionen

3.2.4.1 Kleinste Dimension pro Klassenstufe

Jedes Elementarteilchen ist angenähert eine Kugel im 3-dimensionalen Raum, doch ist nicht jedes Teilchen ein Massenpunkt. In der Abstraktion können Energiequanten, also Teilchen der Klassenstufe 0, Massenpunkte (0-dimensional) sein.

Teilchen mit einem magnetischen Moment ($\frac{1}{2}$ -zahligem Spin) besitzen einen Nord- und einen Südpol. Die Pole können nicht in einem Punkt verschmelzen, weshalb sie in der Abstraktion wenigstens Stäbe, also 1-dimensionale Teilchen sind, denen im 2-dimensionalen Raum Kreisflächen entsprechen können, gemäß deren Durchmesser Nord- und Südpol getrennt sind. Im 3-dimensionalen Raum sind es (rotierende) Kugeln. Gemäß ihrer Durchmesser (der Rotationsachse) sind Nord- und Südpol voneinander getrennt. Ab den Teilchen der Klassenstufe 1, den Leptonen und Kraftteilchen der schwachen Kraft, treten magnetische und elektrische Ladungen auf, die bei den Teilchen der Klassenstufe 0 fehlen.

Die Baryonen bestehen aus 3 Quarks, die nicht auf einer Geraden liegen, weil jedes Quark mit den anderen beiden Quarks durch die starke Kraft (Austausch von Gluonen) verbunden ist. Ihre Verbindung erzeugt eine Fläche, ein Dreieck. Ab den Teilchen der Klassenstufe 2 treten Teilchen (Baryonen) aus 3 Teilen auf, weshalb sie in der Abstraktion wenigstens 2-dimensional sind. Im 3-dimensionalen Raum gibt es auch gekrümmte Flächen, etwa die Oberfläche einer Kugel, die die 3 Quarks umschließt. Ab den Teilchen der Klassenstufe 2 treten neue Ladungsarten auf, Baryonen-Ladung, Isospin, Isospin-Komponente I_3 , [Hyperladung, Strangeness, Charm, Beauty] und Color bei den Quarks. Auch treten neue Kraftteilchen auf, die Gluonen. Sie fehlen bei den Teilchen der Klassenstufen 1 und 0.

Die Dunkelmaterie der Klassenstufe 3 müsste auf Teilchen führen, die 3-dimensional sind und in der Abstraktion nicht auf kleinere Dimensionen verkürzt werden können. Es gibt dann überschwere Teilchen, die aus wenigstens 4 Dunkel-Quarks bestehen, die so angeordnet sind, dass die Oberfläche der Kugel nicht durch eine Fläche (ein Dreieck) ersetzt werden kann. Mit der Dunkelmaterie müssten neue Ladungsarten und neue Kraftarten auftreten.

In den abstrakten Räumen mit $k=0,1,2,3$ Raum-Dimensionen treten mit jeder höheren Dimension neue Teilchenarten der Klassenstufe k auf mit neuen Ladungsarten der Ladungsstufe k . Die kleinste Dimension k der Teilchen ist mit ihrer Klassenstufe k und ihrer höchsten Ladungsstufe k identisch. In einem k -dimensionalen Raum haben alle Teilchen der Klassenstufen $0 \leq i \leq k$ die gleiche Dimension k , im physikalischen Kosmos ist $k=3$. Die Teilchen T^i der Klassenstufen $0 \leq i \leq k$ können stets von einer höheren Dimension $k \geq i$ sein und in Kosmen mit wenigstens k Raum-Dimensionen auftreten. Es ist naheliegend, dass in Kosmen mit $k > 3$ Raum-Dimensionen auch neue Teilchenarten (mit neuen Ladungsarten) auftreten, die von höherer Klassenstufe sind. Aus den Eigenschaften der Teilchen T^i in dem bekannten Anfangsabschnitt der Klassenstufen $0 \leq i \leq 2$ bei $k=3$ Raum-Dimensionen wird auf die Eigenschaften der Teilchen höherer Klassenstufen in Kosmen mit $k > 3$ Raum-Dimensionen geschlossen.

3.2.4.2 Messbare (sichtbare) und dunkle Teilchen

Die Raum-Dimension k des Raum-Zeit-Kosmos begrenzt die Klassenstufe k der in ihm auftretenden Elementarteilchen und Funktionen. Die Funktion ist eine Zuordnung, die um eine Klassenstufe höher ist als die höchste Klassenstufe der Elemente aus ihrem Definition- und Wertebereich.

Die Voraussetzung für eine Messung der Teilchen ist ihr Transport zum Messinstrument. Wenn Teilchen im Quantenfeld transportiert werden, sind sie messbar (sichtbar). Das Quantenfeld ist eine Wellenfunktion (Wahrscheinlichkeitswelle), die analog zu den Teilchen auch eine Klassenstufe besitzt, die um genau eine Klassenstufe höher ist als die höchste Klassenstufe der Elemente aus Definition- und Wertebereich. Der Wertebereich des Quantenfeldes enthält Wahrscheinlichkeiten (Gewissheiten) der Klassenstufe 0. Der Definitionsbereich kann bei k Raum-Dimensionen Teilchen bis zur Klassenstufe $k-1$ enthalten. Dann hat das Quantenfeld, das sich im k' -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos ausbreitet, die Klassenstufe k wie die Teilchen der höchsten Klassenstufe k im Kosmos mit $k(=3)$ Raum-Dimensionen. Teilchen und Funktionen höherer Klassenstufen können in ihm nicht auftreten.

Das Quantenfeld, das sich in einem k -dimensionalen Raum ausbreitet, kann nur Teilchen bis zur Klassenstufe $k-1$ transportieren, die um wenigstens eine Dimension verkürzt werden können, was für $k=3$ Teilchen der Klassenstufen $0 \leq k \leq 2$ sind. Wenn das Quantenfeld das Messinstrument erreicht, kann je nach Versuchsanordnung die Frequenz ν der Wahrscheinlichkeitswelle oder die Masse m , speziell die Ruhmasse m^0 des Teilchens, das transportiert wird, gemessen werden. Die gemessenen Teilchen oder Wellen sind somit sichtbar.

Die Teilchen der Klassenstufe k im k -dimensionalen Raum werden nicht in einem Quantenfeld transportiert, weshalb sie dort nicht messbar, also dunkel sind, was bei $k=3$ Raum-Dimensionen auf die Teilchen der Klassenstufe 3 zutrifft, deren Dimension nicht weiter verkürzt werden kann.

In einem 4-dimensionalen Raum können auch Teilchen der Klassenstufe 3 im Quantenfeld transportiert werden, weshalb sie dort als 4-dimensionale Teilchen messbar sind. Dann können die dunklen Teilchen nur 3-dimensionale Hyperflächen im 4-dimensionalen Teilchen sein (s. Abschn. 4).

Mit jeder höheren Dimension $k(\geq 4)$ des Raumes gibt es auch wieder dunkle Teilchen der Klassenstufe k , die nicht im Quantenfeld transportiert werden. Doch gibt es ein Quantenfeld im $(k+1)$ -dimensionalen Raum, das $(k+1)$ -dimensionale Teilchen transportiert und mit ihnen die k -dimensionalen Hyperflächen, denen im k -dimensionalen Raum dunkle Teilchen entsprechen. Bei der Verkürzung der Raum-Dimensionen von $k=3$ auf $k=2,1$ sind die dunklen Teilchen bekannt.

$k=2$: In einem abstrakten Kosmos mit 2 Raum-Dimensionen sind die Teilchen der Klassenstufe 2 dunkel, das sind die Baryonen und die Austauschteilchen (Gluonen) der starken Kraft. Es treten nur noch sichtbare Teilchen der Klassenstufen $0 \leq k \leq 1$ auf, das sind die Leptonen und die Austauschteilchen (Z^0 , W^+ , W^-) der schwachen Kraft und die Austauschteilchen (Photonen) der elektromagnetischen Kraft.

$k=1$ In einem abstrakten Kosmos mit 1 Raum-Dimension sind die Teilchen der Klassenstufe 1 dunkel, das sind Leptonen und die Austauschteilchen Z^0 , W^+ , W^- der schwachen Kraft. Teilchen (Photonen) der Klassenstufe 0 kann das Quantenfeld (elektromagnetischen Welle) transportieren, es gibt Licht.

Die Gravitationskraft, deren Austauschteilchen die Gravitonen sind, tritt immer auf, da alle Teilchen eine Masse besitzen.

3.2.4.3 Eigenschaftsstufen

(1) Quarks-Stufen

In den k' -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmen mit 1 Zeit- und k Raum-Dimensionen können Elementarteilchen der Klassenstufen $0 \leq i \leq k-1$ und dunkle Teilchen der Klassenstufe k auftreten. Es ist naheliegend, dass die Teilchen T^i der Klassenstufen i analog zu den Baryonen (Klassenstufe $i=2$) aus wenigstens i' Teilchen (i -Quarks) T^i_Q der gleichen Klassenstufe i bestehen, die so angeordnet sind, dass sie eine i -dimensionale Hyperfläche ($i \leq k$) definieren, obwohl sie alle k -dimensional sind. Dann kann das sichtbare Teilchen T^i der Klassenstufe i erst in Kosmen mit $k \geq i'$ Raum-Dimensionen auftreten, das dann auch k -dimensional ist, für $k=i$ ist es noch dunkel.

Die Teilchen (Energie- oder Massequanten) $T^0 (=T^0_Q)$ der Klassenstufe 0 besitzen nur Massen aber keine Ladungen, sie sind in keine Teile zerlegt.

Die Teilchen (Leptonen) T^1 der Klassenstufe $i=1$ bestehen aus 2 Quarks T^1_Q der Stufe 1 mit entgegengesetzter magnetischer Ladung (Dipole), die aber nicht getrennt auftreten können. Das Teilchen besitzt ein magnetisches Moment.

Analog kann das Auftreten von Multipolen (Quadrupole, 2^i -Pole) eine weitere Verkürzung der Dimension nicht zulassen.

Die Baryonen T^2 der Klassenstufe $i=2$ bestehen aus 3 Quarks T^2_Q der Stufe 2, die sich von den i -Quarks höherer Klassenstufen $i > 2$ unterscheiden, weshalb die Quarks der Klassenstufe 2 auch 2-Quarks genannt werden.

Wenn aus einem Teilchen T^j der Klassenstufe $j > i$ ein Element T^i der Klassenstufe i austritt, dann treten aus den stufengleichen Teilen (j -Quarks) T^j_Q des Teilchens T^j Elemente T^i_Q aus, die zu stufengleichen Bestandteilen des Elements $T^i \in T^j$ werden, deren Anzahl i' aber kleiner ist als die Anzahl j' beim Teilchen T^j , aus dem das Element austritt. Beim Austritt der Elemente $T^i \in T^j$ findet eine Umwandlung der Quarks $T^j_Q \Rightarrow T^{j-i}_Q$ statt, weil sich nicht nur ihre Massen sondern auch ihre Ladungen verändern. Das Teilchen $T^j \Rightarrow T^{j-i}$ geht in ein Teilchen T^{j-i} gleicher Klassenstufe j über aber im Allgemeinen mit veränderter Ladung. Doch ist der Ruhmassenverlust beim Austritt des Elements sehr klein, weshalb das veränderte Teilchen zur gleichen Teilchenklasse bezüglich seiner Schwere gehört.

(2) Ladungsstufen

Mit jeder höheren Klassenstufe i der Teilchen treten neue Ladungsarten der Stufe i auf, die von einem Feld umgeben sind. Bei gleichem Vorzeichen der Ladungen kommt es zur Abstoßung der Teilchen, bei entgegengesetztem Vorzeichen der Ladungen kommt es zur Anziehung der Teilchen.

$i=0$: Die Masse m der Teilchen ist eine "Ladung" (ohne Vorzeichen) der Stufe 0, die allen Teilchen zukommt. Sie definiert punktuell die Metrik und damit die Krümmung der Raum-Zeit. Mit der Metrik existiert das Gravitationspotential zwischen den Massen der Körper in der Raum-Zeit.

$i=1$: Ab den Teilchen (Leptonen) der Klassenstufe 1 treten die magnetische und die elektrische Ladung auf, die ein Vorzeichen besitzen. Es sind Ladungen der Stufe 1, die jeweils punktuell in der Raum-Zeit von einem magnetischen oder elektrischen Feld umgeben sind. Sie fehlen bei den Teilchen der Klassenstufe 0.

$i=2$: Ab den Teilchen (Baryonen) der Klassenstufe 2 treten neue Ladungsarten der Stufe 2 auf, Baryonen-Ladung, Isospin, Isospin-Komponente I_3 , [Hyperladung, Strangeness, Charm, Beauty] und Color bei den Quarks. Sie sind jeweils punktuell in

der Raum-Zeit von einem speziellen Feld umgeben. Die Ladungen fehlen bei den Teilchen der Klassenstufen 1 und 0. Jede Ladung (sofern es nicht nur Quantenzahlen sind) ist punktuell in der Raum-Zeit von einem Feld umgeben. Die Ladungen verteilen sich bei den Baryonen T^2 auf die 3 Quarks T^2_Q der Klassenstufe 2, weshalb den Quarks gebrochene Ladungs-Quanten zukommen.

$i \geq 3$: Ab den Teilchen der Klassenstufe 3 treten neue Ladungsarten der Stufe i auf, die im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos mit $k=3$ Raum-Dimensionen unbekannt sind, auch bei den dunklen Teilchen der Klassenstufe 3.

Aus dem Anfangsabschnitt der Ladungsarten bei Teilchen der Klassenstufen $i=0,1,2$ kann gefolgert werden, dass wenigstens 2^i neue Ladungsarten ab den Teilchen der Klassenstufe i auftreten. Jede Ladung (sofern es nicht nur Quantenzahlen sind) ist punktuell in der Raum-Zeit von einem Feld umgeben.

Die Ladungen der Ladungsstufe i eines Teilchens T^i der Klassenstufe i verteilen sich auf die (wenigstens) i^i i -Quarks T^i_Q der gleichen Klassenstufe i , aus denen es besteht. Das führt zu unterschiedlich gebrochenen Ladungsanteilen bei den i -Quarks der Teilchen der Klassenstufe i . Die i -Quarks sind stufengleiche Teile eines Elementarteilchens und somit keine Elemente des Teilchens. Es gibt keine freien i -Quarks. Sie können bei Umwandlungsprozessen unter Berücksichtigung der ganzen Ladungen des Teilchens ausgetauscht werden.

Die Teilchen T^i der Klassenstufe i sind im Allgemeinen auch Träger der Ladungen der Stufen $0 < i \sim i$ von stufenkleineren Teilchen, die sie als Elemente enthalten. Wenn das Element seine Ladung mitnimmt, dann verbleibt im stufengrößeren Teilchen die entgegengesetzte Ladung, die sich auf die (wenigstens) i^i i -Quarks T^i_Q der gleichen Klassenstufe i verteilt. Entsprechend sind die i -Quarks T^i_Q potentielle Träger von gebrochenen Ladungen der Stufen $0 < i \sim i$.

(3) Innere Atomkern-Stufen

Das Atom besteht aus einem Atomkern und einer Elektronen-Hülle. Der Atomkern besteht aus den Nukleonen Proton und Neutron, das sind schwere Teilchen der Klassenstufe 2 mit Ladungen der Ladungsstufe 2. Ihre Elemente der Klassenstufe 1 sind Träger von Ladungen der Stufe 1, die beim Austritt der Elemente mitgenommen werden, weshalb die entgegengesetzten Ladungen der Stufe 1 im schweren Teilchen auftreten. Somit können die schweren Teilchen auch Träger von Ladungen der Stufe 1 sein.

Das Neutron besitzt neben der Baryonen-Ladung auch ein magnetisches Moment, das mit dem Austritt eines Neutrinos aus einem instabilen schweren Teilchen mit Ladungen der Stufe 2 aber ohne Ladungen der Ladungsstufe 1 hervorgehen kann. Das instabile Teilchen muss nicht explizit auftreten, wenn das Neutron zusammen mit dem Neutrino aus einem überschweren Teilchen der Klassenstufe 3 austritt.

Elektronen sind leichte Teilchen der Klassenstufe 1 mit Ladungen der Ladungsstufe 1, einer elektrischen Ladung und einem magnetischen Moment. Das Elektron ist ein Element im Neutron, das aus ihm austreten kann, und ein potentielles Element im Proton, in das es eintreten kann. Das leichte Element nimmt beim Austritt seine Ladung mit, es tritt die entgegengesetzte Ladung im schweren Teilchen auf. Die entgegengesetzten Ladungen führen zur Anziehung von Element und Teilchen. Gemäß der kinetischen Energie der Elektronen kommt es zu elektrischen Bindungen an den Atomkern, den sie auf bestimmten Quantenbahnen umkreisen oder als stehende Welle umgeben. Beim Eintritt in das schwere Teilchen heben sich die entgegengesetzten Ladungen auf. Das Auftreten von entgegengesetzten magneti-

schen Momenten bei den Elektronen führt zu Molekülbindungen, z.B. bei Sauerstoff O_2 oder Wasserstoff H_2 .

In einem Kosmos mit $k \geq 4$ Raum-Dimensionen sind die (schweren) Nukleonen der Klassenstufe 2 und Träger von Ladungen der Stufe 2 Elemente von überschweren Teilchen der Klassenstufe 3 mit Ladungen der Stufe 3. Beim Austritt nehmen sie ihre Ladungen (Baryonen-Ladung, Isospin etc.) mit. Die entgegengesetzten Ladungen der Stufe 2 treten dann beim überschweren Teilchen der Klassenstufe 3 auf, was zur Anziehung der schweren Teilchen führt. Entsprechend der kinetischen Energie der Nukleonen kommt es zu Baryonen-Ladungs-Bindungen an einen inneren Kern aus überschweren Teilchen der Klassenstufe 3, den sie auf bestimmten Quantenbahnen umkreisen oder als stehende Welle umgeben. Der Isospin der Nukleonen kann zu inneren Molekülbindungen führen.

Im physikalischen Kosmos mit $k=3$ Raum-Dimensionen sind die dunklen überschweren Teilchen der Klassenstufe 3 durch 3-dimensionale Hyperflächen im 4-dimensionalen Teilchen gegeben, aus denen 3-dimensionale Elemente der Klassenstufe 2, insbes. die Nukleonen, austreten können (s. Abschn. 4). Mit den 4-dimensionalen inneren Kernen gibt es 3-dimensionale dunkle innere Kerne, die von sichtbaren Hüllteilchen (Nukleonen) der Klassenstufe 2 umgeben sind. Die Anziehung beruht auf der entgegengesetzten Baryonen-Ladung der dunklen überschweren Teilchen zur Baryonen-Ladung der sie umgebenden Nukleonen. Da die dunklen Teilchen experimentell nicht nachweisbar sind, bilden die Hüllteilchen den aus Nukleonen bestehenden Atomkern und die Baryonen-Ladung entartet in eine Quantenzahl.

In Kosmen mit k Raum-Dimensionen treten mit den sichtbaren Teilchen bis zur Klassenstufe $k-1$ und den Ladungen bis zur Ladungsstufe $k-1$ auch verschachtelte innere Kerne der Klassenstufen $1 \leq i \leq k-1$ auf:

$i=1$: Elektronenhülle,

$i=2$: Atomkern aus Nukleonen,

$i=3$: 1. innerer Kern vom Atomkern mit Nukleonen-Hülle, ...,

i : $(i-2)$. innerer Kern mit Hüllteilchen der Klassenstufe $i-1$, ...,

$i=k-1$: $(k-3)$. innerer Kern mit Hüllteilchen der Klassenstufe $k-2$.

Es folgt noch ein dunkler innerer Kern der Klassenstufe k aus dunklen Teilchen der Klassenstufe k , der von sichtbaren Hüllteilchen der Klassenstufe $k-1$ umgeben ist.

(3) Kraftstufen und Stufen der Austauschteilchen (Kraftteilchen)

Mit jeder höheren Klassenstufe $0 \leq i \leq k-1$ und Ladungsstufe i der Teilchen treten neue Arten von Kräften der Stufe i auf mit neuen Austauschteilchen (i -Gluonen) die auch Kraftteilchen genannt werden. Die Kräfte ermöglichen den Zusammenhalt der Teilchen, speziell der i -Quarks T^i_Q der Klassenstufe i im Teilchen T^i .

Die Kraftteilchen $T^0_{(i)}$ (i -Gluonen) der Stufe i , die zwischen i -Quarks T^i_Q der gleichen Klassenstufe i ausgetauscht werden, enthalten keine Elemente, weshalb ihnen die Klassenstufe 0 zukommt. Sie haben keine Ruhmasse, $m^0_{(i)}=0$, und bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit. Es sind Energiequanten $E_{(i)}=h \cdot \nu_{(i)}=m_{(i)} \cdot c^2$ oder Impulsquanten $E_{(i)}/c$ im Quantenfeld, denen im Wellenbild eine Frequenz $\nu_{(i)}>0$, im Teilchenbild eine Masse $m_{(i)}>0$ entspricht. Sie sind in keine stufengleichen Teile (Quarks der Klassenstufe 0) zerlegt.

Doch unterscheiden sich die Kraftteilchen $T^0_{(i)}$ bei den Kraftarten, die zwischen den i -Quarks T^i_Q der Klassenstufe i auftreten. Die Masse $m_{(i)}$ der i -Gluonen nimmt mit jeder Klassenstufe i der Quarks T^i_Q sprunghaft zu.

Im Wellenbild ist das Quantenfeld analog zur elektromagnetischen Welle eine Welle mit Ladungskomponenten der Ladungsstufe i . Bei den wenigstens 2^i verschiedenen Ladungsarten der Stufe i kann es bis zu 2^{i-1} verschiedene i -Wellen mit Ladungen der Stufe i geben mit verschiedenen oder sich überlappenden Komponenten. Sie treten auf bei Quantensprüngen der Hüllteilchen der Klassenstufe i mit Ladungen der Stufe i , die den inneren Kern der Klassenstufe $i+1$ umgeben, der Träger der entgegengesetzten Ladungen der Stufe i ist (aus dem diese Elemente ausgetreten sind).

Aus der Absorption der Kraftteilchen (Energiequanten) folgt eine Bewegung der Teilchen. Sie befinden sich nicht mehr im Ruhssystem. Haben die Energiequanten die Klassenstufe 0, also keine Ruhmasse, dann erhöht sich auch nicht die Ruhmasse der Teilchen, die diese Energiequanten absorbieren. Doch führt die Richtungsänderung des Ereignis-Impulses zum Auftreten von Impuls-Komponenten, die im Ruhssystem fehlen. In der speziellen Relativitätstheorie (SRT) ist der k -dimensionale Impuls $\vec{p}^k = m \cdot \vec{v}$ bei kleinen Geschwindigkeiten $v = |\vec{v}|$ relativ zur Lichtgeschwindigkeit c proportional zur Geschwindigkeit $\vec{v} = dx/dt$, der Proportionalitätsfaktor Masse $m = m^0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$ des Teilchens wird aber bei Geschwindigkeiten $v \rightarrow c$ unendlich groß, so dass ein Erreichen der Lichtgeschwindigkeit unmöglich ist. Das gilt auch in der ART, doch muss in den Formelapparat die Metrik mit einbezogen werden.

Wenn ein Schwellwert in der zugeführten Energie überschritten wird, kann bei Teilchen-Antiteilchen-Paaren die Ruhmasse m^0 sprunghaft größer werden, so dass aus leichten Teilchen-Paaren schwere Teilchen-Paare werden. Somit gibt es eine Umwandlung von kinetischer Energie $E_{kin} = m \cdot v^2/2$ in Ruhenergie $E^0 = m^0/c^2$, wenn die Masse m einen Schwellwert überschreitet. Der Teilchen-Impuls \vec{p}^k ist eine k -dimensionale Komponente des k' -dimensionalen Ereignis-Impulses (Impuls-Energie) $\vec{p}^k = \vec{p}^k + (i \cdot E/c) \cdot e_k$.

Die Ruhmasse m^0 des Teilchens vergrößert sich nicht beim Übergang zu einem Bezugssystem, in dem sich das Teilchen mit einem Impuls \vec{p}^k bewegt, weil Teilchen der Klassenstufe 0 mit der Ruhmasse $m^0 = 0$ hinzutreten, die sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, für diese Teilchen gilt: $(\vec{p}^k)^2 = (\vec{p}^k)^2 - (E_0/c)^2 = 0$, $|\vec{p}^k| = m_0 \cdot c$. Die zugeführte Energie $E_0 = m_0 \cdot c^2$ wird durch den Impuls \vec{p}^k der Teilchen der Klassenstufe 0 kompensiert.

Anfangsabschnitt der Kraftarten der Stufen $0 \leq i \leq k$:

$i=0$: Gravitationskraft ab Teilchen der Klassenstufe 0, Gravitonen (0-Gluonen)

Bei Änderung der Massenverteilung infolge der Gravitationskraft (Kraft der Stufe 0) tritt ein Quantenfeld auf. Das ist eine Gravitationswelle, die Gravitonen $T^0_{(0)}$ (Kraftteilchen der Stufe 0) transportiert. Diese haben keine Ruhmasse, $m^0_{(0)} = 0$, und bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit. Im stationären Zustand der Teilchen-Systeme findet bezüglich ihrer Massen ein Austausch von Gravitonen statt.

$i=1$: elektromagnetische Kraft ab Teilchen der Klassenstufe 1, Photonen (1-Gluonen)

Die elektromagnetische Kraft (Kraft der Stufe 1) bedingt eine Zustandsänderung der Teilchen mit elektrischer oder magnetischer Ladung, bei der ein Quantenfeld ausgesandt wird, eine elektromagnetische Welle, die Photonen (Energiequanten) $T^0_{(1)}$ der Klassenstufe 0 (Kraftteilchen der Stufe 1) transportiert. Diese haben eine Masse $m = E/c$ aber keine Ruhmasse, $m^0 = 0$, und bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit.

Die elektromagnetische Welle einer bestimmten Frequenz, die z.B. von einem Elektron ausgeht, wenn es im Atom auf eine niedrigere Quantenbahn fällt, ist ein Quantenfeld, das Photonen transportiert. Die elektromagnetische Kraft bedingt die Zustandsänderung der Elektronen. Im stationären Zustand (stationäre Reflektion der

Lichtstrahlen) findet ein Austausch von Photonen statt. Bei der Absorption eines Photons wird das Elektron im Atom auf eine höhere Quantenbahn gehoben, bei der Reflektion fällt das Elektron auf die niedere Quantenbahn zurück und emittiert das absorbierte Photon.

Bei den Leptonen könnte ein Zusammenhalt der beiden (unbekannten) Quarks der Stufe 1 mit entgegengesetzter magnetischer Ladung auf stationärem Austausch von Photonen beruhen.

$i=2$: starke Kraft ab Teilchen der Klassenstufe 2, Gluonen (2-Gluonen)

Die starke Kraft (Kraft der Stufe 2) bedingt eine Zustandsänderung der Quarks, von denen analog zur elektromagnetischen Welle eine "Baryonen-Isospin-...-Welle" ausgeht, ein Quantenfeld, das Gluonen (Energiequanten) $T^0_{(2)}$ der Klassenstufe 0 (Kraftteilchen der Stufe 2) transportiert. Diese haben relativ zu den Photonen eine sehr große Masse, doch wie die Photonen keine Ruhmasse und bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit. Im stationären Zustand findet ein Gluonen-Austausch statt, weshalb die 3 Quarks der Stufe 2 im Baryon und die Nukleonen in den Atomkernen zusammenhalten.

$i \geq 3$: überstarke Kräfte der Stufe i ab Teilchen der Klassenstufe i , i -Gluonen

Mit den i -Quarks der Klassenstufen i treten auch neue Kraftteilchen (i -Gluonen) $T^0_{(i)}$ der Stufe i und Klassenstufe 0 auf. Die neuen Kraftarten nehmen mit jeder höheren Klassenstufe i der Quarks an Stärke zu. Ihre Austauscheteilchen sind i -Gluonen $T^0_{(i)}$ der Stufe i . Auf die starken Kräfte zwischen den Quarks T^2_Q (der Klassenstufe $i=2$) folgen überstarke Kräfte der Stufe $i \geq 3$. Sie sorgen für den Zusammenhalt der Quarks T^i_Q im Teilchen T^i der Klassenstufe i .

Die überstarke Kraft (Kraft der Stufe i) bedingt eine Zustandsänderung der i -Quarks T^i_Q im Teilchen T^i der Klassenstufe i , von denen eine " i -Ladungswelle" (Welle mit Ladungskomponenten der Ladungsstufe i) ausgeht. Diese Welle ist ein Quantenfeld, das i -Gluonen $T^0_{(i)}$ der Klassenstufe 0 (Kraftteilchen der Stufe i) transportiert. Sie haben keine Ruhmasse und bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit, doch wird ihre Masse $m=E/c$ (das Energiequant) mit jeder Stufe i sprunghaft größer. Im stationären Zustand findet ein i -Gluonen-Austausch statt, weshalb die (wenigstens) i i -Quarks T^i_Q im Elementarteilchen T^i der Klassenstufe i und in Nukleonen der Stufe i in verschachtelten inneren Atomkernen zusammenhalten.

Außerdem gibt es weitere Kraftarten, deren Austauscheteilchen analog zu den Teilchen der schwachen Kraft eine Ruhmasse $m^0 > 0$ besitzen und somit auch von einer Klassenstufe $j > 0$ sind. Sie beruhen auf einem Austausch von Teilchen unterschiedlicher Klassenstufen (Betazerfall, Neutron-Proton-Umwandlung). Mit jeder höheren Klassenstufe der Teilchen nimmt die Vielfalt der Kraftarten zu, weil sich die Anzahl der Möglichkeiten beim Austausch von Teilchen unterschiedlicher Klassenstufen erhöht.

3.2.4.4 Satz 2

Die Elementarteilchen der Klassenstufe i können erst in Kosmen mit $k \geq i$ Raum-Dimensionen auftreten, für $k=i$ sind die Teilchen dunkel (nicht messbar). Die Anordnung der stufengleichen Teile (i -Quarks) lässt keine weitere Verkürzung der Dimension des Teilchens zu. Alle Teilchen sind im k -dimensionalen Raum auch k -dimensional.

Die sichtbaren Teilchen der Klassenstufen $0 \leq i \leq k-1$ befinden sich im Quantenfeld und können als k -dimensionale Teilchen mit einer Masse m oder als Welle mit einer Frequenz ν , die sich im k -dimensionalen Raum in Richtung der Wellennormalen ausbreitet, experimentell nachgewiesen werden.

Mit jeder Klassenstufe $0 \leq i \leq k-1$ der Teilchen treten wenigstens 2^i neue Ladungsarten der Ladungsstufe i auf. Das führt zur Bildung innerer Atomkerne aus Teilchen der Klassenstufe i , die von Hüllteilchen der Klassenstufe $i-1$ umgeben sind.

Mit jeder höheren Ladungsstufe i der Teilchen treten neue Arten von Kräften der Stufe i auf mit neuen Austauschteilchen (i -Gluonen), die auch Kraftteilchen genannt werden. Die Kräfte ermöglichen den Zusammenhalt der Teilchen, speziell der i -Quarks T_Q^i der Klassenstufe i im Teilchen T^i . Die neuen Kraftarten nehmen mit jeder höheren Klassenstufe i der Quarks an Stärke zu und es erhöht sich die Masse der i -Gluonen.

Die Kräfte der Stufe i verursachen Quantensprünge der Hüllteilchen der Klassenstufe i , die den inneren Kern aus Teilchen der Klassenstufe $i+1$ mit den entgegengesetzten Ladungen zu den Ladungen der Stufe i der Hüllteilchen auf Quantenbahnen umgeben. Das führt zum Austritt von Quantenfeldern, die i -Gluonen (Masse- oder Energie-Quanten) transportieren. Es sind Wellen mit Komponenten von Ladungen der Ladungsstufe i , für $i=1$ elektromagnetische Welle, die sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten, weil die i -Gluonen keine Ruhmasse haben.

Mit jeder höheren Klassenstufe der Teilchen nimmt die Vielfalt der Kraftarten zu, deren Austauschteilchen eine Ruhmasse besitzen, weil sich die Anzahl der Möglichkeiten beim Austausch von Teilchen unterschiedlicher Klassenstufen erhöht.

Folgerung:

Die Anzahl k der Raum-Dimensionen eines Raum-Zeit-Kosmos begrenzt die Klassenstufen i der sichtbaren Teilchen, die in ihm auftreten können und von einem Quantenfeld der Klassenstufe i transportiert werden auf $0 \leq i \leq k-1$. Somit gibt es auch eine Begrenzung der Ladungsstufen i und der Kraftarten der Stufen i auf $0 \leq i \leq k-1$ in einem Raum-Zeit-Kosmos mit k Raum-Dimensionen.

Die dunklen Teilchen der Klassenstufe k sind k -dimensionale Hyperflächen in $(k+1)$ -dimensionalen Teilchen, die Quanten eines Quantenfeldes der Klassenstufe $k+1$ sind, das sich in einem Raum-Zeit-Kosmos mit $k+1$ Raum-Dimensionen ausbreitet, weshalb sie dort messbar (sichtbar) sind aber nicht im Raum-Zeit-Kosmos mit k Raum-Dimensionen.

3.2.5 Punktdichte und Punkt-Klammerung durch Limes-Operatoren

3.2.5.1 Verschachtelte Klammerung der Ordinalzahlen

Die Klasse N der Ordinalzahlen ist eine Wohlordnung, in der Nachfolger-Operator und Limes-Operatoren erklärt sind, die die transfiniten Anfangszahlen erreichen. Der Anfangsabschnitt $N_{\omega_i} \subseteq N$ der Ordinalzahlen enthält, alle Ordinalzahlen n , die kleiner sind als die Anfangszahl ω_i , die nicht mehr zum Anfangsabschnitt gehört. Sie ist das Supremum, das ist die kleinste Zahl, die größer ist als alle Ordinalzahlen aus dem Anfangsabschnitt N_{ω_i} , ($i, \omega_i \in N$).

N_{ω_i} hat die Mächtigkeit ω_i und umfasst alle Anfangsabschnitte $N_{\omega_{i'}} (0 \leq i' < i)$ kleinerer Mächtigkeiten $\omega_{i'} < \omega_i$, die durch kleinere Anfangszahlen $\omega_{i'}$ begrenzt werden. Die Anfangszahlen besitzen keinen unmittelbaren Vorgänger, können aber durch Limes-Operatoren $\lim_i (n \rightarrow \omega_i)$ der Stufen $i \in N$ erreicht werden.

Deshalb sind alle Anfangsabschnitte $N_{\omega_i} \subseteq N_j \subseteq N_{\omega_{i+1}}$, die nicht von einer Anfangszahl sondern von einer Ordinalzahl j zwischen benachbarten Anfangszahlen $\omega_i \leq j < \omega_{i+1}$ begrenzt werden, gleichmächtig zum Anfangsabschnitt N_{ω_i} mit der kleineren Anfangszahl ω_i .

Die Anfangszahlen sind transfiniten Kardinalzahlen, die die Mächtigkeiten von transfiniten Mengen angeben und einen Vergleich von Mächtigkeiten ermöglichen. Die Limes-Operatoren $\lim_i (n \rightarrow \omega_i)$ in der Klasse der Ordinalzahlen erzeugen eine verschachtelte Klammerung der Ordinalzahlen $n \in N = \{$

$$0, 1, \dots, \omega_0, \omega_0 + 1, \dots, 2 \cdot \omega_0, 2 \cdot \omega_0 + 1, \dots, 3 \cdot \omega_0, \dots, \omega_0^2, \omega_0^2 + 1, \dots, \omega_0^2 + \omega_0, \omega_0^2 + \omega_0 + 1, \dots, \omega_0^2 + 2 \cdot \omega_0, \dots, \omega_0^3, \omega_0^3 + 1, \dots, 2 \cdot \omega_0^3 + 1, \dots, \omega_0^3 + \omega_0, \omega_0^3 + \omega_0 + 1, \dots, \omega_0^3 + \omega_0 + 2 \cdot \omega_0, \dots, \omega_0^n, \dots, \omega_0^{\omega_0} = \omega_1, \omega_1, \omega_1 + 1, \dots, 2 \cdot \omega_1, 2 \cdot \omega_1 + 1, \dots, 3 \cdot \omega_1, \dots, \omega_1^2, \omega_1^2 + 1, \dots, \omega_1^2 + \omega_1, \omega_1^2 + \omega_1 + 1, \dots, \omega_1^2 + 2 \cdot \omega_1, \dots, \omega_1^3, \omega_1^3 + 1, \dots, 2 \cdot \omega_1^3 + 1, \dots, \omega_1^3 + \omega_1, \omega_1^3 + \omega_1 + 1, \dots, \omega_1^3 + \omega_1 + 2 \cdot \omega_1, \dots, \omega_1^n, \dots, \omega_1^{\omega_1} = \omega_2, \dots, \dots, \dots, \omega_{\omega_0}, \dots, \omega_{\omega_0+1}, \dots, \omega_{2\omega_0}, \dots, \omega_{\omega_1}, \dots, \omega_{\omega_2}, \dots, \omega_{\omega_n} \in N \in N \}.$$

Um von der Anfangszahl 0 zur Anfangszahl 1 zu gelangen, wird der Nachfolger-Operator ' ' benötigt, der auch Limes-Operator $\lim_{-1} := '$ der Stufe -1 genannt wird und den "Grenzwert" $0' = 1$ besitzt.

Die wiederholte Anwendung der Limes-Operatoren $\lim_{i'} (n \rightarrow \omega_{i'})$ der Stufen $-1 \leq i' \leq i$ ($i \in N$) führt auf eine Folge von $\omega_{i'}/\omega_i$ Abschnitten der gleichen Mächtigkeit ω_i und mit jeder nachfolgenden Stufe $i' = i + 1$ auf Abschnitte der Mächtigkeit $\omega_{i'} = \omega_i^{\omega_i}$:

$$i = -1: N_n = \{0, 1, 2, \dots, n < \omega_0\},$$

$$i = 0: N_{\omega_0} = \{0, 1, \dots\}_{\omega_0}, \omega_0 + \{0, 1, \dots\}_{\omega_0} = \{\omega_0, \omega_0 + 1, \dots\}_{\omega_0}, \dots, \omega_0^n + \{0, 1, \dots\}_{\omega_0}, 1 \leq n < \omega_0,$$

$$i = 1: N_{\omega_1} = \{0, 1, \dots\}_{\omega_1}, \omega_1 + \{0, 1, \dots\}_{\omega_1} = \{\omega_1, \omega_1 + 1, \dots\}_{\omega_1}, \dots, \omega_1^n + \{0, 1, \dots\}_{\omega_1}, 1 \leq n < \omega_1,$$

$$\dots, \dots, \dots, \omega_{\omega_i} = \{0, 1, \dots\}_{\omega_i}, \omega_i + \{0, 1, \dots\}_{\omega_i} = \{\omega_i, \omega_i + 1, \dots\}_{\omega_i}, \dots, \omega_i^n + \{0, 1, \dots\}_{\omega_i}, 1 \leq n < \omega_i.$$

Somit treten i' -fach verschachtelte Klammern auf, für $i = 2$:

$$\{ \{ \{0, 1, \dots\}_{\omega_0}, \omega_0 + \{0, 1, \dots\}_{\omega_0}, \dots\}_{\omega_1}, \omega_1 + \{ \{0, 1, \dots\}_{\omega_0}, \omega_0 + \{0, 1, \dots\}_{\omega_0}, \dots\}_{\omega_1}, \dots\}_{\omega_2}$$

wobei gilt $\omega_0 + \{0, 1, \dots\}_{\omega_0} = \{\omega_0, \omega_0 + 1, \dots\}_{\omega_0},$

$$\omega_1 + \{ \{0, 1, \dots\}_{\omega_0}, \omega_0 + \{0, 1, \dots\}_{\omega_0}, \dots\}_{\omega_1} = \{ \{\omega_1, \omega_1 + 1, \dots\}_{\omega_1}, \{\omega_1 + \omega_0, \omega_1 + \omega_0 + 1, \dots\}_{\omega_1}, \dots\}_{\omega_1}.$$

Die Arithmetik der transfiniten Ordinalzahlen unterscheidet sich von der Arithmetik der natürlichen Zahlen (Anfangsabschnitt N_{ω_0}), weil von den Anfangszahlen nicht rückwärts gezählt werden kann, denn sie besitzen keinen unmittelbaren Vorgänger.

Da aber jede Ordinalzahl durch Einbeziehung der Limes-Operatoren erreicht werden kann, gelingt doch eine Rückwärtszählung von einem erreichten Anfangsabschnitt aus, analog zur Vorwärtszählung von der Zahl 0 aus. Die Anfangszahl ∞_i gehört nicht zum Anfangsabschnitt N_{∞_i} . Der Limes-Operator $\lim_i(n \rightarrow \infty_i)$ ist nicht im Anfangsabschnitt N_{∞_i} erklärt, denn er führt aus ihm heraus. Deshalb kann von der Anfangszahl ∞_i nicht rückwärts gezählt werden. Dagegen sind alle Limes-Operatoren $\lim_{i'}(n \rightarrow \infty_{i'})$ für $i' < i$ im Anfangsabschnitt N_{∞_i} erklärt, weil ihre Grenzwerte $\infty_{i'} \in N_{\infty_i}$ Elemente aus dem Anfangsabschnitt sind. Somit kann von allen Anfangszahlen aus N_{∞_i} rückwärts gezählt werden.

Die Berücksichtigung beider Zählungen (vor- und rückwärts) ermöglicht eine Übertragung der Arithmetik der natürlichen Zahlen auf Ordinalzahlen, die zur Unterscheidung natürliche Ordinalzahlen (nach Klaua) [6] genannt werden und eine Konstruktion ganzer, rationaler und reeller Ordinalzahlen ermöglicht.

3.2.5.2 Limes-Operatoren definieren Längenmaße

Mit den Ordinalzahlen $n \in \mathbb{N}$ können die Punkte eines Raum-Zeit-Kontinuums gezählt werden. Wenn die Punktdichte in einer gewählten Längeneinheit $[0,1]_{\infty_i}$ von der Mächtigkeit ∞_i ist, gibt es den sub-infinitesimalen Abstand $1/\infty_i$ zwischen 2 Punkten. Somit besitzt jeder Punkt $P=\{n\}_1$ eine sub-infinitesimale Umgebung (Durchmesser) $L_P=1/\infty_i$. Die Kugel-Umgebung liegt im Würfel der Kantenlänge $L_P=1/\infty_i$. Das sind die kleinsten Abstände (die Millimeter) eines Lineals zum Vermessen von Längen.

Ersetzt man die Ordinalzahlen n durch Würfel der Kantenlänge $L_P=1/\infty_i$ oder Kugeln mit dem Durchmesser $L_P=1/\infty_i$, dann entspricht dem Einheitsintervall $[0,1]_{\infty_i}$ eine Punkt-Mächtigkeit ∞_i mit einer $(i+2)$ -fach verschachtelten Klammerung von sub-infinitesimalen Längen $L_{i-\infty_i}=\infty_i/\infty_i$ ($i \sim i+1$), die von Limes-Operatoren $\lim_{i-\infty_i}(n \rightarrow \infty_i)$ der Stufen $-1 \leq i \leq i$, ($\infty_{-1}:=1$) $i \in \mathbb{N}$ erzeugt werden,

$$\{ \dots \{ \{ \{ P, P, \dots \}_{\infty_0}, \{ P, P, \dots \}_{\infty_0}, \dots \}_{\infty_1}, \{ \{ P, P, \dots \}_{\infty_0}, \{ P, P, \dots \}_{\infty_0}, \dots \}_{\infty_2}, \dots \}_{\infty_i} = [0,1]_{\infty_i}.$$

Mit dem Nachfolger-Operator $\lim_{-1}:='$ wird nur der benachbarte Punkt erreicht.

Die 0. Klammer $\{ \}_{\infty_{-1}}:=\{ \}_1=P$ hat die Länge $L_0=L_P=1/\infty_i$, sie umschließt nur einen Punkt. Die wiederholte Anwendung führt auf $0 < n_0 < \infty_0$ nebeneinander liegende Punkt-Umgebungen vom Durchmesser L_0 , also auf eine sub-infinitesimale Länge $n_0 \cdot L_0 = n_0/\infty_i$ der Klammerstufe 0, die die Kantenlänge eines Würfels oder der Durchmesser der Kugel im Würfel ist.

Die 1. Klammer $\{ P, P, \dots \}_{\infty_0}$ mit (abzählbar) ∞_0 vielen Punkten wird mit dem Limes-Operator $\lim_0(n \rightarrow \infty_0)$ erreicht und hat die sub-infinitesimale Länge $L_1 = \infty_0 \cdot L_0 = \infty_0/\infty_i$ der Klammerstufe 1 (einem Zentimeter des Lineals entsprechen ∞_0 viele Millimeter). Die Klammer $\{ \}_{\infty_0}$ der Länge L_1 umfasst ∞_0 Punkte $P=\{ \}_1$ mit einer Umgebung vom Durchmesser L_0 . Die Länge L_1 ist der Durchmesser einer Kugel in einem Würfel der Kantenlänge L_1 der Klammerstufe 1, der alle Anfangsabschnitte der Kantenlängen $n_0 \cdot L_0$ aus kleinsten Würfeln der Kantenlänge L_0 oder Kugeln vom Durchmesser L_0 umfasst.

Der Abschnitt $\{ \}_{n_0}$ der Länge $n_0 \cdot L_0$ ist ein Anfangsabschnitt von dem Abschnitt $\{ \}_{\infty_0}$ der Länge L_1 , der Restabschnitt $\{ \}_{\infty_0 - n_0} := \{ \}_{\infty_0} - \{ \}_{n_0}$ hat die Länge $L_1 - n_0 \cdot L_0$ der Klammerstufe 1. Die Punktmenge des Anfangsabschnitts $\{ \}_{n_0}$ hat die finite Mächtigkeit n_0 , die Punktmenge des Restabschnitts $\{ \}_{\infty_0 - n_0}$ hat die kleinste transfinite Mächtigkeit ∞_0 wie der Abschnitt $\{ \}_{\infty_0}$.

Die wiederholte Anwendung der Operatoren \lim_{-1} , \lim_0 führt in $n = n_1 \cdot \infty_0$ Schritten auf $0 < n_1 < \infty_1/\infty_0$ nebeneinander liegende Abschnitte $\{ \}_{\infty_0}$ der Länge L_1 , so dass der Abschnitt $\{ \}_{n_1 \cdot \infty_0} := \{ \}_{\infty_0} + \dots + n_1 \dots + \{ \}_{\infty_0}$ die sub-infinitesimale Länge $n_1 \cdot L_1 = n_1 \cdot \infty_0/\infty_i$ der Klammerstufe 1 hat. Obwohl die Anzahl $0 < n_1 \leq \infty_0^{m < \infty_0} < \infty_1/\infty_0$ der Abschnitte $\{ \}_{\infty_0}$ sehr groß sein kann, ändert sich die Mächtigkeit ∞_0 der Anfangsabschnitte nicht. Jedem Anfangsabschnitt entspricht ein Würfel oder eine Kugel im Würfel, deren Durchmesser gleich der Kantenlänge $n_1 \cdot L_1$ des Würfels ist.

Die 2. Klammer $\{ \{ P, P, \dots \}_{\infty_0}, \{ P, P, \dots \}_{\infty_0}, \dots \}_{\infty_1}$ wird erst mit dem Limes-Operator $\lim_1(n \rightarrow \infty_1) = \lim_1(n \cdot \infty_0 \rightarrow \infty_1/\infty_0)$ erreicht und hat die größere sub-infinitesimale Länge $L_2 = (\infty_1/\infty_0) \cdot L_1 = \infty_1/\infty_i$ der Klammerstufe 2 (einem Meter der Messlatte entsprechen ∞_1/∞_0 Zentimeter = ∞_1 Millimeter). Die Klammer $\{ \}_{\infty_1}$ der Länge L_2 umfasst ∞_1/∞_0 Abschnitte $\{ \}_0$ der Länge L_1 . Die Länge L_2 ist die Kantenlänge eines Würfels oder der Durchmesser der eingeschlossenen Kugel der Klammerstufe 2, die alle Anfangsabschnitte der Kantenlängen $n_1 \cdot L_1$ aus Würfeln der Kantenlänge L_1 oder Kugeln vom Durchmesser L_1 umfassen.

Der Abschnitt $\{\}_{n_1 \cdot \infty_0}$ der Länge $n_1 \cdot L_1$ ist ein Anfangsabschnitt von dem Abschnitt $\{\}_{\infty_1}$ der Länge L_2 , der Restabschnitt $\{\}_{\infty_1 - n_1} := \{\}_{\infty_1} - \{\}_{n_1}$ hat die Länge $L_2 - n_1 \cdot L_1$ der Klammerstufe 2. Die Punktmenge des Anfangsabschnitts $\{\}_{n_1 \cdot \infty_0}$ hat die kleinste transfinite Mächtigkeit ∞_0 , die Punktmenge des Restabschnitts $\{\}_{\infty_1 - n_1}$ hat die größere transfinite Mächtigkeit ∞_1 wie der Abschnitt $\{\}_{\infty_1}$.

Die wiederholte Anwendung der Operatoren \lim_{-1} , \lim_0 , \lim_1 führt in $n = n_2 \cdot \infty_1$ Schritten auf $0 < n_2 < \infty_2 / \infty_1$ nebeneinander liegende Abschnitte $\{\}_{\infty_1}$ der Länge L_2 , so dass der Abschnitt $\{\}_{n_2 \cdot \infty_1} := \{\}_{\infty_1} + \dots + \{\}_{\infty_1}$ die sub-infinitesimale Länge $n_2 \cdot L_2 = n_2 \cdot \infty_1 / \infty_1$ der Klammerstufe 2 hat. Obwohl die Anzahl $0 < n_2 \leq \infty_1^{m < \infty_1} < \infty_2 / \infty_1$ der Abschnitte $\{\}_{\infty_1}$ sehr groß sein kann, ändert sich die Mächtigkeit ∞_1 der Anfangsabschnitte $\{\}_{n_2 \cdot \infty_1}$ nicht.

Mit jedem weiteren Limes-Operator $\lim_{i'} (n \rightarrow \infty_{i'})$ ($-1 \leq i' \leq i$) treten neue größere Abschnitte $\{\}_{\infty_{i'}}$ auf von sub-infinitesimalen Längen $L_{i'} = \infty_{i'} \cdot L_p = \infty_{i'} / \infty_i$ der größeren Klammerstufen $0 \leq i' \leq i$ (Millimeter, Zentimeter, Meter, Kilometer,..) bis für $i' = i$ die Länge $L_i = \infty_i / \infty_i = [0, 1]_{\infty_i} = 1$ der Klammerstufe $i' = i + 1$, also das Einheitsintervall $[0, 1]_{\infty_i}$ mit der Punktdichte der Mächtigkeit $\infty_i / [0, 1]_{\infty_i}$, erreicht ist. Das ist die Kantenlänge des Einheitswürfels oder der Durchmesser der Einheitskugel der Klammerstufe i' .

Die wiederholte Anwendung der Limes-Operatoren \lim_{-1} , \lim_0 , \lim_1 , ..., \lim_i führt in $n = n_i \cdot \infty_i$ Schritten auf $0 < n_i < \infty_i / \infty_i$ nebeneinander liegende Einheits-Abschnitte $\{\}_{\infty_i} = [0, 1]_{\infty_i}$ der Länge $L_i = 1$, so dass der Abschnitt $\{\}_{n_i \cdot \infty_i} := \{\}_{\infty_i} + \dots + \{\}_{\infty_i}$ die Länge $n_i \cdot L_i = n_i$ der Klammerstufe i' hat, die wegen $0 < n_i \leq \infty_i^{m < \infty_i} < \infty_i / \infty_i$ sehr groß sein kann bei gleichbleibender Mächtigkeit ∞_i .

Jeder Abschnitt $\{\}_{\infty_i} = [0, 1]_{\infty_i}$ der Länge $L_i = 1$ und Klammerstufe i' wird mit den Limes-Operatoren $\lim_{i'} (n \rightarrow \infty_{i'})$ der Stufen $-1 \leq i' \leq i$ erreicht, die die Klammern $\{\}_{\infty_{i'}}$ definieren. Die Punktdichte $\infty_i / [0, 1]_{\infty_i}$ des Kontinuums ist durch die Mächtigkeit ∞_i der Punktmenge des Einheitsintervalls $[0, 1]_{\infty_i}$ definiert.

3.2.5.3 Innere Struktur der Elemente

In k' -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmen mit $k(=3)$ Raum-Dimensionen und einer Zeit-Dimension können sichtbare Teilchen bis zur Klassenstufe $k-1(=2)$ und dunkle Teilchen der Klassenstufe $k(=3)$ auftreten (s. Abschn. 3.2.4.4 Satz 2). Die dunklen Teilchen sind k -dimensionale Hyperflächen in $(k+1)$ -dimensionalen Teilchen, die sich in einem k'' -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos mit $k+1$ Raum-Dimensionen und einer Zeit-Dimension bewegen.

Damit zu jeder Klassenstufe $0 \leq i \leq k-1$ der sichtbaren Teilchen eine Klammer existiert, muss die Punktmenge des Einheitsintervalls im k -dimensionalen Raum die Mächtigkeit $\infty_{k-2}/[0,1]_{\infty(k-2)}$ ($=\infty_1/[0,1]_{\infty_1}$ für $k=3$) haben.

Zu jeder Klassenstufe i existieren dann Klammern $\{\}_{\infty(i-1)}$, die durch Limes-Operatoren $\lim_{i-1}(n \rightarrow \infty_{i-1})$ der Stufen $i-1$ erreicht werden, so dass es zu einer Verschachtelung von größer werdenden sub-infinitesimalen Abschnitten der Längen $L_i = \infty_{i-1}/\infty_{k-2}$ kommt bis für $i=k-1$ das Einheitsintervall $L_{k-1} = [0,1]_{\infty(k-2)} = 1$ erreicht ist. Das gilt in jeder Dimension. Die k -dimensionalen Würfel der Klammerstufe i haben die sub-infinitesimalen Kantenlängen L_i und umschließen k -dimensionale Kugeln der Klammerstufe i mit dem Durchmesser L_i ($0 \leq i \leq k-1$). Für $i=0$ ist die kleinste Kugel gegeben. Das ist die Punktumgebung mit dem Durchmesser $L_0 = L_P = 1/\infty_{k-2}$, die der Nachfolger-Operator $\lim_{-1} :=$ erreicht.

Die wiederholte Anwendung der Limes-Operatoren $\lim_{i-1}(n \rightarrow \infty_{i-1})$ der Stufen $i-1$ führt auf Anfangsabschnitte $\{\}_{n_i \cdot \infty(i-1)} \subseteq \{\}_{\infty_i}$ der Längen $n_i \cdot L_i = n_i \cdot \infty_{i-1}/\infty_{k-2}$, in denen sich die Klammern $\{\}_{\infty(i-1)}$ der Klammerstufe i in einer sehr großen Anzahl $0 < n_i \leq (\infty_{i-1})^{m < \infty(i-1)} < \infty_i/\infty_{i-1}$ wiederholen können. Doch wird erst mit dem Limes-Operator $\lim_i(n_i \rightarrow \infty_i/\infty_{i-1})$ die Klammer $\{\}_{\infty_i}$ der Stufe i erreicht, die (∞_i/∞_{i-1}) -viele Klammern $\{\}_{\infty(i-1)}$ der Klammerstufe i umschließt. Die Anfangsabschnitte in jeder Dimension definieren k -dimensionale Würfel der Kantenlängen $L_{i-1} < n_i \cdot L_i < L_i$, die eine Kugel mit dem Durchmesser $n_i \cdot L_i$ umschließen.

Teilchen T^i der Klassenstufe $i > 0$ enthalten (wenigstens ein) Teilchen T^{i-1} der kleineren Klassenstufe $i-1$ als Elemente. Die Elemente sind mit dem stufengrößeren Teilchen, das sie verlassen können, implizit gegeben. Somit enthält das stufengrößere sichtbare Teilchen $T^{k-1} \in T^k_{\text{dunkel}}$ der Klassenstufe $k-1$, das Element eines dunklen Teilchens T^k_{dunkel} der Klassenstufe k ist, implizit zu jeder kleineren Klassenstufe $0 \leq i \leq k-1$ ein Teilchen: $T^0 \in T^1 \in \dots \in T^i \in T^{i+1} \in \dots \in T^{k-1} \in T^k_{\text{dunkel}}$.

Die Elemente sind nicht infinitesimal sondern haben einen finiten Durchmesser in der Größenordnung des Durchmessers der Teilchen, aus denen sie austreten können. Weil die Teilchen keine messbaren finiten Löcher bei ihrem Austritt hinterlassen, müssen sie durch eine große Anzahl sub-infinitesimale Gebiete gegeben sein, die bei fallender Klassenstufe stets kleiner werden. Die sub-infinitesimalen Gebiete von Elementen $T^i \in T^i$ der Klassenstufe i sind Kugeln T^{oi} , deren Durchmesser ein Anfangsabschnitt $\{\}_{n_i \cdot \infty(i-1)} \subseteq \{\}_{\infty_i}$ der Länge $n_i \cdot L_i = n_i \cdot \infty_{i-1}/\infty_{k-2}$ und Klammerstufe i ist. Bei Austritt des Elements werden diese Kugeln mitgenommen. Die Restabschnitte $\{\}_{\infty_i - n_i \cdot \infty(i-1)}$ der Länge $(\infty_i - n_i \cdot \infty_{i-1})/\infty_{k-2}$ in jeder der k Raum-Dimensionen verbleiben im stufengrößeren Teilchen T^i und definieren die Abstände der Lücken zwischen den ausgetretenen Kugeln T^{oi} . Das gilt für jede Klassenstufe $0 \leq i \leq k-1$.

Dann umfasst die stufengrößte Kugel $T^{o^{k-1}}$ vom Durchmesser $n_{k-1} \cdot L_{k-1}$ ($L_{k-1}=1$) in jeder Raum-Dimension n_{k-1} infinitesimale Kugeln $T^{o^{k-2}}$ der Klassenstufe $k-2$ vom Durchmesser $n_{k-2} \cdot L_{k-2}$ ($L_{k-2}=\infty_{k-3}/\infty_{k-2}$), die in Abständen $(\infty_{(k-2)}-n_{(k-2)} \cdot \infty_{k-3})/\infty_{k-2}$ längs des Durchmessers nebeneinander liegen. Beim Austritt entsteht in jedem Einheitswürfel der Kantenlänge $L_{k-1}=1$ ein infinitesimales Loch.

Jede Kugel $T^{o^{k-2}}$ umfasst in jeder Raum-Dimension n_{k-2} sub-infinitesimale Kugeln $T^{o^{k-3}}$ der Klassenstufe $k-3$ vom Durchmesser $n_{k-3} \cdot L_{k-3}$ ($L_{k-3}=\infty_{k-4}/\infty_{k-2}$). Sie liegen längs des Durchmessers in Abständen $(\infty_{(k-3)}-n_{(k-3)} \cdot \infty_{k-4})/\infty_{k-2}$ nebeneinander. Beim Austritt entsteht in jedem k -dimensionalen Würfel der infinitesimalen Kantenlänge $L_{k-2}=\infty_{k-3}/\infty_{k-2}$ ein sub-infinitesimales Loch etc.

Jede Kugel T^{o^i} der Klassenstufe i vom Durchmesser $n_i \cdot L_i$ ($L_i=\infty_i/\infty_{k-2}$) umfasst in jeder Raum-Dimension n_i Kugeln T^{o^i} der Klassenstufe i vom Durchmesser $n_i \cdot L_i$ ($L_i=\infty_{i-1}/\infty_{k-2}$). Sie liegen längs des Durchmessers in Abständen $(\infty_i-n_i \cdot \infty_{i-1})/\infty_{k-2}$ nebeneinander. Beim Austritt entsteht in jedem k -dimensionalen Würfel der infinitesimalen Kantenlänge $L_i=\infty_i/\infty_{k-2}$ ein sub-infinitesimales Loch.

Längs des Durchmessers $n_{k-1} \cdot L_{k-1}$ ($L_{k-1}=1$) der Kugel $T^{o^{k-1}}$ im Teilchen T^{k-1} der Klassenstufe $k-1$ gibt es somit

$$n_{k-1} \cdot n_{k-2} \cdot \dots \cdot n_i \cdot \text{Kugeln } T^{o^i} \text{ mit dem Durchmesser } n_i \cdot L_i = n_i \cdot \infty_{i-1} / \infty_{k-2},$$

die zu einem Element $T^i \in T^i \in \dots \in T^{k-2} \in T^{k-1}$ der Klassenstufe i gehören. Dazwischen treten Abstände, deren Größe mit wachsender Klassenstufe zunimmt in jeder der k Raum-Dimensionen. Längs des Durchmessers der Kugel $T^{o^{k-1}}$ gilt wegen

$$L_i = \text{Anfangsabschnitt } n_i \cdot L_i + \text{Restabschnitt } (\infty_i - n_i \cdot \infty_{i-1}) / \infty_{k-2}:$$

$$[n_{k-2} \cdot L_{k-2} + (\infty_{(k-2)} - n_{(k-2)} \cdot \infty_{k-3}) / \infty_{k-2}] \cdot n_{k-1} \text{ Kugeln } T^{o^{k-1}} \text{ der Klassenstufe } k-1,$$

$$[n_{k-3} \cdot L_{k-3} + (\infty_{(k-3)} - n_{(k-3)} \cdot \infty_{k-4}) / \infty_{k-2}] \cdot n_{k-2} \text{ Kugeln } T^{o^{k-2}} \text{ der Klassenstufe } k-2,$$

$$\dots \dots \dots [n_i \cdot L_i + (\infty_i - n_i \cdot \infty_i) / \infty_{k-2}] \cdot n_i \text{ Kugeln } T^{o^i} \text{ der Klassenstufe } i'$$

$$[n_i \cdot L_i + (\infty_i - n_i \cdot \infty_{i-1}) / \infty_{k-2}] \cdot n_i \text{ Kugeln } T^{o^i} \text{ der Klassenstufe } i.$$

Das Teilchen $T^i \in T^i \in \dots \in T^{k-2} \in T^{k-1}$ einer Klassenstufe i ($0 \leq i \leq k-1$) ist die Klasse aller Kugeln T^{o^i} mit dem gleichen Durchmesser $n_i \cdot L_i$, die mit Teilchen T^i der Klassenstufe i' und implizit mit Teilchen bis zur Klassenstufe $k-1$ gegeben sind und somit aus- oder eintreten können.

Mit Hilfe der Limes-Operatoren \lim_{-1} , \lim_0 , ..., \lim_{i-1} werden die Klammern $\{\}_{\infty-1}$, $\{\}_{\infty 0}$, ..., $\{\}_{\infty i-1}$ erreicht. Die n_i -fache Wiederholung von \lim_{i-1} führt auf den Durchmesser $n_i \cdot L_i$ der Kugeln T^{o^i} .

Die Klammern $\{\}_{\infty i}$, $\{\}_{\infty i'}$, ..., $\{\}_{\infty k-3}$, $\{\}_{\infty k-2}$ werden nicht benötigt, gehen aber implizit in die Definition des Teilchens T^i mit ein, weil die Element-Eigenschaft der stufengrößeren Teilchen mit berücksichtigt werden muss.

Die Anfangsabschnitte $\{\}_{n_i \cdot \infty_{(i-1)}} \subseteq \{\}_{\infty i}$ ($0 \leq i \leq k-1$) müssen so groß sein, dass keine transfinite Mächtigkeit ∞_{k-2} , ∞_{k-3} , ..., ∞_i , ∞_{i-1} ..., ∞_0 , $\infty_{-1}=1$ übersprungen wird. Das wird für $n_i = (\infty_{i-1})^m$ ($1 \leq m \leq \infty_{i-1}$) immer erfüllt, nicht dagegen für $n_i < \infty_{i-1}$.

Somit gibt es im k -dimensionalen Würfel um das Teilchen T^i

$$[n_{k-1} \cdot n_{k-2} \cdot \dots \cdot n_i]^k = [(\infty_{k-2})^{m(k-1)} \cdot (\infty_{(k-3)})^{m(k-2)} \cdot \dots \cdot (\infty_i)^{m(i)}]^k$$

$$(m_{k-1}=1, \dots, \infty_{k-3}, \dots < \infty_{k-2}, m_{k-2}=1, \dots, \infty_{k-4}, \dots < \infty_{k-3}, \dots, m_i=1, \dots, \infty_{i-1}, \dots < \infty_i)$$

Teilchen T^{o^i} mit dem Durchmesser $(n_i \cdot L_i) = (n_i \cdot \infty_{i-1} / \infty_{k-2})$.

Die Teilchen T^0 der Klassenstufe 0 enthalten keine Elemente, weshalb hier die Verschachtelung der Elemente abbricht.

Mit jeder höheren Raum-Dimension k der Raum-Zeit vergrößern sich Punktdichte $\infty_{k-2}/[0,1]_{\infty(k-2)}$ und Durchmesser $D=L_k=\infty_{k-1}/\infty_{k-2}$ der Raum-Zeit. Der Durchmesser umfasst eine Punktklasse $[0,L_k]$ der höheren transfiniten Mächtigkeit $\infty_{k-1}/\infty_{k-2}$ und alle Anfangsabschnitte $\{\}_{\infty(k-2)\cdot n(k-1)}$ der Längen $n_{k-1}\cdot L_{k-1}=n_{k-1}$ ($L_{k-1}=\infty_{k-2}/\infty_{k-2}=1$) für $1\leq n_{k-1}<\infty_{k-1}/\infty_{k-2}$ und Mächtigkeiten $1,\infty_0,\infty_1,\dots,\infty_{k-2}$. Zwischen die ganzzahligen Vielfachen n_{k-1} der Einheitslänge $L_{k-1}=1$ treten Bruchteile bis zum kleinsten Abstand $1/\infty_{k-2}$. Es gilt für

$k=1$: $[0,1]_1$ enthält 1 Punkt, Längen $n_0=1,2,\dots<L_{k=1}=\infty_0/1=D$,

$k=2$: $[0,1]_{\infty_0}$ enthält ∞_0 Punkte, Längen $n_1=1,\dots,\infty_0,\dots<L_{k=2}=\infty_1/\infty_0=D$,

$k=3$: $[0,1]_{\infty_1}$ enthält ∞_1 Punkte, Längen $n_2=1,\dots,\infty_0,\dots,\infty_1,\dots<L_{k=3}=\infty_2/\infty_1=D$,

$k=4$: $[0,1]_{\infty_2}$ enthält ∞_2 Punkte, Längen $n_3=1,\dots,\infty_0,\dots,\infty_1,\dots,\infty_2,\dots<L_{k=4}=\infty_3/\infty_2=D$.

Der Durchmesser $n_{k-1}\cdot L_{k-1}=n_{k-1}$ eines sichtbaren Teilchens T^{k-1} der höchsten Klassenstufe $k-1$ muss durch Anfangsabschnitte der Längen $n_{k-1}=\infty_{k-2}^{m(k-1)}$ mit $1\leq m_{k-1}<\infty_{k-2}$ gegeben sein, denen die höchste transfinite Mächtigkeit ∞_{k-2} zukommt.

Kürzere Anfangsabschnitte für $n_{k-1}<\infty_{k-2}$ führen zur Verkürzung der Mächtigkeiten.

Dem Anfangsabschnitt $\{\}_{\infty(k-2)\cdot n(k-1)}$ einer Länge $n_{k-1}=\infty_{k-2}^{m(k-1)}$ ($1\leq m_{k-1}<\infty_{k-2}$) muss eine messbare Länge im k '-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos mit k Raum-Dimensionen zugeordnet werden. Eine Längenmessung ist nur möglich, wenn Teilchen existieren. In einer leeren Raum-Zeit gibt es keinen Maßstab.

Das stufengrößte sichtbare Teilchen $T^{k-1}\in T_{\text{dunkel}}^k$ der Klassenstufe $k-1$ ist Element eines dunklen Teilchens T_{dunkel}^k der Klassenstufe k und müsste somit einen Durchmesser der Länge $n_k\cdot L_k$ haben. Doch hat die mit dem Limes-Operator \lim_{k-1} definierte Klammer $\{\}_{\infty(k-1)}$ die Länge $L_k=\infty_{k-1}\cdot L_P=\infty_{k-1}/\infty_{k-2}$. Das ist der Durchmesser des k '-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos mit einer Zeit- und k Raum-Dimensionen. Der Grenzwert oder der begrenzende Rand liegt außerhalb des Raum-Zeit-Kosmos. Der Limes-Operator \lim_{k-1} ist nicht in ihm erklärt sondern führt aus ihm heraus.

Deshalb gibt es in ihm keine n_k -fachen Produkte $n_k\cdot L_k$ der Längen

$$L_k=\infty_{k-1}/\infty_{k-2}=[n_{k-1}\cdot L_{k-1} + (\infty_{(k-1)}-n_{(k-1)}\cdot\infty_{k-2})/\infty_{k-2}].$$

Es kann nur 1 Anfangsabschnitt $n_{k-1}\cdot L_{k-1}$ von den n_k Klammern $\{\}_{\infty(k-1)}$, die mit dem Teilchen T_{dunkel}^k gegeben sind, berücksichtigt werden.

Somit können Teilchen T^{k-1} der Klassenstufe $k-1$ bereits durch 1 Kugel T^{0k-1} mit einem Durchmesser $n_{k-1}\cdot L_{k-1}$ gegeben sein, der ein Abschnitt $\{\}_{n(k-1)\cdot\infty(k-2)}\subseteq\{\}_{\infty(k-1)}$ von $n_{k-1}<\infty_{k-1}/\infty_{k-2}$ Einheitsintervallen $\{\}_{\infty_{k-2}}=[0,1]_{\infty(k-2)}$ der Länge $L_{k-1}=1$ ist und es gilt $n_{k-1}=(\infty_{k-2})^{m(k-1)}$ ($m_{k-1}=1,\dots,\infty_{k-3},\dots<\infty_{k-2}$).

Wenn das k -dimensionale Teilchen T^{k-1} eine Kugel vom Durchmesser $n_{k-1}\cdot L_{k-1}$ ist, dann umfasst die Kugel der Klammerstufe $k-1$ jeden Punkt $P=\{\}_{1}$ mit der Würfel- oder Kugel-Umgebung der Klammerstufe 0 und Kantenlänge $L_0=L_P=1/\infty_{k-2}$. Es gibt keine Lücken, die aber beim Austritt der Elemente entstehen. Bei den Elementen T^i der kleineren Klassenstufen $0\leq i\leq k-2$ treten Lücken zwischen den sub-infinitesimalen Kugeln T^{0i} mit dem Durchmesser $n_i\cdot L_i=n_i\cdot\infty_{i-1}/\infty_{k-2}$ auf.

Teilchen T^k kleinerer Klassenstufen $0\leq k\leq 2$ sind implizit im stufengrößeren Teilchen enthalten, $T^0\in T^1\in T^2\in T^3(\text{dunkel})$, wobei $T^3(\text{dunkel})$ eine 3-dimensionale Hyperfläche ist in einem 4-dimensionalen Teilchen. Doch können die Elemente nicht im Teilchen lokalisiert werden. Auch können Element und Teilchen etwa gleiche Durchmesser haben. Wenn Elemente aus dem Teilchen austreten, entstehen keine messbaren Löcher im Teilchen.

Das findet seine Erklärung in einer schrittweisen Auflösung der Klammern $\{\}_{\infty k}$, wenn bei fallender Klassenstufe $0 \leq k \leq 2$ der Elemente die erforderlichen Limes-Operatoren $\lim_k (n \rightarrow \infty_k)$ zum Schließen der Klammern fehlen. Die Klammern sind verschachtelte Gebiete, aus denen nur Anfangsabschnitte austreten können. Sie definieren ein Netz mit immer kleiner werdenden Löchern bezüglich der Teilchen fallender Klassenstufe (bei denen aber die Anzahl der Löcher zunimmt).

Das Element T^0 der Klassenstufe 0 umfasst nur Punkte, die mit dem Nachfolger-Operator erreicht werden können. Es fehlen die Limes-Operatoren \lim_0, \lim_1 zum Erreichen größerer Gebiete.

Die additive Verknüpfung $+$ der Punkte P kann bei den Elementen der Klassenstufe 0 nur noch auf Anfangsabschnitte $P \dots_{n_0} \dots P$ von $\{\}_{\infty 0}$ ($n_0 < \infty_0$) führen, die mit dem Nachfolger-Operator $\lim_{-1} :=$ erreicht werden können. Beim Austritt entstehen im Element T^0 Lücken $\{\}_{\infty 0 - n_0}$ zwischen benachbarten Abschnitten $\{\}_{\infty 0}, \{\}_{\infty 0}, \dots$. Die Lücken $\{\}_{\infty 0 - n_0}$ sind die Maschen des Netzes, die im stufengrößeren Teilchen verbleiben.

Bei den Elementen T^1 der Klassenstufe 1 tritt der Limes-Operator \lim_0 hinzu, was die Verknüpfung zu Anfangsabschnitten $\{\}_{\infty 0 \dots n_1} \dots \{\}_{\infty 0}$ von $\{\}_{\infty 1}$ ($n_1 < \infty_1 / \infty_0$) ermöglicht. Beim Austritt entstehen im Element T^1 Lücken $\{\}_{\infty 1 - n_1 \cdot \infty_0}$ zwischen benachbarten Abschnitten $\{\}_{\infty 1}, \{\}_{\infty 1}, \dots$. Diese größeren Lücken $\{\}_{\infty 1 - n_1 \cdot \infty_0}$ als bei den Teilchen T^0 sind die Maschen des Netzes, die im stufengrößeren Teilchen verbleiben. Für $L_P = 1 / \infty_1$ sind die Abschnitte $\{\}_{\infty 1} = [0, 1]_{\infty 1}$ Einheitsintervalle.

Bei den Elementen T^2 der Klassenstufe 2 tritt der Limes-Operator \lim_1 hinzu, was die Verknüpfung zu Anfangsabschnitten $\{\}_{\infty 1 \dots n_2} \dots \{\}_{\infty 1}$ von $\{\}_{\infty 2}$ ($n_2 < \infty_2 / \infty_1$) ermöglicht. Der Rand der Klammer $\{\}_{\infty 2}$ wird erst mit dem Limes-Operator \lim_2 erreicht, der aus dem physikalischen Raum-Zeit-Kosmos mit 3 Raum-Dimensionen herausführt, also nicht in ihm erklärt ist.

In einem Raum-Zeit-Kosmos mit $k+1$ Raum-Dimensionen, einer Zeit-Dimension und der Punktdichte der Mächtigkeit $\infty_{k-1} / [0, 1]_{\infty(k-1)}$ ist auch der Limes-Operator \lim_{k-1} erklärt, weshalb sich der Rand des Raum-Zeit-Kosmos mit jeder höheren Raum-Dimension vergrößert, verbunden mit einer Erhöhung der Punktdichte infolge der um den Faktor $\infty_{k-2} / \infty_{k-1}$ kleineren Punkt-Abstände $L'_0 = L'_P = 1 / \infty_{k-1}$. Die mit den Limes-Operatoren \lim_i definierten Klammern $\{\}_{\infty i}$ führen auf Längen $L'_i = \infty_i \cdot L'_P = \infty_i / \infty_{k-1}$ ($-1 \leq i \leq k-1$), für $i=k-2$ auf $L'_{k-1} = \infty_{k-2} / \infty_{k-1}$, für $i=k-1$ auf das Einheitsintervall $\{\}_{\infty k-1} = [0, 1]_{\infty(k-1)}$ der Länge $L'_k = \infty_{k-1} / \infty_{k-1} = 1$.

Der Durchmesser $n_{k-1} \cdot L'_{k-1}$ der Kugeln $T^{o k-1}$ der Klassenstufe $k-1$ ist hier infinitesimal relativ zum Einheitsintervall $[0, 1]_{\infty(k-1)}$. Es können Anfangsabschnitte der Länge $n_k \cdot L'_k$ auftreten, mit denen die Durchmesser der Teilchen der Klassenstufe k gegeben sind. Jeder der $n_k = (\infty_{k-1})^{m(k)}$ ($1 \leq m_k < \infty_{k-1}$) $(k+1)$ -dimensionalen Einheitswürfel enthält eine infinitesimale Kugel $T^{o k-1}$. Das Teilchen T^{k-1} besteht aus vielen Kugeln $T^{o k-1}$, während es im Raum-Zeit-Kosmos mit k Raum-Dimensionen nur eine Kugel ist. Der Rand der Kugel vom Durchmesser $L'_{k-1} = 1$ im Einheitswürfel der Dimension $k+1$ begrenzt den um den Faktor $\infty_{k-2} / \infty_{k-1}$ verkleinerten Raum-Zeit-Kosmos mit k Raum-Dimensionen.

Jedes dunkle Teilchen T^k der Klassenstufe k ist eine k -dimensionale Hyperfläche in einem $(k+1)$ -dimensionalen Teilchen der gleichen Klassenstufe k , das aber im k -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos mit $k+1$ Raum-Dimensionen im Quantenfeld transportiert wird und somit dort sichtbar ist. Der Limes-Operator \lim_k führt an den

Rand des Raum-Zeit-Kosmos mit $k+1$ Raum-Dimensionen und dem Durchmesser $L'_k = \infty_k / \infty_{k-1}$.

3.2.5.4 Anwendung im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos

Die physikalische 4-dimensionale Raum-Zeit mit $k=3$ Raum-Dimensionen und einer Zeit-Dimension wird als Kontinuum aufgefasst. Die Klasse der Punkte im Intervall $[0,1]_{\infty_1}$ ist gleichmächtig zur Klasse der reellen Zahlen, die von überabzählbarer transfiniten Mächtigkeit ist, der die Kardinalzahl (Anfangszahl) ∞_1 zukommt. Jedem Punkt $P(n)$ zu einer Ordinalzahl n entspricht dann eine Kugel vom sub-infinitesimalen Durchmesser $L_P=1/\infty_1$ oder ein 3-dimensionaler Würfel der Kantenlänge $L_P=1/\infty_1$, der die Kugel umschließt und sich im Zeitintervall der Länge $1/\infty_1$ ereignet. Die Infinitesimalrechnung (Differential- und Integralrechnung) führt im Allgemeinen beim Grenzübergang $n \rightarrow \infty_0$ zu reellen Zahlen in Übereinstimmung mit den experimentell bestimmten Zahlenwerten. Deshalb muss das Raum-Zeit-Kontinuum in jedem finiten Abschnitt von der Mächtigkeit ∞_1 sein. Das Einheitsintervall

$$[0,1]_{\infty_1} = \{ \{P,P,\dots\}_{\infty_0}, \{P,P,\dots\}_{\infty_0}, \dots \}_{\infty_1} \text{ der Mächtigkeit } \infty_1$$

hat den Punktabstand $L_0=L_P=1/\infty_1$, also eine Punktdichte $\infty_1/[0,1]_{\infty_1}$, weshalb der Nachfolger-Operator $\lim_{-1} := ' \text{ und 2 Limes-Operatoren } \lim_0(n \rightarrow \infty_0) = \lim_0(n_0 \rightarrow \infty_0/1)$, $\lim_1(n \rightarrow \infty_1) = \lim_1(n_1 \rightarrow \infty_1/\infty_0)$ erforderlich sind um den Rand des Einheitsintervalls $[0,1]_{\infty_1}$ zu erreichen. Somit gibt es die Klammern $\{ \}_1, \{ \}_{\infty_0}, \{ \}_{\infty_1}$ der Klammerstufen 0, 1, 2, die das Auftreten von Elementarteilchen bis zur Klassenstufe 2 ermöglichen, die in einem Quantenfeld (der Klassenstufe 3) transportiert werden können und deshalb sichtbar sind. Der physikalische Raum-Zeit-Kosmos enthält sichtbare Teilchen bis zur Klassenstufe 2, die den Baryonen zukommt.

Die innere Struktur der Elemente bezieht sich bei den Baryonen und Mesonen auf die Quarks, die stufengleiche Teile der Teilchen sind. Doch gehen in die Elemente der Hadronen (Baryonen und Mesonen) Anteile aus jedem Quark ein, das zu dem Teilchen gehört, aus dem das Element austritt oder in das das Element wieder eintritt. Die Umwandlung der Quarks beim Austritt der Elemente erfordert die Einbeziehung der starken und der schwachen Kraft.

Die wiederholte Anwendung der Limes-Operatoren führt auf Anfangsabschnitte: $\{ \}_1 \cdot n_0$ der Längen $n_0 \cdot L_0 = n_0/\infty_1$ ($0 < n_0 < \infty_0/1$) nach $n = n_0 \cdot 1$ Schritten, $\{ \}_{\infty_0 \cdot n_1}$ der Längen $n_1 \cdot L_1 = n_1 \cdot \infty_0/\infty_1$ ($\infty_0^{m(1) < \infty_0} \leq n_1 < \infty_1/\infty_0$) nach $n = n_1 \cdot \infty_0$ Schritten, $\{ \}_{\infty_1 \cdot n_2} = n_2 \cdot [0,1]_{\infty_1}$ der Längen $n_2 \cdot L_2 = n_2 \cdot \infty_1/\infty_1 = n_2$ ($\infty_1^{m(2) < \infty_1} \leq n_2 < \infty_2/\infty_1$) nach $n = n_2 \cdot \infty_1$ Schritten.

Mit den Teilchen T^2 der Klassenstufe 2 ist ein Anfangsabschnitt $\{ \}_{\infty_1 \dots n_2 \dots \{ \}_{\infty_1} = \{ \{P \dots n_0 \dots P \dots \}_{\infty_0 \dots n_1} \dots \{P \dots n_0 \dots P \dots \}_{\infty_0 \dots \{ \}_{\infty_1 \dots n_2} \dots \{ \{P \dots n_0 \dots P \dots \}_{\infty_0 \dots n_1} \dots \{P \dots n_0 \dots P \dots \}_{\infty_0 \dots \{ \}_{\infty_1} = [0,1]_{\infty_1}$ der Länge $L_2=1$ gegeben.

Er enthält Elemente T^1 der Klassenstufe 1, die aus $n_2 \cdot n_1$ Abschnitten $\{P \dots n_0 \dots P \dots \}_{\infty_0}$ der Länge $L_1 = \infty_0 \cdot L_P = \infty_0/\infty_1$ bestehen, die wiederum Elemente T^0 der Klassenstufe 0 enthalten, die aus $n_2 \cdot n_1 \cdot n_0$ Punkten P mit einer Umgebung vom Durchmesser $L_0 = L_P = 1/\infty_1$ bestehen.

Der Limes-Operator $\lim_2(n \rightarrow \infty_2) = \lim_2(n_2 \rightarrow \infty_2/\infty_1)$ führt auf die Klammer $\{ \}_{\infty_2}$ und somit auf den Durchmesser $L_3 = \infty_2/\infty_1$ der Kugel, in der die Raum-Zeit mit $k=3$ Raum-Dimensionen liegt. Der Rand der Kugel liegt außerhalb der Raum-Zeit, weshalb der Limes-Operator \lim_2 nicht in der Raum-Zeit mit $k=3$ Raum-Dimensionen erklärt ist.

Doch sind bei wiederholter Anwendung der Limes-Operatoren \lim_{-1} , \lim_0 , \lim_1 die Längen $n_2 \cdot L_2$ ($L_2=1$, $1 \leq n_2 < \infty_2/\infty_1$) in der Raum-Zeit erreichbar. Das sind für $1 \leq n_2 < \infty_0$ finite Anfangsabschnitte, für $\infty_0 \leq n_2 < \infty_1$ transfiniten Anfangsabschnitte abzählbarer

Mächtigkeit ∞_0 und für $n_2 = \infty_1^{m(2)}$ ($1 \leq m_2 < \infty_1$) Anfangsabschnitte überabzählbarer Mächtigkeit ∞_1 (nach $n = n_2 \cdot \infty_1$ Schritten der Länge $L_P = 1/\infty_1$). Die Mächtigkeit ∞_1 der Punktklasse im Anfangsabschnitt $[0, n_2 \cdot L_2]_{\infty_1}$ erhöht sich erst beim Grenzübergang $\lim_2(n_2 \rightarrow \infty_2/\infty_1)$ auf $\infty_2 = \infty_1^{\infty_1}$ (für $m_2 = \infty_1$).

Im 4-dimensionalen physikalischen Raum-Zeit-Kosmos mit $k=3$ Raum-Dimensionen können die Anfangsabschnitte $\{ \}_{\infty_1 \cdot n_2 = n_2 \cdot [0, 1]_{\infty_1}}$ die Längen $n_2 \cdot L_2 = \infty_1^{m(2)}$ ($1 \leq m_2 < \infty_1$) haben, die die Punktklasse der Mächtigkeit ∞_1 umfassen. Diesen Längen im Maßstab des Punktabstandes $L_P = 1/\infty_1$ entsprechen mit physikalischen Maßstäben gemessene Längen L , deren Zuordnung auf eine Dehnung des physikalischen Maßstabs führt.

Die rationalen Zahlen liegen auf der Zahlengeraden dicht bei den reellen Zahlen. Die rationalen Zahlen sind Quotienten m/n aus 2 natürlichen Zahlen m, n , die im Sinne der Intervallverschachtelung die reellen Zahlen approximieren. Die immer kleiner werdenden Intervalle erreichen beim Grenzübergang $\lim_0(n \rightarrow \infty_0)$ eine reelle Zahl. Doch ist die Klasse der rationalen Zahlen gleichmächtig zur Klasse der natürlichen Zahlen der abzählbaren Mächtigkeit $\infty_0 < \infty_1$, die also kleiner ist als die Mächtigkeit ∞_1 der Klasse der reellen Zahlen.

Die Punktdichte ändert sich nicht, wenn die Längeneinheit $L=1$ durch eine rationale Zahl m/n , dem Quotienten aus 2 natürlichen Zahlen $0 < m, n < \infty_0$, ersetzt wird, d.h. das Längenmaß L kann willkürlich gewählt werden. Alle Teilchen und physikalischen Systeme bis zu Galaxienhaufen haben finite Durchmesser L aus dem Intervall

$$1/\infty_0 < 1/n \leq [0, L]_{\infty_1} \leq n < \infty_0, \quad (1 \leq 1/n \leq [0, L]_1 \leq n < \infty_0 \text{ bei Punktdichte } 1/[0, 1]_1).$$

Die freie Wahl der Längeneinheit ermöglicht die Berücksichtigung der Quantelung der Teilchen, die auf die Planck'sche Elementarlänge führt und das Einheitsintervall $[0, 1]_{\infty_1}$ der kleinsten Länge $L_2 = L_{\text{Planck}} = \infty_1/\infty_1 = 1$ definiert.

Nur in einem Raum-Zeit-Kontinuum kann eine kleinste Länge definiert sein. Eine Längenmessung erfordert die Anwesenheit eines Teilchens, das eine kleinste Länge nicht unterschreiten kann. Die Teilchen sind Masse- oder Energiequanten, die gemäß der Wahrscheinlichkeitsfunktion im Raum-Zeit-Kontinuum verschmiert sind und die Metrik der Raum-Zeit definieren mit der das Gravitationspotential gegeben ist. Die Gravitonen sind die Quanten der Gravitationskraft, die im stationären Zustand zwischen den Massenansammlungen ausgetauscht werden.

Die Klasse der rationalen Zahlen enthält keine transfiniten Ordinalzahlen. In ihr ist nur der Nachfolger-Operator \lim_{-1} erklärt. Doch erfordert das Zählen der reellen Zahlen im Intervall $[0, L]_{\infty_1}$ die Limes-Operatoren \lim_{-1} , \lim_0 , \lim_1 . Ihre wiederholte Anwendung führt auf transfiniten Längen.

Analog liegen die rationalen Ordinalzahlen (nach Klaua) auf der Zahlengeraden dicht bei den reellen Ordinalzahlen (nach Klaua). Die Klasse rationaler Ordinalzahlen a aus dem Intervall $0 \leq a < \infty_i$ hat die kleinere transfiniten Mächtigkeit $\infty_{i-1} < \infty_i$ als die Mächtigkeit ∞_i der Klasse der reellen Ordinalzahlen r im gleichen Intervall $0 \leq r < \infty_i$. Doch enthält das Intervall das von einer Anfangszahl ∞_i begrenzt wird, für $i > 0$ auch Limeszahlen $\infty_0, \infty_1, \dots, \infty_{i-1}$, die für $i=0$ fehlen, weshalb gelten muss:

$$\infty_{i-1} \leq 1/n \leq [0, L]_{\infty(i-1)} \leq n < \infty_i, \quad \text{für } i=2: \infty_1 \leq 1/n \leq [0, L]_{\infty_1} \leq n < \infty_2,$$

um die Forderung $\infty_1 \leq n_2 \cdot L_2 \leq \infty_1^{m(2)}$ ($1 \leq m_2 < \infty_1$) zu erfüllen.

Das physikalische Längenmaß bezieht sich auf physikalische Körper und kann sehr unterschiedlich sein. In der Längeneinheit "Meter", $[0, 1]_{\infty_1} = 1[\text{m}]$, haben Elektron, Proton, Neutron etwa den gleichen Durchmesser $L_1 = 1,4 \cdot 10^{-15}[\text{m}]$, Galaxienhaufen

können Durchmesser von mehreren Lichtjahren haben, $1\text{Lichtjahr}=9,46 \cdot 10^{15}[\text{m}]$. Die kleinste Länge ist die Planck'sche Elementarlänge

$$L_{\text{Planck}}=(h \cdot \gamma / c^3)^{1/2}=10^{-35} \text{ m} = 1,$$

die eine Folgerung ist aus den Naturkonstanten

h – Planck'sches Wirkungsquantum, γ - Newtonsche Gravitationskonstante,
 c – Lichtgeschwindigkeit.

In diesen sehr unterschiedlichen Längen ändert sich die Punktdichte nicht.

Da es eine kleinste messbare Länge gibt, kann ihr auch der kleinste erlaubte transfinite Anfangsabschnitt $n_2 \cdot L_2 = \infty_1 \cdot L_2$ der Mächtigkeit ∞_1 zugeordnet werden,

$$L_{\text{Planck}} \Rightarrow \infty_1 \cdot L_2 = \infty_1, (L_2=1),$$

was einer Dehnung des Maßstabs entspricht.

Alle messbaren Längen $L \geq L_{\text{Planck}}$, speziell die Durchmesser der Elementarteilchen, sind ein n_0 -faches der Planck'schen Elementarlänge, die gedehnt wird,

$$L = n_0 \cdot L_{\text{Planck}} \Rightarrow (\infty_1)^{n_0} = n_2 \quad (n_0 < \infty_0, \infty_1 \leq n_2 < \infty_2 / \infty_1).$$

Der Durchmesser D der physikalischen Raum-Zeit ist im physikalischen Maßstab abzählbar unendlich und wird bei einer Punktdichte $\infty_1 / [0,1]_{\infty_1}$ auf die überabzählbar unendliche Länge $L_3 = \infty_2 / \infty_1$ gedehnt,

$$D = \infty_0 \cdot L_{\text{Planck}} \Rightarrow L_3 = \infty_2 / \infty_1.$$

In einem Raum-Zeit-Kosmos mit 4 Raum-Dimensionen, der Punktdichte $\infty_2 / [0,1]_{\infty_2}$ und dem Punktabstand $L_P = 1 / \infty_2$ hat die Klammer $\{ \}_{\infty_1}$ die sub-infinitesimale Länge $L_1 = \infty_1 \cdot L_P = \infty_1 / \infty_2$. Erst der Limes-Operator $\lim_2 (n \rightarrow \infty_2)$ oder $\lim_2 (n_2 \cdot \infty_1 \rightarrow \infty_2 / \infty_1)$ in Schritten ∞_1 führt an den Rand der Klammer $\{ \}_{\infty_2} = [0,1]_{\infty_2}$, die das Einheitsintervall $[0,1]_{\infty_2}$ der Länge $L_2 = 1$ begrenzt. Der physikalische Raum-Zeit-Kosmos mit 3 Raum-Dimensionen ist dann eine Hyperfläche innerhalb des Einheits-Intervalls $[0,1]_{\infty_2}$. Bei den Teilchen T^3 der Klassenstufe 3 tritt der Limes-Operator \lim_2 hinzu, was die Verknüpfung zu Anfangsabschnitten $\{ \}_{\infty_2 \dots n_3 \dots \{ \}_{\infty_2}$ von $\{ \}_{\infty_3}$ ($n_3 < \infty_3 / \infty_1$) ermöglicht. Somit gibt es benachbarte Abschnitte $\{ \}_{\infty_2}, \{ \}_{\infty_2}, \dots$, weshalb beim Austritt von Teilchen T^2 der Klassenstufe 2 Lücken $\{ \}_{\infty_2 - n_2 \cdot \infty_1}$ auftreten, die die Maschen des Netzes im sichtbaren Teilchen T^3 der Klassenstufe 3 sind, das im Quantenfeld transportiert wird.

In dem auf das Intervall $\{ \}_{\infty_2} = [0,1]_{\infty_2}$ verkleinerten physikalischen Raum-Zeit-Kosmos, ist das dunkle Teilchen $T^{3(\text{dunkel})}$ der Klassenstufe 3 eine Hyperfläche im Teilchen T^3 , die nur eine Klammer $\{ \}_{\infty_2}$ mit dem physikalischen Raum-Zeit-Kosmos umfasst. Den Elementen T^2 der Klassenstufe 2 entsprechen dann Anfangsabschnitte $(\{ \}_{\infty_1 \dots n_2 \dots \{ \}_{\infty_1}}) \cdot (\infty_1 / \infty_2)$, die um den Faktor ∞_1 / ∞_2 verkleinert sind.

In einem abstrakten Raum-Zeit-Kosmos mit 2 Raum-Dimensionen können nur noch Teilchen bis zur Klassenstufe 1 auftreten, die im Quantenfeld transportiert werden. Dann genügt eine Punktdichte der Mächtigkeit $\infty_0 / [0,1]_{\infty_0}$, denn es werden nur 2 Klammern $\{ \}_1$ für $k=0$, $\{ \}_{\infty_0}$ für $k=1$ benötigt, die durch den Nachfolger-Operator \lim_{-1} und den Limes-Operator $\lim_0 (n \rightarrow \infty_0)$ erreicht werden beim Punktabstand $L_P = 1 / \infty_0$.

In einem abstrakten Raum-Zeit-Kosmos mit 1 Raum-Dimension können nur noch Teilchen der Klassenstufe 0 auftreten, die im Quantenfeld transportiert werden. Dann enthält das Einheitsintervall nur einen Punkt, $1 / [0,1]_1$. Der Nachfolger-Operator \lim_{-1} führt zu dem benachbarten Punkt beim Punktabstand $L_P = 1$.

Wenn die Teilchen nicht in einem Quantenfeld transportiert werden können, sind es um eine Dimension verkürzte dunkle Teilchen.

Bei 0 Raum-Dimensionen (Hyperfläche im 1-dimensionalen Raum) ist das dunkle Teilchen der Klassenstufe 0 ein Punkt, Punktdichte $1/[0,1]_1$. Das Ende des Einheitsintervalls wird mit dem Nachfolger-Operator \lim_{-1} erreicht.

Bei 1 Raum-Dimension (Hyperfläche im 2-dimensionalen Raum) ist das dunkle Teilchen der Klassenstufe 1 eine Strecke mit der Punktdichte $\infty_0/[0,1]_{\infty 0}$. Das Ende der Strecke kann erst mit dem Limes-Operator \lim_0 erreicht werden.

Bei 2 Raum-Dimensionen (Hyperfläche im 3-dimensionalen Raum) ist das dunkle Teilchen der Klassenstufe 2 eine Kreisfläche mit der Punktdichte $\infty_1/[0,1]_{\infty 1}$, denn das Verhältnis Umfang/Durchmesser= π ist die reelle Zahl π , die keine rationale Zahl ist. Der Rand der Kreisfläche (ihr Durchmesser) kann erst mit dem Limes-Operator \lim_1 erreicht werden.

Bei 3 Raum-Dimensionen (Hyperfläche im 4-dimensionalen Raum) ist das dunkle Teilchen der Klassenstufe 3 eine Kugel mit der Punktdichte $\infty_2/[0,1]_{\infty 2}$. Der Rand der Kugel (ihr Durchmesser) kann erst mit dem Limes-Operator \lim_2 erreicht werden. Die austretenden Teilchen der Klassenstufe 2 haben 3 Raum-Dimensionen und die verkleinerte Punktdichte $\infty_1/[0,1]_{\infty 1}$.

Die Teilchen der Klassenstufe 3 erfordern wenigstens 4 Raum-Dimensionen und eine Punktdichte der Mächtigkeit $\infty_2/[0,1]_{\infty 2}$, so dass zu 4 Klammerstufen ($0 \leq i \leq 3$) Klammern $\{\}_{\infty(i-1)}$ auftreten, die mit den Limes-Operatoren $\lim_{i-1}(n \rightarrow \infty_{i-1})$ der Stufen $-1 \leq i \leq 2$ erreicht werden beim Punktabstand $L_p = 1/\infty_2$. In einem 5-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos mit 4 Raum-Dimensionen sind die Teilchen der Klassenstufe 3 messbar (sichtbar).

Wenn aus den 4-dimensionalen Teilchen der Klassenstufe 3, die ein Quantenfeld transportiert, Elemente kleinerer Klassenstufen austreten, ist deren Dimension in Richtung der Wellennormale verkürzt und die Punktdichte hat die kleinere transfinite Mächtigkeit $\infty_1/[0,1]_{\infty 1}$. Das führt zur Entstehung der Raum-Zeit-Kosmen mit 3 Raum-Dimensionen.

3.2.5.5 Satz 3

In Raum-Zeit-Kosmen mit k Raum-Dimensionen muss die Punktdichte des Raumes von der Mächtigkeit $\infty_{k-2}/[0,1]_{\infty(k-2)}$ sein, damit Teilchen der Klassenstufen $0 \leq i \leq k-1$ im Quantenfeld der Klassenstufe k auftreten können. Zu jeder Klassenstufe i existieren dann Klammern $\{\}_{\infty(i-1)}$, die durch Limes-Operatoren $\lim_{i-1}(n \rightarrow \infty_{i-1})$ der Stufen $i-1$ erreicht werden, so dass es zu einer Verschachtelung von größer werdenden sub-infinitesimalen Abschnitten der Längen $L_i = \infty_{i-1}/\infty_{k-2}$ kommt. Für $i=0$ ist der kleinste Abschnitt der Punktabstand $L_0 = L_P = 1/\infty_{k-2}$, für $i=k-1$ ist der größte Abschnitt das Einheitsintervall $L_{k-1} = [0,1]_{\infty(k-2)} = 1$.

Folgerung:

Weil sich mit jeder höheren Raum-Dimension k auch die Punktdichte $\infty_{k-2}/[0,1]_{\infty(k-2)}$ erhöht, verkleinern sich die sub-infinitesimalen Durchmesser $L_P = 1/\infty_{k-2}$ der Punkte $P = \{n\}_1$ des Raum-Zeit-Kontinuums. Somit gibt es nur relative Kontinua.

Jede Anfangszahl ∞_i kann durch einen neuen Limes-Operator \lim_i erreicht werden, doch ist das absolut Unerreichbare ∞ auch durch keinen Limes-Operator erreichbar. Es gibt aber eine Konvergenz $1/\infty_i (i \in \mathbb{N}) \rightarrow 1/\infty = 0$ kleiner werdender Durchmesser (Punkt-Umgebungen), ohne das absolute Kontinuum (mit dem Punktabstand 0) zu erreichen.

3.2.6 Klasse gleicher Ereignis-Impulse definiert Teilchen-Masse und -Volumen

3.2.6.1 Ereignis-Impuls-Stärke definiert Teilchen-Masse

Jedes Teilchen besitzt im 3-dimensionalen Raum, in dem die Zeit t ein Parameter ist, einen Impuls $\vec{p}(t) = p^1 \cdot e_1 + p^2 \cdot e_2 + p^3 \cdot e_3$, der sich in Abhängigkeit von der Wahl des Bezugssystems $[P(\vec{x}), e_1, e_2, e_3]$, 3 orthogonale Normalmaßstäbe e_1, e_2, e_3 im Punkt P am Ort \vec{x} , ändert. Bei kräftefreier Bewegung ist der Impuls $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ proportional zur Geschwindigkeit \vec{v} des Teilchens, der Proportionalitätsfaktor ist die Masse m des Teilchens. In Ruhssystem bewegt sich das Bezugssystem mit dem Teilchen, der Teilchen-Impuls verschwindet. Mit der Änderung der Stärke $p = |\vec{p}|$ des Impulses ändert sich auch der Betrag $v = |\vec{v}|$ der Geschwindigkeit, die Teilchenmasse m ist eine Eigenschaft des Teilchens, die bei der Bewegung konstant bleibt, sofern v sehr viel kleiner ist als die Lichtgeschwindigkeit c .

Das gilt nicht mehr für große Geschwindigkeiten, $v \rightarrow c$, dann muss die Bewegung in einer 4-dimensionalen Raum-Zeit, dem Ereignisraum, beschrieben werden. In dem Bezugssystem $[P(\vec{x}), e_1, e_2, e_3, e_4]$ tritt zu den 3 Normalmaßstäben eine Normaluhr e_4 . An die Stelle der Zeit-Dimension $c \cdot t$, die sich mit der Wahl des Bezugssystems ändert, tritt der invariante Kurvenparameter $s(t)$, der über das negative Betragsquadrat des infinitesimalen Ereignis-Abstandes

$$-ds^2 := |\vec{dx}|^2 = (\vec{dx} \cdot \vec{dx}) = \vec{dx} \cdot G \cdot \vec{dx} = \sum_{(1 \leq \alpha, \beta \leq 4)} G_{\alpha\beta} \cdot dx^\alpha \cdot dx^\beta,$$

analog zur Zeit-Dimension t , als imaginärer Parameter eingeführt wird. Die Metrik $G = (G_{\alpha\beta})$ der Raum-Zeit ordnet dem Vektor \vec{dx} den dualen Vektor $\vec{dx}^\wedge = G \cdot \vec{dx}$ zu, die sich im Transformationsverhalten unterscheiden. Transformiert sich der Vektor mit der Matrix A , dann transformiert sich der duale Vektor mit der transponierten inversen Matrix $(A^{-1})^T$, so dass das Produkt $\vec{dx} \cdot \vec{dx}^\wedge = -ds^2$ ein Skalar ist, der wegen $x^4 := c \cdot t$ eine Funktion der Zeit ist. Weil beim Matrizenprodukt die Zeilen mit den Spalten der Matrizen multipliziert werden, ist $A \cdot (A^{-1})^T = E$ die identische Abbildung E . In der flachen Raum-Zeit (Minkowski-Raum) gilt wegen

$$G_{11} = G_{22} = G_{33} = 1, G_{44} = -1, G_{\alpha\beta} = 0 \text{ für } \alpha \neq \beta:$$

$$|\vec{dx}|^2 = (dx^1)^2 + (dx^2)^2 + (dx^3)^2 - (dx^4)^2 = (\vec{dx})^2 - (c \cdot t)^2.$$

Im Ereignisraum werden die Punkte Weltpunkte $P(\vec{x})$, die Bewegungskurven Weltlinien $\vec{x}(s)$ genannt.

An die Stelle des Impulses \vec{p} tritt der Ereignis-Impuls $\vec{p}(s) = \vec{p} + m \cdot c \cdot e_4$, der noch eine Energie-Komponente $E = m \cdot c^2$ in der Richtung der Zeit-Dimension t besitzt. Beim freien Teilchen ist der Ereignis-Impuls $\vec{p} = m^\circ \cdot c \cdot \vec{u}$ proportional zur Ereignis-Geschwindigkeit $\vec{u} = \vec{dx}/ds$, die ein imaginärer Einheitsvektor ist, $|\vec{u}|^2 = -1$, und multipliziert mit der Lichtgeschwindigkeit c die Dimension einer Geschwindigkeit hat. Der Proportionalitätsfaktor ist die Ruhmasse $m^\circ = E^\circ/c^2$ oder Ruhenergie E° des Teilchens. Die Teilchen mit unterschiedlichen Ruhmassen bewegen sich alle mit der gleichen Ereignis-Geschwindigkeit $|\vec{u}|$, doch kann die Bewegungsrichtung verschieden sein.

In einem Bezugssystem, in dem das Teilchen ruht (Ruhssystem), bewegt sich das Teilchen in der Richtung der Zeit-Dimension, d.h. das Teilchen bewegt sich immer, solange es existiert. Alle Teilchen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit c bewegen, besitzen keine Ruhmasse, $m^\circ = 0$, aber es verschwinden nicht alle Komponenten des Ereignis-Impulses. Da bei reellen Impuls-Dimensionen die Energie-Dimension imaginär ist, verschwindet für $v=c$ das Betragsquadrat des Ereignis-Impulses,

$$|\vec{p}|^2 = (\vec{p} \cdot \vec{p}) = \vec{p} \cdot G \cdot \vec{p} = \sum_{(1 \leq \alpha, \beta \leq 4)} G_{\alpha\beta} \cdot dp^\alpha \cdot dp^\beta = (m^\circ \cdot c)^2 [= 0 \text{ für } v=c],$$

obwohl der Impuls \vec{p}^3 des Teilchens nicht verschwindet und sogar sehr groß sein kann. In der flachen Raum-Zeit gilt: $|\vec{p}^4|^2 = (\vec{p}^3)^2 - (E/c)^2 = (m^0 \cdot c)^2$ [=0 für $v=c$].

Der Teilchen-Impuls \vec{p}^k ist eine k-dimensionale Komponente des k'-dimensionalen Ereignis-Impulses (Impuls-Energie) $\vec{p}^{k'} = \vec{p}^k + (i \cdot E/c) \cdot e_k$.

Aus der Absorption der Kraftteilchen (Energiequanten) folgt eine Bewegung der Teilchen. Sie befinden sich nicht mehr im Ruhssystem. Die Energiequanten haben die Klassenstufe 0, also keine Ruhmasse, dann erhöht sich auch nicht die Ruhmasse der Teilchen, die diese Energiequanten absorbieren. Doch führt die Richtungsänderung des Ereignis-Impulses zum Auftreten von Impuls-Komponenten, die im Ruhssystem fehlen. In der speziellen Relativitätstheorie (SRT) ist der k-dimensionale Impuls $\vec{p}^k = m \cdot \vec{v}^k$ bei kleinen Geschwindigkeiten $v = |\vec{v}^k|$ relativ zur Lichtgeschwindigkeit c proportional zur Geschwindigkeit $\vec{v}^k = d\vec{x}^k/dt$, der Proportionalitätsfaktor Masse $m = m^0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$ des Teilchens wird aber bei Geschwindigkeiten $v \rightarrow c$ unendlich groß, so dass ein Erreichen der Lichtgeschwindigkeit unmöglich ist. Das gilt auch in der ART, doch muss in den Formelapparat die Metrik mit einbezogen werden.

Wenn ein Schwellwert in der zugeführten Energie überschritten wird, kann bei Teilchen-Antiteilchen-Paaren die Ruhmasse m^0 sprunghaft größer werden, so dass aus leichten Teilchen-Paaren schwere Teilchen-Paare werden. Somit gibt es eine Umwandlung von kinetischer Energie $E_{kin} = m \cdot v^2/2$ in Ruhenergie $E^0 = m^0/c^2$, wenn die Masse m einen Schwellwert überschreitet.

Ohne Ereignis-Impuls, wenn alle Komponenten verschwinden, gibt es kein Teilchen. Im Ruhssystem verschwindet zwar der 3-dimensionale Teilchen-Impuls aber nicht der 4-dimensionale Ereignis-Impuls, durch den die Ruhmasse des Teilchens definiert ist. Verschwindet im Ruhssystem auch die 4. Komponente des Ereignis-Impulses, dann gibt es kein Teilchen.

Worauf wird der Ereignis-Impuls angewandt, wenn es ohne ihn kein Teilchen gibt? Wo befindet sich die Ruhmasse m^0 , wenn das Teilchen nicht existiert? Verbirgt sich eine Substanz "hinter" oder "in" der Raum-Zeit, die beim Verschieben eines lokalen Bereichs einen Widerstand leistet?

Wenn das Teilchen ein Element ist, dann nimmt es seinen Anteil an Ruhmasse von der Ruhmasse des stufengrößeren Elements mit, aus dem es austritt. Das Element verschwindet wieder, wenn es in das stufengrößere Teilchen eintritt.

Sind die stufengrößten sichtbaren Teilchen Elemente aus dunklen Teilchen, dann können auch sie ihren Anteil an Ruhmasse von der Ruhmasse des dunklen Elements mitnehmen. Da das dunkle Teilchen eine 3-dimensionale Hyperfläche in einem 4-dimensionalen sichtbaren Teilchen der Klassenstufe 3 ist, das sich in einem 5-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos bewegt, kann auch dieses wieder ein Element eines dunklen Teilchens der Klassenstufe 4 sein etc.

Dann muss es zu jedem Raum-Zeit-Kosmos mit k Raum-Dimensionen und dunklen Teilchen der Klassenstufe k auch einen Nachfolger-Raum-Zeit-Kosmos mit $k+1$ Raum-Dimensionen und dunklen Teilchen der Klassenstufe $k+1$ geben, in dem die $(k+1)$ -dimensionalen Teilchen bis zur Klassenstufe k sichtbar sind.

Bei $k=2$ Raum-Dimensionen sind die Teilchen der Klassenstufe 2 dunkel. Das sind Flächenelemente in den sichtbaren 3-dimensionalen Teilchen der Klassenstufe 2, den Baryonen (oder den 3 Quarks), im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos.

Bei $k=1$ Raum-Dimensionen sind die Teilchen der Klassenstufe 1 dunkel. Das sind Linienelemente in "sichtbaren" 2-dimensionalen Teilchen der Klassenstufe 2.

Bei $k=0$ Raum-Dimensionen sind die Teilchen der Klassenstufe 0 dunkel. Das sind Punkte in "sichtbaren" 1-dimensionalen Teilchen der Klassenstufe 1.

Wenn es Teilchen zu jeder Klassenstufe gibt, dann folgen auf die Nachfolger- auch Limes-Raum-Zeit-Kosmen mit ∞_i ($0 \leq i < \infty$) vielen Dimensionen und immer größer werdenden Punktdichten und Durchmessern.

3.2.6.2 Satz 4

Ohne Ereignis-Impuls gibt es keine Teilchen. Der Ereignis-Impuls wird auf Elemente angewandt, die implizit in Teilchen höherer Klassenstufe existieren und somit aus diesen austreten können, wenn ein Ereignis-Impuls durch eine Kraft eingeschaltet wird. Die Stärke des Ereignis-Impulses definiert die Ruhmasse des Elements und somit den Massenverlust im stufengrößeren Teilchen.

Alle Elementarteilchen sind Elemente, wenn die sichtbaren Teilchen der höchsten Klassenstufe $k-1$ im k' -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos mit k Raum-Dimensionen Elemente von dunklen Teilchen der Klassenstufe k sind, die nicht im Quantenfeld transportiert werden können.

Die k -dimensionalen dunklen Teilchen der Klassenstufe k sind Hyperflächen in $(k+1)$ -dimensionalen Teilchen der Klassenstufe k , die in k'' -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos mit $k+1$ Raum-Dimensionen sichtbar sind, weil sie dort im Quantenfeld transportiert werden können. Doch sind in diesem Kosmos die Teilchen der Klassenstufe $k+1$ dunkel.

Folgerung:

Die Realität ist analog zur Unmenge ein Unkosmos mit unerreichbar vielen Raum-Dimensionen und von unerreichbarer Punktdichte, in dem die Raum-Zeit-Kosmos Hyperflächen mit erreichbaren Raum-Dimensionen $0 < k < \infty$ (∞ - unerreichbar) und erreichbaren Punktdichten $\infty_{k-2}/[0,1]_{\infty(k-2)}$ sind (s. Abschn. 4).

Mit dem Unkosmos existiert eine Unsubstanz, aus der die Ruhmassen m° der Teilchen zu jeder Verkürzung der Raum-Dimension hervorgehen. Sie ist ein echtes (undurchdringbares) Kontinuum, dessen Rand in jeder der unerreichbar vielen Dimensionen unerreichbar ist.

Auf die Unsubstanz können keine Funktionen angewandt werden, weshalb es auch keine Veränderungen und Bewegungen der Unsubstanz geben kann. Der Unkosmos besitzt keine Zeit-Dimension, doch gehen alle Zeit-Dimensionen durch Veränderung der Metrik aus den Raum-Dimensionen des Unkosmos hervor (s. Abschn. 4). Projektionen ermöglichen die Verkürzung auf erreichbare Dimensionen.

Es ist unmöglich, vom Unerreichbaren rückwärts zu zählen, um an erreichbare Zahlen (Raum-Dimensionen) zu gelangen, weil das absolut Unerreichbare auch durch keinen Limes-Operator erreicht werden kann. Es kann aber vom Erreichbaren auf die Existenz des Unerreichbaren geschlossen werden, analog zur Bildung der Klasse aller Mengen, die eine Unmenge ist.

3.2.6.3 Ereignis-Impuls-Bündel definiert Teilchen-Volumen

Das Element ist implizit im Teilchen enthalten, weil der Ereignis-Impuls $\vec{p}_T(s)$, mit dem das Teilchen gegeben ist, eine schwächere gleichgerichtete Komponente $\vec{p}_E(s)$ besitzt, mit der das Element im Teilchen existiert. Wenn durch eine Kraft diese schwächere Komponente $\vec{p}_E(s)$ in ihrer Richtung verändert wird, tritt mit dem Ereignis-Impuls in einem Gebiet des Ereignisraumes ein Element-Ereignis auf, das sich mit konstanter Ereignis-Geschwindigkeit im Ereignisraum bewegt. Die Stärke des Ereignis-Impulses definiert die Masse m des "neuen" Teilchens, speziell die Ruhmasse m° im Ruhsystem, in dem die Bewegung in der Zeit-Richtung erfolgt. Weil der Betrag $|\vec{u}|$ der Ereignis-Geschwindigkeit \vec{u} eine Konstante ist, muss sich die Masse des Teilchens auf ein bestimmtes Raumgebiet V verteilen entsprechend der Stärke $|\vec{p}|$ des Ereignis-Impulses. Der Ereignis-Impuls muss ein Bündel von gleichen Ereignis-Impulsen sein, das das Teilchenvolumen und seine Ruhmasse definiert.

Bei der Punktdichte $\infty_1/[0,1]_{\infty_1}$ der Raum-Zeit umfasst das Einheits-Intervall $[0,1]_{\infty_1}$ pro Dimension eine Punktklasse der Mächtigkeit ∞_1 . Dann hat jeder Punkt der Raum-Zeit eine sub-infinitesimale Umgebung vom Durchmesser $L_P=1/\infty_1$ (Differential \vec{dx}) der eine Einheits-Masse m_p , speziell Einheits-Ruhmasse m_p° zukommt. Die Summe (das Integral) der Einheits-Massen m_p oder m_p° ist gleich der Masse m_T oder Ruhmasse m_T° des Teilchens.

Die freien Teilchen mit unterschiedlichen Ruhmassen $m^\circ > 0$, müssen sich entweder in ihrem Durchmesser d_T oder in der Ruhmassendichte $m^\circ/\text{Volumen}$ unterscheiden, weil die Ereignis-Geschwindigkeit \vec{u} bei allen Teilchen dem Betrage nach gleich ist. Sind die Durchmesser der Teilchen in der Größenordnung gleich, dann haben die Teilchen unterschiedliche Ruhmassendichten. Das trifft insbes. auf Elemente zu.

Die Ruhmassen m_i° der Elemente T^i werden mit fallender Klassenstufe $0 \leq i \leq k$ stets kleiner, weshalb es bei $k=3$ Raum-Dimensionen (dunkle) überschwere, (sichtbare) schwere, leichte und ultraleichte (keine Ruhmasse) Teilchen gibt. Wenn Elemente aus Teilchen austreten, nehmen sie ihre Massen und Ladungen mit. Sowohl der Massenverlust als auch die Ladungsänderung sind bei den Teilchen, aus denen Elemente ausgetreten sind, experimentell nachweisbar. Im Teilchen treten aber beim Austritt der Elemente keine nachweisbaren Löcher sondern Strukturveränderungen auf. Umgekehrt werden beim Eintritt der Elemente die ursprünglichen Strukturen wieder hergestellt.

Bestehen die Elementarteilchen ohne Berücksichtigung ihrer Ladungen aus gleichem Material, dann ist die Einheits-Ruhmasse m_p° pro Punkt-Umgebung mit dem Durchmesser $L_P=1/\infty_1$ bei allen Teilchen gleich. Fasst man die Teilchen als Kugeln auf mit einem finiten (aber nicht-infinitesimalen) Durchmesser, dann muss der 4-dimensionale Ereignis-Impuls \vec{p} auf die ganze Kugel angewandt werden, also in jedem Punkt der Kugel gleichstark und gleichgerichtet sein, sofern es keine Gebiete in der Kugel gibt, die nicht zum Teilchen gehören.

Die Klasse gleicher Ereignis-Impulse in den Punkten der Kugel ist die Ursache für die Existenz des Teilchens mit einem Durchmesser d_T und einer Masse m_T , speziell Ruhmasse m_T° , denn ohne Ereignis-Impuls gibt es kein Teilchen. Der Zusammenhalt der sub-infinitesimalen Massenpunkte m_p , speziell Ruhmassenpunkte m_p° , vom Durchmesser $L_P=1/\infty_1$ beruht nicht auf der Gravitationskraft oder auf Anziehung von entgegengesetzten Ladungen, sondern auf der Gleichheit der partiellen sub-infinitesimalen Impulse, die sich aber auch bei Stößen als Gesamtheit ändern, sofern das

Elementarteilchen erhalten bleibt. Deshalb muss noch eine zusätzliche zusammenhaltende Kraft existieren, die mit dem Klassenbildungs-Operator $\{\}$ im Zusammenhang steht, analog zum Gravitationspotential, das mit der Metrik $G:V \Rightarrow V^\wedge$ gegeben ist, die dem Vektor aus dem lokalen Tangentialraum V den dualen Vektor aus dem dualen lokalen Tangentialraum V^\wedge zuordnet.

Ohne Klassenbildungs-Operator würden bei Stößen die partiellen sub-infinitesimalen Teilchen ihre Richtungen unterschiedlich ändern, die Entropie würde zunehmen. Aus der Ordnung würde eine Unordnung.

Wenn die Verschiebung der Kugel mit konstanter Ereignis-Geschwindigkeit in der Richtung der Zeit-Dimension erfolgt, ruht die Kugel. Das gewählte Bezugssystem ist ein Ruhesystem. Dann entspricht dem Ereignis-Impuls des Teilchens ein Bündel gleicher partieller Ereignis-Impulse in der Richtung der Zeit-Dimension. Das Bündel hat den Durchmesser d_T der Kugel, der durch wiederholte Anwendung der Limes-Operatoren \lim_{-1} , \lim_0 , \lim_1 im 4-dimensionalen physikalischen Raum-Zeit-Kosmos mit $k=3$ Raum-Dimensionen und der Punktdichte $\infty_1/[0,1]_{\infty_1}$ erreicht wird.

Ihre wiederholte Anwendung impliziert eine Klammerung (Klassenbildung) der Punkte, die zu Klammern von Klammern (Klassen von Klassen) führt derart, dass es zu jeder Klassenstufe $0 \leq i \leq k-1 (=2)$ eine neue Klammerstufe i gibt, die mit dem Limes-Operator \lim_{i-1} definiert ist. Es gilt für die Klassenstufen

$i=0$: Punkt-Umgebung $P = \{\}_{\infty_1} = \{\}_1$, Durchmesser $L_0 = L_P = 1/\infty_1$, der Nachfolger-Operator $\lim_{-1} :=$ erreicht den benachbarten Punkt.

$i=1$: abzählbare Punkt-Umgebung $\{\}_{\infty_0} = \{P, P, \dots\}_{\infty_0}$, Länge $L_1 = \infty_0/\infty_1$, der Limes-Operator $\lim_0 (n \rightarrow \infty_0)$ erreicht den Punkt, der auf abzählbar ∞_0 viele Punkte folgt.

$i=2$: überabzählbare Punkt-Umgebung $\{\}_{\infty_1} = \{\{\}_{\infty_0}, \{\}_{\infty_0}, \dots\}_{\infty_1}$, Länge $L_2 = \infty_1/\infty_1 = 1$, der Limes-Operator $\lim_1 (n \rightarrow \infty_1)$ erreicht den Rand des Einheitsintervalls $[0,1]_{\infty_1}$, der auf überabzählbar ∞_1 viele Punkte folgt.

$i=3$: Rand des Raum-Zeit-Kosmos $\{\}_{\infty_2} = \{\{\}_{\infty_1}, \{\}_{\infty_1}, \dots\}_{\infty_2}$, Durchmesser $D = L_3 = \infty_2/\infty_1$, der Limes-Operator $\lim_2 (n \rightarrow \infty_2)$ erreicht den Rand des 4-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos mit $k=3$ Raum-Dimensionen.

Somit gehen die Limes-Operatoren in die Definition des Ereignis-Impulses mit ein. Ihre wiederholte Anwendung führt auf die Anfangsabschnitte:

$\{\}_{\infty_1 \cdot n_0} := n_0 \cdot \{\}_{\infty_1}$ der Längen $n_0 \cdot L_0$ ($1 \leq n_0 < \infty_0/1$) mit dem Operator \lim_{-1} ,

$\{\}_{\infty_0 \cdot n_1} := n_1 \cdot \{\}_{\infty_0}$ der Längen $n_1 \cdot L_1$ ($1 \leq n_1 < \infty_1/\infty_0$) mit den Operatoren \lim_{-1} , \lim_0 ,

$\{\}_{\infty_1 \cdot n_2} := n_2 \cdot \{\}_{\infty_1}$ der Längen $n_2 \cdot L_2$ ($1 \leq n_2 < \infty_2/\infty_1$) mit den Operatoren \lim_{-1} , \lim_0 , \lim_1 .

Wenn ein Element aus dem Teilchen austritt, hat das eine kleinere Ruhmasse, doch kann der Durchmesser des austretenden Teilchens gleich dem des Teilchens sein. Mit dem Austritt des Elements, das Ruhmasse mitnimmt, wird der Ereignis-Impuls des Teilchens verändert und um den Betrag der abgegebenen Ruhmasse schwächer.

Die Elemente haben die gleiche Einheits-Ruhmasse m°_p pro Punkt-Umgebung mit dem Durchmesser $L_P = 1/\infty_1$. Dann können nicht die Ruhmassen m°_p von allen Punkten des Teilchens verschoben werden.

Bei den Elementen T^i der Klassenstufen $0 \leq i \leq k-1 (=2)$ werden Kugel-Umgebungen vom Durchmesser eines Anfangsabschnitts $\{\}_{\infty_{(i-1) \cdot n_i}}$ der Klammer $\{\}_{\infty_i}$ der Stufe i verschoben, weshalb mit jeder kleineren Klassenstufe i ein Limes-Operator \lim_i entfällt. Die Stärke des Ereignis-Impulses bestimmt die Klassenstufe i des austretenden Teilchens.

Jeder Anfangsabschnitt $\{\}_{\infty(i-1)\cdot n_i}$ der Länge $n_i \cdot L_i$ definiert den Durchmesser eines partiellen sub-infinitesimalen Teilchens T^{o^i} vom Teilchen T^i der Klassenstufe i . Der Anfangsabschnitt muss so groß sein, dass keine transfinite Mächtigkeit übersprungen wird, weil dann auch eine Klassenstufe übersprungen würde. Die höchst-mögliche (transfinite) Mächtigkeit ist erreicht für

$$1 \leq n_0 < \infty_0, n_1 = \infty_0^{m(1)} (1 \leq m_1 < \infty_0, \infty_0^{\infty_0} = \infty_1), n_2 = \infty_1^{m(2)} (1 \leq m_2 < \infty_1, \infty_1^{\infty_1} = \infty_2).$$

Der Rest $\{\}_{\infty i \rightarrow \infty(i-1)\cdot n_i}$ der Klammer $\{\}_{\infty i}$ der Klammerstufe i definiert den Teil, der Umgebung, der im stufengrößeren Teilchen verbleibt. Der Anfangsabschnitt $\{\}_{\infty(i-1)\cdot n_i}$ der Klammer $\{\}_{\infty i}$ ist relativ zum Restabschnitt $\{\}_{\infty i \rightarrow \infty(i-1)\cdot n_i}$ infinitesimal.

3.2.6.4 Lücken in Bündeln bei Teilchen fallender Klassenstufen $i=2,1,0$

Zur Definition des Durchmessers des Teilchens T^2 der höchsten Klassenstufe 2 werden die Limes-Operatoren \lim_{-1} , \lim_0 , \lim_1 benötigt. Der Limes-Operator \lim_2 , der an den Rand $\{\}_{\infty 2}$ des Kosmos führt, entfällt. Der Anfangsabschnitt $\{\}_{\infty 1 \cdot n_2}$ von $\{\}_{\infty 2}$ umfasst $n_2 = \infty_1^{m(2)}$ Klammern $\{\}_{\infty 1}$ der Klammerstufe 2 und der Länge $L_2 = \infty_1 / \infty_1 = 1$. Weitere Anfangsabschnitte liegen außerhalb des Raum-Zeit-Kosmos. Wenn aus dem Teilchen T^2 kein Element ausgetreten ist, ist $T^2 = T^{o2}$, denn der Ereignis-Impuls ist ein Bündel von Ereignis-Impulsen, das jeden Massen-Punkt in der Teilchen-Kugel mit der Einheits-Ruhmasse m^o_p pro Punkt-Umgebung in Richtung der Zeit-Dimension verschiebt. Die Teilchen-Kugel wird aus dem dunklen Teilchen der Klassenstufe 3 herausgeschoben. Alle 3 Limes-Operatoren gehen in die Definition des Ereignis-Impulses ein, mit dem das Teilchen T^2 der Klassenstufe 2 gegeben ist. Die Elemente $T^0 \in T^1 \in T^2$ sind implizit mit dem Teilchen T^2 gegeben.

Wenn das Element T^1 einen in der Größenordnung gleichen Durchmesser $\{\}_{\infty 1 \cdot n_2}$ hat wie das Teilchen T^2 , dann gibt es wegen $\{\}_{\infty 1} = \{\}_{\infty 0 \cdot n_1} + \{\}_{\infty 1 - \infty 0 \cdot n_1}$ beim Teilchen T^1 längs seines Durchmessers n_2 Anfangsabschnitte $\{\}_{\infty 0 \cdot n_1}$ und n_2 Lücken im Abstand der Restabschnitte $\{\}_{\infty 1 - \infty 0 \cdot n_1}$, die im Teilchen T^2 verbleiben, wenn T^1 austritt. Somit besteht das Teilchen T^1 längs seines Durchmessers d_{T^1} aus n_2 infinitesimalen Teilchen T^{o1} vom Durchmesser $d_{T^{o1}}$, der mit dem Anfangsabschnitt $\{\}_{\infty 0 \cdot n_1}$ von $\{\}_{\infty 1}$ gegeben ist und $n_1 = \infty_0^{m(1)}$ Klammern $\{\}_{\infty 0}$ der Länge $L_1 = \infty_0 / \infty_1$ umfasst. Das gilt für jede der $k(=3)$ Raum-Dimensionen.

Der Würfel, der das Teilchen T^1 der Klassenstufe 1 im Teilchen T^2 umschließt, umfasst n_2^k partielle Teilchen T^{o1} vom Durchmesser $n_1 \cdot L_1 = \infty_0^{m(1)} \cdot \infty_0 / \infty_1$, der allein durch wiederholte Anwendung der Limes-Operatoren \lim_{-1} , \lim_0 erreicht wird, weshalb nur Klammern bis zur Klammerstufe 1 definiert sind. Der Limes-Operator \lim_1 wird nicht benötigt, weshalb die Klammerstufe 2 entfällt.

Die Definition des Ereignis-Impulses, mit dem die infinitesimalen Teilchen T^{o1} vom Teilchen T^1 der Klassenstufe 1 gegeben sind, erfordert nur die ersten beiden Limes-Operatoren \lim_{-1} , \lim_0 . Doch ist über die Anzahl $n_2 = \infty_1^{m(2)}$ der partiellen Teilchen T^{o1} im Durchmesser von T^1 auch der Limes-Operator \lim_1 implizit mit einbezogen. Das trifft auch auf die Lücken im Durchmesser des Teilchens T^1 zu, die durch den Verbleib der Restabschnitte $\{\}_{\infty 1 - \infty 0 \cdot n_1}$ im Durchmesser des Teilchens T^2 entstehen. Obwohl der Anfangsabschnitt $\{\}_{\infty 0 \cdot n_1}$ relativ zum Restabschnitt $\{\}_{\infty 1 - \infty 0 \cdot n_1}$ infinitesimal ist, bedingt die mit dem Limes-Operator \lim_1 erreichbare Anzahl n_2 der partiellen Teilchen T^{o1} eine messbare Ruhmasse $m^o_{T^1}$ beim Teilchen T^1 , die aber sehr viel kleiner ist als die Ruhmasse $m^o_{T^2}$ des Teilchens T^2 . Für $1 \leq n_2 < \infty_1$ wäre die Ruhmasse $m^o_{T^1}$ infinitesimal, also nicht messbar.

Das schwere Teilchen T^2 bleibt auch nach Austritt des leichten Teilchens T^1 ein schweres Teilchen T^{2-1} , doch mit einer geringfügig veränderten Ruhmasse $m^o_{T(2-1)}$. Wenn das leichte Teilchen T^1 Träger einer Ladung ist, tritt die entgegengesetzte Ladung beim Teilchen T^{2-1} auf.

Der Ereignis-Impuls, mit dem ein partielles Teilchen T^{o1} von T^1 gegeben ist, ist ein Bündel von gleichen Ereignis-Impulsen, das jeden Massen-Punkt in der Teilchen-Kugel T^{o1} mit der Einheits-Ruhmasse m^o_p pro Punkt-Umgebung in Richtung der Zeit-Dimension verschiebt. Die Teilchen-Kugel wird aus einem Teilchen T^1 der Klassenstufe $i \geq 2$ herausgeschoben. Es gehen die 2 Limes-Operatoren \lim_{-1} , \lim_0 in die Definition des Ereignis-Impuls-Bündels ein.

Alle n_2 Bündel haben die gleiche Richtung und die gleiche Stärke, doch sind sie um den Durchmesser der Restabschnitte weit voneinander getrennt, relativ zu ihrem Durchmesser. Der Ereignis-Impuls, der das Teilchen T^1 aus dem Teilchen T^2 heraus bewegt, ist mit der Klasse aller Ereignis-Impuls-Bündel gegeben, die auf das Teilchen T^2 angewandt werden, aber eine andere Richtung und Stärke haben als der Ereignis-Impuls mit dem das Teilchen T^2 gegeben ist. Der Zusammenhalt der Bündel ist durch den Klassenbildungs-Operator gegeben, der alle gleichgerichteten Einheits-Ereignis-Impulse zusammenfasst, ungeachtet ihres Abstandes. Infolge der auftretenden Lücken hat das Element eine kleinere Massendichte m/V oder Ruhmassendichte m^0/V als das Teilchen, aus dem es austritt.

Elemente $T^0 \in T^i$ der Klassenstufe 0 aus Teilchen T^i der Klassenstufen $i \geq 1$ bestehen aus Bündeln von sub-infinitesimalen Teilchen T^{00} , die aus den infinitesimalen Teilchen T^{01} von T^1 austreten.

Die infinitesimalen Teilchen T^{01} haben einen Durchmesser $d_{T^{01}} = n_1 \cdot L_1 = \infty_0^{m(1)} \cdot \infty_0 / \infty_1$, der mit dem Anfangsabschnitt $\{\}_{\infty_0 \cdot n_1}$ von $\{\}_{\infty_1} = \{\}_{\infty_0 \cdot n_1} + \{\}_{\infty_1 - \infty_0 \cdot n_1}$ der Klammerstufe 2 gegeben ist und $n_1 = \infty_0^{m(1)}$ Klammern $\{\}_{\infty_0}$ der Klammerstufe 1 und Länge $L_1 = \infty_0 / \infty_1$ umfasst.

Die sub-infinitesimalen Teilchen T^{00} haben einen Durchmesser $d_{T^{00}} = n_0 \cdot L_0 = n_0 / \infty_1$, der mit einem Anfangsabschnitt $\{\}_{1 \cdot n_0}$ der Klammer $\{\}_{\infty_0} = \{\}_{1 \cdot n_0} + \{\}_{\infty_0 - 1 \cdot n_0}$ gegeben ist, weshalb der Limes-Operator \lim_0 entfällt. Es verbleibt nur noch der Nachfolger-Operator \lim_{-1} . Die n_0 Massenpunkte längs des Durchmessers werden alle mit dem Nachfolger-Operator \lim_{-1} erreicht. Der Ereignis-Impuls, mit dem das sub-infinitesimale Teilchen T^{00} gegeben ist, ist ein Bündel von Ereignis-Impulsen, das jeden Massen-Punkt in der Teilchen-Kugel T^{00} mit der gleichen Masse m_p pro Punkt-Umgebung verschiebt.

Der Durchmesser des Teilchen-Bündels umfasst n_1 Teilchen T^{00} , die im Abstand der Restklammer $\{\}_{\infty_0 - 1 \cdot n_0}$ der Klammerstufe 1 nebeneinander liegen. Wenn das Element $T^0 \in T^1$ einen in der Größenordnung gleichen Durchmesser $\{\}_{\infty_1 \cdot n_2}$ hat wie das Teilchen $T^1 \in T^2$, dann gibt es längs des Durchmessers $n_2 \cdot L_2 = n_2$ Teilchen-Bündel, die im Abstand der Restklammer $\{\}_{\infty_1 - \infty_0 \cdot n_1}$ der Klammerstufe 2 nebeneinander liegen.

Somit umfasst der Durchmesser des Teilchens T^0 $n_2 \cdot n_1$ sub-infinitesimale Teilchen T^{00} der Klassenstufe 0, die gebündelt im Abstand $\{\}_{\infty_0 - 1 \cdot n_0}$ und jedes Bündel im Abstand $\{\}_{\infty_1 - \infty_0 \cdot n_1}$ nebeneinander liegen. Der Durchmesser der Teilchen T^{00} umfasst n_0 Massenpunkte vom Durchmesser $L_0 = L_p = 1 / \infty_1$.

Das gilt für jede der $k=3$ Raum-Dimensionen. Somit enthält der Würfel, der das Teilchen T^0 umschließt, $(n_2 \cdot n_1)^k$ sub-infinitesimale Teilchen T^{00} vom Durchmesser $d_{T^{00}} = n_0 \cdot L_0 = n_0 / \infty_1$. Der Durchmesser wird allein mit dem Nachfolger-Operator \lim_{-1} erreicht. Somit geht nur der Limes-Operator \lim_{-1} , in die Definition des Ereignis-Impuls-Bündels ein, mit dem das Teilchen T^0 gegeben ist. Doch werden die Anzahlen n_1 erst mit dem Limes-Operator \lim_0 , n_2 mit dem Limes-Operator \lim_1 erreicht. Das gilt auch für die Restabstände zwischen den Bündeln und zwischen den Teilchen T^{00} im Teilchen-Bündel.

In einem, Teilchen T^2 der Klassenstufe 2, das das Teilchen T^1 der Klassenstufe 1 als Element enthält, tritt an die Stelle jedes infinitesimalen Teilchens T^{01} vom Teilchen T^1 ein Bündel sub-infinitesimaler Teilchen T^{00} des Teilchens T^0 . Nach dem Austritt des Teilchens T^0 hat das Teilchen T^{2-1} Bündel sub-infinitesimale Löcher.

Abstrahiert man von der 3. Raum-Dimension, dann entstehen im stufengrößeren Teilchen beim Austritt von Elementen infinitesimale Löcher wie in einem Sieb derart, dass bei jeder kleineren Klassenstufe der Elemente an die Stelle von jedem potentiellen Loch ein Bündel von sub-infinitesimalen Löchern entsteht. Die Anzahl der Löcher ist so groß, dass die Masse des ausgetretenen Teilchens nicht infinitesimal und somit messbar ist. Doch können die sub-infinitesimalen Löcher im Teilchen nicht gemessen werden. Auch können nicht die infinitesimalen Abstände zwischen den sub-infinitesimalen Teilchen gemessen werden.

Die Elemente $T^0 \in T^i$ der Klassenstufe 0 aus Elementen T^i der Klassenstufen $i \geq 1$ nehmen eine Sonderstellung ein, weil sie zwar wie alle Teilchen eine Masse $m = E/c^2$ haben, aber sie besitzen keine Ruhmasse $m^0 = 0$. Sie bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit c , die von keinem Teilchen mit einer Ruhmasse $m^0 > 0$ erreicht werden kann. Das gilt auch für die Bewegung in einem Medium, in dem die Geschwindigkeit des Lichtes kleiner ist als im Vakuum.

Bei den Teilchen mit Ruhmasse $m^0 > 0$, die auf Geschwindigkeiten $v \rightarrow c$ beschleunigt werden, wird ihre Masse $m \rightarrow \infty$ unendlich groß. Wenn die zugeführte Energie bei einem leichten Teilchen-Antiteilchen-Paar einen Schwellwert überschreitet, kann ein schweres Teilchen-Antiteilchen-Paar mit einer größeren Ruhmasse hervorgehen. Es kann aber auch Ruhmasse vernichtet werden, wenn das Teilchen-Antiteilchen-Paar ineinander stürzt und zerstrahlt. Doch ist bei jedem Teilchen die Ruhmasse eine Konstante, nicht dagegen seine Masse, die sehr groß werden kann. Analog zur Ruhmasse m^0 muss sich auch die Masse m des Teilchens gleichmäßig auf die Massenpunkte eines Elements verteilen. Der Ereignis-Impuls, mit dem ein Element gegeben ist, ist in jedem Massenpunkt gleich, fehlt aber vollständig in den Punkten winziger Gebiete des Teilchen-Volumens.

Der Masse $m \cdot c^2$ entspricht eine Energie $E = E_{\text{kin}} + E_{\text{Pot}}$, die sich aus kinetischer Energie E_{kin} und potentieller Energie E_{Pot} zusammensetzt. Die mit Lichtgeschwindigkeit dahin rasenden Teilchen T^0 der Klassenstufe 0 haben kinetische Energie. Werden sie von einem stufengrößeren Teilchen $T^{i>0}$ absorbiert, dann geht nahezu alle kinetische Energie in potentielle Energie über, sofern das schwerere Teilchen beim Stoß nicht merklich in Bewegung versetzt wird (Compton-Effekt). Beim Austritt des Teilchens $T^0 \in T^{i>0}$ der Klassenstufe 0 wird potentielle Energie zur kinetischen Energie der mit Lichtgeschwindigkeit dahin rasenden Teilchen.

Wird das Elektron eines Atoms beim Stoß mit einem Photon (das ein Quantenfeld transportiert, dem eine elektromagnetische Welle entspricht), auf eine höhere Quantenbahn gehoben, dann wird die kinetische Energie des Photons zur potentiellen Energie, $E_{\text{kin}} \Rightarrow E_{\text{Pot}}$. Beim Rückfall des Elektrons auf eine niedrigere Quantenbahn wird ein Photon im Quantenfeld (dem eine elektromagnetische Welle entspricht) ausgesandt, die potentielle Energie wird zur kinetischen Energie des Elements, $E_{\text{Pot}} \Rightarrow E_{\text{kin}}$. Die Frequenz ν der Welle entspricht wegen $E = h \cdot \nu$ der frei gewordenen potentiellen Energie. Die Masse $m = h \cdot \nu / c^2$ des Photons ist bei Röntgenstrahlen etwa um den Faktor 1000 größer als bei sichtbarem Licht, weshalb beim Stoß mit einem freien Elektron bei Röntgenstrahlen der Massenverlust (längere Wellenlänge $\lambda = c/\nu$) messbar ist.

Besteht das Teilchen aus einem Teilchen-System der gleichen Klassenstufe, dann gibt es zusätzliche freie Gebiete innerhalb des Teilchens, dessen Durchmesser größer ist als die Durchmesser der in ihm auftretenden Teilchen.

Die Quarks sind Teilchen der Klassenstufe 2, die Kugeln sein können, deren Durchmesser durch die Stärke des Ereignis-Impulses im Ruhssystem definiert ist. Somit folgt aus ihrer Ruhmasse die Größe der Quarks-Durchmesser.

Die Baryonen bestehen aus 3 Quarks, die durch die starken Kräfte über den Gluonen-Austausch verbunden sind. Dabei rasen die Gluonen mit Lichtgeschwindigkeit zwischen den Quarks hin und her. Bei einer Bremsung durch die Quarks ist sie aber kleiner als die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit c . Die Gluonen besitzen eine große Masse m , doch haben sie keine Ruhmasse, $m^0=0$. Werden sie von den Quarks absorbiert, dann vergrößert sich die Masse m_Q der Quarks aber nicht ihre Ruhmasse m^0_Q , die Quarks befinden sich nicht mehr im Ruhssystem. Im stationären Zustand werden die Gluonen zwischen den Quarks gleich Bällen hin und zurück geworfen.

Jede Quarks-Kugel unterschiedlicher Größe ist mit einem partiellen Ereignis-Impuls gegeben, weshalb im Baryon nur den Punkten innerhalb jeder Quarks-Kugel die gleiche Einheits-Ruhmasse m^0_p zukommt. Im stationären Zustand haben die Ereignis-Impuls-Bündel von jeder Quarks-Kugel die gleiche Richtung, andernfalls gibt es eine Schwerpunktbewegung des Baryons. In den Schwerpunkt der Baryonen gehen neben den Massen der 3 Quarks auch die Massen der Gluonen mit ein, weshalb die Masse des Quarks-Gluonen-Systems "Baryon" größer ist als die Summe der partiellen Quarks-Massen.

Die Durchmesser von Neutron $n=udd$, Proton $p=uud$ und dem austretenden Elektron e sind etwa gleich und betragen $1,4 \cdot 10^{-15} \text{m}$. Die Ruhmassen $m^0_n=939,6 \cdot 10^6 \text{eV}$, $m^0_p=938,3 \cdot 10^6 \text{eV}$ unterscheiden sich unwesentlich, etwa um die Summe der Ruhmassen $m_e=0,511 \cdot 10^6 \text{eV}$, $m_{\nu^+}=0,03 \cdot 10^6 \text{eV}$ von Elektron e und Antineutrino ν^+ , die beim Zerfall des Neutrons $n \rightarrow p+e+\nu^+$ austreten.

Die Elemente treten nicht aus einem einzelnen Quark sondern aus dem Quarks-Gluonen-System "Baryon" aus. Es entstehen infinitesimale Lücken in den Quarks, die nicht nachweisbar sind. Im Proton treten auch keine nachweisbaren Löcher auf, doch ist ein d-Quark des Neutrons $n=udd$ zu einem u-Quark des Protons $p=uud$ geworden.

Der fehlende Restbetrag der Ruhenergie geht in die kinetische Energie der austretenden Teilchen über. Die Ruhmasse des Antineutrinos ist etwa um den Faktor 10^{-2} kleiner als die Ruhmasse des Elektrons, der Durchmesser ist bei den Neutrinos unbekannt. Das austretende Elektron hat etwa den gleichen Durchmesser wie Proton und Neutron, obwohl es etwa um einen Faktor der Größenordnung 10^{-3} leichter ist.

Die Massendichte der Elemente ist mit Abstand kleiner als die des Teilchens, aus dem sie austreten.

3.2.6.5 Ereignis-Impulse im k'-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos

Die im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos mit $k=3$ Raum-Dimensionen geltenden Gesetze der ART und QT können auf k'-dimensionale Raum-Zeit-Kosmen mit $0 < k < \infty$ Raum-Dimensionen, 1 Zeit-Dimension und der Punktdichte $\infty_{k-2}/[0,1]_{\infty(k-2)}$ verallgemeinert werden.

Dann gibt es sichtbare (messbare) Teilchen der Klassenstufen $0 \leq i \leq k-1$ und dunkle Teilchen der Klassenstufe k, die Hyperflächen von $(k+1)$ -dimensionalen Teilchen sind. Im Quantenfeld der Klassenstufe k können alle Teilchen bis zur Klassenstufe $k-1$ transportiert werden, weshalb sie auch sichtbar (messbar) sind. Die Teilchen der Klassenstufe k werden nicht transportiert, weshalb sie dunkel (nicht messbar) sind. Doch gibt es einen Transport im k"-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos mit $k+1$ Raum-Dimensionen, in dem sie auch sichtbar sind.

Die Punktdichte des Raumes muss von der Mächtigkeit $\infty_{k-2}/[0,1]_{\infty(k-2)}$ sein, damit zu jeder Klassenstufe i Klammern $\{ \}_{\infty(i-1)}$ existieren, die durch Limes-Operatoren $\lim_{i-1}(n \rightarrow \infty_{i-1})$ der Stufen $i-1$ erreicht werden, so dass es zu einer k-fachen Verschachtelung von größer werdenden sub-infinitesimalen Abschnitten der Längen $L_i = \infty_{i-1}/\infty_{k-2}$ ($\infty_{-1} = 1$) kommt.

Für $i=0$ ist der kleinste Abschnitt der Punktabstand $L_0 = L_P = 1/\infty_{k-2}$, für $i=k-1$ ist der größte Abschnitt das Einheitsintervall $L_{k-1} = \infty_{k-2}/\infty_{k-2} = [0,1]_{\infty(k-2)} = 1$ (das die Plancksche Elementarlänge oder ein anderes Einheits-Maß sein kann). Das Einheitsintervall $[0,1]_{\infty(k-2)}$ umfasst eine Punktmenge der Mächtigkeit ∞_{k-2} , deren Rand 1 vom Punkt 0 aus mit Hilfe der k Limes-Operatoren \lim_j der Stufen $-1 \leq j \leq k-2$ erreicht wird.

Die wiederholte Anwendung der Limes-Operatoren $\lim_j(n \rightarrow \infty_j)$ ($-1 \leq j \leq i$) führt auf Anfangsabschnitte $\{ \}_{n(i) \cdot \infty(i-1)}$ der Klassenstufe i der Längen

$$n_i \cdot L_i = n_i \cdot \infty_{i-1} / \infty_{k-2} < L_i = \infty_i / \infty_{k-2} \quad (0 \leq i \leq k-1, \infty_{-1} = 1),$$

die für $n_i = \infty_{i-1}^{m(i)}$ ($1 \leq m_i < \infty_{i-1}$) von der transfiniten Mächtigkeit ∞_{i-1} sind,

und Rest-Abschnitte $\{ \}_{\infty(i) - n(i) \cdot \infty(i-1)}$ der Klassenstufe i' der Längen

$$L^{\wedge}_i := (\infty_i - n_i \cdot \infty_{i-1}) / \infty_{k-2} \text{ von den Abschnitten } \{ \dots \{ \}_{\infty(i-1)} \dots \}_{\infty(i)} \text{ der Längen}$$

$$L_i = n_i \cdot L_i + L^{\wedge}_i = \infty_i / \infty_{k-2}, \text{ die von der transfiniten Mächtigkeit } \infty_i \text{ sind.}$$

Damit keine transfiniten Mächtigkeit bei fallender Klassenstufe übersprungen wird, kann der Faktor n_i nicht kleiner als ∞_{i-1} sein. Der Rand $L_k = \infty_{k-1} / \infty_{k-2}$ des Raum-Zeit-Kosmos wird mit dem Limes-Operator $\lim_{k-1}(n \rightarrow \infty_{k-1})$ erreicht. Das gilt für jede Raum-Dimension.

Somit führen die Abschnitte auf k-dimensionale Würfel, deren Kantenlänge den Durchmesser der Kugel definiert, die der Würfel umschließt. Es gibt eine Verschachtelung k-dimensionaler Würfel bei fallender Klassenstufe i infolge des Wegfalls von Limes-Operatoren \lim_j der höheren Stufen $j \geq i$. Dann tritt an die Stelle des Abschnitts $\{ \}_{\infty(i)}$ der Klassenstufe i' ein Anfangsabschnitt $\{ \}_{n(i) \cdot \infty(i-1)}$ der Klassenstufe i in den Schritten $i=k-1, k-2, \dots, 2, 1, 0$ in jeder der k Raum-Dimensionen. Für $i=0$ verbleibt noch der Nachfolger-Operator $\lim_{-1} = '.$

Das dunkle Teilchen der Klassenstufe k, ist eine Hyperfläche im k'-dimensionalen Teilchen, das sich im k"-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 mit der Punktdichte $\infty_{k-1}/[0,1]_{\infty(k-1)}$ bewegt, die um die transfiniten Mächtigkeit $\infty_{k-1} > \infty_{k-2}$ größer ist als die Punktdichte $\infty_{k-2}/[0,1]_{\infty(k-2)}$ im k'-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 . Das k'-dimensionale Teilchen der Klassenstufe k ist in K^k_0 sichtbar, nicht dagegen ist im Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 die k-dimensionale Hyperfläche T^k im Teilchen ${}^{(k)}T^k$ sicht-

bar. Das sichtbare Teilchen $T^{k-1} \in T^k$ der höchsten Klassenstufe $k-1$ ist ein Element aus einem dunklen Teilchen (Hyperfläche) T^k der Klassenstufe k .

Beim Austritt eines k' -dimensionalen Elements ${}^{(k')}T^{k-1} \in {}^{(k')}T^k$ der Klassenstufe $k-1$ aus dem Teilchen der Klassenstufe k sind die Durchmesser der mit den Limes-Operatoren \lim_j der Stufen $-1 \leq j \leq k-2$ erreichbaren partiellen Teilchen ${}^{(k')}T^{o_{k-1}}$ in K^k_0 infolge der hohen Punktdichte der Mächtigkeit $\infty_{k-1} > \infty_{k-2}$ infinitesimal. Doch liegen in dem mit dem Faktor $\infty_{k-1}/\infty_{k-2}$ multiplizierten Maßstab die Teilchen-Kugeln ${}^{(k')}T^{o_{k-1}}$ mit den potentiellen k -dimensionalen Teilchen $T^{o_{k-1}}$ der Klassenstufe $k-1$ so weit auseinander, dass es im Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 mit der Teilchen-Kugel nur eine k -dimensionale Hyperfläche geben kann. Dann besteht das Teilchen $T^{k-1} = T^{o_{k-1}}$ nur aus einer Teilchen-Kugel $T^{o_{k-1}}$, weshalb jedem Punkt P mit der Umgebung vom Durchmesser $L_P = 1/\infty_{k-2}$ die gleiche Einheits-Ruhmasse m^o_p zu kommt, die bei der Verschiebung des Teilchens mit der konstanten Ereignis-Geschwindigkeit $\rightarrow^{k'}u$ in Richtung der Zeit-Dimension auftritt.

Im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos mit $k=3$ Raum-Dimensionen kommen deshalb den Quarks im Teilchen der Klassenstufe 2 in jedem Punkt P mit der Umgebung vom Durchmesser $L_P = 1/\infty_1$ die gleiche Einheits-Ruhmasse m^o_p zu. Dagegen treten bei den Elementen Lücken auf, die infolge Beschleunigung der Elemente der Klassenstufe 1 bei Überschreitung eines Schwellwertes geschlossen werden. Unter Einbeziehung des noch freien Limes-Operators \lim_1 wird die kinetische Energie zur Ruhenergie.

In Raum-Zeit-Kosmen mit $k \geq 3$ Raum-Dimensionen können schrittweise weitere Schwellwerte erreicht werden und es gibt weitere freie Limes-Operatoren, die bei der Umwandlung der kinetischen Energie in Ruhenergie des Teilchens mit einbezogen werden.

Weil es ohne Ereignis-Impuls kein Masse-Teilchen gibt, ist das Teilchen mit seinen Eigenschaften durch den Ereignis-Impuls definiert, in den aber weitere Funktionen eingehen müssen. Da das Teilchen, das sich in der k' -dimensionalen Raum-Zeit bewegt, ein k -dimensionales Volumen V besitzt, muss der k' -dimensionale Ereignis-Impuls $\rightarrow^{k'}p$ eine Klasse von gleichen sub-infinitesimalen Ereignis-Impulsen $\rightarrow^{k'}p_{(P)}$ sein, die auf Punkte P innerhalb des Volumens, doch nicht notwendig auf alle Punkte angewandt werden. Entsprechend besitzt das Teilchen eine innere Struktur.

Der Klassenbildungs-Operator $\{\}$ ist keine gedankliche sondern eine physikalische Funktion, die die gleichen Ereignis-Impulse $\rightarrow^{k'}p_{(P)}$ zu einem Bündel zusammenfasst, so dass ihre Summe gleich dem Ereignis-Impuls $\rightarrow^{k'}p$ des Teilchens ist. Andernfalls würde das Teilchen in freie Punkt-Teilchen zerfallen, die bei Wechselwirkungen nicht zusammenhalten.

Die Limes-Operatoren \lim_{i-1} gehen in den Klassenbildungs-Operator ein und führen zur Bildung der Klammer-Verschachtelung $\{\dots\{\dots\{\{P\}_{\infty(0)}\}_{\infty(1)}\dots\}_{\infty(i-1)}\}_{\infty(i)}\dots\}_{\infty(k-2)}$ bis zu der Klassenstufe $k-1$ beim stufengrößten Teilchen T^{k-1} . Die Elemente $T^0 \in T^1 \in \dots \in T^i \in T^{i+1} \dots \in T^{k-2} \in T^{k-1}$ der Klassenstufen $0 \leq i \leq k-2$ sind implizit mit dem Teilchen T^{k-1} gegeben, doch ist die Verschachtelung $\{\dots\{\dots\{\{P\}_{\infty(0)}\}_{\infty(1)}\dots\}_{\infty(i-1)}$ der Klammern beim Teilchen T^i auf die Klassenstufe i verkürzt. Es entfallen die Limes-Operatoren \lim_j der Stufen $i \leq j \leq k-2$ bei der Klassenbildung. Die n_i -fache Wiederholung der Klammer $\{\}_{\infty(i-1)}$ definiert einen Anfangsabschnitt $\{\}_{n(i) \cdot \infty(i-1)}$ von $\{\}_{\infty(i)}$ und erfordert die wiederholte Anwendung der Limes-Operatoren \lim_j der Stufen $0 \leq j \leq i-1$. Die Länge $n_i \cdot L_i = n_i \cdot \infty_{i-1} / \infty_{k-2} < L_i = \infty_i / \infty_{k-2}$ des Anfangsabschnitts definiert den Durchmesser $d_i = n_i \cdot L_i$ sub-infinitesimaler Teilchen T^{o_i} der Klassenstufe i , von denen es $n_{k-1} \cdot n_{k-2} \cdot \dots \cdot n_1 \cdot n_i$ Teilchen längs des Durchmessers d_i des Teilchens T^i gibt.

Zwischen jedes der n_i benachbarten Teilchen T^{oi} tritt eine Lücke $L^{\wedge}_i := (\infty_i - n_i \cdot \infty_{i-1}) / \infty(k-2)$, weil der Restabschnitt $\{ \}_{\infty(i) - n(i) \cdot \infty(i-1)}$ der Klassenstufe i im stufengrößeren Teilchen T^{oi} mit dem Durchmesser $d_{oi} = n_i \cdot L_i$ verbleibt.

Auf die n_i Teilchen+Lücken-Abschnitte der Länge L_i folgt eine Lücke L^{\wedge}_i . Dann gibt es n_i Teilchen+Lücken-Abschnitte der Länge L_i auf die eine Lücke L^{\wedge}_i folgt etc. bis zur Klassenstufe $k-1$ der Klammer-Verschachtelung beim Teilchen T^{k-1} , dessen Durchmesser $d_{k-1} = n_{k-1} \cdot L_{k-1}$ ein n_{k-1} -faches der Einheitslänge $L_{k-1} = 1$ ist.

Wenn der leere Raum "nichts" ist, dann kann der Ereignis-Impuls nichts verschieben. Wenn jedes Teilchen ein Element ist, dann kann es aus einem Teilchen höherer Klassenstufe herausgeschoben werden. Bei k Raum-Dimensionen hat das Teilchen T^{k-1} die höchste Klassenstufe $k-1$, aus dem wenigsten ein Teilchen T^{k-2} der Klassenstufe $k-2$ herausgeschoben werden kann etc. Die Elemente $T^0 \in T^1 \in \dots \in T^{k-1}$ der Klassenstufen $0 \leq i \leq k-2$ sind implizit mit dem Teilchen T^{k-1} gegeben, doch können sie auch direkte Elemente des Teilchens T^{k-1} sein. Weil es eine Verkürzung der Raum-Dimensionen gibt, kann auch das Teilchens T^{k-1} ein Element des dunklen Teilchens T^k sein (s. Abschn. 4).

Ohne Ereignis-Impuls existiert das Teilchen implizit als potentielles Element in einem stufengrößeren Teilchen. Wird durch eine Kraft ein Ereignis-Impuls eingeschaltet, dann tritt ein Element aus dem stufengrößeren Teilchen aus (das bereits existiert infolge eines stärkeren Ereignis-Impulses in einer anderen Richtung) und bewegt sich mit konstanter Ereignis-Geschwindigkeit $\rightarrow^{k'} u = \rightarrow^{k'} dx/ds$ in der k' -dimensionalen Raum-Zeit, dem Ereignisraum. Wegen $|\rightarrow^{k'} u|^2 = -1$ ist $\rightarrow^{k'} u$ ein imaginärer Einheitsvektor und $c \cdot \rightarrow^{k'} u$ hat die Dimension einer Geschwindigkeit.

Der kräftefreie Ereignis-Impuls $\rightarrow^{k'} p = m^o \cdot c \cdot \rightarrow^{k'} u$ ist proportional zur k' -dimensionalen Ereignis-Geschwindigkeit $\rightarrow^{k'} u$. Der Proportionalitätsfaktor ist die Ruhmasse m^o des Teilchens (wenn es sich in der Richtung der Zeit-Dimension bewegt), weshalb eine bestimmte Ereignis-Impuls-Stärke

$$|\rightarrow^{k'} p| = \sqrt{(\rightarrow^{k'} p \cdot \rightarrow^{k'} p)} = \sqrt{(\rightarrow^{k'} p \cdot G \cdot \rightarrow^{k'} p)} = \sqrt{(\sum_{(1 \leq \alpha, \beta \leq k')} G_{\alpha\beta} \cdot dp^\alpha \cdot dp^\beta)} = m^o \cdot c,$$

in der flachen Raum-Zeit: $|\rightarrow^{k'} p|^2 = (\rightarrow^{k'} p)^2 - (E/c)^2 = (m^o \cdot c)^2$,

notwendig ist, um ein Element $T^i \in T^j$ der Klassenstufe i mit der Ruhmasse m^o_i aus einem Teilchen T^j der Klassenstufe $j > i$ herauszuschieben.

Die Teilchen $T^0 \in T^1 \in \dots \in T^i \in T^{i+1} \in \dots \in T^{k-1}$ der kleineren Klassenstufen $0 \leq i \leq k-2$ sind potentielle Elemente im stufengrößeren Teilchen aus dem sie austreten können und somit implizit mit dem sichtbaren Teilchen T^{k-1} der höchsten Klassenstufe $k-1$ im Raum-Zeit-Kosmos mit k Raum-Dimensionen gegeben.

Das mit dem Ereignis-Impuls $\rightarrow^{k'} p_{(k-1)}$ gegebene Teilchen T^{k-1} hat einen Durchmesser

$$d_{k-1} = n_{k-1} \cdot L_{k-1} = n_{k-1} \cdot \infty_{k-2} / \infty_{k-2} = n_{k-1} = \infty_{k-2}^{m(k-1)} \quad (1 \leq m_{k-2} < \infty_{k-1}),$$

der durch wiederholte Anwendung der Limes-Operatoren $\lim_j (n \rightarrow \infty_j)$ der Stufen $-1 \leq j \leq k-2$ erreicht wird, und eine transfinite Länge ∞_{k-2} besitzt bezüglich der Einheits-Länge $L_{k-1} = 1$. Doch ist seine Länge ein infinitesimaler Anfangsabschnitt relativ zum Durchmesser des Raum-Zeit-Kosmos, dessen Rand mit dem Limes-Operator $\lim_{k-1} (n \rightarrow \infty_{k-1})$ der Stufe $k-1$ erreicht wird.

Der Ereignis-Impuls $\rightarrow^{k'} p_{(k-1)}$ verschiebt jeden Punkt der k -dimensionalen Teilchen-Kugel T^{k-1} in der gleichen Richtung und mit gleicher Stärke in einem vorgegebenen Bezugssystem in der Raum-Zeit. Im Ruhssystem hat er die Richtung der Zeit-Dimension. Somit entspricht dem Ereignis-Impuls $\rightarrow^{k'} p_{(k-1)}$ ein Bündel von gleichen sub-infinitesimalen Ereignis-Impulsen $\rightarrow^{k'} p_{(p)}$ in den Punkten der k -dimensionalen Kugel.

Dann kommt jedem Punkt P mit der Umgebung vom Durchmesser $L_P=1/\infty_{k-2}$ die gleiche sub-infinitesimale Einheits-Ruhmasse m°_p zu. Die Summe aller Punkt-Ruhmassen m°_p ist gleich der Ruhmasse m°_{k-1} der k-dimensionalen Teilchen-Kugel T^{k-1} . Infolge der Limes-Operatoren $\lim_j(n \rightarrow \infty_j)$ der Stufen $-1 \leq j \leq k-2$ gibt es eine Klammerung $\{\}_{\infty(j)}$ im Bündel $\rightarrow^{k'} p_{(k-1)}$ gleicher Ereignis-Impulse $\rightarrow^{k'} p_{(P)}$, die zu Bündeln von Bündeln immer größer werdender transfiniten Mächtigkeiten ∞_j zusammengefasst sind mit sub-infinitesimalen Durchmessern ∞_j/∞_{k-2} für $0 \leq j < k-2$.

Wenn das Ereignis-Impuls-Bündel $\rightarrow^{k'} p_{(k-1)}$, mit dem das Teilchen T^{k-1} gegeben ist, durch eine Kraft verändert wird derart, dass Teile $\rightarrow^{k'} p_{(i^\circ)}$ des Bündels $\rightarrow^{k'} p_{(k-1)}$ eine andere aber gleiche Bewegungsrichtung annehmen, dann tritt aus dem Teilchen T^{k-1} ein Teilchen T^i einer Klassenstufe $0 \leq i < k-1$ aus, das aus sub-infinitesimalen Teilchen T^{oi} besteht, die mit sub-infinitesimalen Ereignis-Impulsen $\rightarrow^{k'} p_{(i^\circ)}$ gegeben sind. Der Durchmesser der Ereignis-Impuls-Bündel $\rightarrow^{k'} p_{(i^\circ)}$ entspricht dem Durchmesser der Teilchen T^{oi} und ist ein Anfangsabschnitt aus einem Bündel $\{\}_{\infty(i-1)}$.

Von dem Ereignis-Impuls-Bündel $\rightarrow^{k'} p_{(k-1)}$ werden nur sub-infinitesimale Bündel $\rightarrow^{k'} p_{(i^\circ)}$ durch die Kraft in ihrer Richtung verändert, deren Durchmesser

$$d_{i^\circ} = n_i \cdot L_i = n_i \cdot \infty_{i-1} / \infty_{k-2}, \quad n_i = \infty_{i-1}^{m(i)} \quad (1 \leq m_i < \infty_{i-1})$$

durch wiederholte Anwendung der Limes-Operatoren $\lim_j(n \rightarrow \infty_j)$ der Stufen $-1 \leq j \leq i-1$ erreicht werden. Der Limes-Operator $\lim_i(n \rightarrow \infty_i)$ der Stufe i geht in jeden Restabschnitt $L^{\wedge}_i := (\infty_i - n_i \cdot \infty_{i-1}) / \infty_{k-2}$ ein, der im Ereignis-Impuls-Bündel $\rightarrow^{k'} p_{(k-1)}$ verbleibt. Entsprechend treten große Lücken zwischen den austretenden Teilchen T^{oi} auf und infinitesimale Lücken im Teilchen T^{k-1} nach dem Austritt des Teilchens T^i aus dem Teilchen T^{k-1} .

Die Limes-Operatoren der Stufen $i \leq j \leq k-1$ gehen implizit in die Anzahlen der Teilchen T^{oi} im Teilchen T^i ein. Infolge der auftretenden Lücken kann das Teilchen T^i etwa den gleichen Durchmesser haben wie das Teilchen T^{k-1} , aus dem es austritt. Im Ereignis-Impuls-Bündel $\rightarrow^{k'} p_{(i)}$ treten entsprechende Lücken auf. Ist der Durchmesser des Elements T^i merklich kleiner als beim Teilchen T^j , aus dem es austritt, dann ist auch das Ereignis-Impuls-Bündel $\rightarrow^{k'} p_{(i)}$ kleiner als das Bündel $\rightarrow^{k'} p_{(j)}$.

Wenn ein Ereignis-Impuls aus dem Teilchen T^{k-1} ein Teilchen T^i der Klassenstufe i herausschiebt, dann sind gemäß seiner Stärke Limes-Operatoren $\lim_i(n \rightarrow \infty_i)$ der Stufen $-1 \leq i \leq i-1$ aktiviert, die nur auf sub-infinitesimale Ereignis-Impuls-Bündel führen, mit denen sub-infinitesimale Elemente T^{oi} der Klassenstufe i gegeben sind, aus denen das austretende Element T^i der Klassenstufe i besteht. Deshalb verteilt sich der Ereignis-Impuls längs des Durchmessers d_{k-1} des Teilchens T^{k-1} auf $n_{k-1} \dots n_i$ Kugeln T^{oi} mit dem sub-infinitesimalen Durchmesser $n_i \cdot L_i$. Die Stärke des Ereignis-Impulses definiert die Klassenstufe $0 \leq i \leq k-1$ der sub-infinitesimalen Teilchen-Kugeln T^{oi} und die Anzahl der Kugeln, aus denen das Teilchen T^i der Klassenstufe i besteht, einschließlich ihre Verteilung im Teilchen T^i . Jedem Punkt P mit der Umgebung vom Durchmesser $L_P=1/\infty_{k-2}$ kommt innerhalb der Teilchen T^{oi} die gleiche Einheits-Ruhmasse m°_p zu.

Der Ereignis-Impuls $\rightarrow^{k'} p_{(i)}$, mit dem das Teilchen T^i der Klassenstufe i gegeben ist, ist die Klasse aller punktuellen Ereignis-Impulse in definierten Punkten P. Die Summe aller Einheits-Ruhmassen ist gleich der Ruhmasse m°_i des Teilchens T^i .

Die Ruhmasse m° verschwindet bei den Teilchen der Klassenstufe 0, weil sich diese Teilchen mit Lichtgeschwindigkeit bewegen. Sie nimmt sprunghaft bei den Teilchen der nächst höheren Klassenstufen $i=i+1$ Werte $0 < m^\circ_1 < \dots < m^\circ_i < m^\circ_{i+1} < \dots < m^\circ_j < \dots < m^\circ_{k-1}$

an bis für $i=k-1$ die Ruhmasse m_{k-1}^0 des (messbaren) Teilchens T^{k-1} der größten Klassenstufe $k-1$ im Raum-Zeit-Kosmos mit k Raum-Dimensionen erreicht ist.

Wenn die Teilchen T^i der Klassenstufen $i \geq 2$ aus (wenigstens i) Teilen (Quarks) T_Q^i der gleichen Klassenstufe i bestehen, zwischen denen Kraftteilchen (Gluonen) der Klassenstufe 0 ausgetauscht werden, dann wird jeder Teil T_Q^i durch einen partiellen Teil $\vec{p}_{(Q_i)}^{k_i}$ des Ereignis-Impulses $\vec{p}_{(i)}^{k_i}$ definiert und es gibt Lücken zwischen den Teilen.

3.2.6.6 Satz 5

In einem k' -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos mit 1 Zeit-Dimension und k Raum-Dimensionen und der der Punktdichte $\infty_{k-2}/[0,1]_{\infty(k-2)}$ definiert der k' -dimensionale Ereignis-Impuls $\rightarrow^k p_{(i)}$ gemäß seiner Stärke die Klassenstufe i des Teilchens T^i mit seinen stufengleichen Teilen T^i_Q , die Volumina V_{iQ} der Teile T^i_Q , deren Ruhmassen und unter Einbeziehung der Kräfte der Stufe i , die die Teile T^i_Q durch Austausch von i -Gluonen zusammen halten, das Volumen V_i des Teilchens T^i , seine innere Struktur (die auftretenden Lücken) und seine Ruhmasse m°_i .

Der kräftefreie Ereignis-Impuls $\rightarrow^k p = m^\circ \cdot c \cdot \rightarrow^k u$ ist proportional zur k' -dimensionalen Ereignis-Geschwindigkeit $\rightarrow^k u$. Der Proportionalitätsfaktor ist die Ruhmasse m° des Teilchens (wenn es sich in der Richtung der Zeit-Dimension bewegt), weshalb eine bestimmte Ereignis-Impuls-Stärke

$$|\rightarrow^k p| = \sqrt{(\rightarrow^k p \cdot \rightarrow^k p)} = \sqrt{(\rightarrow^k p \cdot G \cdot \rightarrow^k p)} = \sqrt{(\sum_{(1 \leq \alpha, \beta \leq k')} G_{\alpha\beta} \cdot dp^\alpha \cdot dp^\beta)} = m^\circ \cdot c,$$

in der flachen Raum-Zeit: $|\rightarrow^k p|^2 = (\rightarrow^k p)^2 - (E/c)^2 = (m^\circ \cdot c)^2$,

notwendig ist, um ein Element $T^i \in T^j$ der Klassenstufe i mit der Ruhmasse m°_i aus einem Teilchen T^j der Klassenstufe $i < j \leq k-1$ herauszuschieben.

Die Teilchen der Klassenstufe $i=0$ haben keine Ruhmasse, $m^\circ=0$, sie bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit. Ihre Absorption führt zu einer Energiezufuhr als potentielle oder kinetische Energie, ihre Emission zur Energieabgabe bei den Teilchen T^j der Klassenstufe $j>i$, die eine Masse $m_j > m^\circ_j$ haben.

Weil der Betrag $|\rightarrow^k u|$ der Ereignis-Geschwindigkeit $\rightarrow^k u$ eine Konstante ist, muss sich die Ruhmasse m°_i des Teilchens T^i auf bestimmte Punkte im Raumgebiet V_i oder V_{iQ} verteilen, die entsprechend der Klassenstufe i durch Limes-Operatoren \lim_i der Stufen $-1 \leq i \leq -1$ definiert sind. Jedem Teilchen-Punkt P mit der Umgebung vom Durchmesser $L_P = 1/\infty_{k-2}$ kommt die gleiche Einheits-Ruhmasse m°_p zu, die durch einen partiellen Ereignis-Impuls $\rightarrow^k p_{(P)}$ im Punkt P dem Punkt zugeordnet ist. Wenn die Durchmesser der Teilchenkugeln V_i, V_j etwa gleich sind, dann treten in den Element-Kugeln V_i sub-infinitesimale Lücken auf, was zu einer Verkleinerung der Ruhmassen-Dichte führt. Das gilt für jeden stufengleichen Teil (i -Quark) T^i_Q des Teilchens T^i .

Die Teilchen $T^0 \in T^1 \in \dots \in T^i \in T^{i+1} \in \dots \in T^{k-1}$ der kleineren Klassenstufen $0 \leq i \leq k-1$ sind potentielle Elemente im stufengrößeren Teilchen aus dem sie austreten können und somit implizit mit dem sichtbaren Teilchen T^{k-1} der höchsten Klassenstufe $k-1$ im Raum-Zeit-Kosmos mit k Raum-Dimensionen gegeben.

Der Ereignis-Impuls $\rightarrow^k p_{(i)}$, mit dem das Teilchen T^i oder das Teil T^i_Q der gleichen Klassenstufe i gegeben ist, ist ein Bündel von gleichen partiellen Ereignis-Impulsen $\rightarrow^k p_{(P)}$ in definierten Punkten P innerhalb des Teilchens T^i oder des Teils T^i_Q .

Die Zusammenfassung zu einem Bündel erfolgt bei der Klassenbildung:

Der Ereignis-Impuls ist eine Klasse

$$\rightarrow^k p_{(i)} = \{ \rightarrow^k p_{(P)} \mid \lim_i (n \rightarrow \infty_i), -1 \leq i \leq -1 \text{ in } V_j \}; \rightarrow^k p_{(i)} \subseteq \rightarrow^k p_{(k-1 \geq j > i)}$$

gleicher Einheits-Impulse $\rightarrow^k p_{(P)}$ in Punkten P , die mit den Limes-Operatoren \lim_i bis zur Stufe $i-1$ erreicht werden unter Einbeziehung des Volumens V_j des Teilchens T^j oder T^j_Q aus dem T^i oder T^i_Q austreten. Der Ereignis-Impuls $\rightarrow^k p_{(i)}$ zum Element T^i ist eine Teilklasse von dem Ereignis-Impuls $\rightarrow^k p_{(j)}$ zum potentiellen Teilchen T^j $i < j \leq k-1$, aus dem es austreten kann, $\rightarrow^k p_{(i)} \subseteq \rightarrow^k p_{(k-1 \geq j > i)}$.

Das Teilchen T^i oder der Teil T^i_Q mit der Ruhmasse m°_i ist eine Klasse partieller Massenpunkte m°_p , die mit dem Ereignis-Impuls $\rightarrow^k p_{(i)}$ gegeben sind, und deren Summe gleich der Ruhmasse m°_i des Teilchens T^i oder des Teils T^i_Q ist.

Nach Austritt des Teilchens T^i oder Teils T^i_Q aus T^j oder T^j_Q fehlen im Teilchen T^{j-i} oder Teil T^{j-i}_Q die Massen m^o_p in den Punkten P, die implizit T^i oder dem Teil T^i_Q zukommen, und somit fehlen auch die Ereignis-Impulse $\rightarrow^{k'}p_{(i)}$ in der Klasse (dem Bündel) $\rightarrow^{k'}p_{(j-i)}$.

Folgerung:

Der Klassenbildungs-Operator und die Limes-Operatoren haben eine physikalische Bedeutung. Ohne Klassenbildungs-Operator würde das Teilchen T^i oder der Teil T^i_Q in ein System von Massenpunkten mit den Ruhmassen m^o_p zerfallen, die durch parallele Ereignis-Impulse $\rightarrow^{k'}p_{(P)}$ definiert sind und bei Wechselwirkungen getrennt reagieren, was partielle Richtungsänderungen der Ereignis-Impulse zur Folge hat. Auch wenn keine Lücken auftreten, gibt es keinen Grund für den Zusammenhalt der Massenpunkte eines Elementarteilchens oder i-Quarks. Er beruht nicht auf einer Anziehung von Ladungen oder der Gravitationskraft, die bei den sub-infinitesimalen Massenpunkten viel zu klein ist.

Infolge der Klassenbildung verhalten sich alle Massenpunkte des Teilchens T^i oder Teils T^i_Q bei Wechselwirkungen gleich. Die Richtung der Ereignis-Impulse ändert sich in jedem Massenpunkt gleich.

Die Limes-Operatoren definieren die erreichbaren Punkte P, die in die Klasse der Massenpunkte des Teilchens oder in die Klasse der partiellen Ereignis-Impulse eingehen unter Berücksichtigung des Teilchens-Volumens des stufengrößeren Teilchens, aus dem das Element austritt, oder des Ereignis-Impulses, mit dem das stufengrößere Teilchen gegeben ist.

Auch die Metrik G der Raum-Zeit, die durch die Verteilung der Massen in der Raum-Zeit (die in den Energie-Impuls-Tensor des physikalischen Systems eingehen) definiert ist, hat eine physikalische Funktion. Sie definiert die Krümmung der Raum-Zeit und somit das Gravitationspotential, das die Teilchen in der Raum-Zeit umgibt.

Zu den in der ART auftretenden Relationen zwischen physikalischen und geometrischen Funktionen, dem Energie-Impuls-Tensor des physikalischen Systems und der Metrik der Raum-Zeit, treten außerdem Relationen zwischen Ereignis-Impulsen und Limes-Operatoren, einschließlich Klassenbildungs-Operator hinzu.

Der Austausch von Kraftteilchen (i-Gluonen) der Klassenstufe 0 zwischen den Teilen T^i_Q eines Teilchens T^i beruht auf dem Auftreten von neuen Kraftarten der Stufe i zu jeder Klassenstufe $0 < i \leq k-1$.

Mit dem Ereignis-Impuls sind noch keine Ladungen der Teilchen definiert, doch treten diese beim Austritt des Elements T^i aus einem Teilchen T^j stets paarweise auf derart, dass das stufengrößere Teilchen T^j die entgegengesetzte Ladung zur Ladung des Elements T^i besitzt, weshalb das Teilchen $T^j \Rightarrow T^{j-i}$ in ein anderes Teilchen T^{j-i} der gleichen Klassenstufe j übergeht. Die Summe der entgegengesetzten Ladungen hebt sich somit auf. Mit jeder Klassenstufe j treten wenigstens 2^j neue Arten von Ladungen auf, die bei den austretenden Elementen der Klassenstufen $i < j$ fehlen.

Die (ganzzahligen) Ladungen der Teilchen T^i verteilen sich auf ihre Teile T^i_Q , weshalb bei den Teilen (i-Quarks) gebrochene Ladungen auftreten. Sie verteilen sich weiter auf jeden Massenpunkt des Teilchens oder Teils.

Die Einbeziehung der Klassentheorie (Allgemeine Mengenlehre) in die Theorie der Elementarteilchen führt zu einer wesentlichen Erweiterung des Realitätsbegriffes, weil mit ihr ein sehr allgemeines Deduktionsgerüst gegeben ist. Sie kann in der Prädikatenlogik 1. Stufe formuliert werden. Die Elementarteilchen der Klassenstufe 0 sind Urelemente, die Teilchen der Klassenstufe $k > 0$ sind Mengen.

Die Klassentheorie ist eine Theorie verschachtelter Behälter (Mengen), in der von den geometrischen und physikalischen Eigenschaften der Behälter abstrahiert wird. Die Realität entartet in der Klassentheorie in die Klasse aller Mengen, die eine Unmenge ist, weil es keine stufengrößere Klasse gibt, die sie als Element enthalten kann.

Die geometrischen Eigenschaften der Teilchen erfordern eine Erweiterung der Klassentheorie zur Klassensemiotik. Die physikalischen Eigenschaften der Teilchen erfordern eine Erweiterung der Klassensemiotik zur Klassenphysik, die unter Berücksichtigung biologischer Eigenschaften der Lebewesen zur Klassenbiologie erweitert wird. Das führt zu einer schrittweisen Erweiterung des Realitätsbegriffs und zu einer Beantwortung der Grundfrage der Philosophie.

4 Erhöhung und Verkürzung der Dimensionen

4.1 Kosmen höherer Dimensionen

Sowohl die ART als auch die QT können auf Kosmen einer beliebigen Raum-Dimension $1 \leq k < \infty$ verallgemeinert werden, zu der in der ART eine Zeit-Dimension t hinzutritt. Der Raum-Zeit-Kosmos $K^k_0 = K^{k+1}_0$ hat die Dimension $k' = k + 1$ (wenn eine Unterscheidung zwischen Raum- und Zeit-Dimensionen notwendig ist steht $k, +1$) und die Funktionenstufe 0, die den Teilchen zukommt, die in ihm auftreten.

In der nicht-relativistischen QT ist die Zeit t ein Parameter. Der Kosmos mit $k=3$ Raum-Dimensionen ist der physikalische Kosmos, prä-physikalische Kosmen haben $0 < k < 3$ Raum-Dimensionen, post-physikalische Kosmen haben $3 < k < \infty$ viele Raum-Dimensionen.

Die Eigenschaften der Teilchen bleiben in höher-dimensionalen Kosmen erhalten, insbesondere besitzen sie auch die gleichen Ladungen, weshalb sie mit dem gleichen Namen (und Angabe der Dimension) bezeichnet werden. Gemäß den Vorzeichen ihrer Ladungsarten werden sie sich anziehen oder abstoßen und sich entsprechend ihrer Dimension zu (prä-, post-)physikalischen Systemen verbinden.

In den post-physikalischen Kosmen treten neue Elementarteilchen hinzu mit neuen Ladungsarten, die im Allgemeinen schwerer sind als ihre Vorgänger. Dann kommt es im Atommodell zur Bildung von inneren Kernen von inneren Kernen, wobei die Teilchen des Vorgänger-Kerns zu Hüllteilchen werden. Sie treten zuerst als dunkle Teilchen auf und werden in höher-dimensionalen Kosmen zu sichtbaren Teilchen.

Im physikalischen Kosmos ($k=3$) sind die Teilchen der Klassenstufe 3 dunkel, sie werden erst bei $k=4$ Raum-Dimensionen sichtbar und entfallen in den prä-physikalischen Kosmen ganz. In den prä-physikalischen Kosmen werden die sichtbaren Teilchen der höchsten Klassenstufe aus dem Vorgänger-Kosmos zu dunklen Teilchen und verschwinden in den nachfolgenden Kosmen fallender Dimension ganz. Das sind für $k=2$ die Hadronen, für $k=1$ die Leptonen. Es verbleiben die Photonen (Energiequanten), die für $k=0$ auch verschwinden. Im 0-dimensionalen Kosmos gibt es keine bewegten Teilchen.

Im k -dimensionalen Kosmos sind alle Teilchen k -dimensional. Im k' -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos tritt an die Stelle des Teilchens ein Teilchen-Ereignis mit k Raum- und einer Zeit-Dimension. Wenn Teilchen aus anderen austreten, sind diese auch k -dimensional aber von einer kleineren Klassenstufe und leichtere Teilchen als die Teilchen, aus denen sie ausgetreten sind, was zur Unterscheidung von leichten, schweren, überschweren etc. Teilchen führt.

In jedem Kosmos breiten sich Quantenfelder (Wahrscheinlichkeitswellen) aus, die k -dimensionale Teilchen transportieren. Die Massen der Teilchen definieren die Geometrie (die Metrik) und somit die Krümmung der k' -dimensionalen Raum-Zeit, gemäß der das Gravitationspotential gegeben ist, das die Teilchen mit ihren Massen umgibt.

In dieser Verallgemeinerung kann es zu jeder Dimension k einen Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 geben, in dem die bekannten Gesetze der ART und QT gültig sind. Doch besteht noch keine Wechselbeziehung zwischen den Raum-Zeit-Kosmen unterschiedlicher Dimensionen.

Erst die Berücksichtigung der Verkürzung von Raum-Dimensionen innerhalb eines Raum-Zeit-Kosmos führt zu einer Generierung von Raum-Zeit-Kosmen fallender Raum-Dimensionen, in denen projektive Komponenten auftreten und ein steuerndes Eingreifen vom höher-dimensionalen Kosmos aus möglich wird.

4.2 Umwandlung von Raum- in Zeit-Dimensionen und Projektion

Das Quantenfeld verkürzt nur im Wellenbild die Dimension des Bildes, doch nicht die Dimension der k -dimensionalen Teilchen. Es ist eine Wahrscheinlichkeitswelle, die sich in der Zeit t^k im k '-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^k_0=K^{k,+1}_0$ mit der Geometrie (Metrik) $G^k=G^{k,+1}$ ausbreitet und k -dimensionale Teilchen transportiert. In der Schreibweise $K^{k,+1}_0$ wird zwischen k Raum-Dimensionen vor dem Komma und $+1$ Zeit-Dimensionen nach dem Komma unterschieden.

Wenn in der Wahrscheinlichkeitswelle $\Phi^k=\Phi^{k,+1}$ aus den k -dimensionalen Teilchen, die sie transportiert, Teilchen austreten, dann ist deren Dimension in Richtung der Wellennormale verkürzt. Die austretenden Teilchen haben nur noch $k-1$ Raum-Dimensionen. Die Richtung des Lichtstrahles ist bei einer elektromagnetischen Welle die Wellennormale. Doch treten aus den Photonen keine Teilchen aus.

Für $k=3$ transportiert die Wahrscheinlichkeitswelle $\Phi^{3,+1}$ im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{3,+1}_0$ 3-dimensionale Quanten (Teilchen), aus denen 2-dimensionale Teilchen austreten können. Die verkürzten Teilchen (Flächen-Quanten) bewegen sich in einem Quantenfeld, das sich in einer Fläche ausbreitet. Wenn aus den Flächen-Quanten im Quantenfeld Teilchen austreten, dann verkürzt sich wiederum die Dimension. Es treten aus den Flächenquanten Linien-Quanten aus, die sich wiederum in einem Quantenfeld bewegen, das sich in einer Linie ausbreitet. Treten aus Linien-Quanten im Quantenfeld Teilchen aus, dann sind die verkürzten Teilchen Punkte. Hier bricht die Verschachtelung der Quantenfelder ab. Dagegen gibt es bei wachsender Dimension $k>3$ keine obere Grenze für die Verschachtelung der Quantenfelder, weil es auch keine obere Grenze für die Raum-Dimensionen eines Raum-Zeit-Kosmos gibt.

Die Verkürzung der Dimension des Raumes beruht auf der Umwandlung der Raum-Dimension in Richtung der Wellennormale in eine neue Zeit-Dimension t^{k-1} , in der die Bewegung der potentiellen $(k-1)$ -dimensionalen Teilchen erfolgt. Die ausgetretenen Teilchen bewegen sich in einer neuen Raum-Zeit $K^{k-1,+2}_0$ mit $k-1$ Raum-, $+2$ Zeit-Dimensionen t^{k-1} , t^k und einer neuen Metrik $G^{k-1,+2}$, die 2 Zeit-Dimensionen und die Krümmung der Raum-Zeit definiert, gemäß der Massenverteilung der verkürzten $(k-1)$ -dimensionalen Teilchen.

Obwohl die Wahrscheinlichkeitswelle nicht die Dimension der transportierten Teilchen verkürzt, die Richtung der Wellennormale bleibt für sie eine Raum-Dimension, wird doch die Raum-Dimension in Richtung der Wellennormale in die neue Zeit-Dimension umgewandelt für alle potentiellen verkürzten Teilchen, die aus der zur neuen Zeit-Dimension orthogonalen Hyperfläche austreten können.

Die neue Zeit-Dimension t^{k-1} ist implizit mit den k -dimensionalen Teilchen (den Quanten im Quantenfeld) in der Richtung der Wellennormale gegeben. In jedem k -dimensionalen Quant, das die Wahrscheinlichkeitswelle in Richtung der Wellennormale transportiert, existiert eine $(k-1)$ -dimensionale Hyperfläche, orthogonal zur Wellennormale, aus der $(k-1)$ -dimensionale Teilchen in der neuen Zeit-Dimension t^{k-1} austreten können. Deshalb kann es auch einen Ereignis-Impuls geben, der in den $k-1$ Raum-Dimensionen und in der Zeit-Dimension t^{k-1} Komponenten besitzt, während ein Impuls nur in den Raum-Dimensionen Komponenten besitzt. Dieser verkürzte Ereignis-Impuls besitzt keine Komponente in der Zeit t^k , in der sich die k -dimensionalen Teilchen bewegen.

Der Ereignis-Impuls definiert das in der Zeit t^{k-1} aus der Hyperfläche austretende $(k-1)$ -dimensionale Teilchen, das sich in der Richtung des Ereignis-Impulses bewegt. Wenn der Ereignis-Impuls nur eine Komponente in der Zeit-Dimension t^{k-1} besitzt, verschiebt er das Teilchen durch die darüber liegenden Hyperflächen in den Zeitschnitten $t^{k-1}=\text{konstant}>t_0^{k-1}$ (Anfangs-Zeitpunkt, wenn der Ereignis-Impuls durch eine Kraft eingeschaltet wird).

Das Bezugssystem des Beobachters heißt Ruhssystem, wenn sich das Teilchen nicht in den Raum-Dimensionen bewegt. Im Ruhssystem bewegt es sich in der neuen Zeit-Dimension t^{k-1} und besitzt eine Ruhmasse m^0 infolge des Ereignis-Impulses. Das Teilchen bewegt sich immer und existiert nur, wenn es einen Ereignis-Impuls gibt.

Jedes (ausgetretene) Teilchen besitzt eine Masse, die eine Krümmung des $(k-1)$ -dimensionalen Raumes und gemäß ihrer Bewegung in der Zeit t^{k-1} eine Krümmung des k -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^{k-1,+1}_0 \subseteq_u K^{k-1,+2}_0$ mit der Zeit-Dimension t^{k-1} zur Folge hat, in dem die Zeit-Dimension t^k von $K^{k-1,+2}_0$ fehlt.

Die partiellen Hyperflächen (Raum-Zeiten) in den Quanten des Quantenfeldes werden zu einer k -dimensionalen Hyperfläche (Raum-Zeit) $K^{k-1,+1}_0$ mit $k-1$ Raum-Dimensionen und der neuen Zeit-Dimension t^{k-1} verschmolzen.

Die Hyperfläche $K^{k-1,+1}_0 \subseteq_u K^{k-1,+2}_0$ ist ein Unterraum der k' -dimensionalen Raum-Zeit $K^{k-1,+2}_0$ mit 2 Zeit-Dimensionen t^{k-1} , t^k . Die Masse jeder partiellen $(k-1)$ -dimensionalen Hyperfläche ist infinitesimal relativ zur Masse des k -dimensionalen Quants, weshalb der Austritt eines $(k-1)$ -dimensionalen Teilchens einen nicht messbaren Massenverlust zur Folge hat. Es ändert sich folglich nicht die Metrik $G^{k,+1}$ des Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$, wenn aus den k -dimensionalen Teilchen im Quantenfeld, das sich in der Zeit t^k ausbreitet, $(k-1)$ -dimensionale Teilchen in der neuen Zeit t^{k-1} austreten. Doch existieren Stapel von Zeitschnitten $t^{k-1}=\text{konstant}\geq t_0^{k-1}$ in der Richtung der Wellennormalen, in denen das zum Zeitpunkt t_0^{k-1} ausgetretene Teilchen im k -dimensionalen Quant fehlt, sofern es nicht in ihm geblieben oder wieder zurückgekehrt ist.

Weil sich die $(k-1)$ -dimensionalen Teilchen nicht in der Zeit t^k bewegen, ist die Raum-Zeit $K^{k-1,+2}_0$ in der Richtung der Zeit t^k von konstanter Krümmung, also eine projektive Raum-Zeit mit Killingvektor, so dass in der Zeitrichtung t^k projiziert werden kann. Das führt im verkürzten Raum-Zeit-Kosmos $K^{k-1,+1}_0$ zum Auftreten von (verallgemeinerten) elektromagnetischen Wellen und einer Änderung der Metrik $G^{k-1,+1}$, mit der das Gravitationspotential gegeben ist, das die Massen der $(k-1)$ -dimensionalen Teilchen umgibt.

Die $(k-1)$ -dimensionalen Teilchen befinden sich in einem neuen Quantenfeld (Wahrscheinlichkeitswelle) $\Phi^{k-1,+1}$, das sich in der Zeit t^{k-1} im k -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^{k-1,+1}_0 \subseteq_u K^{k-1,+2}_0$ ausbreitet. Sie müssen sich im Quantenfeld befinden, andernfalls gibt es keinen Welle-Teilchen-Dualismus. Wenn aus den $(k-1)$ -dimensionalen Teilchen im Quantenfeld Teilchen austreten, dann sind diese auf $k-2$ Raum-Dimensionen verkürzt und es tritt eine neue Zeit-Dimension t^{k-2} hinzu, in der sich die $(k-2)$ -dimensionalen Teilchen in einem neuen Raum-Zeit-Kosmos $K^{k-2,+1}_0$ bewegen. Er hat $k-2$ Raum-Dimensionen und die neue Zeit-Dimension t^{k-2} . Somit ist er ein Unterraum $K^{k-2,+1}_0 \subseteq_u K^{k-2,+2}_0$ einer projektiven Raum-Zeit $K^{k-2,+2}_0$ mit $k-2$ Raum- und $+2$ Zeit-Dimensionen t^{k-2} , t^{k-1} .

Da vom Quantenfeld $\Phi^{k,+1}$ im k' -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$ ausgegangen wurde, ist die projektive Raum-Zeit $K^{k-2,+2}_0$ ein Unterraum der 2-fach projektiven Raum-Zeit $K^{k-2,+3}_0$ mit $k-2$ Raum- und $+3$ Zeit-Dimensionen t^{k-2}, t^{k-1}, t^k . Sie ist in den 2 Zeitrichtungen t^{k-1}, t^k von konstanter Krümmung, so dass 2-fache Projektionen in den $(k-1)$ -dimensionalen Unterraum (Raum-Zeit-Kosmos) $K^{k-2,+1}_0$ möglich sind. Doch ist die Projektion in der Richtung der Zeit-Dimension t^k bereits bei den $(k-1)$ -dimensionalen Teilchen erfolgt, weshalb nur noch eine Projektion in der Richtung der Zeit-Dimension t^{k-1} bei den $(k-2)$ -dimensionalen Teilchen erforderlich ist.

Das Quantenfeld $\Phi^{k,+1}(K^{k,+1})$, das sich in der Zeit t^k im Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}$ ausbreitet und dessen k -dimensionale Teilchen transportiert, wird zu einem erweiterten Quantenfeld $\Phi^{k,+1}(K^{k,+1} + \Phi^{k-1,+1}(K^{k-1,+1}))$, wenn aus k -dimensionalen Teilchen $(k-1)$ -dimensionale Teilchen austreten, die von einem Quantenfeld $\Phi^{k-1,+1}(K^{k-1,+1})$ in der Zeit t^{k-1} im verkürzten Raum-Zeit-Kosmos $K^{k-1,+1}$ mit $k-1$ Raum-Dimensionen transportiert werden.

Die Verkürzung der Teilchen-Dimensionen endet, wenn das Quantenfeld nur noch Quanten transportiert, aus denen keine Teilchen austreten (z.B. die Photonen) oder bei 1-dimensionalen Teilchen, die aus 2-dimensionalen Teilchen im Quantenfeld austreten. Aus der Raum-Dimension in Richtung der Wellennormale wird die neue Zeit-Dimension t^1 in der sich die 1-dimensionalen Teilchen bewegen. Im Raum-Zeit-Kosmos $K^{1,+1}_{0 \subseteq u} K^{1,+2}_{0 \subseteq u \dots \subseteq u} K^{1,+k}_0$ mit der Metrik $G^{1,+1}$ transportiert das Quantenfeld, das sich in der Zeit t^1 ausbreitet, die 1-dimensionalen Teilchen. Er ist ein Unterraum der projektiven Raum-Zeit $K^{1,+2}_0$ mit 1 Raum- und $+2$ Zeit-Dimensionen t^1, t^2 . Doch bewegen sich die Teilchen nicht in der Zeit t^2 , weshalb in dieser Richtung projiziert werden kann.

Da vom Quantenfeld im k' -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$ ausgegangen wurde, ist die projektive Raum-Zeit $K^{1,+2}_0$ ein Unterraum der $(k-1)$ -fach projektiven k' -dimensionalen Raum-Zeit $K^{1,+k}_0$ mit der Metrik $G^{1,+k}$, 1 Raum- und $+k$ Zeit-Dimensionen t^1, \dots, t^k . Die Projektionen können in den Zeit-Dimensionen t^2, \dots, t^k erfolgen, doch ist nur die Projektion in der Richtung der Zeit-Dimension t^2 erforderlich, da die Projektionen in den Zeit-Dimensionen t^{k-j} bereits bei den $(k-j)'$ -dimensionalen Teilchen ausgeführt wurden ($0 \leq j \leq k-3$).

Aus 1-dimensionalen Teilchen können noch 0-dimensionale Quanten in der Zeit t^0 austreten, doch gibt es bei 0 Raum-Dimensionen keine Bewegung, höchstens eine Änderung der potentiellen 0-dimensionalen Quanten in der Zeit t^0 .

Allgemein kann jeder k' -dimensionale Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$ mit der neuen Zeit-Dimension t^k durch schrittweise Verkürzung aus einem l' -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^{1,+1}_0$ mit $k < l < \infty$ Raum-Dimensionen und 1 Zeit-Dimension t^1 hervorgehen. Die dazwischen liegenden Raum-Zeit-Kosmen $K^{k+j,+1}_{0 \subseteq u} K^{k+j,+l-j}_0$ ($0 < j \leq l-k$) mit $k+j$ Raum-Dimensionen und der neuen Zeit-Dimension t^{k+j} gehen durch Umwandlung einer Raum- in eine Zeit-Dimension und Projektion in Richtung der nicht benötigten Zeit-Dimension hervor. Somit gilt:

$$\Phi^1(K^{1,+1} + \Phi^{l-1,+1}(K^{k-1,+1} + \dots + \Phi^{k+j,+1}(K^{k+j,+1} + \dots + \Phi^{k+1,+1}(K^{k+1,+1} + \Phi^{k,+1}(K^{k,+1}))))))$$

Der Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_{0 \subseteq u} K^{k,+l-k}_0$ ($j=l-k$) ist ein Unterraum einer l' -dimensionalen Raum-Zeit mit k Raum- und $l-k$ Zeit-Dimensionen $t^k, \dots, t^{k+j}, \dots, t^l$. Doch bewegen sich die k -dimensionalen Teilchen nur in der Zeit t^k , weshalb die l' -dimensionale Raum-Zeit in den Zeit-Dimensionen $t^{k+1}, \dots, t^{k+j}, \dots, t^l$ von konstanter Krümmung ist.

4.3 Dunkelmaterie bei Raum-Zeit-Kosmen im Quantenfeld

Das Quantenfeld $\Phi^{k+1,+1}$, das sich im k -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^{k+1,+1}_0$ mit $k+1$ Raum-Dimensionen in der Zeit-Dimension t^{k+1} ausbreitet, transportiert $k+1$ -dimensionale Quanten, aus denen orthogonal zur Richtung der Wellennormale k -dimensionale Teilchen in der neuen Zeit-Dimension t^k austreten, die lokal die Richtung der Wellennormale hat.

Bezüglich den verkürzten k -dimensionalen Teilchen gibt es eine k -dimensionale projektive Raum-Zeit $K^{k,+2}_0$ mit k Raum- und 2 Zeit-Dimensionen t^k, t^{k+1} . Weil sich die k -dimensionalen Teilchen nicht in der Zeit t^{k+1} bewegen, existiert in der Richtung der Zeit-Dimension t^{k+1} ein Killingvektor, so dass projiziert werden kann. Somit gibt es eine projektive Verkürzung $K^{k,+1}_0 \subseteq K^{k,+2}_0$ in der Richtung der Zeit-Dimension t^{k+1} in $K^{k,+2}_0$. Die k -dimensionalen Raum-Zeiten $K^{k,+2}_0, K^{k+1,+1}_0$ unterscheiden sich in der Geometrie, also in den Metriken $G^{k,+2}_1, G^{k+1,+1}_1$.

Die Massen der $k+1$ -dimensionalen Teilchen definieren die Geometrie (Metrik) $G^{k,+1}_1$ des gekrümmten k -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^{k+1,+1}_0$ mit $k+1$ Raum-Dimensionen und der neuen Zeit-Dimension t^k .

Die Massen der verkürzten Teilchen definieren die Geometrie $G^{k,+2}_1$ in $K^{k,+2}_0$, die Projektion führt auf die Metrik $G^{k,+1}_1$ des gekrümmten k -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$ mit k Raum-Dimensionen und der neuen Zeit-Dimension t^k .

In einem in der Zeit t^{k+1} stationären Quantenfeld $\Phi^{k+1,+1}$, das sich im k -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^{k+1,+1}_0$ ausbreitet, erfolgen alle Bewegungen der verkürzten k -dimensionalen Teilchen in der neuen Zeit-Dimension t^k nach den Gesetzen der ART und QT unter Einbeziehung ihrer Ladungen, die zur Anziehung oder Abstoßung führen. In den verkürzten (prä- und post-)physikalischen Raum-Zeit-Kosmen $K^{k,+1}_0$ wird entsprechend der Raum-Dimension k eine Vielfalt potentieller Strukturen, auch innere Körper von Lebewesen, möglich. Sie nimmt mit wachsender Dimension in post-physikalischen Raum-Zeit-Kosmen zu, infolge des Auftretens von neuen Teilchenarten. In den prä-physikalischen Raum-Zeit-Kosmen nimmt die Vielfalt ab, infolge fehlender Teilchenarten.

Bei einer Änderung des Quantenfeldes $\Phi^{k+1,+1}$ in der Zeit t^{k+1} des Raum-Zeit-Kosmos $K^{k+1,+1}_0$ wird die Bewegung der $k+1$ -dimensionalen Quanten verändert, aus denen die verkürzten k -dimensionalen Teilchen austreten, was äquivalent ist mit einer punktuellen oder fortlaufenden Änderung der Anfangsbedingungen in der Zeit t^{k+1} für die Bewegungskurven der k -dimensionalen Teilchen in der Zeit t^k . Verändern sich auch die Quanten (Teilchenarten) im Quantenfeld $\Phi^{k+1,+1}$, dann können andere verkürzte k -dimensionalen Teilchenarten (in der Zeit t^k) austreten. Die $k+1$ -dimensionalen inneren Körper der Lebewesen können das stationäre Quantenfeld $\Phi^{k+1,+1}$ verändern, was eine Steuerung der Bewegungsabläufe im verkürzten Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$ ermöglicht.

In dem verkürzten Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$ breiten sich ebenfalls Quantenfelder $\Phi^{k,+1}$ in der neuen Zeit-Dimension t^k aus, die k -dimensionale Teilchen transportieren. Weil mit jeder höheren Raum-Dimension $k+1$ neue Teilchenarten auftreten, die nicht auf k Raum-Dimensionen verkürzt werden können, fehlen diese Teilchen in $K^{k,+1}_0$. Das Quantenfeld kann nur Teilchen transportieren, die um wenigstens eine Dimension verkürzt werden können. Andernfalls können keine verkürzte Teilchen aus ihnen in der neuen Zeit-Dimension austreten, die aus der Raum-Dimension in Richtung der Wellennormale hervorgeht.

Obwohl die Wahrscheinlichkeitswelle nicht die Dimension der transportierten Teilchen verkürzt, die Richtung der Wellennormale bleibt für sie eine Raum-Dimension, wird doch die Raum-Dimension in Richtung der Wellennormale in die neue Zeit-Dimension umgewandelt für alle potentiellen verkürzten Teilchen, die aus der zur neuen Zeit-Dimension orthogonalen Hyperfläche austreten können. Damit ist die Voraussetzung gegeben, dass verkürzte k' -dimensionale Ereignis-Impulse auf potentiell verkürzte Teilchen angewandt werden können, die dann zu aktuellen verkürzten Teilchen werden und sich in der Richtung des Ereignis-Impulses bewegen.

Der Hyperfläche im $k+1$ -dimensionalen Teilchen entspricht ein k -dimensionales Teilchen, das schwerer sein muss als die potentiellen aus- und eintretenden Teilchen. Außerdem wird es zum Träger der entgegengesetzten Ladungen vom austretenden Teilchen. Es gibt somit eine Massen- und Ladungs-Änderung der Hyperfläche im $k+1$ -dimensionalen Teilchen in der Zeit t^k , die aber keinen Einfluss auf die Bewegung des $k+1$ -dimensionalen Teilchens in der Zeit t^{k+1} hat, weil sie relativ zum $k+1$ -dimensionalen Teilchen infinitesimal ist. Doch beeinflusst ihre Anwesenheit die Bewegung der k -dimensionalen Teilchen, die in der Zeit t^k sowohl aus- als auch eintreten können.

Wenn aus den Hyperflächen k -dimensionale Teilchen mit ihren Massen und Ladungen austreten, verbleibt ein Loch in der Hyperfläche mit entgegengesetzten Ladungen. Das am Vakuumzustand gespiegelte Loch ist das Antiteilchen zum ausgetretenen k -dimensionalen Teilchen, das in der Hyperfläche auftritt. Umgekehrt können die Teilchen auch wieder eintreten und Löcher (teilweise) zuschütten, oder sie bewegen sich als Hüllteilchen um eine oder mehrere Hyperflächen mit Antiteilchen, die sie aufgrund der entgegengesetzten Ladungen anziehen. Das führt zur Bildung von k -dimensionalen Strukturen mit dunklen Teilchen im verkürzten Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$.

Diese k -dimensionalen Hyperflächen in $k+1$ -dimensionalen Teilchen (Quanten), die ein Quantenfeld $\Phi^{k+1,+1}$ im Raum-Zeit-Kosmos $K^{k+1,+1}_0$ in der Zeit t^{k+1} transportiert, sind dunkle k -dimensionale Teilchen im verkürzten Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$, weil sie nicht in einem Quantenfeld $\Phi^{k,+1}$, das sich in der Zeit t^k in $K^{k,+1}_0$ ausbreitet, transportiert werden. Somit gelangen sie zu keinem k -dimensionalen Messinstrument, das mit ihnen in Wechselwirkung treten könnte, sie bleiben für den Beobachter dunkel. Die Hyperflächen sind bereits Verkürzungen in $k+1$ -dimensionalen Teilchen, die das Quantenfeld $\Phi^{k+1,+1}$ transportiert. Wenn ihre Gestalt eine weitere Verkürzung der Dimension nicht zulässt, dann können sie ohnehin in keinem Quantenfeld $\Phi^{k,+1}$ transportiert werden, das sich in dem verkürzten Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$ ausbreitet. Die Hyperflächen-Teilchen definieren die Dunkelmaterie im Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$, die schwerer ist als alle austretenden Teilchen.

Doch werden die Hyperflächen-Teilchen in $k+1$ -dimensionalen Quanten von einem Quantenfeld $\Phi^{k+1,+1}$ im Raum-Zeit-Kosmos $K^{k+1,+1}_0$ zum Messinstrument transportiert und sind somit im höher-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos messbar (sichtbar).

Im Teilchenbild treten aus den k -dimensionalen Teilchen wieder k -dimensionale (leichtere) Teilchen aus, die sich in der gleichen Zeit t^k im Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$ bewegen. Doch befinden sich auch die ausgetretenen Teilchen in dem Quantenfeld $\Phi^{k+1,+1}$, das sich im $k+2$ -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^{k+1,+1}_0$ in der Zeit t^{k+1} ausbreitet und $k+1$ -dimensionale Teilchen transportiert, aus denen die verkürzten k -dimensionalen Teilchen in der Zeit-Dimension t^k austreten.

Das Quantenfeld $\Phi^{k+1,+1}$ transportiert mit den $k+1$ -dimensionalen Teilchen, die sich im Raum-Zeit-Kosmos $K^{k+1,+1}_0$ in der Zeit t^{k+1} bewegen, auch den verkürzten Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$ mit allen k -dimensionalen Teilchen, die sich in der Zeit t^k wiederum in einem Quantenfeld $\Phi^{k,+1}(K^{k,+1}_0)$, das die k -dimensionalen Teilchen aus $K^{k,+1}_0$ transportiert, tritt zum Raum-Zeit-Kosmos $K^{k+1,+1}_0$, hinzu, dessen Teilchen das Quantenfeld $\Phi^{k+1,+1}(K^{k+1,+1}_0 + \Phi^{k,+1}(K^{k,+1}_0))$ transportiert.

Im Raum-Zeit-Kosmos $K^{k+1,+1}_0$ mit $k+1$ Raum-Dimensionen gibt es kein Messinstrument zum Nachweis der k -dimensionalen Teilchen, die aber im verkürzten Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$ mit k Raum-Dimensionen nachweisbar sind, ausgenommen die dunklen Hyperflächen-Teilchen in den $k+1$ -dimensionalen Teilchen, die in $K^{k+1,+1}_0$ nachweisbar sind.

Weil im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{3,+1}_0$ mit $k=3$ Raum-Dimensionen die dunklen Teilchen mit eingehen, sind die Nukleonen der Atomkerne die Hüllteilchen von dunklen Teilchen, wobei die dunklen Teilchen 3-dimensionale Hyperflächen von 4-dimensionalen Teilchen sind, aus denen die Hüllteilchen (Nukleonen) ausgetreten sind, die wiederum Elektronen als Hüllteilchen besitzen. Die 3-dimensionalen Hyperflächen werden mit den 4-dimensionalen Quanten in einem Quantenfeld $\Phi^{4,+1}$ transportiert, das sich im post-physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{4,+1}_0$ mit $k=4$ Raum-Dimensionen in der Zeit-Dimension t^4 ausbreitet. Weil es kein Quantenfeld $\Phi^{3,+1}$ in $K^{3,+1}_0$ gibt, das die 3-dimensionalen Hyperflächen-Teilchen transportiert, sind sie im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos nicht messbar, also dunkel.

Die aus der 3-dimensionalen Hyperfläche im 4-dimensionalen Quant austretenden Teilchen können im Quantenfeld $\Phi^{3,+1}$ transportiert werden, das sich im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{3,+1}_0$ ausbreitet, wenn ihre Gestalt eine Verkürzung auf 2 Dimensionen zulässt, was auf alle sichtbaren (messbaren) Teilchen zutrifft, speziell auf Hadronen (Nukleonen), Leptonen (Elektronen, Neutrinos), Photonen. Weil das Quantenfeld unverkürzte 3-dimensionale Teilchen zum Messinstrument transportiert, können sie mit den Teilchen des Messinstrumentes in Wechselwirkung treten.

Im Experiment wird nicht das Quantenfeld (die Wahrscheinlichkeitswelle) gemessen sondern entweder werden die Teilchen, die das Quantenfeld transportiert, oder die Welle ohne die Teilchen nachgewiesen. Deshalb können im Teilchenbild aus 3-dimensionalen Teilchen wieder 3-dimensionale leichtere Teilchen austreten. Aus den Hadronen treten Leptonen und aus beiden treten Photonen (Energiequanten) der gleichen Dimension aus, die aber im Quantenfeld $\Phi^{3,+1}(K^{3,+1}_0)$, das sich in $K^{3,+1}_0$ ausbreitet, transportiert werden. Doch wird das Quantenfeld mit den 4-dimensionalen Teilchen aus $K^{4,+1}_0$ im Quantenfeld $\Phi^{4,+1}(K^{4,+1}_0 + \Phi^{3,+1}(K^{3,+1}_0))$ transportiert.

Die Quantenfelder $\Phi^{3,+1}$, die sich in $K^{3,+1}_0$ in der Zeit t^3 ausbreiten, transportieren 3-dimensionale Quanten, aus denen 2-dimensionale Teilchen in der neuen Zeit-Dimension t^2 austreten können. Aus den dunklen 2-dimensionalen Hyperflächen in den 3-dimensionalen Teilchen des Quantenfeldes treten 2-dimensionale Teilchen aus, das sind bei den Nukleonen verkürzte Elektronen, Neutrinos, Photonen, bei den Elektronen verkürzte Photonen. Ihre Massen definieren die Metrik eines 3-dimensionalen prä-physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{2,+1}_0$ mit 2 Raum-Dimensionen und der Zeit-Dimension t^2 , die aus der Raum-Dimension in Richtung der Wellennormale des Quantenfeldes $\Phi^{3,+1}$ hervorgeht. Das Quantenfeld $\Phi^{3,+1}$ in $K^{3,+1}_0$ transportiert mit den 3-dimensionalen Quanten auch den Raum-Zeit-Kosmos $K^{2,+1}_0$. Doch gibt es im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{3,+1}_0$ kein Messinstrument zum Nachweis 2-

dimensionaler Teilchen, das aber im verkürzten Raum-Zeit-Kosmos $K^{2,+1}_0$ existiert, den das Quantenfeld $\Phi^{3,+1}$ in $K^{3,+1}_0$ transportiert.

Mit wachsender Raum-Dimension k der Raum-Zeit-Kosmen $K^{k,+1}_0$ treten neue Elementarteilchen mit neuen Ladungen auf, was insbes. zu einer Verschachtelung von inneren Kernen führt. Die dunklen Teilchen werden im höher-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos sichtbar, doch treten dann neue Arten von dunklen Teilchen auf. Die Strukturen im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{3,+1}_0$ mit $k=3$ Raum-Dimensionen und der Zeit-Dimension t^3 können auf die höher-dimensionalen Kosmen verallgemeinert werden, wenn die neu hinzutretenden Teilchen den gleichen Gesetzen genügen.

Dann kann es wieder Sonnen mit Planeten in Galaxien und Haufen von Galaxien geben, doch mit tiefer gehenden Strukturen infolge der verschachtelten inneren Kerne. Es können neue Qualitäten von inneren Körpern der Lebewesen auftreten. Zu dem bekannten 3-dimensionalen physikalischen Körper kann ein 4-dimensionaler Körper, die Psyche (Seele), treten, auf die ein 5-dimensionaler Körper, Pneuma (Geist), ein 6-dimensionaler Körper (Metageist) etc. folgen.

Weil jeder verkürzte Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$ einer Raum-Dimension k von einem Quantenfeld im höher-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^{k+1,+1}_0$ transportiert wird, können die (inneren) Körper der Lebewesen durch innere Körper aus höher-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmen gesteuert werden.

Im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{3,+1}_0$ haben alle Teilchen die Dimension $k=3$, weshalb er Photonen (Energiequanten), Leptonen (leichte Teilchen), Hadronen (schwere Teilchen) und über-schwere dunkle Teilchen (Bionen) enthalten kann. Die physikalischen Körper der Lebewesen können aus diesen Teilchen bestehen.

Ein Quantenfeld, das sich im post-physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{4,+1}_0$ mit 4 Raum-Dimensionen ausbreitet, kann mit den 4-dimensionalen Quanten auch den physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{3,+1}_0$ transportieren. Die dunklen 3-dimensionalen Bionen sind dann Verkürzungen von sichtbaren 4-dimensionalen Bionen in $K^{4,+1}_0$ und es treten in $K^{4,+1}_0$ neue dunkle Teilchen (Psychonen) auf, aus denen die über-schweren Bionen austreten können, weshalb Psychonen über-über-schwere Teilchen sind.

Ein Quantenfeld, das sich im post-physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{5,+1}_0$ mit 5 Raum-Dimensionen ausbreitet, kann mit den 5-dimensionalen Quanten auch den post-physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{4,+1}_0$ transportieren. Die dunklen 4-dimensionalen Psychonen sind dann Verkürzungen von sichtbaren 5-dimensionalen Psychonen in $K^{5,+1}_0$ und es treten neue dunkle Teilchen (Pneumonen) auf, aus denen die über-über-schweren Psychonen austreten können, weshalb Pneumonen über-über-über-schwere Teilchen sind, die erst in einem Raum-Zeit-Kosmos $K^{6,+1}_0$ mit 6 Raum-Dimensionen sichtbar werden etc. Mit jeder neuen schwereren Teilchenart treten neue Ladungsarten auf, die die Bildung von neuen inneren Kernen ermöglichen.

Im prä-physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{2,+1}_0$ mit 2 Raum-Dimensionen können nur auf 2 Dimensionen verkürzte Teilchen (Photonen, Leptonen) auftreten, die sichtbar sind. Sie treten aus den 3-dimensionalen Hadronen aus, die das Quantenfeld im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos transportiert. Die verkürzten 2-dimensionalen Flächen in den Hadronen (Nukleonen), orthogonal zur Wellennormalen, sind dunkle Hadronen. Die Hadronen sind wenigstens 2-dimensional, weshalb eine weitere Verkürzung nicht möglich ist.

Im prä-physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{1,+1}_0$ mit nur einer Raum-Dimension ($k=1$) können nur Photonen und dunkle Leptonen auftreten. Aus den 2-dimensionalen Leptonen (Elektronen, Neutrinos), die das Quantenfeld im prä-physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{2,+1}_0$ transportiert, können noch 1-dimensionale Photonen aus- oder eintreten. Mit den 2-dimensionalen Leptonen im Quantenfeld existieren Linien, orthogonal zur Wellennormalen, mit denen die dunklen 1-dimensionalen Leptonen in $K^{1,+1}_0$ gegeben sind. Da die Leptonen Dipole sind, sind sie wenigstens 1-dimensional und können nicht weiter verkürzt werden. Der Raum-Zeit-Kosmos $K^{1,+1}_0$ wird von einem Quantenfeld transportiert, das sich im 2-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^{2,+1}_0$ ausbreitet.

Auch im 1-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos $K^{1,+1}_0$ kann sich ein Quantenfeld ausbreiten, das 1-dimensionale Photonen transportiert. Im Wellenbild erscheint auf der 0-dimensionalen "Oberfläche" der 1-dimensionalen Leinwand ein Massen- oder Energiepunkt $E=h \cdot \nu$ der Frequenz ν (Anzahl der Schwingungen im Zeitintervall der Zeit t^1). Wenn das Quantenfeld in der Zeit t^1 nicht stationär ist, treten Änderungen der Frequenz ν des Energiequants auf.

Doch Photonen enthalten keine Teilchen. Weil aus den Photonen im Quantenfeld keine Teilchen austreten können, gibt es auch keine in der Dimension verkürzten 0-dimensionalen Teilchen, die sich in der neuen potentiellen Zeit-Dimension t^0 bewegen oder verändern könnten. Somit gibt es auch keinen "Raum-Zeit-Kosmos" $K^{0,+1}_0$ mit 0 Raum-Dimensionen und einer neuen Zeit-Dimension t^0 .

Das gilt in jedem (prä- und post-)physikalischen Raum-Zeit-Kosmos $K^{k,+1}_0$ mit $0 < k < \infty$ Raum-Dimensionen und der Zeit-Dimension t^k bezüglich den Quantenfeldern mit k -dimensionalen Photonen. Bei allen Teilchen, aus denen keine leichteren Teilchen austreten können, bricht die Verkürzung der Dimensionen im Quantenfeld ab.

5 Standardmodell der Kosmologie

5.1 Das Modell

Aus den Gesetzen der ART folgen die Expansion des Kosmos und eine Extrapolation auf eine kosmologische Singularität in der Vergangenheit, ab der die Raum-Zeit beginnt sich auszudehnen (Urknall). In der Singularität ist die Raum-Zeit auf einen Punkt geschrumpft und die Materiedichte unendlich. In einer kleinen Umgebung der Singularität ist die Materiedichte so groß, dass die bekannten Naturgesetze nicht mehr gültig sind. Das Standardmodell der Kosmologie beginnt ab der Planck-Zeit $t_{\text{Planck}}^0 = 10^{-43} \text{ s}$ nach dem Urknall ($t^0 = 0$) bei der sich das Universum auf eine Temperatur von 10^{32} Kelvin abgekühlt hatte und die Teilchenenergie 10^{19} GeV betrug. Ab diesem Zeitpunkt könnten die ART und die QT bereits gültig sein.

Weil es eine Verkürzung der Dimensionen gibt, wenn aus Teilchen im Quantenfeld Teilchen in einer neuen Zeit-Dimension austreten, die die Richtung der Wellen-normale des Quantenfeldes hat, beginnt der neue Raum-Zeit-Kosmos mit dem Einschalten von Ereignis-Impulsen durch Kräfte. Die Extrapolation auf eine kosmologische Singularität entfällt. Aus der bekannten historischen Entwicklung des Kosmos kann auf eine notwendige Dichte der eingeschalteten Ereignis-Impulse geschlossen werden, mit denen die auf 3 Raum-Dimensionen verkürzten Teilchen gegeben sind. Dabei treten nicht notwendig Teilchen-Antiteilchen-Paare auf.

Das kann eine wesentliche Vereinfachung des Standardmodells der Kosmologie zur Folge haben, weil die extrem hohen Drücke kurz nach der Planck-Zeit entfallen können und keine Galaxien aus Antimaterie auftreten. Auch kann sich das Alter des Kosmos wesentlich verkürzen, weil die 3° Kelvin -Strahlung auf andere Ursachen zurückgeführt werden kann.

Im Folgenden wird kurz das bekannte Standard-Modell ab der Planck-Zeit dargestellt. Bei der Gültigkeit der ART tritt an die Stelle des Energie-Impuls-Erhaltungssatzes ein Geometrie-Energie-Impuls-Erhaltungssatz. Der gekrümmte Raum kann somit Energie aufnehmen und abgeben. In den Einstein'schen Gravitationsfeldgleichungen definiert der Materietensor die Metrik der Raum-Zeit, mit der das die Teilchen-Massen umgebende Gravitationspotential gegeben ist.

Der leere Raum ist flach, sofern die Raum-Zeit kein einziges Teilchen enthält. Dann ändert sich auch die Metrik nicht. Es gibt keine Singularität und keine Expansion des Raumes, er ist in jeder Dimension unendlich, existiert ewig, bleibt aber immer leer. Der leere Raum-Zeit-Kosmos ist nur eine gedankliche Vorstellung, er existiert nicht. Die Raum-Zeit entsteht erst mit der Materie.

Bereits ein einziges Teilchen mit Masse bedingt die Expansion und damit die Entstehung eines gekrümmten Raum-Zeit-Kosmos. Weil sich das Teilchen nicht mit ausdehnt, nimmt die Krümmung des Raumes mit der Entfernung vom Teilchen ab. Wenn an die Stelle des einen Teilchens viele Teilchen treten, die auf ein punktförmiges Gebiet zusammengepresst sind, dann ist ihre Masse sehr groß und der punktförmige Raum ist sehr stark gekrümmt.

Die Metrik der Raum-Zeit ist das Gravitationspotential der Massen, d.h. dem Raum kommt eine große potentielle Energie zu. Da der Raum nicht statisch sein kann, expandiert er und die Teilchen bewegen sich fluchtartig bei der Ausdehnung des Raumes auseinander. Dabei nimmt die Stärke der Krümmung ab, der Raum wird immer flacher gemäß der Änderung der Metrik. Die Gravitationswelle breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit aus und transportiert Gravitonen.

In dem Standardmodell der Kosmologie wird angenommen, dass die gesamte bekannte Materie noch undifferenziert in einem winzigen Gebiet des entstehenden Raum-Zeit-Kosmos konzentriert war und in der Folgezeit keine neue Materie hinzutritt oder verlorenght. Bei der Expansion verdünnt sich die Materie immer weiter.

In dem Zeitintervall $0 < t < 10^{-43}$ s, also gleich nach dem Urknall, noch vor der Planck-Zeit, hatte das Universum eine Temperatur von $\infty > T > 10^{32}$ Kelvin und die Teilchenenergie betrug $\infty > E > 10^{19}$ GeV (bei der gegenwärtigen Kenntnis der Materiedichte).

Es wird angenommen, dass zunächst ein Quantenvakuum existierte, in dem ständig Teilchen-Antiteilchen-Paare entstehen und vergehen, ein Vorgang, der Quantenfluktation genannt wird. Das Quantenvakuum ist ein vermeintliches "nichts".

In der QT hat der Begriff "Vakuum" eine völlig andere Bedeutung als ein technisch erzeugtes Vakuum, das (fast) kein Teilchen mehr enthält. Die Teilchen des Gefäßes, das das Vakuum enthält, sind mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit im Raum "verschmiert". Es gibt den Tunneleffekt, die Teilchen können einen Potentialwall untertunneln. Bei einem extrem gekrümmten Raum existieren gemäß der Metrik ungeheure Mengen an potentieller Energie, die spontan freigesetzt werden können im Sinne der Erzeugung und Vernichtung von Teilchen-Antiteilchen-Paaren.

Bei der Erzeugung schwerer Teilchen-Antiteilchen-Paare in Teilchenbeschleunigern wandelt sich die kinetische Energie des leichten Teilchen-Antiteilchen-Paares (oberhalb einer Schwellenergie = doppelte Ruhenergie) in die Ruhmasse des schweren Paares um. Man spricht von einer Paarvernichtung im Anfangs- und von einer Paarerzeugung im Endzustand. Umgekehrt kann ein Paar zerstrahlen, das Elektron-Positron-Paar geht in 2 Photonen über, die sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegen. Jedes aus (z.B. leichten) Teilchen und ihren Antiteilchen bestehende System kann in jedes andere aus (z.B. schweren) Teilchen und seinen Antiteilchen bestehende System übergehen, wenn ihnen eine hinreichende kinetische Energie in den Teilchenbeschleunigern zugeordnet wird bzw. kurz nach dem Urknall zukommt. Der Strahlungsdruck ist kurz nach dem Urknall so groß, dass die Photonen (Quanten) der elektromagnetischen Strahlung ständig spontan in kurzlebige Teilchen-Antiteilchen-Paare übergehen und umgekehrt. Es liegt ein von Strahlung erfülltes Quantenvakuum vor, in dem entgegengesetzte Ladungen getrennt auftreten. Zwischen 2 leitenden Platten im (fast) leeren Raum treten anziehende Kräfte auf, entsprechend dem von Strahlung erfüllten Quantenvakuum. Der von Casimir vorhergesagte Effekt konnte experimentell nachgewiesen werden.

Die Vakuumfluktuationen bedeuten nicht, dass aus dem "nichts" Teilchen entstehen, denn das Vakuum ist gefüllt mit potentieller Energie und es besteht eine Hin- und Rückreaktion bezüglich Teilchen-Erzeugung und Teilchen-Vernichtung.

Bei der Teilchenenergie $\infty > E > 10^{19}$ GeV wird angenommen, dass die Quarks und Gluonen auch freie Teilchen sind, ihr Zustand definiert ein Quarks-Gluonen-Plasma, das aber noch nicht in Teilchenbeschleunigern erzeugt werden konnte.

Bei der Expansion des Raumes werden Teilchen-Antiteilchen-Paare auseinander gerissen, was ihre Zerstrahlung verhindert, so dass es im Kosmos gleiche Mengen an Materie und Antimaterie geben müsste. Doch sind im Kosmos noch keine Sonnen oder Galaxien aus Antimaterie gefunden worden.

Im Urknall-Modell war im frühesten Universum alles extrem eng beisammen und hatte auch dieselben Eigenschaften. Auch muss angenommen werden, dass die 4 unsere ganze Welt beherrschenden Grundkräfte (starke Kraft, elektromagnetische Kraft, schwache Kraft und Schwerkraft) einer einzigen Universalkraft entsprachen.

Das erfordert notwendige Erweiterungen des Standardmodells der Elementarteilchen. Es gibt eine Vielzahl von Theorien [19], die alle noch auf eine experimentelle Bestätigung warten. Für das Verständnis der Prozesse in einem Weltalter unterhalb der Planck-Zeit ist eine Vereinigung von ART und QT erforderlich, die noch nicht existiert.

In den Großen Vereinheitlichten Theorien (Grand Unified Theories = GUTs) sollen die 4 Grundkräfte aus einer Einheits-Grundkraft hervorgegangen sein. Dazu muss eine Supersymmetrie (SUSY) der Teilchen postuliert werden, die zu der bereits bekannten CPT-Symmetrie hinzutritt. Bei Vertauschung der Ladung (charge = C) durch die entgegengesetzte Ladung, verbunden mit Raumspiegelung (Parität = P), das ist Umkehr aller 3 Raumkoordinaten, und Umkehr der Zeitrichtung (time = T), die vorwärts oder rückwärts läuft, ändern sich die physikalischen Gesetze nicht. Sie sind invariant gegenüber SPT-Transformationen, was experimentell bestätigt ist. Dagegen treten Symmetriebrechungen auf, wenn die C-,P-,T-Transformationen einzeln oder paarweise (CP-Transformation) erfolgen.

Nach SUSY soll es zu jedem bekannten Teilchen im Standardmodell einen supersymmetrischen Partner geben, der sich bei elementaren Materieteilchen (Fermionen) wie ein Austauscheteilchen (Boson), und bei Austauscheteilchen wie ein Materieteilchen verhält. Materieteilchen sind Leptonen und Quarks. Zu ihnen treten als Partner neue Austauscheteilchen "Sleptonen" und "Squarks". Austauscheteilchen sind Gluonen, Higgs-Teilchen etc. Zu ihnen treten als Partner neue Materieteilchen "Gluinos", "Higgsinos" etc. Doch konnte bis heute noch kein einziges der geforderten supersymmetrischen Teilchen nachgewiesen werden.

Bei Hinzunahme der supersymmetrischen Teilchen kann in den erweiterten Theorien unter extremen Bedingungen des frühen Weltalls die Vereinigung der verschiedenen Wechselwirkungen (Kräfte) zu einer Wechselwirkung gezeigt (berechnet) werden. Es wird angenommen, dass ein Quarks-Gluonen-Squarks-Gluinos-Plasma existiert, d.h. die Quarks und Gluonen, Squarks und Gluinos auch freie Teilchen sind, die zu den frei existierenden Teilchen in einem normalen Plasma (gasförmiger Zustand der Teilchen) hinzutreten. Dann sind alle Kräfte in einer einzigen Urkraft vereinigt.

Auf die Vakuumfluktuation folgt die inflationäre Expansion (Kosmische Inflation), bei der das Weltall inflationär auseinander fliegt. Kleinste Raumgebiete mit Durchmessern im Bereich von Millimetern wachsen mit rasanter Geschwindigkeit auf das etwa 10^{50} -fache an in einer Zeitspanne von $10^{-35} < t^0 < 10^{-33}$ s. Das heute bekannte Weltall hatte damals die Größe eines Tennisballs. Zum Vergleich für diese Größenordnung seien folgende Verhältnisse erwähnt:

Starke Kraft/Gravitationskraft = Radius des Weltalls/Radius des Protons = 10^{40} .

Dirac vermutete tiefere Zusammenhänge zwischen Kosmologie und Atomtheorie. Bei der Expansion fällt die Temperatur und die Teilchenenergie verkleinert sich. Es kommt zu Symmetriebrechungen. Dann spaltet sich zunächst die Schwerkraft ab in dem Zeit-Intervall $10^{-43} \leq t^0 < 10^{-35}$ s bei Temperaturen $10^{32} > T > 10^{27}$ Kelvin und Teilchenenergien $10^{19} > E > 10^{14}$ GeV. Darauf folgt die Abspaltung der starken Kraft in dem Zeit-Intervall $10^{-35} \leq t^0 < 10^{-12}$ s bei Temperaturen $10^{27} \geq T > 10^{15}$ Kelvin und Teilchenenergien $10^{14} \geq E > 10^2$ GeV. Es verbleibt die elektroschwache Kraft, die in dem Zeit-Intervall $10^{-12} \leq t^0 < 10^{-4}$ s bei Temperaturen $10^{15} \geq T > 10^{13}$ Kelvin und Teilchenenergien $10^2 \geq E > 1$ GeV in die elektromagnetische Kraft und die schwache Kraft zerfällt.

Doch entstehen bei den großen Energien stets Teilchen-Antiteilchen-Paare, die sich bei der Abkühlung des Universums wieder in Strahlung umwandeln und somit

verschwinden würden, oder bei hinreichend weiter Trennung zu einem Kosmos mit Materie und Antimaterie führen. Bisher sind noch keine Galaxien oder Sonnen aus Antimaterie gefunden worden. Wo ist die Antimaterie geblieben? Der supersymmetrische Anfangszustand erfordert eine Gleichgewichtsverschiebung, die die SUSY aufhebt.

Die einzelnen Teilchen bewegen sich bei der Expansion des Raumes fluchtartig auseinander. Die Fluchtgeschwindigkeit relativ zu einem beliebigen Teilchen nimmt mit der Entfernung r vom Teilchen zu und überschreitet sogar ab einer Entfernung r_c die Lichtgeschwindigkeit. Das ist kein Widerspruch zur ART, denn es dehnt sich der Raum aus, nicht die Teilchen. Andernfalls könnte eine Expansion des Raumes gar nicht gemessen werden. Die Größe der Elementarteilchen ist durch die Ereignis-Impulse festgelegt, die ihre Massen Definieren. Der Abstand in den Atomkernen, Atomen, Molekülen, Planeten, Sonnen, Galaxien ist unter Einbeziehung der Naturkonstanten durch die Kräfte festgelegt, die sie verbinden. Bei der Expansion werden die Galaxien durch die Schwerkraft zusammengehalten, aber nicht mehr die Galaxienhaufen. Bei der Expansion des Raumes entfernen sich die Galaxien in einem Haufen und die Galaxien-Haufen. Sie bewegen sich fluchtartig auseinander mit einer Geschwindigkeit, die ab einer Entfernung r_c größer ist als die Lichtgeschwindigkeit. Doch bewegen sich die Galaxien nicht, vergleichbar mit einem Luftballon, der aufgeblasen wird, und an dessen Haut kleine Stecknadelköpfe befestigt sind. Wenn aber an die Stelle der Stecknadelköpfe Sonnen oder Galaxien treten, von denen Teilchenschauer oder Licht ausgesandt werden, dann können diese die Lichtgeschwindigkeit nicht überschreiten. Somit gibt es für jedes Teilchen (jede Sonne oder Galaxis) einen Ereignishorizont bei der Entfernung r_c , weil von den Orten $r > r_c$ keine Signale mehr bei ihm ankommen können. Aufgrund der Ereignishorizonte unterscheiden sich die endlichen Kosmen (bei sphärischer Krümmung) nicht von unendlichen Kosmen (bei hyperbolischer Krümmung oder beim flachen Raum).

Der gegenwärtige Kosmos lässt auf großen Skalen keine Krümmung erkennen, er ist flach, doch bestehen in der Umgebung von Massenansammlungen lokale Krümmungen. Die anfänglich vorhandene starke Krümmung des Kosmos wurde durch die sehr starke Expansion so weit zurückgedrängt, dass sie heute nicht mehr feststellbar ist.

Bei Temperaturen $T > 3000$ Kelvin kann es noch keine Atome gegeben haben und erst recht keine Sterne, Galaxien oder Galaxienhaufen. Der gewaltige Strahlungsdruck im von Strahlung erfüllten Quantenvakuum war anfangs so groß, dass kein Proton ein Elektron festhalten konnte. Die große Anzahl freier Elektronen verhinderte gleich einer Nebelwand die Lichtausbreitung. Erst als die Temperatur niedrig genug war, sank der Strahlungsdruck schlagartig. Etwa 380000 Jahre nach dem Urknall wurde der "Babykosmos" durchsichtig, durch die Bindung der Elektronen an die Protonen. Die Ausbreitung des Lichtes wird möglich, das über den Zustand des frühesten Universums Auskunft gibt. Die in der Materie (Atome, Elementarteilchen) enthaltene Energie ist jetzt nicht mehr kleiner sondern größer als die in der Strahlung enthaltene Energie. Die Strahlungsdominanz ist in Materiedominanz übergegangen. Nach der kurzen aber heftigen Inflationsphase flog dann der Kosmos mit der Geschwindigkeit gemäß dem Hubble-Gesetz auseinander. Fortan sank die Energie der Photonen infolge der Expansion immer weiter und beträgt gegenwärtig 3 Kelvin. Bei dieser Temperatur hat das Photon nur noch $7 \cdot 10^{-4}$ eV, ein einziges Nukleon dagegen $938 \cdot 10^6$ eV.

Der weiteste Blick in die Vergangenheit ist die Beobachtung des Urknallechos in der kosmischen Hintergrundstrahlung, die Bilder aus einer Zeit von ca. 380000 Jahren

nach dem Urknall liefert. Sie zeigt uns in allen Richtungen dasselbe Bild, obwohl wegen der Expansion zwischen den verschiedenen Regionen niemals Kontakt bestanden haben kann. Die Antwort liefert die kosmische Inflationsphase, weil im frühesten Universum alles extrem eng beisammen war und auch dieselben Eigenschaften hatte. Erst die inflationäre Expansion hat dann die Regionen rasch getrennt, nachdem sie aber weitgehend identische Eigenschaften besaßen und diese mit auf die Reise nahmen.

Die gemessene Hintergrundstrahlung kann auch auf andere Ursachen zurückgeführt werden, z.B. auf einfachen Staub in der Milchstraße, weshalb noch keine Sicherheit für die behauptete Inflationsphase besteht. Sie stimmt aber mit allen Beobachtungen und theoretischen Konzepten überein.

Die Inflationstheorie liefert auch eine Erklärung für die "Klumpungen" zu Galaxien und Galaxienhaufen, die im heutigen Kosmos vorhanden sind. Die anfangs existierenden (unvermeidbaren) Quantenfluktationen wurden durch die Inflation ins Makroskopische vergrößert und können Vorläufer für die späteren Sternsysteme und Galaxienhaufen sein. Die Hintergrundstrahlung (3-Kelvin-Strahlung) erweist sich nicht ganz homogen, sie schwankt in einem Bereich von einigen 10^{-5} Kelvin.

Winzige Temperaturschwankungen im Bereich von einigen 10^{-6} Kelvin werden als Abbilder von Dichteschwankungen in der Zeit um 380000 Jahren nach dem Urknall gedeutet. Mit der Sonde WMAP konnten Temperaturdifferenzen von $0,5 \cdot 10^{-7}$ Kelvin gemessen werden, die mit der PLANCK-Mission der ESA noch weiter verbessert wurden (es wurde eine Auflösung von 5 bis 10 Bogenminuten erreicht). Wegen der hohen Präzession der Messungen des PLANCK-Satelliten konnten wichtige kosmologische Daten neu abgeleitet werden [19]:

Das Alter des Universums erhöht sich auf 13,82 (bisher 13,7) Milliarden Jahre, Normale Materie (Sterne, Planeten,...) ist zu 4,9 (bisher 4,6) % an der Energiedichte, Dunkle Materie (noch unbekannt) ist zu 26,8 (bisher 23) % an der Energiedichte, Dunkle Energie (noch unbekannt) ist zu 68,3 (bisher 72) % an der Energiedichte (einschließlich Massendichte) des Universums beteiligt.

Die dunkle Energie wird zum Verständnis der gemessenen beschleunigten Expansion benötigt, die in den Einstein'schen Gravitationsfeldgleichungen der unbekanntem kosmologischen Konstante Λ entspricht. Die Dunkle Masse wird zum Verständnis der Stabilität der Galaxien benötigt, die bei der gemessenen Rotation und den gemessenen Massen nicht stabil sein können.

In dem Standardmodell der Kosmologie werden die folgenden Altersangaben in Jahren berechnet:

0 Jahre: Urknall (vor $13,8 \cdot 10^9$ Jahren)

380000 Jahre: Inflationäre Expansion (Vakuumschwankungen)
erstes Licht (kosmische Hintergrundstrahlung)

200 - 600 Millionen Jahre: dunkles Zeitalter

1 Million Jahre: erste Sterne

5 Milliarden Jahre: Entstehung von Galaxien und Galaxienhaufen

10 Milliarden Jahre: Entstehung des Sonnensystems

Beschleunigte Expansion durch rätselhafte dunkle Energie

13,8 Milliarden Jahre: ($=5 \cdot 10^{17}$ s) heutiges Universum, mittlere Temperatur 3 Kelvin, mittlere Teilchendichte 10^{-13} GeV, im Mittel flacher Raum.

Die Entwicklung von Sternen durchläuft 3-5 Phasen in Abhängigkeit ihrer Massen:

1. Interstellare Wolken aus Gas und Staub (Wasserstoff H) sehr geringer Dichte, ca. 10 H-Atome/cm³, mit mehreren millionenfachen Sonnendurchmessern enthalten

zufällige geringfügige Dichteschwankungen. Die Massenanziehung führt zur Ausbildung von Dichtezentren, jeweils umgeben von einer rotierenden Wolke. Es kommt zur Erwärmung und zum Druckanstieg, da die Energie nicht vollständig abgestrahlt werden kann. Die kleinen Kerne senden Radiostrahlung aus, die Hülle leuchtet infrarot. Die kollabierenden interstellaren Wolken zerbrechen. Es entstehen viele Sterne gleichen Alters aber mit unterschiedlichen Eigenschaften. In der rotierenden äußeren Wolke um den Kern formieren sich Planeten.

Bei 10 Millionen Kelvin beginnt die Fusion von Wasserstoff H zu Helium He. Dazu müssen die Protonen (Wasserstoffkerne) bis auf 10^{-13} cm zusammenrücken, was die Energie von 1 MeV erfordert. Bei der riesigen Menge an Protonen müssen nur einige diese Energie besitzen, damit ein stabiler Verbrennungsprozess von H zu He (wie in der Sonne) erfolgt. Wenn alle Protonen diese Energie hätten, würde es zu einer Explosion kommen. Ein stabiler Prozess läuft bei wesentlich niedrigeren Temperaturen (in der Sonne) ab. Neue Sterne, Sonnen unterschiedlicher Massen mit verschiedenen Planetensystemen, sind entstanden.

2. Es entsteht ein Heliumkern, umgeben von einer Wasserstoffhülle. Auf das Kernbrennen folgt ein Schalenbrennen in der Wasserstoffhülle, das zu einer beachtlichen Vergrößerung des Sterndurchmessers und zur Abkühlung seiner Oberfläche führt. Der Stern wird zum roten Riesen. Je größer die Sternmasse ist, desto schneller entsteht der Rote Riese.

3. Die immer schwerer werdende "Asche" (das Helium) des nicht mehr jungen Sterns führt infolge der Gravitationskraft zu sehr hohen Temperaturen. Bei ca. 100 Millionen Kelvin beginnt ein neuer Fusionsprozess, Helium He wird zu Kohlenstoff C und außerdem zu Sauerstoff O "verbrannt". Die Sternenergie folgt aus der He-Fusion im Kern und der H-Fusion in der Hülle. Es stellt sich eine neue stabile Phase ein, bis in der Zentralregion nur noch C und O ist. Dabei nimmt die Dichte des Sterns weiter zu und ein großer Teil der Hülle wird als Planetarischer Nebel abgestoßen. Der Rote Riese wird zum Weißen Zwerg mit einem Durchmesser von einigen 1000 km und einer Dichte von einigen 1000 kg/cm^3 . Es stellt sich ein Gleichgewichtszustand zwischen Schweredruck und Gegendruck des entarteten Elektronen-Gases ein. Weiße Zwerge entstehen aus Sonnen mit einer Masse $m \leq 1,44 \cdot \text{Sonnenmasse}$. Unsere Sonne müsste in 5 Milliarden Jahren zum Weißen Zwerg werden.

4. Bei massereicheren Sternen, $1,44 < m \leq 3$ Sonnenmassen, schreiten die Fusionsprozesse bis zur Synthese von Eisen Fe und Nickel Ni fort. Der Druck des Elektronengases reicht nicht aus, um den Kollaps zu stoppen. Der Schweredruck presst Elektronen in das Innere von Atomkernen, aus Protonen werden Neutronen. Es entsteht ein Neutronenstern. Der Gleichgewichtszustand besteht zwischen Schweredruck und Gegendruck des entarteten Neutronen-Gases.

Wenn sich Eisenatome gebildet haben, kann durch weitere Fusionen keine Energie mehr freigesetzt werden. Deshalb sind dem Aufbau schwererer Elemente in einem Stern Grenzen gesetzt. Sie bilden sich in Supernova-Explosionen am Ende des Lebenswegs massereicher oder exotischer Sterne. Es entstehen schnell rotierende Pulsare.

5. Bei Sternen mit mehr als 3 Sonnenmassen entsteht ein Schwarzes Loch, wenn ihr Durchmesser kleiner als der Schwarzschild-Radius ist. Die Sonne hat einen Durchmesser von 1,5 Millionen km, die Erde hat den Äquatordurchmesser von 12756 km. Der Schwarzschild-Radius ist erreicht, wenn die Sonne auf 6 km schrumpft, die Erde auf 18 mm. Die Schwarzen Löcher sind die Endstation der Sternentwicklung, obwohl der Schweredruck den Durchmesser weiter bis zu einem Punkt (Singularität) verklei-

ner. Aus dem Schwarzen Loch kann kein Teilchen, auch kein Lichtstrahl entweichen.

5.2 Einwände gegen das Standardmodell und Konstruktionen neuer Modelle

Es gibt schwerwiegende Einwände [19', 44', 44"] gegen das Standardmodell der Kosmologie. Dem Standardmodell fehlt die Einfachheit, es enthält über 50 freie Parameter, für die es keine physikalische Erklärung gibt, es fehlt die Ableitung aus wenigen strengen Regeln. Eine bessere oder "richtigere" Theorie ist bisher noch nicht entwickelt worden. Insbes. fehlt die Vereinigung der ART und QT zu einer Allgemein-Relativistischen Quantentheorie ARQ.

Das aus der ART folgende Urknall-Modell ist eine Extrapolation in die Vergangenheit, in der nicht die Ursache für den Urknall beantwortet wird, und es tritt ein Anfangsabschnitt bis kurz nach dem Urknall auf, in dem die bekannten physikalischen Gesetze (ART, QT) ihre Gültigkeit verlieren.

Es wird von einem Quantenvakuum ausgegangen, in dem Teilchen-Antiteilchen-Paare entstehen und vergehen. Es fehlt eine Erklärung für das Fehlen von Galaxien und Sonnen aus Antimaterie, die postulierten Teilchen der Supersymmetrie (SUSY) sind unbekannt, andererseits muss eine Symmetriebrechung postuliert werden, damit nur Galaxien und keine Antigalaxien entstehen können.

Dunkle Materie und Dunkle Energie sind unbekannte Größen, von denen postuliert wird, dass sie den Hauptanteil (95%) der Materie relativ zur bekannten Materie (5%) stellen.

In der ART werden die Massen der Teilchen und das Gravitationspotential, das die Teilchen umgibt, auf die Existenz von Funktionen zurückgeführt, auf Ereignis-Impulse und auf die Metrik der Raum-Zeit. Das Auftreten von Ladungen der Teilchen mit den sie umgebenden Potentialfeldern, z.B. bei der Erzeugung von Teilchen-Antiteilchen-Paaren, wird weder in der ART noch in der QT erklärt. Die Ladungen und die sie umgebenden Potentialfelder werden explizit in die Theorien eingeführt. Das Auftreten einer magnetischen Ladung bei Teilchen ohne elektrische Ladung erfordert auch noch eine Erklärung.

Es gibt Versuche, die kosmologische Singularität (den Urknall) zu umgehen. In der Steady-State-Theorie (Gleichgewichtstheorie) geht man davon aus, dass bei der Expansion immer neue Materie entstehe, so dass der Anblick des Kosmos immer gleich bliebe. Er hätte dann keinen Anfang und kein Ende. Doch ist bei der Expansion eine Materieentstehung nicht nachweisbar und gemäß der ART gilt ein Geometrie-Energie-Impuls-Erhaltungssatz.

Die 5-dimensionale Projektive Relativitätstheorie mit einer Zeit- und 4 Raum-Dimensionen wird in der String-Theorie wieder aufgegriffen. Dann werden alle Teilchen als Schwingungszustände eines elementaren 1-dimensionalen Objekts aufgefasst, das als String (engl., Saite) bezeichnet wird. Die 4. Raum-Dimension versucht man "wegzurollen" infolge extremer Krümmung, gleich einer zusammengerollten Papierseite, die als Linie erscheint aber eine 2-dimensionale Oberfläche hat und ein 3-dimensionaler Körper ist.

Solch ein String von extrem kurzer Länge (10^{-37} Meter) kann auf unterschiedliche Weise schwingen und bringt so durch seine "kosmische Musik" die Teilchen verschiedener Massen oder Energien hervor. Eines der Schwingungsmuster entspricht einem masselosen Teilchen mit dem Spin 2, das dem Austauscheteilchen des Gravitationsfeldes, dem Graviton, entspricht. Auch konnte die Supersymmetrie (SUSY) in die String-Theorie eingebaut werden. Doch ist die Vereinheitlichung der Grundkräfte noch nicht gelungen. Die verschiedenen Parameter der Elementarteilchen erfordern

10 und mehr verborgene Dimensionen, deren physikalische Bedeutung unbekannt ist. Aus den Gleichungen folgen unzählige Lösungen, weshalb unbestimmt bleibt, welche auf die reale Welt zutrifft. Die 11-dimensionale Supergravitation, die die Prinzipien der ART und SUSY vereinigt, kann auch in der Super-String-Theorie nicht mit der QT vereinigt werden.

Eine neuere alternative Theorie ist die Schleifenquantengravitation (SQG), die aus einer 1986 erschienenen ART des indisch-amerikanischen Physikers Abhay Ashtekar hervorgegangen ist. In der Maxwell'schen Theorie des Elektromagnetismus und der Quantenchromodynamik (QT der starken Kraft) spielen Feldlinien (Schleifen) eine entscheidende Rolle. Solche Schleifen sollten auch Grundbausteine des Raumes sein. In der SQG sind sowohl die Materie als auch die Geometrie der Raum-Zeit der QT unterworfen. Raum und Zeit sind in winzigen Bereichen gequantelt. Es gibt keinen kontinuierlichen Fluss der Zeit und keine kontinuierliche Bewegung im Raum. Die Raum-Zeit ist wie ein Stoff, der aus 1-dimensionalen Quantenfäden gewoben ist, das Raum-Zeit-Kontinuum ist nur eine Näherung.

Ein Quantenzustand des Raumes stellt ein Netz von Knoten (mit bestimmten Eigenschaften) dar, die durch Linien von einer Planck-Länge verbunden sind. Somit gibt es 10^{99} Knoten/cm³, den Knoten entspricht ein "Elementarvolumen". Das von diesen Knoten gebildete Netz ist der Raum selbst. In der Raum-Zeit werden aus den Knoten Linien, und aus den Verbindungslinien zwischen den Knoten werden Flächen.

Das Gewebe ist so fein, dass es wie ein Kontinuum erscheint. Doch unter extremen Bedingungen, kurz nach dem Urknall, zerreißt es in einzelne Quantenfäden, deren Verhalten in der SQG berechnet wird. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes ist jetzt abhängig von seiner Wellenlänge, wenn diese mit den Knotenabständen (der Plancklänge) vergleichbar ist, was sonst nicht bemerkbar ist. Doch sind bisher keine Hinweise auf die körnige Raum-Zeit-Struktur gefunden worden. Unbeantwortet ist auch die Frage, wie sich aus dem kleinskaligen Knotennetz im Großen das kontinuierliche und stetige Verhalten der Raum-Zeit ableiten lässt.

Könnte es sich bei einem Schwarzen Loch um ein und denselben dichten Zustand handeln, aus dem einst unser Universum gemäß dem Urknallszenario hervorgegangen ist? Dann müsste der kollabierte Stern aus seinem Zustand extremer Dichte heraus explodieren. Ein fiktiver Beobachter im Inneren des Schwarzen Lochs würde eine inflationäre Expansion beobachten, während der Beobachter von außen nichts wahrnimmt. Wenn so etwas möglich ist, dann lebten wir in einer ständig wachsenden Gemeinschaft von Universen, die aus der Explosion Schwarzer Löcher hervorgingen. Das gewaltige Gebilde, das wir Universum nennen, erweist sich dann als nur eines von unzähligen Universen, die in ihrer Gesamtheit das Multiversum bilden.

Martin Bojowald hat 2008 aus der SQG ein Universum vor dem Urknall entwickelt mit einer negativen Zeit-Dimension und Kontraktion statt Expansion. Beim kontrahierenden Luftballon entweicht die Luft, er wird immer kleiner. Beim Überschreiten des punktförmigen Gebietes wird die Innenseite zur Außenseite und der Luftballon bläht sich wieder auf. Dann ist der Urknall nur ein Durchgangsstadium in der Geschichte des Kosmos im Zeitintervall $-\infty < t^0 < +\infty$. Der Zustand des Universums vor dem Urknall kann sich von seinem Zustand nach dem Urknall unterscheiden, was dem Beobachter im Universum nach dem Urknall unbekannt bleibt.

Die M-Theorie (Multiuniversum-Theorie) von Edward Witten ist eine neuerdings diskutierte 11-dimensionale Theorie. Sie enthält als Grenzfälle 5 bekannte Typen der Superstringtheorie und die Theorie der Supergravitation, die mathematisch über

Dimensionsreduktion und sogenannte Dualitäten miteinander verbunden sind. Von der M-Theorie, die noch Gegenstand intensiver Forschung ist, erwartet man die Vereinigung aller 4 Grundkräfte, der sich bisher die Gravitation entzogen hat. Die Vereinigung von ART und QT wird dringend benötigt, um die extremen Zustände in der frühesten Zeit des Universums behandeln und verstehen zu können. Darüber hinaus sucht man ein visionäres theoretisches Gebäude, das nicht nur physikalische Phänomene im Großen und im Kleinen sondern auch chemische und biologische Prozesse und das menschliche Denken beschreibt, also eine "Theorie von Allem" ist.

Die 11-dimensionale M-Theorie führt zu einer beachtlichen Erweiterung des Realitätsbegriffs, der unter Einbeziehung der Biologie mit dem Verständnis von Emotionen und Intelligenz nicht nur auf Dimensionserhöhungen beruht. Das sind nur Hülleigenschaften für das Auftreten von neuen Funktionen und Teilchen. Im Folgenden werden notwendige Kriterien angegeben, die die Realität erfüllen muss für das Verständnis der Gegebenheiten in dem "Bildraum" des Menschen.

6 Der Glaube an eine Evolution

6.1 Evolution physikalischer Systeme

6.1.1 Selbständig ablaufende Prozesse

Die Vorstellung einer Evolution (Entwicklung) von einfachen zu komplizierteren Strukturen ist naheliegend, weil die Synthese im Allgemeinen über einfache Verbindungen zu den komplizierteren Verbindungen führt. Auch zeigen die Ausgrabungen und Funde bei den Lebewesen ein sequentielles Auftreten, das mit den niederen Lebewesen beginnt und mit dem Auftreten des Menschen einen (vorläufigen) Abschluss gefunden hat. Auch wenn die Altersangaben noch umstritten sind, bleibt doch ein sequentielles Auftreten vom Niederen zum Höheren bestehen. Insbesondere treten 4 qualitative Sprünge auf:

1. physikalische Systeme, deren Bewegungen aus dem Prinzip der kleinsten Wirkung folgen.
2. Pflanzen, die zusätzlich dem Prinzip der Selbsterhaltung, der Vermehrung oder der Erhaltung der Art genügen.
3. Tiere, die zusätzlich dem Prinzip der angenehmsten Emotionen (Empfindungen) genügen.
4. Menschen, die zusätzlich dem Prinzip der wertvollsten oder nützlichsten Gedanken (Vorstellungen) genügen.

Entsprechend der Weltanschauung wird im theistischen Weltbild von einem "entwickelt werden" durch den Schöpfer und im atheistischen Weltbild von einem "sich entwickeln" aus sich selbst heraus gesprochen. Es sind Glaubensaussagen, solange die Gesetze und notwendigen Bedingungen für eine Evolution unbekannt sind.

Den Wissenschaftler interessieren unabhängig von der Weltanschauung die Gesetze und notwendigen Bedingungen, unter denen eine Synthese komplizierter Strukturen gelingt und das Auftreten neuer Qualitäten von Eigenschaften möglich wird. Das kann auch zu einer notwendigen Erweiterung des Weltbildes führen. Zunächst wird im physikalischen Bereich festgestellt, was gemäß den bekannten Gesetzen möglich oder unmöglich ist.

Im Standardmodell der Kosmologie (s. Abschn. 5) sind die Anfänge nach dem Urknall und die Ursache des Urknalls ungeklärt. Das Standardmodell beginnt ab der Planck-Zeit $t_{\text{Planck}}^0 = 10^{-43}$ s nach dem Urknall ($t^0 = 0$). Ab diesem Zeitpunkt könnten die Gesetze in der ART und QT bereits gültig sein. Dann ist unverständlich, wie aus einem homogenen Anfangszustand ein inhomogener Zustand hervorgehen kann, dem eine Senkung der Entropie entspricht.

Die Verbindung der Elementarteilchen zu größeren Systemen beruht auf ihren Massen, die sich anziehen, und ihren Ladungen, die bei entgegengesetzten Ladungen einer Ladungsart zur Anziehung, bei gleichen Ladungen zur Abstoßung führen. Unter bestimmten Bedingungen stellen sich Hin- und Rückreaktionen ein, deren Gleichgewicht durch Änderung der Bedingungen verschoben werden kann, so dass die Synthese größerer stabiler Systeme gelingt. Das gilt insbes. im Bereich der Chemie. Wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind, laufen die Reaktionen von selbst ab.

Die Phasen der Sternentstehung (s. Abschn. 5) sind selbständig ablaufende Prozesse. In inhomogenen interstellaren Staubwolken, die insbes. aus Wasserstoff bestehen, bilden sich infolge der Massenanziehung Dichtezentren, die von einer rotierenden Wolke umgeben sind. Die kleinen inneren Kerne werden immer dichter bis das Kernbrennen einsetzt, bei dem Wasserstoff zu Helium verbrannt wird, Sonnen sind entstanden. Aus der rotierenden Hülle formieren sich die Planeten, die sich um die Sonne bewegen.

Das Schalenbrennen beginnt, wenn der Kern nur noch Helium enthält. Doch kann jetzt der darüber liegende Wasserstoff in einem Schalenbereich zu Helium verbrennen und dann in den nachfolgenden Schalenbereichen. Dabei bläht sich der Stern zum roten Riesen auf, was zur Abkühlung seiner Oberfläche führt. Dabei werden die nahen Planeten verschluckt oder sie beginnen zu glühen.

Die immer schwerer werdende "Asche" (das Helium) des nicht mehr jungen Sterns führt infolge der Gravitationskraft zu sehr hohen Temperaturen. Es beginnt ein neuer Fusionsprozess, in dem Helium zu Kohlenstoff oder zu Sauerstoff "verbrannt" wird. (Die schweren Elemente auf der Erde, einschließlich Eisen und Nickel, können nicht mit der Sonne entstanden sein. Man vermutet, dass sie bereits kurz nach dem Urknall entstanden sind und dann auch in allen Galaxien auftreten).

Wenn in der Zentralregion nur noch Kohlenstoff und Sauerstoff ist, wird der Rote Riese zum Weißen Zwerg. Die zum großen Teil abgestoßene Hülle wird zum planetarischen Nebel.

Bei massereicheren Sternen als die Sonne schreiten die Fusionsprozesse bis zur Synthese von Eisen und Nickel fort. Der Druck des Elektronengases reicht nicht aus, um den Kollaps zu stoppen. Der Schweredruck presst Elektronen in das Innere von Atomkernen, aus Protonen werden Neutronen. Es entstehen Neutronensterne von sehr kleinem Durchmesser aber hoher Dichte.

Wenn sich Eisenatome gebildet haben, kann durch weitere Fusionen keine Energie mehr freigesetzt werden. Deshalb sind dem Aufbau schwererer Elemente in einem Stern Grenzen gesetzt. Sie bilden sich erst am Ende des Lebenswegs massereicher oder exotischer Sterne in Supernova-Explosionen.

Die schweren Sterne (8 Sonnenmassen) kollabieren nach Verbrauch des nuklearen Brennstoffs infolge der starken Gravitationskraft und werden durch die einsetzenden Fusionen, die zu den schweren Elementen führen und riesige Energiemengen freisetzen, zur Kollaps-Supernova. Es erhöht sich die Leuchtkraft des Sterns um das Millionen- bis Milliardenfache. Der massereiche Stern wird nach der Supernova zu einem Pulsar oder zu einem Schwarzen Loch.

Der Pulsar ist ein schnell rotierender Neutronestern von sehr kleinem Durchmesser (20 km) und strahlt elektromagnetische Wellen ab im Frequenzbereich zwischen Radio-, Licht- und Röntgenstrahlung. Weil die Symmetrieachse des Magnetfeldes nicht mit der Rotationsachse zusammenfällt, kommt es zu einer pulsierenden Strahlung für den Beobachter.

Schwarze Löcher entstehen bei sehr massereichen Sternen, wenn ihr Durchmesser kleiner wird als der Schwarzschildradius.

Es läuft aber auch ein umgekehrter Prozess [6"] selbständig ab bei dem alle geordneten Strukturen verschwinden. Gegenwärtig ist das Universum neben den vorhandenen Sternen mit Wasserstoffgas angefüllt. Aus dem Gas entstehen durch die Gravitationskraft ständig neue Sterne, deren Lebenszeit von ihrer Masse abhängt.

Für die Bewohner der Erde hat die Sonne eine besondere Bedeutung. Infolge des Kernbrennens steigern sich Strahlungsleistung und Helligkeit ständig. In etwa $5 \cdot 10^8$

Jahren wird die Temperatur der Erdoberfläche 100°C überschreiten. Die Meere kochen und verdampfen. Alles Leben wird ausgelöscht. Einige anaerobe Bakterien in unterirdischen Wassereinschlüssen könnten bei den hohen Drücken und Temperaturen vielleicht noch überleben. In etwa $6 \cdot 10^9$ Jahren bläht sich die Sonne zum roten Riesen auf und verschluckt die nahen Planeten Merkur und Venus. Die Erde läuft als glühender Ball knapp an ihrem Rand entlang. Dann ist alles Leben verloschen. Wenn sich die Sonne zum weißen Zwerg zusammenzieht und einen großen Teil ihrer Materie abstößt, wird sie zu einem extrem dichten Stern, etwa von der Größe der Erde. Dieser Zwerg wird noch einige Milliarden Jahre weiter strahlen und immer mehr auskühlen bis er zu einem dunklen Stern geworden ist, einem kalten strahlungslosen Überrest der Sonne.

In etwa 10^{14} Jahren ist der gesamte Wasserstoff im Universum verbraucht. Die Sterne verlöschen, Dunkelheit breitet sich aus.

Die Überreste der erloschenen Sterne sind Neutronensterne und Zwergsterne. Kernprozesse wandeln die erloschenen Reste der Sterne und Planeten nach und nach in das langlebigste Element Eisen um. Allmählich kühlen sich die erloschenen Sterne auf die Temperatur der Hintergrundstrahlung ab, die selbst bis auf einen Bruchteil von 1 Kelvin abgekühlt ist. Galaxien lösen sich langfristig in einzelne dunkle Sterne oder schwarze Löcher auf, die frei durch das lichtlose Universum treiben.

Die Protonen sind sehr stabile Elementarteilchen, ein Zerfall konnte noch nicht beobachtet werden. Doch haben die 3 Neutrino-Arten (Elektronen-, Myonen-, τ -Neutrinos) sehr kleine aber unterschiedliche Massen, weshalb ein Austausch beim Proton zu einem winzigen Massenverlust führt. Dann können auch Protonen zerfallen. Ihre Halbwertszeit wird auf wenigstens 10^{31} Jahre geschätzt. Das Eisen in den dunklen Überresten der erloschenen Sterne löst sich durch Protonenzerfall schließlich in einzelne Elementarteilchen auf. Nach 10^{37} Jahren existieren nur noch freie Elementarteilchen und schwarze Löcher, die aus massereichen Sternen entstanden sind.

Durch die Hawking-Strahlung verlieren auch schwarze Löcher ständig an Masse. Nach 10^{100} Jahren sind auch die massereichsten schwarzen Löcher vergangen.

Nach dem Verschwinden der schwarzen Löcher ist im Universum nichts übrig als ein dünnes Gas von Neutrinos und Strahlungsteilchen, die aus der Hawking-Strahlung stammen. Die Temperatur nimmt weiter ab, während sich das Universum immer weiter ausdehnt. Das Gas ist überall gleichmäßig verteilt. Die Entropie hat ihren Maximalwert erreicht.

6.1.2 Der Entropiesatz

Für alle physikalischen Systeme gilt der Entropiesatz, das ist der 2. Hauptsatz der Thermodynamik. Die Entropie ist eine Zustandsgröße, die ein Maß für die Ordnung eines Systems ist, dessen Makrozustand durch eine Anzahl von Mikrozuständen gegeben ist. Im thermodynamischen Gleichgewicht nimmt die Entropie ihren maximal möglichen Wert an. Befindet sich ein abgeschlossenes System noch nicht im Gleichgewicht, also in einem geordneten Zustand, dann sorgt die Dynamik des Gesamtsystems, dass die Entropie irreversibel dem Maximalwert, einer totalen Unordnung, zustrebt.

In einem abgeschlossenen System gibt es keinen Materie- und Energieaustausch mit der Umwelt. Es werden die ablaufenden Prozesse nicht durch äußere Kräfte verändert sondern folgen aus dem Zustand des Systems. Der Entropiesatz trifft auf alle abgeschlossenen physikalischen Systeme zu und besagt:

"Es gibt eine selbständig ablaufende Bewegung im abgeschlossenen System von der Ordnung in die Unordnung". Daraus folgt die Alterung jedes Systems. Der aus komplizierten Strukturen bestehende Makrozustand zerfällt in viele einfachere Strukturen der Mikrozustände.

Ein anschauliches Beispiel liefert die Küche einer Hausfrau, die bei geschlossenen Türen und Fenstern ein geschlossener Raum ist, der aber nicht abgeschlossen ist, weil über den Herd Energie zugeführt wird, der das Wasser im Topf bis zum Kochen erhitzt. Wird der Herd abgeschaltet, ist der Raum abgeschlossen und es besteht ein Unterschied zwischen der Lufttemperatur im Raum und der Wassertemperatur im Topf. Vergisst die Hausfrau das heiße Wasser über den Kaffee zu gießen und kommt nach 2 Stunden wieder, ist das Wasser nur noch lauwarm oder kalt. Der irreversible Maximalwert der Entropie ist erreicht, wenn das Wasser die Zimmertemperatur angenommen hat, die aber geringfügig beim Wärmeaustausch angestiegen ist. Der reversible Prozess ist im abgeschlossenen System nicht möglich. Wieviel Jahre kann die Hausfrau warten, bis zufällig das Wasser im Topf zu kochen beginnt, wenn sie den Herd nicht einschaltet und die Küche ein abgeschlossenes System bleibt?

Ein anderes Beispiel liefert die Luft in einem abgeschlossenen Raum. Sie besteht zu 80% aus Stickstoff und zu 20% aus Sauerstoff (der geringe Anteil von Edelgasen kann im Beispiel vernachlässigt werden). Technisch ist es möglich, den Stickstoff vom Sauerstoff zu trennen (etwa das Lindeverfahren), wenn der Raum geöffnet wird. Dann können Stickstoff- und Sauerstoffflaschen gefüllt werden oder $\frac{4}{5}$ des Raumes werden mit Stickstoff und $\frac{1}{5}$ des Raumes mit Sauerstoff gefüllt. Nach Entfernen der Trennwand ist der Raum wieder ein abgeschlossenes System, doch mit einem hohen Ordnungsgrad gemäß der Trennung des Stickstoffs vom Sauerstoff. Infolge der zufälligen Wärmebewegung der Gasmoleküle findet ein Austausch von Stickstoff und Sauerstoff statt, so dass nach einer gewissen Zeit sich in jedem Raumgebiet wieder das ursprüngliche Gasgemisch aus 80% Stickstoff und 20% Sauerstoff einstellt. Dann ist das Maximum der Entropie des Raumes erreicht. Der umgekehrte Prozess ist nicht möglich, wenn der Raum abgeschlossen bleibt. Auch in großen Zeiträumen wird sich keine Trennung von Stickstoff und Sauerstoff einstellen, sofern der Raum abgeschlossen bleibt.

Bei den Gasen sind die Moleküle frei beweglich. Bei Flüssigkeiten besteht bereits ein Zusammenhang zwischen den Molekülen, doch können Stoffe gelöst werden oder andere Flüssigkeiten zugeführt werden, die sich im Verlauf der Zeit gleichmäßig im ganzen Behälter in der Flüssigkeit verteilen. Dann ist das Maximum der Entropie

erreicht. Der umgekehrte Verlauf unter gleichen Bedingungen findet nicht statt. Die gelösten Stoffe sammeln sich nicht an einem bestimmten Ort.

Bei Festkörpern sind die Moleküle durch entgegengesetzte elektrische oder magnetische Ladungen miteinander verbunden, die durch Wärmezufuhr aufgelöst werden können. Das Eisen beginnt zu schmelzen und bei noch höherer Temperatur beginnt die Schmelze zu verdampfen. Das Wasser gefriert zu Eis bei Temperaturen unter 0°C , es verdampft bei Temperaturen über 100°C . In einem abgeschlossenen Raum gibt es nur einen Temperatenausgleich. Es können die Gasmoleküle im Raum auf den Festkörper stoßen und einzelne Moleküle aus der Bindung herausschlagen. Der Wasserdampf im Raum lässt das Eisen rosten, weil die Moleküle andere Verbindungen eingehen. Der Festkörper im abgeschlossenen Raum beginnt zu altern, was bei höheren Temperaturen umso schneller geht. Der umgekehrte Prozess unter gleichen Bedingungen ist im abgeschlossenen Raum nicht möglich. Der gealterte Festkörper wird nicht wieder in den Anfangszustand zurückkehren, auch nicht bei einer sehr großen Zeitspanne. Vielmehr setzt sich der Alterungsprozess weiter fort bis das Maximum der Entropie erreicht ist.

6.1.3 Konsequenzen aus dem Entropiesatz, technische Systeme

Aus dem Entropiesatz folgt die Unumkehrbarkeit der Zeitrichtung. Die physikalischen Gleichungen lassen eine Zeitspiegelung zu bei gleichen Anfangsbedingungen. Doch haben sich die Mikrozustände verändert, so dass andere Anfangsbedingungen im Maximum der Entropie vorliegen. Eine Zeitspiegelung ist dann nicht mehr vorhanden, sie führt zu anderen Lösungen der Gleichungen.

Der Zufall unterliegt Gesetzen, es sind nicht alle physikalisch möglichen Ordnungen gleichwahrscheinlich. Doch gilt der Entropiesatz nur für physikalische Systeme in abgeschlossenen Bereichen. Die Erde befindet sich in einem offenen Bereich und erhält Energie von der Sonne und kann selbst Energie in den Außenraum abgeben. Im Allgemeinen bedingt die Energiezufuhr eine beschleunigte Vergrößerung der Entropie. Die Generierung höherer Ordnungen, die eine Senkung der Entropie entspricht, erfordert eine gerichtete Energiezufuhr.

Die technischen Systeme, die vom Menschen geschaffen werden, können bis zur Konstruktion von Automaten führen, die aus Rohstoffen die gewünschten Fertigprodukte herstellen. Der Automat muss stets für neue Anfangs- oder Umweltbedingungen sorgen, damit eine bestimmte Prozessfolge von selbst ablaufen kann. Die Erzeugnisse können auch wiederum Automaten sein, doch kann sich der Automat nicht selbst generieren.

Warum sind die Automaten und alle technischen Systeme erst mit dem Menschen aufgetreten und nicht zufällig in den 13,8 Milliarden Jahren (Weltalter nach dem Standardmodell der Kosmologie) entstanden? Es fehlte die notwendige Folge der Anfangs- oder Umweltbedingungen, die durch steuerndes Eingreifen des Menschen lokal vorgegeben werden konnte. Dazu gehört auch das Schreiben von Programmen, die ein programmgesteuerter Automat abarbeiten aber nicht selbst schreiben kann.

Durch den Zufall können keine Programme entstehen. Beim Werfen der Buchstaben durch einen Zufallsgenerator können kurze Worte mit einer Bedeutung entstehen, etwa "Mama", "Auto" etc., doch nicht zusammenhängende Texte, etwa der 23. Psalm aus der Bibel oder "die Glocke" von Schiller. Im Allgemeinen werden Programme von Programmen (Algorithmen) benötigt, deren Entstehung mit an totale Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit unmöglich ist.

Vorhandene Programme werden aufgrund des Entropiesatzes im Verlauf der Zeit altern bis ihre Abarbeitung zu keinen sinnvollen Funktionen mehr führt. Wesentlich für das steuernde Eingreifen des Menschen ist seine Intelligenz, das Erkennen von Gesetzen. Außerdem kann der Mensch seinen Körper befehlen und somit neue Anfangsbedingungen setzen, was dem physikalischen System unmöglich ist (der Stein bleibt liegen, wenn er nicht weggestoßen wird). Automaten können gemäß dem Programm, das der Mensch vorgegeben hat, neue Anfangsbedingungen setzen.

Die Erde ist ein Bestandteil des Planetensystems der Sonne, die Sonne ist ein Stern unter Milliarden Sternen einer Galaxis und es gibt Galaxienhaufen. Ist das Weltall offen oder abgeschlossen?

Ein expandierendes Weltall besitzt Ereignishorizonte, weil ab einer bestimmten Entfernung vom Beobachter die Expansionsgeschwindigkeit des Raumes größer ist als die Lichtgeschwindigkeit, so dass von den weiter entfernten Galaxien keine Teilchen und kein Lichtsignal mehr zum Beobachter gelangen können. Somit ist das Weltall abgeschlossen, was bei einer sphärischen Krümmung ohnehin der Fall ist. Das hyperbolisch gekrümmte Weltall, im Grenzfall der flache Raum, sind unendlich.

Aufgrund der Ereignishorizonte unterscheiden sie sich nicht von einem endlichen Raum. Der expandierende physikalische Kosmos definiert ein abgeschlossenes Weltall, in dem der Entropiesatz gilt und eine Zeitumkehr unmöglich ist.

Weil die Entropie zunimmt, strebt das expandierende Weltall dem Wärmetod entgegen, in dem die Entropie ein Maximum annimmt. Dann sind alle Sterne und Planeten in atomare Bestandteile aufgelöst und überall im Weltall gleichmäßig verteilt, vergleichbar mit einem lauwarmen Gas.

Bei einer homogenen isotropen Materieverteilung kann die Gravitationskraft nicht zum Auftreten von Gravitationszentren führen, weder zu Sternen und Galaxien noch zu Galaxienhaufen. Galaxienhaufen werden schon bei der Expansion des Raumes auseinander gezogen, während die Gravitationskraft die Galaxien bei der Expansion noch zusammenhält. Doch jetzt existieren keine Galaxien, Sonnen, Planeten mehr sondern nur ein Gas elementarer Teilchen, die von allen Seiten gleichmäßig angezogen werden, so dass sich die Gravitationskraft aufhebt.

Hat sich das Universum soweit ausgedehnt, dass durch Ereignishorizonte alle Teilchen voneinander getrennt sind, dann haben alle Wechselwirkungen aufgehört. Jedes Teilchen hat seine niedrigste von der Quantentheorie erlaubte Energie erreicht. Von nun an steht alles still. Es ist nicht mehr möglich einen Zeitpunkt von einem anderen zu unterscheiden. Nach dem Erlöschen der Vergangenheit gibt es auch keine Zukunft mehr, nur noch Gegenwart. Dann ist das Ende der Zeit gekommen.

Schlägt die Expansion in eine Kontraktion um, dann gibt es keinen Wärmetod, doch schrumpft das Weltall zu einem schwarzen Loch, weil sich der Raum auf einen Punkt (die kosmologische Singularität) zusammenzieht.

Wenn es höher-dimensionale Welten gibt, in denen unsere Welt eine Hyperfläche (Oberfläche) ist, dann ist unsere Welt nicht abgeschlossen sondern offen, und es ist ein steuerndes Eingreifen in die Prozessabläufe möglich.

Das Auftreten der Massen der Elementarteilchen steht im Zusammenhang mit den Ereignis-Impulsen in der 4-dimensionalen Raum-Zeit, dem Ereignisraum, weshalb sich die Teilchen nicht nur in den 3 Raum-Dimensionen sondern auch in der Zeit-Dimension bewegen können. Im Ruhssystem (der Beobachter bewegt sich mit dem Teilchen) besitzen sie nur eine Bewegungs-Komponente in der Richtung der Zeit-Dimension. Entsprechend der Stärke des Ereignis-Impulses besitzen die Teilchen eine Ruhmasse. Verschwindet der Ereignis-Impuls ganz, dann gibt es auch kein Teilchen. Die Massen der Teilchen sind durch Ereignis-Impulse definiert.

Wo kommen die Ladungen der Teilchen her? Darauf gibt die ART keine Antwort. Sie müssen explizit in die Theorie eingeführt werden. Der Ereignis-Impuls ist eine Funktion. Stehen Ladungen im Zusammenhang mit Funktionen-Ereignis-Impulsen? Das führt zu einer Verallgemeinerung der ART auf Funktionenräume (s. Teil 2). Durch Einschalten von Ereignis-Impulsen treten Teilchen mit Massen auf und die Raum-Zeit beginnt zu expandieren, was nicht notwendig in einer kosmologischen Singularität beginnen muss.

6.2 Evolution der Lebewesen

6.2.1 Die Erbanlagen

Die Körper der Lebewesen sind mit Abstand komplizierter als jeder konstruierte Automat. Die Lebewesen sind offensichtlich im Verlauf der Geschichte der Erde auf dieser aufgetreten. Die Proteine (Eiweißmoleküle), aus denen die Körperzellen bestehen, können synthetisch hergestellt werden, doch leben diese Proteine nicht. Erst bei Hinzugabe von lebendem Eiweiß, kann die Synthese wieder zu lebendem Eiweiß führen. Ein Merkmal für das Leben ist die Vermehrung, die auf einer Teilung der Zellen beruht, die sich somit selbst reproduzieren, was bei den bekannten physikalischen Systemen nicht geschieht. Das Wachstum von Kristallen könnte als eine Vermehrung interpretiert werden, doch sind die Kristalle keine lebenden Zellen und auch nicht in ihrer Funktion vergleichbar.

Die Reproduktion des Lebewesens erfolgt nach einem Programm, das in seine DNS (Desoxyribonukleinsäure), englisch DNA, eingeschrieben ist. Die DNA ist eine Doppelhelix (Helix = Schraube) oder Strickleiter, die um ihre eigene Achse schraubenförmig gedreht ist. Der DNA-Faden pro Zelle ist etwa 2m lang und hat einen Durchmesser von 2nm (Nanometer) = $2 \cdot 10^{-12}$ m. Das Rückgrat der Strickleiter besteht aus einem Zucker (Desoxyribose), verbunden im Wechsel mit Phosphat. Die Sprossen der Strickleiter werden von 4 organischen Basen gebildet:

A – Adenin, T – Thymin, C – Cytosin, G – Guanine.

A bindet sich mit T, C bindet sich mit G, andere Kombinationen sind nicht möglich. Sie definieren ein 4 Buchstaben-Alphabet. Die DNA umfasst etwa $3 \cdot 10^9$ Buchstaben (Basen), die in einer bestimmten Anordnung das Programm zur Generierung der Proteine und der Struktur des Körpers eines Lebewesens repräsentieren. Der Informationsfluss geht von der DNA über die RNA (Ribonukleinsäure, einfache Helix, das Rückgrat besteht aus dem Zucker Ribose) zum Protein.

Die Chromosomen sind die Transportform der DNA. Es treten paarweise gleiche Chromosomen auf, weshalb der Chromosomensatz diploid ist, der bei der Zellteilung in einen haploiden Chromosomensatz übergeht und in den beiden Teilen der Zelle (während der Zellteilung) wieder dupliziert wird. Bei der Bildung von Ei- und Samenzelle bleibt der Chromosomensatz haploid. Erst bei der Verschmelzung von Ei- und Samenzelle zur Zygote ist er wieder diploid, weshalb sich das Erbgut des Elternpaares mischt und nicht von jedem vollständig an die Kinder weitergegeben werden kann. Das Geschlechts-Chromosomen-Paar besteht ohnehin beim männlichen Geschlecht aus 2 verschiedenen Chromosomen x-y, wobei y wie ein Bruchstück relativ zu x ist. Beim weiblichen Geschlecht besteht es aus den gleichen Chromosomen x-x.

Das Genom ist die Gesamtheit aller Chromosomen einer Zelle. Die Gene sind bestimmte Abschnitte in den Chromosomen. Sie definieren bestimmte Merkmale, z.B. die Blutgruppe. Der Mensch besitzt etwa 30.000 bis 50.000 Gene, die verteilt sind auf 46 Chromosomen oder auf 22 Chromosomen-Paare und 2 Geschlechts-Chromosomen.

Das Programm in der DNA lässt eine Anpassung an die Umwelt zu, was besonders bei den Pflanzen gleicher Art und Spezies sichtbar ist. Im Schatten werden die Blätter breiter und dünner als im Licht. Der Spross wird zu einem längeren geilen

Trieb, der sich nach dem Licht streckt, während er im Licht kompakt ist. Das Wurzelwerk wird sich in trockenerem Boden feiner verzweigen und weiter ausstrecken auf der Suche nach Wasser als in feuchtem Boden. Nährstoffreicher Boden regt das Wachstum an und erhöht die Fruchtbarkeit. Das gilt alles bei kleinen Schwankungen der Umwelt, bei starken Schwankungen geht die Pflanze ein.

Bei Tier und Mensch ändert sich auch der Körper in Abhängigkeit von der Nahrung, was z.B. zu Dickleibigkeit oder Abmagerung führen kann ohne Änderung der DNA. Die kleinen Schwankungen führen nicht zur Veränderung der DNA. Die Merkmale von Art und Spezies bleiben unabhängig von den Umweltschwankungen erhalten, insbesondere auch bei den nachfolgenden Generationen.

Bei Kreuzungen, die innerhalb einer Art möglich sind, wird die DNA gemischt. Es gelten die Mendelschen Gesetze. Die Kreuzung von rot und weiß blühenden Spezies führt im Allgemeinen auf rosa blühende Spezies. Doch können rot oder weiß dominant sein, dann führt die Kreuzung wieder auf rote oder auf weiße Blüten.

Eine Änderung der DNA tritt bei Mutationen auf. Wird ein dominanter Erbfaktor zerstört, dann kann der rezessive Erbfaktor die Farbe der Blüte bestimmen. An die Stelle der rot blühenden Spezies treten erblich (in der DNS verankert) neue weiß blühende Spezies auf oder umgekehrt. Diese Art der Punktmutationen können auf viele Erbfaktoren verallgemeinert werden.

Im Allgemeinen führen Mutanten zu Missbildungen, die in der gegebenen Umwelt nur geringe Überlebenschancen haben. Vielleicht überleben sie in einer anderen Umwelt besser. Dann gibt es eine Auslese durch die Umwelt. Es kommt zur Verteilung der Mutanten an unterschiedliche Standorte oder sie sterben aus. Das gilt auch für die Vielzahl der Kreuzungen innerhalb einer Art. Das Darwin'sche Prinzip reguliert die Erhaltung der Arten oder der Spezies unter verschiedenen Umweltbedingungen.

Können Mutanten zu höheren Qualitäten führen? Programme sind das sprachliche Bild von Funktionen. Elementare Grundfunktionen werden im Programm bezeichnet und bestimmte Reihenfolgen oder Zyklen für ihre Abarbeitung werden vorgegeben, die in Abhängigkeit von bestimmten Kriterien ausgewählt werden. Die Kriterien sind durch die Umwelt, den Zustand des Systems oder durch Zielstellungen gegeben, die mitgeteilt oder wahrgenommen (gelesen) werden. Der programmgesteuerte Automat liest die Befehle und führt sie entsprechend dem vorgegebenen Programm aus.

Es ist schwer vorstellbar, dass Programme durch Zufall entstehen. Sind Programme vorhanden, dann können sie aufgrund der Gültigkeit des Entropiesatzes "altern" bzw. durch zufällige Ereignisse in kleinen Schritten zerstört werden, so dass nur noch Restfunktionen erhalten bleiben bis im Maximum der Entropie keine Funktionen ausgeführt werden.

Programme von Programmen können komplexere Funktionen repräsentieren, die zu neuen Verhaltensweisen führen. An die Stelle der Grundfunktionen treten Verknüpfungen von Grundfunktionen gemäß den Programmen, die wiederum von einem Programm aufgerufen werden in Abhängigkeit von bestimmten Kriterien. Das führt mit jeder neuen Stufe der Verknüpfungen zu einer Erhöhung der Qualität des Lebewesens. Doch ist ein zufälliges Generieren von Programmen zu Programmen höherer Verschachtelungs-Stufen mit an totale Sicherheit grenzende Wahrscheinlichkeit unmöglich. Das Darwinsche Prinzip führt nicht zur Generierung von komplexeren Programmen sondern nur innerhalb der Kreuzungen und alternden Programme (infolge spontaner Mutanten) zu einer Auslese durch die Umwelt und damit zur

Erhaltung oder höchstens Vergrößerung der Vielfalt einer Art unter den jeweiligen Umweltbedingungen.

Offen bleibt die Frage, wie die Programme in der Gene oder DNA entstanden sind. Sie werden nicht durch eine veränderte Umwelt generiert. Die Ähnlichkeit der Arten zeugt von dem gleichen Programmierer, der vorhandene Programme wieder verwendet. Analog kann ein Musiker an bestimmten Ähnlichkeiten zwischen den Musikstücken das Genie Bach erkennen und von den Werken andere Musiker unterscheiden. Die Musikstücke zeugen von der gleichen Person, die sie geschrieben hat, doch haben sich nicht selbst weiter entwickelt.

6.2.2 Universelle Information

Jede Sprache zwischen Tieren oder Menschen, beruht auf einer richtigen Anordnung bestimmter Laute oder Zeichen, die eine festgelegte Bedeutung hat, die Sender und Empfänger kennen. Über die Sprache werden Informationen (Nachrichten) weiter gegeben, auf die Empfänger reagieren sollen. Der Sender der Nachricht beabsichtigt ein bestimmtes Ziel. Der Informatiker Prof. Dr. Werner Gitt [58'] definiert den Begriff der Universellen Information, die vorliegt, wenn 5 Ebenen erkennbar sind:

1. Statistik, Zeichenmenge (Alphabet-Zeichen einer Sprache)
2. Syntax, Code (Grammatik einer Sprache)
3. Semantik, Wörter oder Sätze besitzen eine Bedeutung, einen Sinn
4. Pragmatik, Empfänger wird zu einer Handlung oder Reaktion aufgefordert
5. Apoptik, ein bestimmtes Ergebnis oder Ziel ist beabsichtigt.

Zu jeder Ebene gibt es immer eine sender- wie auch eine empfängerseitige Relevanz:

Sender	→	Informationsübertragung	→	Empfänger
übertragenes Signal	→	Statistik	→	empfangenes Signal
verwendeter Code	→	Syntax	→	verstandener Code
mitgeteilte Gedanken	→	Semantik	→	verstandene Bedeutung
erwartete Handlung	→	Pragmatik	→	ausgeführte Handlung
beabsichtigtes Ergebnis	→	Apoptik	→	erreichtes Ziel

Universelle Information ist mit der DNA bei allen Lebewesen gegeben:

1. Statistik, Alphabet-Zeichen sind 4 Nukleinbasen A, T, C, G.
2. Syntax, das Codesystem bilden Triplets aus 3 aufeinander folgenden Nukleinbasen, jedes Triplet steht für eine bestimmte Aminosäure, z.B. GGA für das Glycin-Molekül. Es gibt 20 verschiedene Aminosäuren (einige sind lebensgefährlich). Bei allen Lebewesen gibt es nur eine genetische Grammatik.
3. Semantik, die Reihenfolge der in der DNA gespeicherten Triplets ist eine Aminosäuresequenz aus hunderten bis tausenden Aminosäuren. Sie bedeutet für die Zelle ein bestimmtes Protein zu synthetisieren. Im menschlichen Körper treten 50000 verschiedene Proteine auf, die in der DNA codiert sind.
4. Pragmatik, das Ribosom ist die Eiweißfabrik der Zelle, die mit Hilfe der mRNA und tRNA das in der DNA verschlüsselte Protein herstellt.
5. Apoptik, das Ziel des genetischen Codes ist die Herstellung eines strukturell lebensfähigen Körpers, in dem Billionen (10^{15}) von Proteinen produziert, räumlich exakt angeordnet und miteinander vernetzt werden müssen. Alle diese Arbeitsanweisungen stehen gespeichert nach einer präzisen Grammatik in der DNA, alles ist exakt einprogrammiert.

In den Zellen aller Lebewesen befindet sich eine unvorstellbare Menge an codierter Information. Die Bildung aller Organe geschieht informationsgesteuert. Tausende geregelte und präzise aneinander gekoppelte Abläufe in jeder einzelnen Zelle funktionieren ebenso informationsgesteuert wie die Herstellung aller körpereigenen Substanzen. Jede der dafür notwendigen Arbeitsanweisung steht gespeichert in der DNA der Zellen, und das in der höchsten überhaupt bekannten Speicherdichte.

Eine besondere Bedeutung kommt der Assimilation der Pflanzen zu, das ist ein Stoff- und Energiewechsel, bei dem aufgenommene körperfremde Stoffe unter Energiezufuhr schrittweise in körpereigene Verbindungen umgewandelt werden.

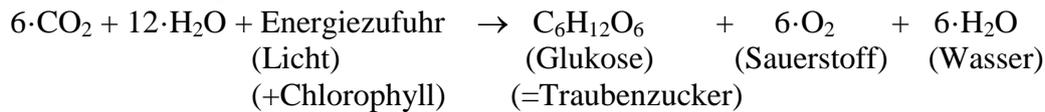
Insbesondere bei Pflanzen gibt es Kohlenstoff-, Stickstoff- (Nitrat-, Ammonium-), Mineralstoff- (Phosphat-, Schwefel-) Assimilationen.

Die Pflanzen können aus den physikalischen Substanzen

Wasser (H₂O), Nährsalze, Kohlendioxyd (CO₂) der Luft

bei Anwesenheit von Licht organische Verbindungen generieren.

Bei der Photosynthese wandeln lichtabsorbierende Farbstoffe (Chlorophyll) Licht in chemische Energie um. Die Brutto-Reaktion



setzt sich zusammen aus einer Lichtreaktion $12 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow 24 \cdot (\text{H}) + 6 \cdot \text{O}_2$

(Wasserstoff H) und einer Dunkelreaktion $6 \cdot \text{CO}_2 + 24 \cdot (\text{H}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Das ist eine charakteristische Eigenschaft der Pflanzen, weil mit jedem Grashalm und in jedem Blatt über den genetischen Code die Information hinzukommt, wie mit Hilfe von Sonnenenergie aus Kohlendioxyd Sauerstoff produziert wird. Kein Biologe oder Ingenieur vermag dieses geniale Prinzip nachzukonstruieren. Die an der Photosynthese beteiligten chemischen Stoffe, sich selbst überlassen, organisieren nichts, was zur Photosynthese führen könnte. Ebenso erfordern die Lebensfunktionen der Zellen die über den genetischen Code gegebenen Informationen. Ohne diese gibt es keine Erklärung, wie lebendiges aus toter Materie entstehen kann. Es können nur Merkmale des Lebens benannt werden. Der Molekularbiologe Louis Pasteur (1822-1855) folgert: "Leben kann nur aus Leben kommen".

Ein Codesystem ist immer das Ergebnis eines intellektuellen Prozesses und erfordert einen geistigen Urheber. Die Anordnung der Zeichen des Alphabets oder der Triplets kann zufällig erfolgen, doch entsteht dabei kein Code. Die Grammatik wird von einem Urheber festgelegt. Jede Informationskette hat einen intelligenten Urheber, der die Nachricht sendet. Universelle Information kann nicht selbständig entstehen, weder aus dem materiellen Träger der Information noch durch Zufälle und lange Zeiträume, sie stammt immer von einem intelligenten Sender (Urheber). Denn die Information ist keine Eigenschaft der physikalischen Systeme, sie muss immer von außen hinzugefügt werden. Der genetische Code repräsentiert eine geistige Idee. Die physikalischen Systeme sind aber Träger der Information. Wenn Insekten Pollen von Blütenpflanzen weitertragen, ist das in erster Linie ein Vorgang der Übertragung genetischer Information.

Das Gedankensystem der Evolution und der Abiogenese des Lebens kann nur dann funktionieren, wenn durch natürliche Zufallsprozesse ein Code entstehen kann, der es möglich macht, Information in freier Gestaltung zu verschlüsseln. Der Erfahrung nach weist die Gegenwart eines Codes immer auf einen vorangegangenen intellektuellen Prozess hin, denn jeder Code beruht auf Vereinbarung und die codierte Information benötigt einen Sender. Auch unsere Computersprachen existieren nur, weil sie von Menschen (mit Geist, Intelligenz und Wille) geschaffen wurden. Weder eine Computersprache oder ein Computerprogramm noch der Computer oder computergesteuerte technische Systeme sind selbst entstanden, obwohl sie mit Abstand einfacher als die biologischen Systeme sind und wie diese viele Millionen Jahre Zeit hatten (gemäß dem Standardmodell der Kosmologie) sich zu entwickeln.

Eine Entstehung des Lebens, die auf Zufallsprozessen beruht, ist völlig auszuschließen.

Jeder, der die Entstehung des Lebens durch evolutionäre Zufallsprozesse für denkmöglich hält, glaubt an ein "Perpetuum mobile der Information", was äquivalent ist mit einem Perpetuum mobile 2. Art. Das ist eine Maschine (z.B. Schiffsmotor), die Arbeit leistet, indem sie die Energie einem Wärmespeicher (dem Meer) entzieht, der sich abkühlt. Sie verstößt gegen den 2. Hauptsatz der Thermodynamik, den Entropiesatz, gemäß dem beim Kontakt zweier Systeme der Energiefluss stets vom wärmeren zum kälteren erfolgt, nie umgekehrt. In einem abgeschlossenen System wird sich nie ein Teil abkühlen und das andere Teil von selbst erwärmen. Will man die schnellen (energiereichen) Teilchen von den langsamen trennen, dann benötigt man eine Information über die Eigenschaft (die Geschwindigkeit) der Teilchen. Das Perpetuum mobile 2. Art verstößt nicht gegen den 1. Hauptsatz der Thermodynamik, den Energieerhaltungssatz, aus dem folgt, dass es kein Perpetuum mobile 1. Art gibt, d.h. es gibt keine Maschine, die ohne Energiezufuhr arbeitet.

Doch kann Wärmeenergie nur im Ausgleichsprozess gewonnen werden, wenn eine Temperaturdifferenz vorliegt. Es kann nicht aus einem Wärmespeicher durch Abkühlen Wärmeenergie entzogen werden. Das Abkühlen im Kühlschrank beruht auf einer gerichteten Energiezufuhr.

Der Realität muss auch eine Intelligenzfunktion zukommen, die das Generieren des genetischen Codes in der DNA ermöglicht, was den Schluss zulässt, die Realität ist Gott, der Schöpfer. "Gott ist Geist, und die ihn anbeten müssen ihn im Geist und in der Wahrheit anbeten" [77: Joh 4,24], so das Zeugnis von Jesus Christus. "Er (Christus) ist das Ebenbild des unsichtbaren Gottes, der Erstgeborene vor allen Kreaturen. Denn in ihm ist alles geschaffen, was im Himmel und auf Erden ist, das Sichtbare und Unsichtbare..."[77: Kol 1,15], so schreibt es Paulus an die Kolosser. Das Wort Gottes ist die Ursache für die Schöpfung unserer Welt [77:1Mos 1,1–31].

Doch kommen Intelligenzfunktionen auch den Lebewesen Mensch und Tier zu, die ihren Ausdruck im Verhalten und in schöpferischen Tätigkeiten findet. Der Schöpfer ist somit auch die Ursache für die Intelligenzfunktionen der Lebewesen, weshalb er ein "Unlebewesen" sein muss mit einer Intelligenzfunktion, die von keinem Lebewesen (Geschöpf) erreicht werden kann. Der Mensch kann Eigenschaften und Fähigkeiten der Geschöpfe erkennen und vergleichen, was zu einer differenzierten Erkenntnis über die Realität führt.

6.2.3 Innere Körper

Jedes physikalische System bewegt sich nach dem Prinzip der kleinsten Wirkung, aus dem die Bewegungsgesetze folgen. Es wird von keinem zusätzlichen Prinzip überlagert. Das trifft auch für alle Teilsysteme zu, in die es zerlegt werden kann.

Alle Lebewesen sind Individuen, die nicht in Teilsysteme zerlegt werden können. Die Funktionen ihrer Organe sind so koordiniert, dass sie zum Erhalt des gesamten Individuums dienen. Die Steuerung bezieht sich auf den gesamten Organismus, der aus Zellen aufgebaut ist, die in verschiedenen Organen weiter differenziert sind, so dass ihnen unterschiedliche Funktionen zukommen. Die Organe sind im Allgemeinen selbst wieder unterschiedlich differenziert und es gibt eine Verknüpfung der Organe zum Organismus. Bei den Pflanzen sind Wurzel, Spross und Blätter unterschiedlicher Differenzierungen die "Organe". Die Ausbildung der Organe des Individuums folgt aus den Programmen in der DNA, die bei der Zellteilung in jede Zelle weitergegeben werden.

Die physikalischen Körper der Lebewesen bewegen sich wie jedes physikalische System nach dem Prinzip der kleinsten Wirkung, insbesondere dann, wenn das Lebewesen tot ist. Andernfalls treten Bewegungsformen auf, die aus anderen Prinzipien folgen, unter Berücksichtigung der Bewegungsgesetze der physikalischen Systeme.

Alle Lebewesen erfüllen zusätzlich das Prinzip der Selbsterhaltung, Vermehrung oder Erhaltung der Art. Tiere und Menschen bewegen sich zusätzlich nach dem Prinzip der angenehmsten Emotionen (Empfindungen). Menschen verhalten sich zusätzlich nach dem Prinzip der wertvollsten oder nützlichsten Gedanken (Vorstellungen).

Der Automat besitzt keinen Selbsterhaltungstrieb, Emotionen und Gedanken sind ihm unbekannt. Das Messinstrument reagiert auf einlaufende Signale, doch resultiert nicht aus den Signalen das Empfinden "angenehm" oder "unangenehm". Es folgen aus den einlaufenden Signalen weder Emotionen noch Gedanken und Vorstellungen. Der programmgesteuerte Automat (Computer) kann zwar Verhaltensweisen der Lebewesen simulieren, weil er vom Menschen programmiert wurde. Doch kann er das beobachtete Verhalten von Lebewesen in Abhängigkeit von physikalischen Signalen nur eingeschränkt widerspiegeln, denn das Lebewesen reagiert infolge Emotionen und Gedanken anders als ein physikalischer Körper.

Die physikalischen Signale werden in Quantenfeldern zu den Messinstrumenten, zu den Körpern der Lebewesen, speziell zu den Sinnesorganen bei Mensch oder Tier, transportiert und in körpereigene Signale transformiert.

Sie führen bei Messinstrumenten zu Zeigerausschlägen, bei Pflanzen über die Photosynthese zum Wachstum von Wurzel und Spross in bestimmten Richtungen. Bei Tier und Mensch werden in den Sinnesorganen gemäß den 5 Sinnen die unterschiedlichen physikalischen Signale einheitlich in elektromagnetische Impulse umgewandelt, die im Nervensystem weitergeleitet und verknüpft werden. Einzelne Nervenzellen empfinden in diesen Signalen nichts und haben auch keine Gedanken. Führt die Verknüpfung von Milliarden Nervenzellen zu Emotionen und Gedanken? Dann wären es emergente Eigenschaften.

Es ist unwahrscheinlich, dass aus den Eigenschaften (Massen und Ladungen) der Elementarteilchen bei ihrer Verknüpfung zu chemischen Verbindungen bis hin zu den Nervensystemen in den Körpern von Tier oder Mensch die neuen Eigenschaften "empfinden" oder "denken" auftreten. Ebenso lassen sich aus den Massen der

Teilchen keine Ladungen ableiten. Sie müssen mit den Teilchen gegeben sein. Aus den magnetischen Ladungen der Neutrinos lassen sich auch keine elektrischen Ladungen ableiten. Elektronen und Protonen besitzen magnetische und elektrische Ladungen, weshalb aus ihren Verknüpfungen zu Atomen und Molekülen die elektrischen Leitereigenschaften abgeleitet werden können.

Jede Nervenzelle kann mit einem Automaten verglichen werden. Er besitzt eine Verhaltensfunktion, die einlaufenden Signalen in Abhängigkeit von seinem inneren Zustand auslaufende Signale zuordnet und in einen neuen inneren Zustand übergeht. Die Verknüpfung der Nervenzellen zum Nervensystem ist ein Super-Computer. Die Weiterleitung und Verknüpfung der Signale im Nervensystem erfolgt nach den physikalischen und chemischen Gesetzen.

Es muss unterschieden werden zwischen den einlaufenden Signalen in den Sinnesorganen, die sich wesentlich unterscheiden, und den transformierten Signalen im Nervensystem, die sich nicht unterscheiden. Doch gibt es Gehirnbereiche, die für optische, akustische etc. Wahrnehmungen verantwortlich sind. Es gibt aber keine Rücktransformation im Nervensystem, sondern es werden Signale zu den Muskeln, Drüsen und anderen Organen gesendet, die ein bestimmtes Verhalten des Körpers auslösen.

Wie jeder Automat reagieren die Nervenzellen oder das Nervensystem auf einlaufende Signale in Abhängigkeit des inneren Zustandes und geben elektromagnetische Impulse an andere Nervenzellen oder an Organe weiter, was außerdem zu einer Änderung des inneren Zustandes führt. Das Nervensystem interpretiert die elektromagnetischen Impulse nicht, weshalb es emotional weder sehen, hören, riechen, schmecken noch fühlen kann.

Das Lebewesen (Tier oder Mensch) kann die Signale (elektromagnetische Impulse) in bestimmten Gehirnbereichen lesen und emotional oder auch durch Vorstellungen interpretieren. Außerdem kann es, in Abhängigkeit von den Emotionen und Vorstellungen, Befehle an die Muskeln, Drüsen und andere Organe in Gehirnbereiche einschreiben, so dass die Funktionen dieser Organe aktiviert werden. Somit werden neue Anfangsbedingungen gesetzt, gemäß denen die Organe und Körperteile anders reagieren (andere Funktionen ausführen) als physikalisch erwartet, obwohl die Reaktionen wieder nach den physikalischen Gesetzen ablaufen. Arme und Beine würden ohne die Befehle durch das Lebewesen nicht in Bewegung versetzt, angenommen sie werden von außen durch einen Stoß verschoben.

Im Zustand des Schlafs sind die Wahrnehmung von Signalen und das Setzen von Befehlen eingeschränkt. Es gibt noch Träume und Schlafbewegungen. Beim Menschen gibt es in Extremfällen noch ein unbewusstes Schlafwandeln.

Ähnliches gilt für den Zustand in der Narkose, die zu einer Einschränkung der Funktionen des Lebewesens führt. In diesem Zustand werden Emotionen und Gedanken nicht wahrgenommen. Bei lokalen Narkosen von Körperteilen werden die physikalischen Signale nicht oder nur eingeschränkt in das Gehirn-Zentrum weitergeleitet, das vom Lebewesen gelesen und interpretiert wird, was zu einem Verlust der Empfindungen (der Schmerzen) führt, die bei der örtlichen Operation auftreten würden. Die Körperteile mit den zu ihnen gehörenden Nervenabschnitten, empfinden nichts und denken nicht.

Erst wenn die elektromagnetischen Impulse in den Nervenzellen bestimmte Gehirnbereiche erreichen und deren Funktion nicht eingeschränkt ist, kann das Lebewesen sie emotional wahrnehmen. Es kann angenommen werden, dass eine bestimmte Codierung vorliegt, die vom Lebewesen (Tier oder Mensch) interpretiert.

Die über die Sinnesorgane transformierten Signale werden im Nervensystem nach bestimmten grammatischen Regeln verknüpft. Die Quantenfelder, die von Objekten ausgesandt werden, sind Eigenschaften der Objekte, nicht die Objekte selbst. Es werden Aussagen über Objekte codiert. In der Sprache werden den verschiedenen Eigenschaften mit Hilfe des Descriptors "ein" oder "dasjenige" entsprechende Objekte mit diesen Eigenschaften mehrdeutig oder eindeutig zugeordnet. Zu den Gehirnbereichen gibt es eine emotionale Interpretation des Codes durch Farben, Töne, Gerüche, Geschmacksstoffe, Gefühle. Die Nervenzellen dieser Gehirnbereiche unterscheiden sich aber nicht von den Nervenzellen in anderen Bereichen, weshalb durch sie keine Interpretation der codierten elektromagnetischen Impulse gegeben ist. Doch kann das Lebewesen (Tier oder Mensch) in den Gehirnbereichen die codierten Signale interpretieren und entsprechend Befehle in Gehirnbereiche einschreiben, die an die Muskeln, Drüsen und innere Organe weitergeleitet werden und somit das Verhalten des Lebewesens steuern.

Die Erklärung des Verhaltens der Lebewesen allein durch ihren physikalischen Körper, speziell durch das Nervensystem bei Tier und Mensch, führt zu dialektischen Antinomien, die erst in einem erweiterten Realitätsbegriff eine Auflösung finden (s. Abschn. 4).

Eine Funktion kann nicht auf sich selbst angewandt werden. Das gilt auch für die Verhaltensfunktion des Automaten. Deshalb kann der Automat "Nervensystem" sich nicht selbst erkennen. Seine Verhaltensfunktion ist ihm unbekannt.

Wenn es Funktionen gibt, die in Abhängigkeit von Emotionen, Gedanken und Vorstellungen, die der physikalische Körper nicht kennt, dessen Verhalten verändern können, dann können diese Funktionen nicht mit der Verhaltensfunktion des physikalischen Körpers gegeben sein. Das Lebewesen ist mehr als sein physikalischer Körper, den es sieht. Es besitzt Verhaltensfunktionen, die mit "inneren" Körpern gegeben sein müssen und von höheren Funktionenstufen sind, weshalb sie auf die Verhaltensfunktion des physikalischen Körpers angewandt werden können.

Den inneren Körpern entsprechen intuitiv die Seele, die Emotionen verarbeitet, und der Geist, der Gedanken (Vorstellungen) verarbeitet. Da der Geist das Verhalten der Seele steuern kann, muss seine Verhaltensfunktion stufengrößer als die der Seele sein. Weil der Mensch auch sein Denken steuern kann, auf welches Gebiet er seine Gedanken lenkt, muss er noch einen weiteren inneren Körper besitzen, dessen Verhaltensfunktion stufengrößer ist als die des Geistes, der Metageist genannt wird.

Die Verhaltensfunktion des Metageistes ist dem Menschen unbekannt, andernfalls müsste es einen Meta-Metageist geben. Die mit den inneren Körpern gegebenen Verhaltensfunktionen können die Signale im Nervensystem lesen, interpretieren und in Abhängigkeit der Interpretationen den gesamten physikalischen (äußeren) Körper in seinem Verhalten steuern durch das Setzen von Befehlen.

Die Seele steuert den physikalischen Körper nach dem Prinzip der Selbsterhaltung und der Vermehrung oder Erhaltung der Art unter Berücksichtigung der Emotionen, die sie verarbeitet. Das trifft auf alle Lebewesen (Pflanzen, Tiere, Menschen) zu.

Der Geist steuert die Seele nach dem Prinzip der angenehmsten Emotionen unter Berücksichtigung der Gedanken und Vorstellungen, die er verarbeitet. Das trifft auf Tiere und Menschen zu.

Der Metageist steuert den Geist nach dem Prinzip der wertvollsten oder nützlichsten Gedanken (Vorstellungen) unter Berücksichtigung der Metagedanken, die er verarbeitet. Das trifft auf den Menschen zu.

Lebewesen können infolge ihrer inneren Körper die Verhaltensfunktion des äußeren (physikalischen) Körpers steuern. Es sind offene Systeme, die in ihre Umwelt steuernd eingreifen können, was zur Senkung der Entropie (durch Technik, Bau von Wohnungen, Nestern, Assimilation etc.) oder zur beschleunigten Vergrößerung der Entropie (Bomben, Sprengungen etc.) führen kann.

Die Pflanzen sind Lebewesen mit einer Seele. Ihre Verhaltensfunktion kennt die Seele nicht, weshalb den Pflanzen die Verarbeitung von Emotionen unbekannt ist. Pflanzen kennen keine Emotionen, obwohl sie Emotionen besitzen und ein emotionales Verhalten zeigen. Die Seele kann physikalische Objekte (Wasser, Kohlendioxid, Licht) wahrnehmen und entsprechend der Wahrnehmung das Verhalten des physikalischen Körpers nach dem Prinzip der Selbsterhaltung und Vermehrung unter Berücksichtigung der Emotionen steuern. Dann streckt sich der Spross nach dem Licht, das Wurzelwerk nach dem Wasser und es gibt ein Zusammenspiel der Funktionen von Wurzel, Spross und Blättern. Die aus dem Prinzip der kleinsten Wirkung abgeleitete Verhaltensfunktion des physikalischen Körpers wird durch das steuernde Eingreifen der Seele verändert.

Die Tiere sind Lebewesen mit Seele und Geist. Seine Verhaltensfunktion kennt der Geist nicht, weshalb den Tieren die Verarbeitung von Gedanken (Vorstellungen) unbekannt ist. Tiere kennen keine Gedanken, obwohl sie Gedanken besitzen und ein intelligentes Verhalten zeigen. Der Geist kennt Emotionen und kann das Verhalten der Seele nach dem Prinzip der angenehmsten Emotionen unter Berücksichtigung seiner Gedanken steuern. Tiere kennen ihre Emotionen und das seelische Verhalten, die Reaktionen auf Emotionen. Sie erkennen, wenn ein Tier Angst hat, an dessen Reaktionen. Doch kennt das Tier weder seine Gedanken noch die Gedanken des Menschen. Die Seele des Tieres erkennt physikalische Objekte, die infolge seines Geistes emotional wahrgenommen werden. Die aus dem Prinzip der Selbsterhaltung und Vermehrung abgeleitete Verhaltensfunktion der Seele wird durch das steuernde Eingreifen des Geistes (nach dem Prinzip der angenehmsten Emotionen) verändert, was wiederum zu einem veränderten Verhalten des physikalischen Körpers führt.

Die Menschen sind Lebewesen mit Seele, Geist und Metageist, doch kennt der Metageist seine Verhaltensfunktion nicht, weshalb dem Menschen die Verarbeitung von Metagedanken (Metavorstellungen) unbekannt ist. Der Mensch kennt die Metagedanken nicht, obwohl er sie besitzt. Sie befähigen ihn zu unbewusstem meta-intelligentem Verhalten, das erst höhere Lebewesen wahrnehmen können.

Der Metageist steuert das Verhalten des Geistes nach dem Prinzip optimaler Gedanken. Menschen kennen Gedanken (Vorstellungen) und intelligentes Verhalten sowohl bei sich als auch bei den Tieren. Sie können ihr Verhalten nach optimalen Gedanken steuern. Es gibt ein bewusstes Entscheiden, in dem er ein optimales Verhalten für zukünftige Emotionen ableitet. Er geht z.B. freiwillig zum Zahnarzt, der ihm Schmerzen bereitet, weil ihm dadurch geholfen wird, was ein Tier nicht kann. Diese Fähigkeit folgt aus der Existenz des Metageistes, den das Tier nicht besitzt.

Die Seele des Menschen erkennt physikalische Objekte, die infolge seines Geistes emotional wahrgenommen werden und infolge seines Metageistes gedanklich (mit ihren Eigenschaften, bestehenden Relationen und Gesetzen) erkannt werden. Die aus dem Prinzip der angenehmsten Emotionen abgeleitete Verhaltensfunktion des Geistes wird durch das steuernde Eingreifen des Metageistes (nach dem Prinzip

optimaler Gedanken) verändert, was zu einem veränderten Verhalten des Geistes, der Seele und einem veränderten Verhalten des physikalischen Körpers führt.

Höhere Lebewesen als der Mensch müssen weitere innere Körper mit neuen Verhaltensfunktionen höherer Funktionenstufen besitzen. Wie noch gezeigt wird, können bei k Raum-Dimensionen des äußeren Körpers höchstens k innere Körper angekoppelt werden. Folglich sind im physikalischen Kosmos mit $k=3$ Raum-Dimensionen die Menschen mit $k=3$ inneren Körpern die höchsten Lebewesen. Höhere Lebewesen treten erst in Kosmen mit $k>3$ Raum-Dimensionen auf.

7 Erweiterung des Realitätsbegriffs

7.1 Notwendigkeit eines erweiterten Realitätsbegriffs

Der Glaube an eine Evolution physikalischer Systeme zu Pflanzen, der Pflanzen zu Tieren, der Tiere zu Menschen wird dahingehend entschieden, dass eine Entwicklung aus sich selbst heraus oder durch Zufall nicht möglich ist.

Der genetische Code und seine Interpretation erfordern eine Intelligenzfunktion, die nicht mit dem physikalischen System gegeben ist. Analoges gilt für die Codierung der Aussagen durch die Verknüpfung elektromagnetischer Impulse im Nervensystem und ihre Interpretation durch die wahrgenommenen Gegebenheiten. Aus der wahrgenommenen Nachricht folgt eine Reaktion oder Handlung, der ein Ziel zum Nutzen des Lebewesens zugrunde liegt. Auch hier sind die 5 Merkmale einer universellen Information erfüllt (s. Abschn. 6.2.2).

Die Information ist keine Eigenschaft der physikalischen Systeme, speziell des Nervensystems im physikalischen Körper des Lebewesens. Sie muss immer von außen hinzugefügt werden. Der genetische Code repräsentiert eine geistige Idee, sie stammt immer von einem intelligenten Sender (Urheber). Obwohl Lebewesen mit Nervensystem Intelligenzfunktionen besitzen, haben sie den Code in ihrem Nervensystem nicht selbst erfunden und generiert.

Der physikalische Körper mit Nervensystem, verbunden mit den inneren Körpern, verarbeitet universelle Informationen, doch in neuen übergeordneten Bereichen gemäß der Anzahl der inneren Körper. Es sind immer höhere Intelligenzfunktionen (Metaintelligenzfunktionen) zur Generierung der universellen Informationen erforderlich, die nicht mit dem Lebewesen gegeben sind.

Die intelligenten Lebewesen, können universelle Informationen generieren, der Mensch baut Automaten, die Informationen verarbeiten, doch mit eingeschränkten Verhaltensfunktionen, die nicht an seine Verhaltensfunktion heranreichen.

Funktionen sind Zuordnungen. Die mit Automaten gegebene Verhaltensfunktion $F(z,x)=z',y$ ordnet einlaufenden Objekten $x \in X$ (x aus der Objektklasse X) in Abhängigkeit von seinem inneren Zustand $z \in Z$ (z aus der Zustandsklasse Z) auslaufende Objekte $y \in Y$ (y aus der Objektklasse Y) zu und geht dabei in einen neuen inneren Zustand $z' \in Z$ über.

Die Objektklassen X, Y können disjunkt sein, sich überlappen oder sind Teilklassen, z.B. $Y \subseteq X$. Im Allgemeinen sind es Produktklassen $X=X_1+\dots+X_n, Y=Y_1+\dots+Y_m$, das sind Klassen geordneter Tupel $[x_1,\dots,x_n] \in X, [y_1,\dots,y_m] \in Y$. Denn der Automat generiert aus verschiedenen Rohstoffen $x_1 \in X_1,\dots,x_n \in X_n$ verschiedene Fertigprodukte (einschließlich Abfallprodukte) $y_1 \in Y_1,\dots,y_m \in Y_m$.

Die Objektklassen enthalten physikalische Systeme, speziell Teilchen. Doch können an die Stelle von Objekten auch Funktionen treten, dann sind es Funktionenklassen. Die Klasse V_p der potentiellen Impulse \vec{p} , die auf ein Teilchen anwendbar sind (das sich gemäß dem Impuls im gewählten Bezugssystem im Raum bewegt), ist eine Funktionenklasse. Die Klasse wird zu einem Raum (zum Impulsraum), wenn ein Maß existiert (Betrag und Richtung des Vektors), gemäß dem jedes Element (jeder Impulsvektor) unterschieden werden kann. Die Zustandsklasse Z enthält potentielle Funktionen des Automaten.

Es gibt Funktionen, die auf Funktionen angewandt werden, z.B. werden die Kräfte \vec{f} auf Impulse $\vec{p} \in V_p$ angewandt. Dann muss zwischen Funktionen unterschiedlicher Funktionenstufe unterschieden werden. Die Teilchen haben die Funktionenstufe

0, die Impulse die Funktionenstufe 1, die Kräfte die Funktionenstufe 2, die Funktionen, die auf Kräfte angewandt werden, haben die Funktionenstufe 3 etc.

Eine Funktion kann nicht auf sich selbst angewandt werden sondern nur auf Funktionen einer kleineren Funktionenstufe oder auf Teilchen (Funktionenstufe 0). Die Funktion, die elementaren Teilchen (Rohstoffen) Fertigprodukte mit neuen Eigenschaften zuordnet (unter Einbeziehung der inneren Zustände des Automaten), kann weder mit den Rohstoffen noch mit den Fertigprodukten gegeben sein. Sie ist um eine Funktionenstufe höher als die Funktionenstufe der Objekte und der potentiellen inneren Zustandsfunktionen des Automaten. Eine konstruktive Evolution von einfachen Systemen zu komplizierten Systemen erfordert Funktionen, die nicht mit diesen Systemen gegeben sind.

Der Mensch mit seiner Intelligenzfunktion kann Automaten konstruieren, es gibt Fabriken, in denen sie hergestellt werden. Doch kann er auch Automaten mit einer Verhaltensfunktion höherer Funktionenstufe konstruieren, die Automaten mit Funktionen niedrigerer Funktionenstufen generieren. Dann gibt es Fabriken, in denen "automatenkonstruierende" Automaten hergestellt werden.

Der Automat kann sich nicht selbst mit seinen Funktionen konstruieren (duplizieren, vermehren). Er kann sich nicht selbst zu einem Automaten höherer Funktionenstufe entwickeln und auch nicht sich selbst vermehren. Dazu ist der "automatenkonstruierende" Automat erforderlich, dessen Verhaltensfunktion vom Menschen programmiert werden muss.

Der vom Menschen konstruierte Automat unterscheidet sich fundamental vom Lebewesen. Er kann sich nicht selbst vermehren, er besitzt keine Emotionen und er hat keine Gedanken im Sinne emotionaler Vorstellungen, die ein bestimmtes Verhalten veranlassen.

Das Selbstanwendbarkeitsproblem:

"Der Automat soll sich selbst (seine Verhaltensfunktion) erkennen"

ist auch algorithmisch (durch Vorgabe eines Programms) nicht lösbar. Das Programm ist nur das sprachliche Bild einer Funktion, speziell seiner Funktion. Er kann Programme vergleichen, unterscheiden und durch seine Grundfunktionen interpretieren, indem er die Befehle ausführt.

Doch kennt er nicht die Interpretationen der Programme, das sind die Funktionen, die er ausführt, also seine Verhaltensfunktion. Sie bleibt ihm unbekannt, auch wenn der Programmierer ihn aussprechen lässt, "ich bin ein Automat mit diesem Programm".

Der Gödelsche Unvollständigkeitssatz [2] besagt, in einer Theorie vom Umfang der Arithmetik gibt es Aussagen, die inhaltlich gedeutet wahr sind, aber nicht aus den Axiomen der Theorie (Peano-Axiome der Arithmetik) mit Hilfe der Schlussregeln abgeleitet werden können. Der Church Satz besagt, es gibt Problemscharen, die ein Automat nicht lösen kann. Dazu gehört auch das Selbstanwendbarkeitsproblem.

Das Nervensystem ist ein Super-Computer (Automat). Es kann sich nicht selbst erkennen und sagen, ich bin ein Nervensystem. Der menschliche Körper kann nicht sagen, ich bin ein Mensch.

Das Verhalten der Lebewesen führt zu dialektischen Antinomien. Die Funktionen der Lebewesen erfordern eine Erweiterung des Realitätsbegriffs.

7.2 Konzeption eines erweiterten Realitätsbegriffs

7.2.1 Bild und Träger

Die gewählten Schritte zur Erweiterung des Realitätsbegriffs werden in Teil 2 der Arbeit dargestellt. Hier werden sie als Konzeptionen zusammengefasst vorgestellt:

(1) Die dialektischen Antinomien, die mit dem Verhalten der Lebewesen auftreten, finden eine Auflösung, wenn beim Menschen der Körper einem 3-dimensionalen, die Seele einem 4-dimensionalen, der Geist einem 5-dimensionalen, der Metageist einem 6-dimensionalen Kosmos angehören, wobei mit jeder höheren Dimension auch neue Arten von Elementarteilchen hinzutreten. Der 3-dimensionale physikalische Kosmos wird zum Bildraum des Menschen, der in einem Quantenfeld im 4-dimensionalen Kosmos transportiert wird und auf der Leinwand der 4-dimensionalen Seele erscheint.

Allgemein können Lebewesen einen Bildraum der Dimension $0 < k < \infty$ besitzen. Dann sind ihre inneren Körper der Stufen $0 \leq j \leq k$ $(k+j)$ -dimensional, der äußere Körper im k -dimensionalen Bildraum ist der Bildkörper oder innere Körper der Stufe $j=0$.

Die Seele ($j=1$) identifiziert sich mit dem (prä-, post-)physikalischen Bildkörper der Dimension $k(=3)$, der von ihr in seinem Verhalten nach dem Prinzip der Selbsterhaltung, der Vermehrung oder der Erhaltung der Art gesteuert wird in Abhängigkeit von den Signalen aus der Umwelt des Bildkörpers, die diesen erreichen.

Analoges gilt für die nachfolgenden inneren Körper der Stufen $0 < j \leq k$, die $(k+j)$ -dimensional sind, weshalb auf ihrer Leinwand ein Bild der Dimension $k+j-1$ erscheinen kann.

Analog zum äußeren (physikalischen) Körper, der vom Lebewesen gesehen wird und eine Entwicklung durchläuft, entwickeln sich auch die inneren Körper, die vom Lebewesen nicht gesehen werden. Doch können die Zeitspannen in den Entwicklungsphasen sehr unterschiedlich sein. Die inneren Körper können sich noch im $(k+j)$ -dimensionalen "Mutterleib" oder im "Samenkorn" befinden, was sowohl einer Bewegungs- als auch einer Signalbegrenzung entspricht, so dass sie nur die Signale, die der äußere Körper verarbeitet, interpretieren können. Erst bei der Geburt erleben sie eine ganz neue Welt.

Das emotionale Verhalten der Seele wird vom Geist ($j=2$) im Mutterleib wahrgenommen, der ihr Verhalten nach dem Prinzip angenehmsten Emotionen steuert. Das intelligente Verhalten des Geistes wird von dem Metageist ($j=3$) im Mutterleib wahrgenommen, der das Verhalten des Geistes nach dem Prinzip der wertvollsten Gedanken (Vorstellungen) steuert etc.

(2) Es wird angenommen, dass in den höher-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmen äquivalente Gesetze gelten wie im 4-dimensionalen physikalischen Raum-Zeit-Kosmos, d.h. es gilt die ART und die QT. Doch erlauben die höheren Dimensionen das Auftreten neuer Arten von Elementarteilchen mit neuen Ladungsarten, aus denen die schon vorhandenen Teilchen austreten können, weshalb sie schwerer sind als diese. Die Atomkerne werden zu Hüllteilchen von inneren Kernen, so dass es eine Verschachtelung von inneren Kernen gibt. Es treten neue Strukturen und größere Bewegungsfreiheiten auf. Die Teilchen-Arten aus den Vorgänger-Kosmen kleinerer Raum-Dimensionen besitzen infolge der höheren Dimension auch eine größere Bewegungsfreiheit.

(3) In dem höher-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos treten wieder Quantenfelder auf, gemäß denen die Teilchen verschmiert sind. Das Quantenfeld verkürzt nicht die Dimension der Teilchen (Quanten), denn es ist eine Wahrscheinlichkeitswelle, die sich in Richtung der Wellennormale ausbreitet, weshalb es den Welle-Teilchen-Dualismus gibt. Doch bei allen Teilchen, die aus den Quanten im Quantenfeld austreten, ist die Dimension in Richtung der Wellennormale verkürzt. Sie bewegen sich in einem neuen Raum-Zeit-Kosmos mit einer verkürzten Raum-Dimension und einer neuen Zeit-Dimension, die aus der freien Raum-Dimension hervorgeht, und verlassen nicht die Hyperfläche orthogonal zur Wellennormale. Die Hyperfläche erfährt durch die Massen der verkürzten Teilchen eine lokale Krümmung. Da sich die verkürzten Teilchen nicht in der alten Zeit-Dimension bewegen, in der sich das Quantenfeld im höher-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos ausbreitet, kann in der Richtung der alten Zeit-Dimension projiziert werden. Dann geht der neue Raum-Zeit-Kosmos aus einem projektiven Kosmos mit 2 Zeit-Dimensionen hervor. Bei stationären Quantenfeldern in der alten Zeit-Dimension gelten die Gesetze der ART und QT. Fortlaufende Verkürzung führt auf Raum-Zeit-Kosmen zu jeder Raum-Dimension $0 < k < \infty$, denn es kann jeder Raum-Zeit-Kosmos wieder aus einer Verkürzung hervorgegangen sein. Somit treten zum physikalischen Raum-Zeit-Kosmos mit $k=3$ Raum-Dimensionen für $0 < k < 3$ prä-physikalische und für $3 < k < \infty$ post-physikalische Raum-Zeit-Kosmen hinzu, von denen jeder eine andere Zeit-Dimension t^k besitzt.

(4) Es können unbegrenzt viele Vorgänger-Zeiten t^{k+j} auftreten, doch erfolgt die Bewegung der k -dimensionalen Teilchen in der neuen Zeit t^k . Es gibt eine implizite Abhängigkeit von den Vorgänger-Zeiten, infolge der Änderung der Quantenfelder, die sich in den höher-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmen ausbreiten. Bei stationären Quantenfeldern sind die verkürzten Raum-Zeit-Kosmen unabhängig von den höheren Zeit-Dimensionen.

Erst mit der Einlagerung in die höher-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmen ist der physikalische Kosmos ein offenes System, in das steuernd von außen eingegriffen werden kann, etwa über die inneren Körper der Lebewesen, die den äußeren Körper in seinem Verhalten steuern. Andernfalls ist jeder Raum-Zeit-Kosmos infolge der Welthorizonte (s. Abschn. 3.1.3) ein abgeschlossenes System.

(5) Die unverkürzten Quanten (Teilchen) im Quantenfeld, aus denen die verkürzten Teilchen austreten, definieren die dunklen Teilchen im verkürzten Raum-Zeit-Kosmos. Das sind Hyperflächen in den Quanten, orthogonal zur Wellennormalen, die sich mit den Quanten im höher-dimensionalen Raum in einer anderen Zeit-Dimension bewegen als die ausgetretenen Teilchen, weshalb sie im verkürzten Raum-Zeit-Kosmos nicht messbar sind.

Im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos sind die dunklen Teilchen überschwer, weil aus ihnen die schweren und leichten Teilchen austreten können, die sichtbar (messbar) sind und vom Quantenfeld in $k=3$ Raum-Dimensionen "verschmiert" werden.

Im Raum-Zeit-Kosmos mit 4 Raum-Dimensionen werden die unverkürzten Quanten im Quantenfeld transportiert, weshalb sie dort sichtbar sind, denn sie können im Quantenfeld zu Messinstrumenten oder Sinnesorganen gelangen. Aus ihnen treten die verkürzten 3-dimensionalen Teilchen aus, die sich in der Hyperfläche orthogonal zur Wellennormalen des Quantenfeldes bewegen, die für die verkürzten Teilchen zur Zeit-Dimension im 4-dimensionalen physikalischen Raum-Zeit-Kosmos wird, in der sie sich bewegen.

(6) Jedes Bild besitzt einen höher-dimensionalen Träger. Das 2-dimensionale Bild eines 3-dimensionalen Körpers wird in dem Quantenfeld transportiert, das aus dem Körper austritt oder von ihm (oder von einer Leinwand) reflektiert wird. Der Träger des Bildes kann sehr dünn sein, wie bei einer Leinwand oder einem Papierbogen. Wenn der Träger eine homogene Struktur besitzt, kann das Bild nahezu nichtverzerrt widergespiegelt werden. Bei hoher Punktdichte (Anzahl der Pixel pro Einheitsintervall beim Bildschirm) verbessert sich die Qualität des Bildes. Das 2-dimensionale Bild wird im 3-dimensionalen Raum gesehen, weil sich das Quantenfeld, das das Bild transportiert, im 3-dimensionalen Raum ausbreitet.

Wenn aus den k -dimensionalen Quanten im Quantenfeld $(k-1)$ -dimensionale Teilchen austreten (was beim Licht nicht möglich ist) und sich in der neuen Zeit-Dimension, die die Richtung der Wellennormalen des Quantenfeldes hat, bewegen, dann hat der verkürzte Raum-Zeit-Kosmos keinen direkten Träger, doch existiert er implizit mit dem Träger, von dem das Quantenfeld ausgeht.

In den (prä-, post-)physikalischen Raum-Zeit-Kosmen mit k Raum-Dimensionen können viele Träger von Bildern auftreten, wie aus dem physikalischen Kosmos ($k=3$) bekannt ist. Mit den Seiten eines Buches existiert bereits ein Stapel von Trägern, die auf ihren Oberflächen Bilder tragen. Eine Bibliothek umfasst mit jedem Buch einen Stapel von Bild-Trägern. Die Ansammlung der Stapel von Bild-Trägern vergrößert sich mit jeder weiteren Bibliothek.

Das anschauliche Beispiel mit $k=3$ Raum-Dimensionen besitzt eine Verallgemeinerung auf jede Dimension $0 < k < \infty$ der Kosmen (k -dimensionale Raum-Zeit-Kosmen).

Wenn die Quantenfelder nicht nur Photonen (Ruhmasse $m^0=0$) sondern auch Teilchen mit einer Ruhmasse $m^0 > 0$ transportieren, aus denen Teilchen austreten können, dann können mit den Bild-Stapeln auch Stapel von verkürzten Raum-Zeit-Kosmen im k -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos auftreten.

Die Erhöhung der Raum-Dimensionen mit jedem nachfolgenden inneren Bildraum hat zur Folge, dass es nicht nur einen sondern viele Stapel von potentiellen inneren Bildräumen gibt.

(7) Der leere Raum (das Vakuum) besitzt im höher-dimensionalen Raum einen Träger. Im Beispiel des 2-dimensionalen Bildes auf der Oberfläche eines Körpers (einer Leinwand) ist das Vakuum mit einem Bereich des 3-dimensionalen Trägers gegeben, aus dem keine Quantenfelder austreten. Dann existiert ein leeres Gebiet auf der Oberfläche des Trägers, in dem nichts zu sehen ist, sofern das Quantenfeld nur Photonen transportiert. Wenn die "Leinwand" Quantenfelder reflektiert, die Leptonen oder schwerere Teilchen transportieren, aus denen um eine Dimension verkürzte Energiequanten (Photonen) oder leichtere Teilchen austreten, dann erfordert das Vakuum nicht nur einen Bereich des Trägers, aus dem keine Quantenfelder austreten, sondern auch eine Begrenzung der Bewegungen der verkürzten Teilchen, so dass sie nicht in diesen Bereich eintreten können. Das gilt allgemein für jede Dimension der Raum-Zeit-Kosmen.

(8) Der Träger definiert die Punkte der Raum-Zeit. Sie ist ein relatives Kontinuum, deren Punktdichte mit jeder höheren Raum-Dimension um eine transfinite Mächtigkeit zunimmt. Das physikalische Raum-Zeit-Kontinuum mit 3 Raum-Dimensionen hat in jeder Dimension die Mächtigkeit \aleph_1 der Klasse der reellen Zahlen im Intervall $[0,1]$. Das post-physikalische Raum-Zeit-Kontinuum mit 4 Raum-Dimensionen hat dann die Mächtigkeit \aleph_2 der Potenzklasse (Klasse aller Teilklassen) von der Klasse

der reellen Zahlen. Die Punktdichte nimmt mit den Raum-Dimensionen $k \geq 3$ um die transfiniten Mächtigkeiten ∞_{k-2} zu und verkleinert sich für $k=2$ auf abzählbar ∞_0 , für $k=1$ auf 1. Jedes Elementarteilchen erfüllt ein Raumgebiet, etwa eine Kugel vom Durchmesser L_T , und kann nur in einer Näherung als Punkt aufgefasst werden.

Wenn der Träger des Bildes die Punkte des Bild-Raumes definiert, dann ist der Bildraum im Trägerraum diskret und es kann die Anzahl n der Punkte längs einer Geraden, etwa dem Durchmesser des Teilchens, bestimmt werden, der die Länge L_T hat. Dann ist auch die Anzahl n_T der Punkte des Raumgebiets V_T bekannt und das winzige Gebiet V_T/n_T , das den Punkt umgibt. Die Anzahl n der Punkte längs des Durchmessers L_T des Teilchens ist eine Ordinalzahl aus der Klasse N der Ordinalzahlen, die alle finiten und transfiniten Ordinalzahlen umfasst. Der Anfangsabschnitt N_n enthält alle Ordinalzahlen, die kleiner sind als n .

Die transfiniten Anfangszahlen ∞_i ($0 \leq i < \infty$) besitzen keinen unmittelbaren Vorgänger, weil sie nicht durch einfache Addition $+$ sondern erst mit Hilfe von Limes-Operatoren \lim_i erreicht werden. Sie definieren transfiniten Anfangsabschnitte N_{∞_i} der Ordinalzahlen, die alle Ordinalzahlen enthalten, die kleiner sind als ∞_i .

Der Limesoperator $\lim_{i'}$ ($i'=i+1$) erreicht das auf ∞_i folgende Supremum $\infty_{i'}$, das ist die kleinste Ordinalzahl, die größer ist als alle Ordinalzahlen, die mit den Limes-Operatoren $\lim_0, \lim_1, \dots, \lim_i$ erreichbar sind.

In der Theorie der natürlichen Ordinalzahlen von Klausa kann auch von den Anfangszahlen rückwärts gezählt werden. Dann verhalten sich alle transfiniten Ordinalzahlen wie natürliche Zahlen. Sie können addiert, subtrahiert, multipliziert und dividiert werden (s. Abschn. 1.4).

Die finiten Ordinalzahlen 0, 1 können auch als Anfangszahlen $\infty_{-2}:=0, \infty_{-1}:=1$ aufgefasst werden. Der Anfangsabschnitt $N_0=\{_ \}$ ist leer, der Anfangsabschnitt $N_1=\{0\}$ enthält nur eine Ordinalzahl, die Null.

Die Zählung beginnt mit dem Nachfolger-Operator $\lim_{-1}:='$, der aus der Addition $+$ folgt, $\lim_{-1}(n)=n'=n+1$. Die wiederholte Anwendung $n \cdot 1=1+\dots+n \dots +1 < \infty_0$ führt auf die natürlichen Zahlen (finite Ordinalzahlen).

Bei $k \geq 1$ Raum-Dimensionen treten die Limes-Operatoren \lim_i ($-1 \leq i \leq k-2$) auf. Sie verursachen eine Klammerung in der Wohlordnung der Ordinalzahlen, denn jeder Anfangsabschnitt

$$N_{\infty_{i'}} = (\infty_{i'}/\infty_i) \cdot N_{\infty_i} = \lim_{i'}(n \rightarrow (\infty_{i'}/\infty_i))^0 N_{\infty_i} \cup \dots \cup^{n \cdot \infty_i} N_{\infty_i}, \quad (-1 \leq i \leq k-2)$$

ist eine Vereinigung \cup von n Abschnitten ${}^{n \cdot \infty_i} N_{\infty_i}$, die aus dem Anfangsabschnitt N_{∞_i} ($n=0$) hervorgehen, wenn die Ordinalzahlen mit $n \cdot \infty_i$ addiert werden. Jeder Abschnitt ${}^{n \cdot \infty_i} N_{\infty_i}$ hat die gleiche Anzahl ∞_i Ordinalzahlen und besteht aus (∞_i/∞_{i-1}) Abschnitten ${}^{n \cdot \infty_{i-1}} N_{\infty_{i-1}}$, die aus dem Anfangsabschnitt $N_{\infty_{i-1}}$ hervorgehen,

$$N_{\infty_i} = (\infty_i/\infty_{i-1}) \cdot N_{\infty_{i-1}} = \lim_i(n \rightarrow (\infty_i/\infty_{i-1}))^0 N_{\infty_{i-1}} \cup \dots \cup^{n \cdot \infty_{i-1}} N_{\infty_{i-1}}$$

etc. bis für $i=-1$ der Anfangsabschnitt $N_1=\{0\}$ nur noch die Ordinalzahl 0 enthält,

$$N_{\infty_0} = (\infty_0/1) \cdot N_1 = \lim_0(n \rightarrow (\infty_0/1))^0 N_1 \cup \dots \cup^n N_1.$$

Der Quotient $\infty_{i'}/\infty_i$ deutet an, dass mit n die Abschnitte der Länge ∞_i gezählt werden. Der Grenzübergang $\lim_{i'}(n \rightarrow (\infty_{i'}/\infty_i))$ liefert die Anzahl $\infty_{i'}/\infty_i$ gleicher Abschnitte, die äquivalent sind mit dem Anfangsabschnitt $N_{\infty_{i'}}$. Der Limes-Operator \lim_i definiert die Klammern im Anfangsabschnitt $N_{\infty_{i'}} = (\infty_{i'}/\infty_i) \cdot N_{\infty_i}$ ($-1 \leq i \leq k-2$).

Das Einheitsintervall $[0,1]_k$ im Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 mit k Raum-Dimensionen und einer Zeit-Dimension t^k umfasst den Anfangsabschnitt $N_{\infty_{k-2}}$, der ∞_{k-2} Punkte im Intervall $[0,1]_k$ auszeichnet, die im sub-infinitesimalen Abstand $L_k=1/\infty_{k-2}$ nebeneinander liegen und durch den Träger der Raum-Zeit definiert werden. Dann

umfasst der ∞_{k-1} -unendliche Kosmos K^k_0 einen Anfangsabschnitt $N_{\infty_{k-1}}$, der in jeder Dimension ∞_{k-1} Punkte auszeichnet, die in $\infty_{k-1}/\infty_{k-2}$ Einheits-Intervallen $[0,1]_k$ mit ∞_{k-2} Punkten zusammengefasst sind. Der Grenzwert ∞_{k-1} des Limes-Operators \lim_{k-1} liegt auf dem begrenzenden Rand des Raum-Zeit-Kosmos, der nicht mehr zu ihm gehört. Er ist für den Beobachter im Raum-Zeit-Kosmos unerreichbar, nicht dagegen die kleineren Grenzwerte ∞_i ($0 \leq i \leq k-2$). Nur von den erreichbaren Grenzwerten kann in der Theorie der natürlichen Ordinalzahlen von Klaua rückwärts gezählt werden.

In dem Raum-Zeit-Kosmos K^{k+1}_0 mit $k+1$ Raum-Dimensionen und der Zeit-Dimension t^{k+1} umfasst das Einheits-Intervall $[0,1]_{k+1}$ den Anfangsabschnitt $N_{\infty_{k-1}}$, der ∞_{k-1} Punkte im Intervall $[0,1]_{k+1}$ auszeichnet, die im noch kleineren sub-infinitesimalen Abstand $L_{k+1}=1/\infty_{k-1} < 1/\infty_{k-2}$ nebeneinander liegen. Dann hat der k' -dimensionale Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 einen Durchmesser von der Länge des Intervalls $[0,1]_{k+1}$, der in K^{k+1}_0 erreichbar ist, nicht dagegen der Rand ∞_k des Kosmos K^{k+1}_0 .

Bei $k=1$ Raum-Dimensionen ist im Intervall $[0,1]_1$ nur der Punkt 0 ausgezeichnet, weil der Anfangsabschnitt $N_1=\{0\}$ nur eine Ordinalzahl 0 enthält.

Bei $k=2$ Raum-Dimensionen sind im Intervall $[0,1]_2$ abzählbar ∞_0 viele Punkte ausgezeichnet, die im Abstand $L_2=1/\infty_0$ nebeneinander liegen, der Anfangsabschnitt $N_{\infty_0}=\{0,1,2,\dots\}$ umfasst alle natürlichen Zahlen.

Bei $k=3$ Raum-Dimensionen sind im Intervall $[0,1]_3$ überabzählbar ∞_1 viele Punkte ausgezeichnet, die im Abstand $L_3=1/\infty_1$ nebeneinander liegen, denn der Anfangsabschnitt $N_{\infty_1}=(\infty_1/\infty_0) \cdot N_{\infty_0}$ hat die Mächtigkeit der Klasse der reellen Zahlen und umfasst ∞_1/∞_0 Abschnitte ${}^{n \cdot \infty_0}N_{\infty_0}$ der Länge $\infty_0 \cdot L_2 = \infty_0/\infty_1$ von der Mächtigkeit der Klasse N_{∞_0} der natürlichen Zahlen. Der Limes-Operator \lim_0 verursacht die Klammerung im Anfangsabschnitt N_{∞_1} .

Die Infinitesimalrechnung (Differential- und Integralrechnung) verwendet bei $k=3$ Raum-Dimensionen nur den Limes-Operator \lim_0 , weil die Punktdichte im Einheitsintervall $[0,1]_3$ die Mächtigkeit ∞_1 der Klasse der reellen Zahlen hat. Die Grenzwerte führen auf reelle Zahlen. Bei $k=4$ Raum-Dimensionen wird zusätzlich der Limes-Operator \lim_1 benötigt, weil die Punktdichte im Einheitsintervall $[0,1]_4$ die Mächtigkeit ∞_2 hat. Dann führen die Grenzwerte nicht aus dem Einheitsintervall $[0,1]_4$ heraus.

Mit jeder weiteren Raum-Dimension rücken die ausgezeichneten Punkte dichter zusammen, so dass bei einer unbegrenzten Anzahl von Raum-Dimensionen ein echtes oder absolutes Kontinuum gegeben ist, das bei jeder erreichbaren Raum-Dimension $k \geq 3$ in ein relatives Kontinuum übergeht.

7.2.2 Teilchen

(1) Ereignis-Impulse definieren Teilchen mit ihren Massen. Der Ereignis-Impuls $\vec{p}_1 = \vec{p}_1 + m \cdot c \cdot e_k$ von Teilchen-Ereignissen im k -dimensionalen Ereignisraum (Raum-Zeit-Kosmos) K^k_0 mit der Zeit-Dimension t^k unterscheidet sich wesentlich vom Impuls $\vec{p}_1 = p^1 \cdot e_1 + \dots + p^k \cdot e_k$ im k -dimensionalen Raum, in dem die Zeit t^k ein Parameter ist. Der Impuls hat die Funktionenstufe 1, den Teilchen kann die Funktionenstufe 0 zugeordnet werden, weshalb dem Ereignisraum K^k_0 die Funktionenstufe 0 und dem k -dimensionalen Vektorraum V^k_1 der Ereignis-Impulse die Funktionenstufe 1 zukommen. Für $k=3$ ist K^4_0 der 4-dimensionale physikalische Raum-Zeit-Kosmos mit 3 Raum-Dimensionen und der Zeit-Dimension $t=t^3$.

Beim freien Teilchen ist der Ereignis-Impuls $\vec{p} = m^\circ \cdot c \cdot \vec{u}$ proportional zur Ereignis-Geschwindigkeit $\vec{u} = d\vec{x}/ds$, die ein imaginärer Einheitsvektor ist, $(\vec{u})^2 = -1$, und multipliziert mit der Lichtgeschwindigkeit c die Dimension einer Geschwindigkeit hat. Die Ortsänderung wird auf den invarianten Kurvenparameter $s(t)$ bezogen, der eine Funktion der Zeit-Dimension t ist (s. Abschn. 2.2.2).

Der Proportionalitätsfaktor ist die Ruhmasse $m^\circ = E^\circ/c^2$ oder Ruhenergie E° des Teilchens. In einem Bezugssystem, in dem das Teilchen ruht (Ruhsystem), bewegt sich das Teilchen in der Richtung der Zeit-Dimension, d.h. das Teilchen bewegt sich immer, solange es existiert. Ohne Ereignis-Impuls gibt es kein Teilchen. Wenn sich das Teilchen mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, verschwindet seine Ruhmasse, $m^\circ = 0$, aber es verschwinden nicht alle Komponenten des Ereignis-Impulses. Da bei reellen Impuls-Dimensionen die Energie-Dimension imaginär ist, kann das Betragsquadrat des Ereignis-Impulses verschwinden, $(\vec{p})^2 = (\vec{p}^3)^2 - (E/c)^2 = 0$ für $v=c$.

Das Teilchen besteht aus n_T sub-infinitesimalen Teilchen und erfüllt ein Raumgebiet V_T . Jedes sub-infinitesimale Teilchen hat den gleichen Ereignis-Impuls \vec{p}/n_T und die gleiche Ruhmasse m°/n_T . Die leichten und schweren Teilchen unterscheiden sich sowohl in ihrer Ruhmasse $m^\circ_l < m^\circ_s$, als auch in der Anzahl $n_l < n_s$ der sub-infinitesimalen Teilchen, so dass $m^\circ_l/n_l = m^\circ_s/n_s = m^\circ_{inf}$ gilt. Die sub-infinitesimalen Teilchen haben bei allen Teilchen die gleiche Ruhmasse m°_{inf} , denn die Ereignis-Geschwindigkeit ist bei allen Teilchen dem Betrage nach gleich.

Wenn ein leichtes Teilchen aus einem schweren Teilchen austritt, entsteht aber kein zusammenhängendes Loch in dem schweren Teilchen. Sondern es entstehen viele infinitesimale Löcher beim Austritt sub-infinitesimaler Teilchen aus Abschnitten ${}^{n \rightarrow \infty} N_{\infty i}$ ($0 \leq n < \infty_i$), die durch einen Limes-Operator \lim_i geklammert sind, dessen Stufe $0 \leq i \leq k-2$ bei $k(=3)$ Raum-Dimensionen durch die Stärke des Ereignis-Impulses bestimmt ist.

Die Klammerung der Abschnitte im Einheitsintervall $[0,1]_k$ durch Limes-Operatoren $\lim_0, \lim_1, \dots, \lim_{k-2}$ und die Zusammenfassung der Einheitsintervalle mit dem Limes-Operator \lim_{k-1} längs einer Dimension im Raum-Zeit-Kosmos K^k erlaubt das zusammenhängende Austreten eines Anfangsabschnitts $N_{ni} \subseteq N_{\infty i}$ ($n_i < \infty_i$) von Teilchen in einer mit \lim_i ($0 \leq i \leq k-2$) gebildeten Klammer um die Abschnitte ${}^{n \rightarrow \infty} N_{\infty i} = N_{\infty i}$ ($0 \leq n < \infty_i / \infty_i$). Dem Einheitsintervall $[0,1]_k$ entspricht der Anfangsabschnitt $N_{\infty(k-2)}$, er umfasst ∞_{k-2} sub-infinitesimale Teilchen vom Durchmesser $1/\infty_{k-2}$.

Im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos K^4_0 mit $k=3$ Raum-Dimensionen umfasst das Einheitsintervall $[0,1]_3$ den Anfangsabschnitt $N_{\infty 1} = (\infty_1/\infty_0) \cdot N_{\infty 0}$, der aus ∞_1 vielen sub-infinitesimalen Teilchen vom Durchmesser $1/\infty_1$ besteht oder aus ∞_1/∞_0 vielen Anfangsabschnitten $N_{\infty 0}$, die durch den Limes-Operator \lim_0 geklammert werden.

Wenn der Durchmesser $L_s = n_1 \cdot [0,1]_3$ des schweren Teilchens $n_1 < \infty_2$ Einheitsintervalle umfasst (der Maßstab ist frei wählbar), dann besteht er aus $n_s = n_1 \cdot \infty_1$ sub-infinitesimalen Teilchen vom Durchmesser $1/\infty_1$ oder aus $n_1 \cdot (\infty_1/\infty_0)$ Abschnitten N_{∞_0} der Länge ∞_0/∞_1 , in denen ∞_0 sub-infinitesimale Teilchen zusammengefasst sind.

Tritt aus dem schweren Teilchen ein leichtes Teilchen aus, dann wird aus jedem Abschnitt N_{∞_0} ein Anfangsabschnitt N_{n_0} von $n_0 < \infty_0$ sub-infinitesimalen Teilchen herausgelöst. Der Durchmesser des leichten Teilchens besteht aus $n_l = n_1 \cdot (\infty_1/\infty_0) \cdot n_0$ sub-infinitesimalen Teilchen der Länge $1/\infty_1$. Doch treten im Durchmesser des leichten Teilchens zwischen die Abschnitte der Länge n_0/∞_1 (von n_0 nebeneinander liegenden sub-infinitesimalen Teilchen) Lücken der Länge $(\infty_0 - n_0)/\infty_1$. Beim schweren Teilchen treten zwischen die Abschnitte der Länge $(\infty_0 - n_0)/\infty_1$ die Lücken der Länge n_0/∞_1 , wenn das leichte Teilchen ausgetreten ist. Somit verändern sich nicht die Durchmesser der Teilchen beim Teilchenaustritt. Deshalb haben Elektron, Proton und Neutron etwa den gleichen Durchmesser von $1,4 \cdot 10^{-13}$ cm. Auch kann weder das leichte Teilchen noch das entstandene Loch im schweren Teilchen lokalisiert werden, da es nur infinitesimale Löcher gibt.

Da alle sub-infinitesimalen Teilchen die gleiche Ruhmasse m_{inf}° haben, definieren die Anzahlen $n_l = n_1 \cdot (\infty_1/\infty_0) \cdot n_0$, $n_s = n_1 \cdot \infty_1$, $n_{s-1} = n_1 \cdot (\infty_1/\infty_0) \cdot (\infty_0 - n_0)$ pro Teilchen-Durchmesser die Anzahlen pro Teilchen-Volumen und somit die Ruhmassen der Teilchen, des leichten Teilchens T_l , des schweren Teilchens T_s vor und T_{s-1} nach Austritt des leichten Teilchens.

Erst beim Austritt des leichten Teilchens aus dem schweren Teilchen wird ein Massenverlust messbar, beim schweren Teilchen fehlt die Ruhmasse des leichten Teilchens. Wenn das austretende Teilchen eine Ladung besitzt, dann tritt in dem schweren Teilchen die entgegengesetzte Ladung auf.

Es können auch mehrere (leichte) Teilchen aus einem (schweren) Teilchen austreten. Das Neutron n zerfällt in einer Halbwertszeit in ein Elektron e und ein Antineutrino $\bar{\nu}$ und wird zu einem Proton p , $n \rightarrow p + e + \bar{\nu}$. Neutron, Proton und Elektron haben das gleiche magnetische Moment. Der Erhaltungssatz der Ladungen erfordert das Austreten des Antineutrinos mit entgegengesetztem magnetischem Moment. Das Neutron ist nur elektrisch neutral, weshalb sich die entgegengesetzten elektrischen Ladungen von Proton und Elektron aufheben.

Da es zu jeder Ladung auch die entgegengesetzte Ladung gibt, muss die Summe aller Ladungen im Raum-Zeit-Kosmos verschwinden. Dann müsste das Neutron n aus dem Zerfall eines total neutralen Teilchens (Higgs-Teilchen) $n_{\text{neutral}} \rightarrow n + \bar{\nu}$ hervorgehen, das ein Neutrino ν aussendet. Die Halbwertszeit könnte so klein, dass das Teilchen bisher nicht nachgewiesen werden konnte. Doch konnten die total neutralen Higgs-Teilchen nachgewiesen werden, weshalb es nahe liegt, diese mit dem "total neutralen Neutron" zu identifizieren.

Aus leichten und schweren Teilchen können auch Energiequanten (Photonen) aus- oder eintreten. Da die sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegenden Photonen keine Ruhmasse haben, $m^{\circ} = 0$, verändert sich die Ruhmasse der Teilchen nicht, die die Photonen absorbieren oder emittieren. Doch verteilt sich die zugeführte oder abgegebene Energie gleichmäßig auf jedes sub-infinitesimale Teilchen.

Die dunklen überschweren Teilchen sind 3-dimensionale Hyperflächen in 4-dimensionalen Teilchen, die sich im 5-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos K^5_0 der höheren Punktdichte $\infty_2/[0,1]_4 > \infty_1/[0,1]_3$ als in K^4_0 in der Zeit-Dimension t^4 in einem

Quantenfeld bewegen. Die Wellennormale definiert die Richtung der Raum-Dimension, die zur Zeit-Dimension t^3 wird, in der sich die 3-dimensionalen Teilchen bewegen, die aus den 4-dimensionalen Teilchen austreten.

Der Durchmesser $\infty_2 \cdot [0,1]_3$ des Raum-Zeit-Kosmos K^4_0 ist in K^5_0 auf die Länge des Einheitsintervalls $[0,1]_4$ aus sub-infinitesimalen Teilchen vom Durchmesser $1/\infty_2$ zusammengeschoben.

Die Ruhmassendichte m^0/V_T nimmt mit der Schwere der Teilchen zu, weshalb über...über-schwere Teilchen erst in Raum-Zeit-Kosmen K^k_0 mit $k > 3$ Raum-Dimensionen und höheren Punktdichten $\infty_{k-2}/[0,1]_k$ auftreten können.

(2) Elementarteilchen besitzen die Eigenschaften von Mengen. Mengen sind Klassen von Objekten (Elementen) mit wenigstens einer gemeinsamen Eigenschaft, und es muss die Klasse wieder Element aus einer Klasse (höherer Klassenstufe) sein. Die Elemente einer Klasse stehen zur Klasse in der Element-Relation \in , Klassen mit gemeinsamen Eigenschaften werden in einer Klasse höherer Klassenstufe zusammengefasst. Dann sind diese Klassen Elemente aus Klassen, also Mengen (s. Abschn. 1.3).

Jedes Elementarteilchen ist eine Klasse von sub-infinitesimalen Teilchen mit gleichen Eigenschaften, die alle aus einem stufengrößeren Teilchen austreten sind und auf die der gleiche sub-infinitesimale Ereignis-Impuls angewandt wird, weshalb sie die gleiche Bewegungsrichtung und die gleiche Ruhmasse haben.

Wenn Elementarteilchen eine Verschachtelung von potentiellen Teilchen fallender Klassenstufe enthalten, die austreten können, dann sind die austretenden Teilchen Mengen und stets leichter als das Teilchen der höheren Klassenstufe, das verlassen wird. Der kleinere Ereignis-Impuls verteilt sich auf eine kleinere Anzahl von sub-infinitesimalen Teilchen.

Die Anzahl der Verschachtelungen von Mengen " $\emptyset \in M^1 \in \dots \in M^i \in \dots$ " definiert die Klassenstufe i . Die leere Menge \emptyset hat die Klassenstufe 0. Objekte, die keine Mengen sind, heißen Urelemente, sie haben die Klassenstufe 0. Da der Gegenstand Teilchen mit Mengen-Eigenschaften sind, gibt es keine Urelemente, der Urbereich U ist leer, $U = \emptyset$.

Energiequanten (Photonen) enthalten keine Elemente, weshalb sie die Klassenstufe 0 haben. Aus den leichten Teilchen (Leptonen) können bereits Energiequanten austreten, weshalb sie die Klassenstufe 1 haben. Aus den schweren Teilchen (Hadronen) können leichte Teilchen und Energiequanten austreten, weshalb sie die Klassenstufe 2 haben. Aus den dunklen überschweren Teilchen (Bionen) im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos mit $k=3$ Raum-Dimensionen können schwere Teilchen, leichte Teilchen und Energiequanten austreten, sie haben die Klassenstufe 3. Die neutralen Higgs-Teilchen haben die Klassenstufe 2, wenn aus ihnen Leptonen austreten können und sie zu Hadronen der gleichen Klassenstufe 2 werden.

Klassen K können (unterschiedlich) in Teilklassen $K \sim$ zerlegt werden. Auch die leere Klasse \emptyset ist eine Teilklassse von K . Die Teilmenge ist wie jede Menge um eine Klassenstufe höher als ihre Elemente, weshalb es Teilmengen gibt, die stufengleich mit der Menge sind, die geteilt wird. Wenn die Teilklassse $K \sim \subseteq K$ der Klasse K die gleiche Klassenstufe hat, kann sie kein Element der Klasse K sein. Bei leerem Urbereich sind die Teilklassen einer kleineren Klassenstufe auch Elemente aus K . Die Klasse aller (potentiellen) Teilklassen heißt Potenzklasse $P(K)$. Die Klasse K ist ein Element aus der Klasse $P(K)$, also ist K eine Menge.

Die Elementarteilchen können auch eine Verknüpfung aus kleineren Elementarteilchen der gleichen Klassenstufe sein. Diese Teile sind Teilklassen aber keine

Elemente. Dazu gehören die Quarks, die dieselbe Klassenstufe 2 haben wie die Hadronen (Baryonen, Mesonen). Die Baryonen bestehen aus 3 Quarks, die Mesonen aus einem Quark und einem Antiquark. Doch treten die Leptonen nicht aus einem Quark allein aus sondern aus dem ganzen Hadron. Eine Zerlegung der Hadronen in ihre Teile ist experimentell nicht gelungen. Es gibt keine freien Quarks.

Die Leptonen sind auch Teile der Baryonen, die ihre Massen und Ladungen beim Austreten mitnehmen und entgegengesetzte Ladungen zurücklassen. Doch können die Leptonen nicht im Baryon lokalisiert werden. Es sind keine echten Teile wie die Quarks, die im Teilchen lokalisiert werden können und auf die sich die Massen und Ladungen verteilen. Bei den 3 Quarks im Baryon treten $1/3$ der Ladungsquanten auf. Jedes Elementarteilchen besteht aus vielen sub-infinitesimalen Teilchen, die alle den gleichen Ereignis-Impuls haben, deren Summe den Gesamt-Ereignis-Impuls des Teilchens definiert. Die Verknüpfung der sub-infinitesimalen Teilchen ist implizit durch die gleichen Ereignis-Impulse gegeben, weil keine Verbindung infolge entgegengesetzter Ladungen oder durch Gravitation (die bei den infinitesimalen Teilchen und relativ großen Abständen vernachlässigt werden kann) besteht.

Die physikalischen Klassen sind keine gedanklichen Zusammenfassungen, sondern sie folgen aus der gleichen Bewegung sub-infinitesimaler Teilchen infolge gleicher Ereignis-Impulse, die sie zu einem Teilchen einer (kugelförmigen) Zeichengestalt vereinigen. Die Zeichengestalt ist eine geometrische Verknüpfung der Atomzeichen zu der nicht nur die Addition + sondern auch Limes-Operatoren \lim_i ($0 \leq i \leq k-2$) benötigt werden entsprechend der Punktdichte des Raumes, die mit der Dimension k des Raumes zunimmt. Mit jedem hinzutretenden Limes-Operator tritt eine neue (potentielle) Klassenstufe auf.

Von den Austausch-Teilchen der 4 Kraftarten haben nur die Teilchen Z^0 , W^- , W^+ der schwachen Kraft eine Ruhmasse $m^0 > 0$, weshalb es nahe liegt, dass Energiequanten absorbiert oder emittiert werden können. Dann haben sie die Klassenstufe 1. Die Gluonen der starken Kraft, die Photonen der elektromagnetischen Kraft und die Gravitonen der Gravitationskraft haben keine Ruhmasse, $m^0 = 0$. Aus ihnen treten keine Teilchen aus, weshalb ihnen die Klassenstufe 0 zukommt.

In einem Raum-Zeit-Kosmos $K_0^{k'}$ mit $0 < k < \infty$ Raum-Dimensionen und der Zeit-Dimension t^k können Teilchen bis zur Klassenstufe k auftreten, doch sind die Teilchen der Klassenstufe k dunkel. Sichtbar (messbar) sind nur die Teilchen der Klassenstufen $0 \leq i \leq k-1$.

In den Raum-Zeit-Kosmen $K_0^{k+1'}$ mit $k+1$ Raum-Dimensionen und der Zeit-Dimension t^{k+1} sind die in $K_0^{k'}$ dunklen Teilchen der Klassenstufe k sichtbar, doch treten dann neue dunkle Teilchen der Klassenstufe $k+1$ auf. Diese sind für $k \geq 3$ über...überschwer.

Die durch Anfangszahlen ∞_i begrenzten Anfangsabschnitte $N_{\infty_i'}$ der Ordinalzahlen können wegen $N_{\infty_i'} = (\infty_i / \infty_i) \cdot N_{\infty_i}$ ($-1 \leq i \leq k-2$) schrittweise durch ∞_i / ∞_i verkürzte Abschnitte N_{∞_i} aus ∞_i Ordinalzahlen ersetzt werden bis für $i = -1$ der Abschnitt N_1 ($\infty_{-1} := 1$) nur noch eine Ordinalzahl $0 < 1$ enthält. Jeder Ordinalzahl entspricht ein sub-infinitesimales Teilchen vom Durchmesser $1/\infty_{k-2}$ mit der gleichen Masse m_{inf} und der gleichen Ruhmasse m_{inf}^0 .

Treten $n_i \cdot \infty_i$ benachbarte sub-infinitesimale Teilchen aus dem Anfangsabschnitt $N_{n_i \cdot \infty_i} \subseteq N_{\infty_i'}$ aus, der $n_i < \infty_i / \infty_i$ Anfangsabschnitte N_{∞_i} umfasst, dann verbleiben im Anfangsabschnitt $N_{\infty_i'}$ $(\infty_i - n_i) \cdot \infty_i$ benachbarte sub-infinitesimale Teilchen.

Wenn im Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 aus den dunklen Teilchen der Klassenstufe k messbare Teilchen der Klassenstufe $k-1$ austreten, dann umfasst ihr Durchmesser $L_{T(k-1)}=n_{k-2} \cdot [0,1]_k$ $n_{k-2} < \infty_{k-1}/\infty_{k-2}$ Anfangsabschnitte $N_{\infty(k-2)}$ mit ∞_{k-2} Ordinalzahlen oder $n_{k-2} \cdot \infty_{k-2}$ viele Teilchen vom Durchmesser $1/\infty_{k-2}$.

Tritt ein Teilchen der Klassenstufe $k-2$ aus dem Teilchen der Klassenstufe $k-1$ aus, dann tritt aus jedem der n_{k-2} Anfangsabschnitte $N_{\infty(k-2)}=(\infty_{k-2}/\infty_{k-3}) \cdot N_{\infty(k-3)}$ ein Anfangsabschnitt $N_{n(k-3) \cdot \infty(k-3)}=n_{k-3} \cdot N_{\infty(k-3)}$ von $n_{k-3} \cdot \infty_{k-3}$ sub-infinitesimalen Teilchen aus. Es verbleiben im Anfangsabschnitt $N_{\infty(k-2)}$ $(\infty_{k-2}-n_{k-3}) \cdot \infty_{k-3}$ benachbarte sub-infinitesimale Teilchen. Der Durchmesser des Teilchens der Klassenstufe $k-2$ besteht aus $n_{k-2} \cdot n_{k-3} \cdot \infty_{k-3}$ sub-infinitesimalen Teilchen und $n_{k-2} \cdot (\infty_{k-2}-n_{k-3}) \cdot \infty_{k-3}$ Lücken vom Durchmesser $1/\infty_{k-2}$.

Der Durchmesser des Teilchens der Klassenstufe 1 besteht aus $n_{k-2} \cdot n_{k-3} \cdot \dots \cdot n_0 \cdot \infty_0$ sub-infinitesimalen Teilchen und $n_{k-2} \cdot (\infty_{k-2}-n_{k-3}) \cdot \dots \cdot (\infty_1-n_0) \cdot \infty_0$ Lücken vom Durchmesser $1/\infty_{k-2}$.

Der Ereignis-Impuls verteilt sich auf die sub-infinitesimalen Teilchen und benötigt entsprechend der Klassenstufe $1 \leq i \leq k-1$ des austretenden Teilchens die Limes-Operatoren \lim_{i^-} ($-1 \leq i^- \leq i-1$) bis zur Stufe $i-1$. Doch sind die Anfangsabschnitte $N_{n(i-1) \cdot \infty(i-2)} \subseteq N_{\infty(i-1)}$ in den größeren Anfangsabschnitten $N_{n_i^- \cdot \infty(i^-)} \subseteq N_{\infty i^-}$ ($i \leq i^- \leq k-2$) mehrfach enthalten, weshalb die Klassen der sub-infinitesimalen Teilchen zu jeder Klassenstufe i der Teilchen gleichmächtig sind zum Anfangsabschnitt $N_{\infty(k-2)}$, dessen Kardinalzahl $\text{card}(N_{\infty(k-2)})=\infty_{k-2}$ die Anfangszahl ∞_{k-2} ist.

In der Teilklasse $N_A \subseteq \mathbb{N}$ der Anfangszahlen der Ordinalzahlen, die auch transfiniten Kardinalzahlen sind, entartet die Addition in das Maximum der zu addierenden Zahlen.

Die Teilchen der Klassenstufe 0 haben eine Masse m , doch verschwindet ihre Ruhmasse $m^0=0$. Die Masse m verteilt sich gleichmäßig auf alle sub-infinitesimalen Teilchen in jedem Teilchen einer beliebigen Klassenstufe i und wird von jedem sub-infinitesimalen Teilchen absorbiert oder emittiert.

Im Raum-Zeit-Kosmos K^{k+1}_0 mit $k+1$ Raum-Dimensionen und der Zeit-Dimension t^{k+1} sind die in K^k_0 dunklen Teilchen der Klassenstufe k messbar. Sie treten aus über...überschweren dunklen Teilchen der Klassenstufe $k+1$ aus. Dann umfasst ihr Durchmesser $L_{T(k)}=n_{k-1} \cdot [0,1]_{k+1}$ $n_{k-1} < \infty_k/\infty_{k-1}$ Anfangsabschnitte $N_{\infty(k-1)}$ mit ∞_{k-1} Ordinalzahlen oder $n_{k-1} \cdot \infty_{k-1}$ viele Teilchen vom Durchmesser $1/\infty_{k-1}$.

Der Durchmesser $\infty_{k-1} \cdot [0,1]_k$ des Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 ist in K^{k+1}_0 auf die Länge des Einheitsintervalls $[0,1]_{k+1}$ zusammengeschoben. Dann umfasst der Durchmesser $L_{T(k)}$ eines Teilchens der Klassenstufe k $n_{k-1} < \infty_k/\infty_{k-1}$ Raum-Zeit-Kosmen K^k_0 , deren Rand vom Beobachter in K^k_0 nicht erreicht werden kann, weil der Limes-Operator \lim_{k-1} nicht in K^k_0 erklärt ist sondern erst in K^{k+1}_0 .

Im Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 mit k Raum-Dimensionen gibt es Limes-Operatoren bis zur Stufe $k-2$, die die Anzahl der Teilchen im Einheitsintervall $[0,1]_k$ definieren. Der Limes-Operator \lim_{k-1} führt an den Rand des Kosmos und somit aus ihm heraus. Die Durchmesser der Teilchen sind stets kleiner als der Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 , in dem sie auftreten, weshalb der Limes-Operator \lim_{k-1} ohnehin entfällt. Doch können die Durchmesser der Teilchen auch größer als ein Einheitsintervall sein entsprechend der Stärke des Ereignis-Impulses, so dass der Durchmesser $L_{T(k-1)}=n_{k-2} \cdot [0,1]_k$ eines Teilchens T_{k-1} der Klassenstufe $k-1$ $n_{k-2} < \infty_{k-1}/\infty_{k-2}$ Einheitsintervalle $[0,1]_k$ umfassen kann.

(3) Die Entstehung des verkürzten k' -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 mit k Raum-Dimensionen und einer Zeit-Dimension t^k erfordert das Einschalten von k' -dimensionalen Ereignis-Impulsen $\rightarrow^{k'} p_1(t^k)$, die auf die $(k+1)$ -dimensionalen Quanten (Teilchen) im Quantenfeld Φ^{k+1} angewandt werden, das sich in der Zeit-Dimension t^{k+1} im $(k+1)$ -dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos K^{k+1}_0 mit $k+1$ Raum-Dimensionen ausbreitet. In der Richtung der Wellennormalen des Quantenfeldes wird die Raum-Dimension zur Zeit-Dimension t^k bezüglich der potentiellen k -dimensionalen Teilchen, die aus den $(k+1)$ -dimensionalen Quanten austreten können. Deshalb tritt an die Stelle eines $(k+1)$ -dimensionalen Ereignis-Impulses $\rightarrow^{k+1'} p_1(t^{k+1})$ in K^{k+1}_0 im Quantenfeld ein k -dimensionaler Ereignis-Impuls $\rightarrow^k p_1(t^k, t^{k+1}) \Rightarrow \rightarrow^{k'} p_1(t^k)$ mit 2 Zeit-Dimensionen t^k, t^{k+1} , der das k -dimensionale Teilchen in der Zeit t^k verschiebt und nicht in der Zeit t^{k+1} , weshalb diese Impuls-Komponente verschwindet.

Die Stärke des Ereignis-Impulses $\rightarrow^{k'} p_1(t^k)$, der auf Teilchen im Quantenfeld Φ^{k+1} angewandt wird, definiert einen Durchmesser des Teilchen T_{k-1} der Klassenstufe $k-1$, der nicht aus dem Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 herausführt, was einer Verkleinerung der Punktdichte in K^k_0 relativ zu K^{k+1}_0 entspricht.

Das Quantenfeld Φ^{k+1} ist im Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 nicht bekannt, weshalb im Teilchenbild aus den verkürzten k -dimensionalen Teilchen wieder k -dimensionale Teilchen austreten. Doch existiert auch in K^k_0 ein Quantenfeld Φ^k , das k -dimensionale Quanten transportiert, aus denen $(k-1)$ -dimensionale Teilchen in der neuen Zeit-Dimension t^{k-1} austreten können. Da die Messinstrumente in K^k_0 k -dimensional sind, können die $(k-1)$ -dimensionalen Teilchen nicht im Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 experimentell nachgewiesen werden. Dazu sind 2-dimensionale Messinstrumente im Raum-Zeit-Kosmos K^{k-1}_0 mit $k-1$ Raum-Dimensionen und der Zeit-Dimension t^{k-1} notwendig.

7.2.3 Ladungen von Teilchen

Die Ladungen der Teilchen werden sowohl in der ART als auch in der QT explizit in die Theorien eingeführt, d.h. sie folgen nicht aus den Theorien.

Da bei jeder Verkürzung der Raum-Dimensionen eine neue Zeit-Dimension und die dazu duale Energie-Dimension auftreten, tritt eine Folge von Zeit-Dimensionen t^0, t^1, t^2, \dots auf, bei denen sich die Punktdichte bei k Raum-Dimensionen nicht erhöht.

Weil die weiteren Verkürzungen von k Raum-Dimensionen auf $k-1, k-2, \dots, 2, 1$ Raum-Dimension nicht berücksichtigt werden, beginnt die Zählung der Zeit-Dimensionen mit t^0 (statt t^k). Die zuletzt verkürzten Teilchen im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos mit $k=3$ Raum-Dimensionen, bewegen sich in der neuen Zeit t^0 .

Jedes Teilchen besitzt eine Weltlinie $\rightarrow^4 x(s)$ im 4-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos K^4_0 und eine Impulslinie $\rightarrow^4 p_1(s)$ im 4-dimensionalen Impuls-Energie-Raum V^4_{1p} . Der invariante Kurvenparameter $s(t^0)$ ist eine Funktion der Zeit-Dimension t^0 .

Der Ereignis-Impuls $\rightarrow^4 p_1$ ist ein Vektor der Funktionenstufe 1, das Teilchen hat die Funktionenstufe 0, die dem Ereignis-Vektor $\rightarrow^4 x$ im flachen Ereignisraum (Raum-Zeit) oder lokalen Tangentialraum V^4_{0x} zugeordnet wird. Der Phasenraum $V^4_{0x} + V^4_{1p}$ ist die direkte Summe aus Teilchenraum $K^4_0(V^4_{0x})$ und Funktionenraum V^4_{1p} .

Die Punktdichte der Funktionenräume entspricht der des Teilchenraumes, der die Teilchen enthält, auf die die Funktionen angewandt werden. Das trifft dann auch auf die Funktionenräume höherer Funktionenstufen zu.

Die Weltlinie ist im Ruhesystem mit der neuen Zeit-Dimension t^0 identisch. Dann bewegt sich das Teilchen in der Richtung der Zeit t^0 . Infolge des Ereignis-Impulses besitzt das Teilchen eine Ruhmasse $m^0 = E^0/c^2$ oder Ruhenergie E^0 . Bei einer kräftefreien Bewegung ist der Ereignis-Impuls $\rightarrow^4 p = m^0 \cdot c \cdot \rightarrow^4 u$ in der Zeit $s(t^0)$ konstant und proportional zur Ereignis-Geschwindigkeit $\rightarrow^4 u(s) = \rightarrow^4 dx/ds$. Andernfalls ändert sich die Impulslinie in der Zeit $s(t^0)$, die durch den invarianten Kurvenparameter $s(t^0)$ ersetzt wird (s. Abschn. 4.2.3).

Die Änderung des Ereignis-Impulses in der Zeit $s(t^0)$ ist eine Kraft $\rightarrow^4 f(s) = d\rightarrow^4 p/ds$, das ist eine Funktion der Funktionenstufe 2. Die Änderung des Ereignis-Impulses $\rightarrow^4 p_1(s(t^0), t^1)$ in einer anderen Zeit t^1 führt auf einen Funktionen-Impuls der Funktionenstufe 2, der zu einem Funktionen-Ereignis-Impuls wird, wenn die Zeit t^1 eine Dimension ist. Dann tritt an die Stelle der Teilchen-Masse m_T eine Funktionen-Masse m_F .

Infolge weiterer Zeit-Dimensionen treten auch weitere dazu komplementäre Energie-Dimensionen auf. Es gibt neue Bewegungsarten in der Raum-Zeit und Bewegungen von Funktionen (Ereignis-Impulsen) in den Funktionenräumen, weil Funktionen-Ereignis-Impulse auf sie angewandt werden. Dabei kann angenommen werden, dass die Bewegung der Funktionen in den Funktionenräumen wieder nach den Gesetzen der ART und QT erfolgt.

Dann treten zu den Teilchen-Ereignis-Impulsen, die die Teilchen-Massen definieren, Funktionen-Ereignis-Impulse höherer Funktionenstufen, die Funktionen-Massen definieren. Weil die Impulse Vektoren sind, gibt es zu jedem Impuls einen dualen Impuls mit dualem Transformationsverhalten (das Produkt $A \cdot (A^{-1})^T = E$ der Transformationen A , $(A^{-1})^T$ ist die identische Transformation E , wobei die inverse Matrix A^{-1} bei der Multiplikation transponiert wird zu $(A^{-1})^T$). Der duale Impuls definiert die gleiche Funktionen-Masse, doch mit entgegengesetztem Vorzeichen, weshalb die Funktionen-Massen Ladungen der Teilchen sind, die zur Anziehung bei ungleichem Vorzeichen oder Abstoßung bei gleichem Vorzeichen führen.

In einer 5-dimensionalen Raum-Zeit K^5_0 mit 3 Raum- und 2 Zeit-Dimensionen t^0, t^1 kann ein 5-dimensionaler Ereignis-Drehimpuls $\rightarrow^5 p_{2x}(t^1)$ der Funktionenstufe 2 in der alten Zeit-Dimension t^1 die 4-dimensionale Weltlinie des Teilchens in Rotation versetzen. Da jedes Teilchen aus vielen sub-infinitesimalen Teilchen besteht, verteilt sich der Ereignis-Drehimpuls $\rightarrow^5 p_{2x}(t^1)$ auf jedes dieser Teilchen, so dass jedes um seine Weltlinie rotiert, die zur Drehachse wird und bei allen sub-infinitesimalen Teilchen die gleiche Richtung hat. Im Ruhssystem erfolgt die Rotation um die neue Zeit-Dimension t^0 in der alten Zeit-Dimension t^1 . Die Drehachse ist durch die Bewegungsrichtung der Teilchen in der Zeit t^0 gegeben, die durch den Ereignis-Impuls definiert ist, weshalb ihr die Funktionenstufe 1 zukommt. Der Raum V^5_{1x} der potentiellen Drehachsen-Ereignisse in der Zeit t^1 hat die Funktionenstufe 1. Somit verursacht ein Funktionen-Ereignis-Drehimpuls $J=\theta \cdot \omega$ die Rotation der (sub-infinitesimalen) Teilchen um ihre Drehachse. Er ist proportional zur Winkelgeschwindigkeit $\omega(t^1)$ in der Zeit t^1 . Das Trägheitsmoment $\theta=\sum_{(i)} \Delta m_{1xi} \cdot r_i^2$, in das die Funktionen-Masse m_{1x} eingeht, ist der Proportionalitätsfaktor. (Das Trägheitsmoment $\theta=m \cdot r^2$ eines Massenpunktes im Abstand r von der Drehachse ist proportional zu r^2 , multipliziert mit seiner Masse m . Bei einem starren Körper ist die Summe der partiellen Trägheitsmomente zu den Massenelementen Δm_i in den Abständen r_i das Trägheitsmoment $\theta=\sum_{(i)} \Delta m_i \cdot r_i^2$).

Da die Drehachse eine Darstellung in der Raum-Zeit $K^4_0(V^4_{0x})$ besitzt, kommt dem Teilchen nicht nur eine Teilchen-Masse m_0 infolge des Ereignis-Impulses zu, sondern es kommt ihm auch eine Funktionen-Masse m_{1x} infolge des Ereignis-Drehimpulses $\rightarrow^5 p_{2x}(t^1)$ zu. Das ist eine magnetische Ladung, die infolge der Rotation als Dipol mit einem magnetischen Moment auftritt.

Das Auftreten der Funktionen-Masse m_{1x} verursacht analog zur Teilchen-Masse eine Krümmung des Raumes V^5_{1x} der potentiellen Drehachsen-Ereignisse in der Zeit t^1 , der zu einem gekrümmten Riemannschen Funktionenraum wird. Seine Metrik definiert das magnetische Feld, das die Teilchen mit magnetischer Ladung umgibt. Weil die Drehachsen Vektoren sind, kommt es bei Vektoren mit gleichem Transformationsverhalten zur Abstoßung der Teilchen. Bei Vektoren mit zueinander dualen Transformationsverhalten kommt es zur Anziehung der Teilchen, äquivalent zur Massenanziehung, weil die Rotation von 2 zueinander dualen Drehachsen entgegengesetzt ist.

Bei der Rotation eines Teilchens in der Zeit t^0 entsteht keine Ladung, weil die Funktionen-Masse fehlt. Infolge der Funktionen-Masse m_{1x} gibt es eine magnetische Ladung, ohne Anwesenheit einer elektrischen Ladung, was im Standardmodell der Teilchen (s. Abschn. 2.5.1) nicht erklärt werden kann.

Die 4-dimensionale Impulslinie $\rightarrow^4 p_1(t^0)$ kann durch einen 5-dimensionalen Funktionen-Ereignis-Impuls $\rightarrow^5 p_{2p}(t^1)$ der Funktionenstufe 2 in der Zeit t^1 im 5-dimensionalen Funktionenraum (Impuls-Energie) V^5_{1p} verschoben werden. Das führt zum Auftreten einer Funktionen-Masse m_{1p} und somit zur Krümmung des Funktionen-Raumes V^5_{1p} . Die Funktionen-Masse m_{1p} ist eine elektrische Ladung, die von einem elektrischen Feld umgeben ist entsprechend der Metrik des Funktionenraumes V^5_{1p} , die seine Krümmung definiert. Bei gleichem Transformationsverhalten der Funktionen-Ereignis-Impulse kommt es zur Abstoßung der Vektoren, bei zueinander dualen Transformationsverhalten kommt es zur Anziehung der Vektoren.

Da die Funktionen-Ereignis-Impulse $\rightarrow^5 p_{2pp}(t^1)$ auf Funktionen (Ereignis-Impulse $\rightarrow^{4+1} p_{1p}(t^0)$) angewandt werden und diese auf Teilchen, besitzen sie auch eine Darstellung im Teilchenraum $K^{4+1}_0(V^{4+1}_{0x})$. Somit folgt aus der Bewegung der Funktionen im Funktionenraum eine Änderung der Bewegung im Teilchenraum.

Da sich die verkürzten 3-dimensionalen Teilchen in der Zeit t^0 aber nicht in der Zeit-Dimension t^1 bewegen, existiert ein zeitartiger Killingvektor $\rightarrow^5 t^1$ in der 5-dimensionalen Raum-Zeit mit 2 Zeit-Dimensionen, so dass eine Projektion in die 4-dimensionale Raum-Zeit möglich ist. Das führt in der 5-dimensionalen Projektiven Relativitätstheorie [21] (mit einem raumartigen Killingvektor) auf das elektromagnetische Feld und die Einstein-Maxwellschen Bewegungsgleichungen, die infolge der Definition von Teilchen mit Ladungen nicht mehr auf das Vakuum (das eine Teilchen-Ansammlung umgibt) begrenzt sind.

Mit jeder Klassenstufe der Teilchen treten neue Ladungsarten auf die durch Funktionen-Ereignis-Impulse höherer Funktionenstufen definiert werden. Dabei tritt mit jeder neuen Funktionenstufe eine weiter zurückliegende (alte) Zeit-Dimension hinzu, der im Funktionenraum eine komplementäre Ladungs-Dimension (äquivalent zur Energie-Dimension) entspricht. Mit jeder Funktionenstufe j' ($0 \leq j' \leq k$) verdoppelt sich die Anzahl $2^{j'}$ der neuen Ladungsarten weil sich die Anzahl der Funktionen-Phasenräume verdoppelt. Es können weitere Ladungsarten hinzutreten, wenn Funktionen-Ereignis-Impulse auf Kräfte oder Änderungen von Kräften etc. angewandt werden. Dann gibt es $m_j > 2^j$ Ladungsarten pro Ladungsstufe j bei Funktionen-Ereignis-Impulsen der Funktionenstufe $j'=j+1$.

Außerdem treten in den projektiven Funktionenräumen zu den Ladungsarten, die bei den Teilchen höherer Klassenstufen hinzutreten, neue Felder auf, die äquivalente Verallgemeinerungen des elektromagnetischen Feldes sind.

Mit jeder neuen Ladungsstufe j tritt eine neue Zeit-Dimension t^j zum Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 mit $k(=3)$ Raum-Dimensionen und der Zeit-Dimension t^0 hinzu, so dass er zu einer $(k'+j)$ -dimensionalen Raum-Zeit $K^{k'+j}_0$ wird deren Punktdichte $\infty_{k-2}/[0,1]$ sich nicht erhöht, weil die Funktionenräume die Punktdichte der Teilchenräume haben, auf die sie angewandt werden, unabhängig von ihrer Funktionenstufe. Die Raum-Zeit $K^{k'+j}_0$ mit k Raum- und j' Zeit-Dimensionen unterscheidet sich auch in der Punktdichte von der Raum-Zeit $K^{k'+j}_0$ mit $k+j$ Raum-Dimensionen, 1 Zeit-Dimension und der Punktdichte $\infty_{k+j-2}/[0,1]$.

Im Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 können nur Teilchen bis zur Klassenstufe k auftreten, mit denen k' Stufen $0 \leq j' \leq k$ der $m_j > 2^j$ Ladungsarten gegeben sind. Für $j=0$ ist die Ladung die Masse m des Teilchens, für $j=k$ sind es $m_k > 2^k$ Ladungsarten der dunklen Teilchen, die aber im Raum-Zeit-Kosmos K^{k+1}_0 definiert werden und dort sichtbar sind. Somit sind nur die Ladungen der Ladungsstufen $0 \leq j' \leq k-1$ von Teilchen bis zur Klassenstufe $k-1$ durch Funktionen-Ereignis-Impulse in der erweiterten Raum-Zeit $K^{k'+k-1}_0$ mit k Raum- und k Zeit-Dimensionen $t^0, t^1, t^2, \dots, t^{k-1}$ definiert.

Die Teilchen haben die Funktionenstufe 0, die Ladung entartet in eine Masse, die allen Teilchen zukommt, speziell den Teilchen der Klassenstufe 0, die nur Massen (keine Ladungen) besitzen. Die Teilchen haben eine Weltlinie und eine Impulslinie im Phasenraum $V^4_{0x}(t^0) + V^4_{1p}(t^0)$.

Die magnetischen und elektrischen Ladungen treten erst mit den Leptonen (Teilchen der Klassenstufe 1) auf. Sie werden durch 5-dimensionale Funktionen-Ereignis-Impulse in der Zeit-Dimension t^1 definiert. Sowohl die Drehachsen als auch die Ereignis-Impulse haben jeweils verallgemeinerte Welt- und Impulslinien in den

Phasenräumen $V^5_{1x}(t^0, t^1) + V^5_{2xp}(t^1)$, $V^5_{1p}(t^0, t^1) + V^5_{2pp}(t^1)$, zu denen noch der Krafraum $V^4_{2f}(t^0) \subseteq_u V^5_{2f}(t^0)$ der Funktionenstufe 2 hinzutritt.

Die im Standardmodell genannten Quantenzahlen (Ladungen) Isospin, Hyperladung, Strangeness, Baryonenladung treten erst mit den Baryonen und die Quantenzahl Color mit den Quarks auf, das sind Teilchen der Klassenstufe 2. Sie werden durch 6-dimensionale Funktionen-Ereignis-Impulse definiert, weshalb in der Raum-Zeit $K^{4+1}_0(V^{4+1}_{0x})$ die Zeit-Dimensionen t^0, t^1, t^2 auftreten. Die Bewegung von Kräften im Krafraum $V^6_{2f}(t^0)$ durch Funktionen-Ereignis-Impulse (bezogen auf die Zeit-Dimension t^2) führt auf die Ladung Color.

Bei Teilchen höherer Klassenstufen, die erst in Raum-Zeit-Kosmen mit Raum-Dimensionen $k > 3$ und der Zeit-Dimension t^0 auftreten, treten weitere Ladungsarten auf, die ebenfalls durch höher-dimensionale Funktionen-Ereignis-Impulse in noch weiter zurückliegenden Zeit-Dimensionen $t^1, t^2, t^3, t^4, \dots$ definiert werden.

Weil nicht nur Impulse sondern auch Kräfte und Änderungen von Kräften in den neu hinzutretenden Zeit-Dimensionen durch Funktionen-Impulse verschoben werden können, erhöht sich die Anzahl der Ladungsarten weiter, die zu den Verdoppelungen hinzutreten.

7.2.4 Ladungen von Aussagen

Eine Theorie, in der über eine Theorie ausgesagt wird, heißt Metatheorie. In einer Metatheorie kann über die Widerspruchsfreiheit und Vollständigkeit einer Theorie ausgesagt werden. Die n -stelligen Relationen R^n in einer Theorie sind Beziehungen zwischen n Objekten, z.B. die 2-stellige "kleiner als"-Relation $<$ oder die Identitäts-Relation $=$. Die 1-stelligen Relationen sind Eigenschaften von Objekten, z.B. die Farbeigenschaft "rot". Die Anwendung der Relation auf ein Objekt-Tupel ist eine Aussage $a := R^n(\text{ob}_1, \dots, \text{ob}_n)$, z.B. "ob₁ ist kleiner als ob₂", "ob₁ ist rot".

In der Metatheorie werden die n -stelligen Relationen R^n bei ihrer Anwendung auf ein Objekt- n -Tupel zu $n+1$ -stelligen Funktionen, die den Aussagen a Gewissheiten (Wahrheitswerte) w zuordnen, $R^n(\text{ob}_1, \dots, \text{ob}_n) = w$.

Über die Wahrheit einer Aussage kann nicht in der Theorie entschieden werden, obgleich in einer widerspruchsfreien Theorie aus einer Satzklasse mit Hilfe der Schlussregeln wieder wahre Aussagen abgeleitet werden können, sofern die Satzklasse nur wahre Aussagen enthält. Erst in der Metatheorie kann einer Aussage ein Wahrheitswert zugeordnet werden, der durch das Experiment bestätigt wird. Wird zwischen Theorie und Metatheorie nicht unterschieden, treten Antinomien auf, etwa die Antinomie des Lügners. Der Redner sagt: "Das, was ich jetzt sage, ist falsch." Dann ist gemäß der 2-wertigen Logik alles, was er sagt, genau dann wahr, wenn es falsch ist, paradox.

Die Indianer beschuldigen einen Mathematiker des Hochverrats, worauf Todesstrafe folgt. Er darf noch eine Aussage machen, wenn diese wahr ist, darf er den Ehren-Tod durchs Schwert sterben, andernfalls wird er gehängt. Der Mathematiker sagt: "Ich werde gehängt". Nach langer Zeit kommen die Indianer zurück und lassen ihn frei, weil sie nicht wussten, welches Urteil zu vollziehen ist. Denn hätten sie ihn gehängt, dann hätte er die Wahrheit gesagt und er hätte mit dem Schwert getötet werden müssen. Hätten sie ihn mit dem Schwert getötet, dann hätte er gelogen und er hätte gehängt werden müssen.

Diese Antinomien treten auch in der Metatheorie auf. Wenn die Metatheorie der Gegenstand einer Theorie ist, dann ist die Theorie eine Metametheorie etc.

Die Quantentheorie QT ist eine Metatheorie, weil die Wahrscheinlichkeitsfunktion Φ den Aussagen $a =$ "Die n Teilchen mit den Impulsen $\vec{p}_1, \dots, \vec{p}_n$ befinden sich an den Orten $\vec{x}_1, \dots, \vec{x}_n$ " einen komplexen Gewissheitswert w_c zuordnet, $\Phi(a) = w_c$. Das Betragsquadrat $|\Phi(a)|^2 = w_c \cdot (w_c)^* = w$ ist ein positiver reeller Gewissheits- oder Wahrheitswert w , der ein kontinuierliches Spektrum von Werten durchlaufen kann.

In der QT ist die Gewissheit ein dimensionsloser (komplexer) Parameter, der multipliziert mit der Planckschen Elementarlänge l_{Planck} die Dimension einer Länge hat und zur Gewissheits-Dimension oder zur Gewissheits-Zeit $c \cdot t_{\text{Gewissheit}}$ werden kann. Die Metrik der Raum-Zeit definiert die Raum- und die Zeit-Dimensionen.

Da der komplexe Gewissheits-Parameter keine physikalische Größe ist, muss er explizit in die Theorie eingeführt werden, was über die Wahrscheinlichkeitsfunktion erfolgt. Es ist naheliegend, dass ein freies Raum-Zeit-Dimensionen-Paar durch die Wahrscheinlichkeitsfunktion in ein konjugiert-komplexes Dimensionen-Paar verdreht wird unter Einbeziehung der komplexen Konjugation.

Die Raum-Zeit $K^{k|+k-1}_0$ mit k Raum- und k Zeit-Dimensionen folgt aus der Existenz von Raum-Zeiten $K^{l|+l-1}_0$ mit $\infty > l > k$ Raum- und $l > k$ Zeit-Dimensionen, weshalb das freie Raum-Zeit-Dimensionen-Paar bezüglich der k -dimensionalen Teilchen stets existiert. Weil in den Raum-Zeit-Kosmen mit verkürzter Raum-Dimension auch die

Klassenstufe der Teilchen verkürzt ist, ist auch die Stufe der Ladungsarten verkürzt, weshalb eine Zeit-Dimension und die dazu komplementären Ladungs-Dimensionen in den Funktionenräumen entfallen.

Ist der äußere Körper des Lebewesens $k(=3)$ -dimensional, dann sind die inneren Körper der Stufen $0 < j < k$ $(k+j)$ -dimensional. Zur Definition der Teilchen-Ladungen werden $2 \cdot (k+j)$ -dimensionale Funktionenräume benötigt mit $k+j$ raum- oder impulsartigen und $k+j$ zeit- oder ladungsartigen Dimensionen. Bezüglich des äußeren Körpers existiert mit jedem inneren Körper ein freies Dimensionen-Paar.

In die Gleichungen der QT geht die Gewissheits-Dimension nur als Parameter ein, nicht die Dimensions-Eigenschaft, weshalb die Ableitung des Parameters aus einem Dimensionen-Paar ohne Bedeutung ist. Doch gilt auch in Funktionenräumen die QT, sofern sich Funktionen nach den Gesetzen der ART in ihnen bewegen.

Da die Relationen in der Metatheorie Funktionen sind, was auf das Quantenfeld (die Wahrscheinlichkeitsfunktion) Φ zutrifft, ist es naheliegend, dass es auch Relationen-Ereignis-Impulse gibt, die die Metafunktionen (Relationen in der Metatheorie) in den Funktionenräumen verschieben, die jeweils um ein konjugiert-komplexes Ladungs-Dimensionen-Paar, komplementär zum konjugiert-komplexen Zeit-Dimensionen-Paar erweitert sind.

Bei der Quantelung werden die Koordinaten x^α, p^α der Phasenvektoren $\vec{x} + \vec{p}$ zu hermiteschen Operatoren. Das sind unendlich-dimensionale Matrizen über dem komplexen Zahlenraum, die auf Hauptachse transformiert werden können, so dass in der Haupt-Diagonalen der Matrix reelle Zahlen stehen, das sind die Eigenwerte der Operatoren. Aufgrund der Heisenbergschen Unschärferelation gibt es bei einem kontinuierlichen Eigenwertspektrum der Ortskoordinaten x^α nur ein diskretes Spektrum der Impulskoordinaten p^α und zu jeder Eigenwert-Kombination p^{α_0} ($1 \leq \alpha \leq n \cdot k$) eine Wahrscheinlichkeitsfunktion $\Phi(\vec{x}) | \vec{p}^{\alpha_0} = w_c$, die der Aussage $a(\vec{x}, \vec{p}^{\alpha_0})$ eine komplexe Gewissheit w_c zuordnet. (Es sind die Komponenten eines Hilbert-Vektors im unendlich-Dimensionalen Hilbertraum).

In der nicht-relativistischen Quantentheorie QT sind Zeit- und Energie-Dimension Parameter. Sie werden in einer Allgemein-Relativistischen Quantentheorie ARQ zu Dimensionen. Der k -dimensionale Raum wird zur k' -dimensionalen Raum-Zeit, der k -dimensionale Impulsraum wird zur k' -dimensionalen Impuls-Energie (dem Raum der Ereignis-Impulse), bei n Teilchen gilt $1 \leq \alpha \leq n \cdot k'$. Doch existiert nur eine ARQ für das 1-Teilchen-Problem ($n=1$) in der Raum-Zeit mit $k=3$ Raum-Dimensionen und der Zeit-Dimension t^0 . In den Dirac-Gleichungen wird die Wahrscheinlichkeitsfunktion Φ zum 4-dimensionalen Bispinor (Vektor mit mehrdeutigem Transformationsverhalten).

Die Relationen-Impulse werden nicht auf die Wahrscheinlichkeitsfunktion Φ sondern auf die Phasenvektoren angewandt, die sie definieren. Sie werden zu Relationen-Ereignis-Impulsen, wenn die Gewissheits-Dimension zur Raum-Zeit und die komplementären Ladungs-Dimensionen zu den jeweiligen Funktionenräumen hinzutreten. Doch kommen die Ladungen nicht den Teilchen sondern den Aussagen a zu, denen die Wahrscheinlichkeitsfunktion $\Phi(a)$ eine Gewissheit w_c zuordnet. Deshalb sind es keine physikalischen sondern biologische Ladungen, die zu Eigenschaften der Aussagen werden, die die Lebewesen entsprechend der Anzahl ihrer inneren Körper wahrnehmen können.

Mit dem 1. inneren Körper (der Seele) des Lebewesens existiert relativ zum k -dimensionalen äußeren Körper ein freies Raum-Zeit-Dimensionen-Paar und entsprechend Impuls-Ladungs-Dimensionen-Paare, die bei der Quantelung in konjugiert-komplexe Dimensionen-Paare umgewandelt werden. Zu jedem Funktionenraum

kann ein Dimensionen-Paar hinzutreten, so dass in den Funktionenräumen eine Bewegung von Funktionen möglich wird, wenn Relationen-Ereignis-Impulse auf sie angewandt werden. Dann kommen den Aussagen a_0 , denen das Quantenfeld Gewissheiten w_c zuordnet, biologische Ladungen zu, die das Lebewesen empfindet. Somit sind die Emotionen (Empfindungen) biologische Ladungen.

Mit dem 2. inneren Körper, dem Geist, kann über die empfundenen Aussagen a_0 in einer Metatheorie ausgesagt werden. Außerdem treten relativ zum k -dimensionalen äußeren Körper in den erweiterten Funktionenräumen wiederum je ein freies Dimensionen-Paar hinzu, so dass in den 2-fach erweiterten Funktionenräumen eine Bewegung von Funktionen möglich wird, wenn Relationen-Ereignis-Impulse auf sie angewandt werden. Dann kommen den Meta-Aussagen a_1 , denen das Quantenfeld Gewissheiten w_{c1} zuordnet, biologische Ladungen zu, die zu Vorstellungen beim Lebewesen führen. Somit sind die Vorstellungen (Gedanken) biologische Ladungen.

Mit dem 3. inneren Körper, dem Metageist, kann über die gedanklichen Aussagen a_1 in einer Metametatheorie ausgesagt werden. Außerdem treten relativ zum k -dimensionalen äußeren Körper in den erweiterten Funktionenräumen wiederum je ein freies Dimensionen-Paar hinzu, so dass in 3-fach erweiterten Funktionenräumen eine Bewegung von Funktionen möglich wird, wenn Relationen-Ereignis-Impulse auf sie angewandt werden. Dann kommen den Metameta-Aussagen a_2 , denen das Quantenfeld Gewissheiten w_{c2} zuordnet, biologische Ladungen zu, die zu Meta-Vorstellungen beim Lebewesen führen. Somit sind Meta-Vorstellungen (Meta-Gedanken) biologische Ladungen etc.

Die inneren Körper kennen noch nicht die Ladungen der Aussagen, die relativ zum äußeren Körper mit ihnen (durch Relationen-Ereignis-Impulse) gegeben sind. Deshalb kennt die Seele nur Aussagen über physikalische Körper ohne biologische Ladungen (ohne Emotionen), obwohl die Emotionen bereits mit der Seele existieren, die ein anderes Lebewesen mit nachfolgenden inneren Körpern bereits erkennt. Die Pflanzen, die nur einen inneren Körper besitzen, kennen keine Emotionen, obwohl der Mensch ihr emotionales Verhalten erkennt.

Der Geist kennt nur Meta-Aussagen über Aussagen mit Emotionen, ohne Gedanken, obwohl die Gedanken bereits mit dem Geist existieren, die ein anderes Lebewesen mit nachfolgenden inneren Körpern bereits erkennt. Die Tiere mit 2 inneren Körpern kennen Emotionen aber keine Gedanken, obwohl der Mensch erkennt, dass das Tier Gedanken besitzt und intelligentes Verhalten zeigt.

Erst der Metageist des Menschen erkennt auch das intelligente Verhalten, doch bleiben die mit ihm existierenden Metameta-Gedanken ihm unbekannt.

Die k -dimensionalen Teilchen der Klassenstufen $0 \leq j \leq k-1$ im Raum-Zeit-Kosmos K^k_0 sind Träger von $m_j \geq 2^j$ Ladungsarten pro Ladungsstufe j , die erst bei Teilchen der Klassenstufen $j \geq j$ auftreten. Sie werden für $j=0$ durch Teilchen- und für $j>0$ durch Funktionen-Ereignis-Impulse definiert, deren Dimension mit jeder Ladungsstufe j sich erhöht, was zu einer $2k$ -dimensionalen Raum-Zeit $K^{k'+k-1}_0$ mit k Raum- und k Zeit-Dimensionen t^0, t^1, \dots, t^{k-1} führt.

Treten Relationen-Ereignis-Impulse auf, die die Ladungen von Aussagen definieren, dann treten mit jeder Metastufe der Aussage komplexe Gewissheits-Dimensionen $w_{c0}, w_{c1}, \dots, w_{c(k-1)}$ hinzu, was zu einer $4k$ -dimensionalen Gewissheits-Raum-Zeit $K^{k'+k-1+(2k)}_0$ mit k Raum-, k Zeit- und $2k$ konjugiert-komplexen Gewissheits-Dimensionen führt. Entsprechend erhöht sich auch mit jeder Funktionenstufe j' ($0 \leq j' \leq 2k$) die Dimension der $m_j \geq 2^j$ Funktionenräume.

Ohne Teilchen-, Funktionen-, Relationen-Ereignis-Impulse gibt es keine Massen, keine physikalischen Ladungen, keine biologischen Ladungen.

Im physikalischen Raum-Zeit-Kosmos K_0^4 mit $k=3$ Raum-Dimensionen gibt es messbare Teilchen der Klassenstufen $0 \leq j \leq 2$ und mit ihnen $m_j \geq 2^j$ Ladungsarten pro Ladungsstufe j , die erst ab den Teilchen der Klassenstufe j auftreten, und $m_{3+j} \geq 2^{3+j}$ Ladungsarten pro Ladungsstufe j oder Metastufe $0 \leq j \leq 2$ der Aussagen. Somit gibt es wenigstens für

$j=0$: 1 Art, die Teilchen-Masse,

$j=1$: 2 Arten, magnetische und elektrische Ladung der Leptonen,

$j=2$: 4 , Isospin, Hyperladung, Strangeness, Baryonenladung der Hadronen,

+1 Art, Color der Quarks, die Teile der Hadronen sind,

$j=3$: 8 Arten von Emotionen in Aussagen, die über die 5 Sinne: Sehen, Hören, Riechen, Schmecken, Fühlen wahrgenommen werden, wobei der Tastsinn weiter unterteilt ist in die Wahrnehmungen von Druck, Rauheit, Temperatur, Kitzel,

$j=4$: 16 Arten von Vorstellungen (Gedanken) in Metaaussagen der Metastufe 1, die zu Vertiefungen der Emotionen führen und sich auf neue Bereiche wie Wissenschaft und Forschung beziehen.

$j=5$: 32 Arten von Metavorstellungen (Metagedanken) in Metaaussagen der Metastufe 2, die dem Menschen unbekannt sind.

7.2.5 Funktionen generieren physikalische und biologische Systeme

Funktionen $F(x)=y$, die Elementen $x \in X$ (aus dem Definitionsbereich X) Elemente $y \in Y$ (aus dem Wertebereich Y) zuordnen, sind Teilklassen $F \subseteq X+Y$ von der Produktklasse $X+Y$ (Klasse der geordneten Paare $[x,y]$), deren Klassenstufe um eine Stufe höher ist als die höchste Klassenstufe der Elemente aus Definitionsbereich und Wertebereich. Analog ist die Funktionenstufe der Funktion um eine Stufe höher als die Funktionenstufe der Elemente aus der Produktklasse. Somit kann den Funktionen und Funktionenklassen eine Klassenstufe zugeordnet werden und es gibt eine Ordnung im Sinne der Stufenrelation der Klassentheorie.

Das Quantenfeld Φ ist eine Wahrscheinlichkeitswelle, die sich in der Zeit t^0 im Raum-Zeit-Kosmos ausbreitet und Teilchen (Quanten) transportiert, die gemäß der Wahrscheinlichkeitsfunktion im Raum-Zeit-Kosmos verschmiert sind. Folglich muss die Klassenstufe des Quantenfeldes Φ um eine Klassenstufe höher sein als die höchste Klassenstufe der Teilchen, die sie transportiert. Die Wahrheitswerte haben die Klassenstufe 0, den Teilchen kommen unterschiedliche Klassenstufen zu. Die Eigenschaften der Teilchen implizieren das Quantenfeld.

Das Quantenfeld, das Teilchen der Klassenstufen $k=0,1,2$ in der Zeit t^0 transportiert, hat die Klassenstufe 3. Es ist ein Element aus dem 3-dimensionalen physikalischen Kosmos der Klassenstufe 4, in dem es sich ausbreitet, weshalb diese Teilchen zum Messinstrument oder zu den Sinnesorganen gelangen können und somit messbar sind.

Die überschweren Teilchen der Klassenstufe 3 werden mit den Quanten (aus denen die 3-dimensionalen Teilchen austreten) in einem Quantenfeld Φ' transportiert, das sich im 4-dimensionalen Kosmos (der Klassenstufe 5) in der Zeit t^1 ausbreitet, weshalb sie nicht im 3-dimensionalen Kosmos gemessen werden können, also dort dunkel sind. Doch können sie im 4-dimensionalen Kosmos gemessen werden.

Wenn mit den Teilchen Funktionen der gleichen Klassenstufe gegeben sind, dann können diese auf die Elemente der Teilchen angewandt werden, doch nicht auf das Teilchen selbst. Die Funktionen können Relationen-, Funktionen-, Teilchen-Ereignis-Impulse sein. Mit Teilchen der nachfolgenden Klassenstufen können Funktionen der gleichen Klassenstufe gegeben sein, die von einer höheren Funktionenstufe sind, z.B. Kräfte, die auf Funktionen (Ereignis-Impulse) der kleineren Klassenstufe angewandt werden, die mit den stufenkleineren Teilchen gegeben sind, etc.

Die Generierung der physikalischen und biologischen Systeme erfordert das Einschalten von Funktionen, die auf Funktionen kleinerer Funktionenstufen bis hin zu den Objekten (Funktionenstufe 0) angewandt werden. Die Auswahl der Funktionen, ihre sequentielle Anwendung zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort erfordert eine Intelligenzfunktion, die die Kenntnis der in der Realität geltenden Gesetze berücksichtigt. In diesem Sinne beruht die Generierung der höheren Systeme auf einem "entwickelt werden" durch die Realität, deren Intelligenzfunktion von einer höheren Stufe sein muss als bei allen Lebewesen mit Intelligenzfunktionen, die in ihr auftreten oder auftreten können.

Die inneren Körper der Stufen $0 \leq j \leq k (=3)$ der Lebewesen, einschließlich der äußere Körper ($j=0$), bewegen sich in Raum-Zeit-Kosmen wachsender Raum-Dimensionen $k+j$ in der zugehörigen Zeit-Dimension t^{k+j} . Quantenfelder, die sich in diesen Kosmen ausbreiten, transportieren sowohl Bilder von $(k+j)$ -dimensionalen Körpern als auch verkürzte Raum-Zeit-Kosmen mit $k+j-1$ Raum-Dimensionen, deren

Teilchen sich in der neuen Zeit-Dimension t^{k+j-1} bewegen. Sie erzeugen auf der $(k+j)$ -dimensionalen "Leinwand" des inneren Körpers der Stufe j ein $(k+j-1)$ -dimensionales Bild. Wenn das Quantenfeld in der alten Zeit-Dimension t^{k+j} stationär ist, gibt es dennoch eine Bewegung der verkürzten Teilchen in der neuen Zeit-Dimension t^{k+j-1} .

Der verkürzte Raum-Zeit-Kosmos ist eine neue Gegebenheit zu der die $(k+j-1)$ -dimensionalen inneren Körper der Stufe $j-1$ gehören, auf deren Leinwand $(k+j-2)$ -dimensionale Bilder erscheinen, die wiederum von einem Quantenfeld transportiert werden.

Wenn die inneren Körper, analog zum äußeren Körper ($j=0$), aus Zellen aufgebaut sind, in deren Erbanlagen die Programme zur Generierung der jeweiligen Körper eingeschrieben sind, oder zusätzlich ein Nervensystem besitzen, in dem die neuen Gegebenheiten codiert sind, dann können die Funktion "Codierung" und die Umkehrfunktion "Interpretation" mit dem stufengrößeren inneren Körper gegeben sein. Da eine Funktion nicht mit den Objekten gegeben sein kann, auf die sie angewandt wird, können diese Funktionen nicht mit dem inneren Körper der Stufe $j-1$ gegeben sein, der aus ihrem Definitions- oder Wertebereich ist.

Das Quantenfeld besteht beim Licht aus Photonen und ist im Wellenbild eine elektromagnetische Welle. Aus den Photonen treten keine Teilchen aus, weshalb ein Sonderfall von Quantenfeldern vorliegt. Auf dem Bild des fotografierten Gegenstandes gibt es keine Bewegung sondern erst in einer zeitlichen Folge von Bildern (in einem Film), sofern sich der Gegenstand bewegt.

Es gibt bewegte Bilder mit einer eigenständigen Bewegung, die nicht die Bewegung des Urbildes widerspiegelt. Bei einem stationären Quantenfeld in der alten Zeit-Dimension gibt es eine Bewegung der verkürzten Teilchen in der neuen Zeit-Dimension gemäß den Gesetzen der ART und QT. Die unverkürzten Teilchen im Quantenfeld definieren die dunklen Teilchen, aus denen die (sichtbaren oder messbaren) verkürzten Teilchen im neuen verkürzten Raum-Zeit-Kosmos austreten. Infolge der Massen und Ladungen, die auch den verkürzten Teilchen zukommen, gibt es im verkürzten Raum-Zeit-Kosmos, der der Bildraum des Lebewesens ist, Massenansammlungen, chemische Verbindungen, Nukleare Bindungen etc.

Der physikalische Bildraum des Menschen mit $k=3$ Raum-Dimensionen, erweitert zur 4-dimensionalen Raum-Zeit hat die (neue) Zeit-Dimension t^0 , in der sich die 3-dimensionalen Körper bewegen. Sie geht aus der Raum-Dimension in Richtung der Wellennormale des Quantenfeldes hervor, das 4-dimensionale Teilchen transportiert in einem 5-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos mit der (alten) Zeit-Dimension t^1 , in der projiziert wird.

Der 3-dimensionale Bildraum ist kein echtes Bild, sondern eine neue Gegebenheit für das Lebewesen (Mensch), denn es treten Bewegungen in einer neuen Zeit-Dimension t^0 auf, die nicht die Bewegungen der unverkürzten Teilchen in der alten Zeit-Dimension t^1 widerspiegeln. Von besonderer Bedeutung sind quasi-stationäre Quantenfelder in der alten Zeit-Dimension t^1 , die in größeren Abschnitten der Zeit t^1 stationär sind, weil in diesen Abschnitten die Gesetze der ART und QT gelten, die vom Menschen in seinem Bildraum erkannt werden.

Dann können die Standardmodelle der Teilchenphysik und der Kosmologie auf den verkürzten 4-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos übertragen werden und es gibt ein Verständnis für die postulierte Dunkelmaterie. Es gibt einen Anfang bezüglich der Zeit t^0 , der mit dem Einschalten des Quantenfeldes im unverkürzten 5-dimensionalen

Raum-Zeit-Kosmos zu einem Zeitpunkt $t^1 = t^1_0$ erfolgt, sofern dann von selbst aus den transportierten Quanten verkürzte Teilchen austreten.

Andernfalls muss das Austreten der verkürzten Teilchen verursacht werden durch Einschalten von Ereignis-Impulsen, was in der Zeit t^1 erfolgt. Der Anfang des verkürzten 4-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos beginnt mit den (ersten) austretenden Teilchen zu einem Zeitpunkt $t^1 = t^1_0$. Bei diesem "Urknall" tritt keine kosmologische Singularität auf und das Standardmodell kann wesentlich vereinfacht werden.

Die Zeit-Dimension t^1 kann bezüglich des verkürzten Raum-Zeit-Kosmos als Parameter aufgefasst werden. Dann geht dieser nicht aus einer Projektion in der Richtung der Zeit-Dimension t^1 hervor sondern $ART(t^1)$ und $QT(t^1)$ werden zu parameterabhängigen Theorien. Das ermöglicht die Begründung einer unitären Physik, in der ART und QT zu einer Allgemeinrelativistischen Quantentheorie ARQ vereinigt sind. An die Stelle der Teilchen-Koordinaten treten Ereignis-Koordinaten mit der Zeit-Dimension t^0 , die Funktionen des Zeit-Parameters t^1 sind, und es gibt eine Energiefunktion E^1 des Gesamtsystems. Bei den stationären Systemen in der Zeit t^1 besitzt die Wahrscheinlichkeitsfunktion einen von der Zeit t^1 abhängigen Faktor, der separiert werden kann.

In den verkürzten Raum-Zeit-Kosmen können sich wieder Quantenfelder ausbreiten, aus deren Quanten Teilchen austreten, so dass es nochmals einen um eine Raum-Dimension verkürzten Raum-Zeit-Kosmos mit einer neuen Zeit-Dimension gibt. Die Verkürzung bricht ab, wenn es nur noch Quantenfelder gibt, die Teilchen (Photonen) der Klassenstufe 0 transportieren, weil aus diesen keine Teilchen austreten.

Umgekehrt kann jeder Raum-Zeit-Kosmos als eine Verkürzung aufgefasst werden, zu der es einen höher-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos gibt, in dem sich ein Quantenfeld ausbreitet, aus dessen Quanten die Teilchen des verkürzten Raum-Zeit-Kosmos austreten. Denn mit jeder höheren Dimension können neue schwerere Teilchenarten auftreten, aus denen die bereits bekannten Teilchenarten austreten können. Die Verschachtelung der Raum-Zeit-Kosmen wachsender Raum-Dimensionen k besitzt keine obere Schranke. Doch gibt es eine untere Schranke $0 < k < \infty$, die bei einer Raum-Dimension erreicht ist, weil die möglichen Teilchenarten immer leichter werden. Bei der Raum-Dimension $k=1$ kann das Quantenfeld nur noch Photonen transportieren. Die Realität muss von unerreichbarer Dimension sein und enthält Welten zu jeder Verkürzung der Raum-Dimensionen. Die Welten werden im höher-dimensionalen Raum-Zeit-Kosmos im Quantenfeld transportiert.

Mit einer Realität von unerreichbarer Dimension existieren zu jeder erreichbaren Raum-Dimension $0 < k < \infty$ Raum-Zeit-Kosmen, so dass Lebewesen mit inneren Körpern höherer Dimensionen möglich sind.

Die $k+j$ -dimensionalen inneren Körper unterliegen Bewegungsbegrenzungen, die die Bewegungsfreiheit auf die $k(=3)$ Dimensionen des äußeren Bildraumes einschränken. Die Begrenzungen können schrittweise aufgelöst werden. Wenn sich die Seele ($j=1$) in $k+j(=4)$ Raum-Dimensionen frei bewegen kann, dann gibt es eine Bewegungskomponente orthogonal zum 3-dimensionalen Bild. In dem 4-dimensionalen Stapel von 4-dimensionalen Trägern 3-dimensionaler Welten ist eine Welt die physikalische Welt des Lebewesens, die in dem Stapel entweder nach oben oder nach unten verlassen wird. Eine (3-dimensionale) Hyperfläche im (4-dimensionalen) Raum kann nur in 2 Richtungen verlassen werden, analog zu jeder (2-dimensionalen) Fläche im (3-dimensionalen) Raum.

Das Lebewesen betritt eine neue 3-dimensionale physikalische Welt und besitzt einen neuen 3-dimensionalen Bildkörper. Der alte Bildkörper kann nicht mehr von ihr gesteuert werden, er ist tot und zerfällt gemäß den physikalischen Gesetzen. Für die Bewohner der alten physikalischen Welt ist das Lebewesen gestorben, doch es lebt in einer neuen Welt.

In einem Grenzbereich können sich die Bildräume überlappen, was aus einem schwingenden Herauslösen resultieren kann oder bereits aus der Heisenbergschen Unschärferelation folgt. Dann kann das Lebewesen den alten und den neuen Körper sehen, doch kann es sich über den neuen Körper nicht mehr in der alten Welt bemerkbar machen. Das erklärt die Sterbeberichte von Menschen, die klinisch tot waren und wieder zurückgerufen werden konnten. Sie sahen sich in einem neuen Körper, etwa an der Decke des Zimmers in dem auch ihr alter Körper lag, an dem die Ärzte sich um eine Wiederbelebung bemühten. Sie konnten sich aber nicht bemerkbar machen, die Hände gingen durch die Schultern der Ärzte. Wenn sie sich weit genug entfernt haben, verschwindet auch die alte Welt. Die neue Welt wird meistens durch einen Tunnel erreicht.

Der Realitätsbegriff erfährt durch die Berücksichtigung höherer Dimensionen eine wesentliche Verallgemeinerung, weil dann auch neue Arten von Elementarteilchen auftreten können.

8 Die Realität ist Gott

Die Realität, als Inbegriff für alles Existierende, muss alles umfassen, die Raum-Zeit-Kosmen mit den Trägern zu jeder Dimension, die Quantenfelder, die sich in ihnen ausbreiten, und alle Funktionen, Funktionenräume mit bewegten Funktionen, die zur Generierung der physikalischen Systeme, der Lebewesen und potentieller höherer Lebewesen notwendig sind.

Es gibt nichts außerhalb der Realität, auch keine Funktionen, die auf die Realität angewandt werden können, weshalb sie unveränderlich ist. Doch können in ihr Raum- in Zeit-Dimensionen umgewandelt werden, weshalb Bewegungen und Veränderungen, in ihr möglich sind.

Die Realität besitzt eine hierarchische Struktur, in der die Dimensionen der Räume, die Klassenstufen der Teilchen, die Funktionenstufen der Funktionen, die Metastufen der Aussagen berücksichtigt sind.

Da die Elementarteilchen Mengen sind, muss die Realität eine Unmenge sein, die alle Elementarteilchen als Elemente enthält. Es existiert mit ihr die Element-Relation \in (Element aus) und die Stufenrelation bezüglich der Klassenstufen der Elemente.

Der Raum ist mit der Realität gegeben, die sowohl in der Dimension als auch in der Ausdehnung unerreichbar unendlich ist. Außerdem ist mit ihr ein undurchdringbares Kontinuum gegeben, das keine Lücken enthält.

Doch existieren mit ihr Verkürzungen der Dimensionen, die dynamische Bilder auf einem höher-dimensionalen Träger sind. Die Verkürzungen folgen aus der Umwandlung von Raum- in Zeit-Dimensionen, so dass Bewegungen möglich werden und Teilchen-Ereignis-Impulse die Massen, Funktionen-Ereignis-Impulse die Ladungen der Teilchen generieren können. Es gibt zu jeder erreichbaren Raum-Dimension $0 < k < \infty$ wenigstens einen Raum-Zeit-Kosmos, doch kann es sehr viele Stapel von Raum-Zeit-Kosmen zu jeder Raum-Dimension k geben. Jeder Raum-Zeit-Kosmos besitzt wenigstens eine Zeit-Dimension. Die Anzahl der potentiellen Zeit-Dimensionen unbegrenzt.

Die (Teilchen-, Funktionen-)Ereignis-Impulse sind Vektoren. Die potentiellen Vektoren zu einer bestimmten Dimension erzeugen einen Vektorraum, in dem ein Abstand analog zur flachen Raum-Zeit erklärt ist. Es treten Bewegungen von Funktionen auf, wenn Funktionen-)Ereignis-Impulse auf sie angewandt werden. Dann wird der Funktionenraum zu einem gekrümmten Riemannschen Raum. Die Funktionenräume sind ebenfalls mit der Realität gegeben. Auch den Funktionen kommt eine Klassenstufe zu, die um eine Klassenstufe höher ist als die höchste Klassenstufe der Teilchen/Funktionen aus Definitions- und Wertebereich.

Die Funktionen können mit Teilchen der gleichen Klassenstufe gegeben sein und auf ihre Elemente angewandt werden, mit denen auch wieder Funktionen gegeben sind, auf die sie angewandt werden etc. Doch kann die Funktion weder auf sich selbst noch auf ein stufengleiches Teilchen angewandt werden oder ein stufengleiches Teilchen zuordnen. Entsprechend treten die Funktionenräume in der Ordnung der Funktionenstufe und zugeordneten Klassenstufe auf, bezogen auf die Teilchenräume einer bestimmten Dimension, die wiederum die Klassenstufe der Teilchen begrenzt.

Die Wahrscheinlichkeitsfunktionen sind Relationen in der Metatheorie, die den Aussagen über Objekt-Tupel in der Theorie Gewissheiten zuordnen. Die Anwendung von Relationen-Ereignis-Impulsen auf die Relationen führen zu biologischen Ladungen von Aussagen in Theorien der Metastufen $0, 1, 2, \dots$.

Infolge der sequentiell hinzutretenden höher-dimensionalen inneren Körper gibt es:

- (0) physikalische Körper ohne biologischen Ladungen,
- (1) Lebewesen mit einer Seele (Pflanzen, Tiere, Menschen) und Emotionen,
- (2) Lebewesen mit Geist (Tiere, Menschen) und Gedanken/Vorstellungen,
- (3) Lebewesen mit Metageist (Menschen) und Metagedanken/Metavorstellungen,

.....
 Doch sind dem Lebewesen der stufengrößte innere Körper und die neuen biologischen Ladungen unbekannt. Wahrgenommen werden gemäß seiner Stufe:

- (1) physikalische Körper, (2) Emotionen, (3) Gedanken/Vorstellungen.

Höhere Lebewesen nehmen Metagedanken/Metavorstellungen wahr etc.

Die Lebewesen besitzen einen äußeren Bildraum, der für sie die Gegebenheit ist. Die Evolution von Lebewesen erfordert die Ankopplung von inneren Körpern. Doch begrenzt die Dimension $k(=3)$ des äußeren (0. inneren) Körpers die Anzahl $0 < j \leq k$ der nachfolgenden $k+j$ -dimensionalen inneren Körper. Wenn weitere innere Körper angekoppelt werden, wird nach 2 Schritten der k -dimensionale äußere Körper abgestoßen und durch den 1. $k+1$ -dimensionalen inneren Körper (die Seele) ersetzt, so dass das Lebewesen $k+1$ innere Körper und einen erweiterten äußeren Bildraum mit neuen Arten von Elementarteilchen besitzt. Es betritt eine neue höher-dimensionale Welt. Bei der Ankopplung eines weiteren inneren Körpers wird nur der 1. innere Bildraum erweitert aber nicht der äußere Bildraum.

Der Bildraum der Lebewesen wird mit jedem weiteren inneren Körper erweitert. Doch erfordert das Auftreten von Teilchen höherer Klassenstufen auch höhere Dimensionen. Das Auftreten von neuen physikalischen Ladungen erfordert Funktionen-Ereignis-Impulse höherer Funktionenstufen. Das Auftreten von Aussagen höherer Metastufen mit neuen biologischen Ladungen erfordert Relationen-Ereignis-Impulse höherer Metastufen. Diese Funktionen müssen mit der Realität gegeben sein. Eine Evolution von einfachen zu höheren Systemen mit neuen Teilchen höherer Klassenstufen, neuen Ladungsarten und Funktionen höherer Funktionenstufen oder Metastufen ist von sich selbst heraus unmöglich.

Die mit der Realität gegebenen Funktionen ermöglichen eine unbegrenzte Evolution, weshalb sie nicht nur eine Unmenge und ein Raum von unerreichbarer Dimension und Ausdehnung sein muss, sondern ein Unlebewesen ist, das einen Unbildraum besitzt, der alle Bildräume der (potentiellen) Lebewesen mit ihren inneren Körpern umfasst. Mit ihr existiert ein Unquantenfeld, das alle Quantenfelder umfasst, die die Bildräume der Lebewesen transportieren. Das "Unbild" der Realität auf sich selbst kann im Sinne des Welle-Teilchen-Dualismus sowohl Wellenbild als auch Teilchenbild sein. Das Unlebewesen "Realität" ist eine neue Qualität, die von keinem Lebewesen erreicht werden kann.

"Die Realität ist Schöpfer alles Existierenden, sie ist Gott".

Erst das Unlebewesen "Realität" ermöglicht eine unbegrenzte Evolution vom Niederen zum Höheren. Obwohl Lebewesen schöpferische Fähigkeiten besitzen, können sie sich nicht selbst höher entwickeln. Dazu sind stufengrößere Funktionen erforderlich, die mit dem Unlebewesen "Realität" gegeben sind.

Es zeigt sich, dass der jüdisch-christliche Gottesbegriff synonym ist mit dem naturwissenschaftlich begründeten Realitätsbegriff. Der Apostel Paulus greift in seiner Rede in Athen eine Aussage griechischer Philosophen auf: "In Gott leben weben und sind wir" [77:Apg 17,28]. Es gibt nichts außerhalb von Gott. Der König Salomo von Israel spricht bei der Einweihung des Tempels: "Sollte Gott wirklich auf Erden

wohnen? Siehe, der Himmel und aller Himmel Himmel können dich nicht fassen – wie sollte es denn dies Haus tun, das ich gebaut habe?" [1Kön 8,27].

Doch existiert ein Bild Gottes in seiner Schöpfung, genannt der Sohn Gottes Jesus Christus [77:Kol 1,15-16]. Der Mensch ist nach dem Bilde Gottes geschaffen [77:1Mos 1,26-27], er ist ein Bild vom Bild Gottes. Im Sinne des Welle-Teilchen-Dualismus gibt es zu einem Teilchenbild auch ein Wellenbild. Das Wellenbild Gottes ist der Heilige Geist [77:Apg 1,8], das Teilchenbild ist der Sohn.

Die Realität (Gott) besitzt eine hierarchische Struktur, die im Sinne der Stufenrelation der Klassentheorie von absolut unerreichbarer Stufe ist. Es gibt auch keinen Limes-Operator, der sie erreichen könnte. Kein Lebewesen kann sich über die Realität stellen und alle Eigenschaften der Realität wahrnehmen, denken (metadenken). Der Gottesbeweis beruht auf der Entdeckung der Stufenrelation und bedarf keiner Begrenzung der Realität auf Bereiche, die das Lebewesen (der Mensch) erreichen kann.

Im Folgenden soll gezeigt werden, dass die schrittweise Erweiterung des Realitätsbegriffs eine Vereinigung der Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie, Psychologie etc.) zu einer Einheits-Wissenschaft ermöglicht, deren Dach die Theologie ist.

9 Literaturverzeichnis

Logik

- [1] Asser, G.: Einführung in die mathematische Logik
Teil 1: Aussagenkalkül
Teil 2: Prädikatenkalkül der ersten Stufe
Teil 3: Prädikatenlogik höherer Stufe
Teubner-Verl., Leipzig 1972, 1972, 1981
- [1'] Fraenkel, A. A.: Mengenlehre und Logik, Berlin 1959
- [2] Gödel, K.: Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme
Akad. der Wiss. in Wien (math.-naturw. Kl.) 1930, Nr.19
- [3] Klaua, D.: Allgemeine Mengenlehre 1 und 2
Akademie-Verl., Berlin 1968, 1969
- [4] Klaua, D.: Elementare Axiome der Mengenlehre
Akademie-Verl., Berlin 1971
- [5] Klaua, D.: Grundbegriffe der axiomatischen Mengenlehre Teil 1 und 2
Akademie-Verl., Berlin 1973
- [6] Klaua, D.: Konstruktion ganzer, rationaler und reeller Ordinalzahlen und die diskontinuierliche Struktur der reellen Zahlenräume
Akademie-Verl., Berlin 1971
- [6'] Wikipedia, die freie Enzyklopädie: kosmologie.für-eilige.de/Urknall
- [6''] Wikipedia, die freie Enzyklopädie: kosmologie.für-eilige.de/ende
- [7] Kreiser, L. und Gottwald, S. und Stelzner, W.:
Nichtklassische Logik, eine Einführung; Akademie-Verl., Berlin 1988
- [8] Nagel, E. und Newman, J. R.: Der Gödelsche Beweis;
Oldenbourg-Verl., Wien, München 1964
- [9] Novikov, P. S.: Grundzüge der mathematischen Logik
(Übersetzung aus dem Russ.), Berlin 1973
- [9'] Raschewski, P. K.: Riemannsche Geometrie und Tensoranalysis
(Übersetzung aus dem Russ.), Berlin 1959
- [10] Tarski: Satz von der Nichtdefinierbarkeit der Wahrheit

Physik

- [11] Achieser, A., I. und Berestezki: Quantenelektrodynamik
Teubner-Verl., Leipzig 1962
- [12] Bartels, H.-W.: Das Welt-Puzzle, die kleinsten Teilchen im Visier
Bild d. Wissenschaft, Nov. 1992
- [13] Ebeling, W. und Feistel, R.: Physik der Selbstorganisation und Evolution
Akademie-Verl., Berlin 1982
- [14] Einstein, A.: Grundzüge der Relativitätstheorie
- [15] Finkelburg, W.: Einführung in die Atomphysik
Springer-Verl., Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962
- [16] Fritsch, H.: Quarks, Urstoff unserer Welt
R.Piper&Co.Verlag, München, Zürich 1983
- [16'] Gerthsen, C.: Physik, ein Lehrbuch zum Gebrauch neben Vorlesungen
Springer-Verl., Berlin, Göttingen, Heidelberg 1960
- [17] Guenther, P.: Spinorkalkül und Normalkoordinaten
Zeitschrift f. Angewandte Mathematik und Mechanik (ZAMM)
Bd.55, H.5 (1975), S.205-210

- [18] Heisenberg, W.: Einführung in die einheitliche Feldtheorie der Elementarteilchen; Stuttgart 1967
- [19] Herlt, E. und Salié, N.: Spezielle Relativitätstheorie Akademie-Verl., Berlin 1978
- [19] Herrmann, D.,B: Das Urknall Experiment, die Suche nach dem Anfang der Welt; Franckh.-Kosmos Verlags-GmbH&Co. KG, Stuttgart 2014
- [20] Infeld, L. und van der Waerden, P., L. (vorgelegt von Herrn Schrödinger): Wellengleichung des Elektrons in der allgemeinen Relativitätstheorie Sitzungsberichte der preuß. Akademie der Wiss. zu Berlin, Phys.-Mathem.-Klasse, 1933, I/18 S.380-401
- [21] Jordan, P.: Schwerkraft und Weltall Vieweg-Verl., Braunschweig 1955
- [22] Joos, G.: Lehrbuch der theoretischen Physik Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1959
- [23] Kreisel, E. und Liebscher, D.-E. und Treder, H.-J.: Zur Quantengeometrodynamik; Akademie-Verl., Berlin 1967
- [24] Kasper, U.: On the Interaction of Fermion and Boson Fields with the Gravitational Field; Ann. d. Physik, F.7, Bd.35, H.3, (1978) S.233-240
- [24] Klein, S.: Die Welt aus dem Nichts; Der Spiegel 52/1998
- [25] Landau, L., D. und Lifschiz E., M.: Mechanik Akademie-Verl., Berlin 1962
- [26] Landau, L., D. und Lifschiz E., M.: Feldtheorie Akademie-Verl., Berlin 1963
- [27] Ludwig, G.: Fortschritte der Projektiven Relativitätstheorie Vieweg-Verl., Braunschweig 1951
- [28] Macke, W.: Quanten, ein Lehrbuch der theoretischen Physik Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1962
- [29] Macke, W.: Quanten und Relativität, ein Lehrbuch der theoretischen Physik; Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1963
- [29] Petrow, A. S.: Einstein-Räume Akademie-Verl., Berlin 1964
- [30] Rennert, P., Schmiedel, H. und Weißmantel, Ch.: Kleine Enzyklopädie Physik; VEB Bibliographisches Institut, Leipzig 1986
- [30] Rompe, R. und Treder, H.-J.: Zur Quantenstruktur der Messkörper Ann. d. Physik, F.7, Bd.47, H.5 (1990) S.432-434
- [31] Rompe, R. und Treder, H.-J.: Zählen und Messen Akademie-Verl., Berlin 1985
- [32] Schmutzer, E.: Symmetrien und Erhaltungssätze der Physik Akademie-Verl., Berlin 1972
- [33] Schmutzer, E.: Relativistische Physik Teubner-Verl., Leipzig 1968
- [33] Schwalbe, K.: Analytische Ausdehnung zentralsymmetrischer Metriken und Diskussion der Kerrschen Lösung der Einsteinschen Gravitationsfeldgleichung für das Vakuum; Diplomarbeit, Humboldt-Universität Berlin, 1965, angefertigt im Institut für reine Mathematik der Deutschen Akademie der Wissenschaften Berlin-Adlershof
- [33"] Schwalbe, K.: Notwendigkeit eines logizistisch-physikalischen Weltbildes Berlin 2000, www.Glaube-Naturwissenschaft.org
- [33""'] Schwalbe, K.: Theorie realer Klassen;

- Berlin 2001, www.Glaube-Naturwissenschaft.org
- [33'''] Schwalbe, K.: Konstruktive Definition des logizistisch-physikalischen Weltbildes; Berlin 2008, www.Glaube-Naturwissenschaft.org
- [33'''''] Schwalbe, K.: Logizistisch-Physikalisches Weltbild mit einer unitären Physik Berlin 2011, www.Glaube-Naturwissenschaft.org
- [33'''''''] Schwalbe, K.: Unitäre Physik, Biologie und Theologie unter Einbeziehung der Klassenlogik und Semiotik; Druckerei & Verlag Hans-Volker Götze, Berlin; korrigierte Fassung 2016, 1. Auflage 2015
- [34] Sokolow, A. A.: Elementarteilchen (Übersetzung aus dem Russ.) Berlin 1968
- [35] Stephani, H.: Allgemeine Relativitätstheorie, eine Einführung in die Theorie des Gravitationsfeldes; Deutscher Verl. der Wissenschaften, Berlin 1977
- [36] Treder, H.-J.: Relativität und Kosmos, Raum und Zeit in der Physik, Astronomie und Kosmologie Akademie-Verl., Berlin 1970
- [37] Treder, H.-J.: Philosophische Probleme des physikalischen Raumes Akademie-Verl., Berlin 1974
- [38] Treder, H.-J.: Die Quantentheorie des Gravitationsfeldes und die Planck'sche Elementarlänge; aus: Plenarvorträge auf der 30. Physikertagung 1965 Frankfurt/M.-Höchst; Teubner-Verl., Stuttgart 1965
- [39] Treder, H.-J.: Lorentzgruppe, Einstein-Gruppe und Raumstruktur aus: Treder, H.-J.: Einstein-Symposium: Entstehung, Entwicklung und Perspektiven der Einsteinschen Gravitationstheorie vom 2.-5.11.1965, Berlin, Akademie-Verl., Berlin 1966
- [40] Treder, H.-J.: Die Supereichsymmetrie in der allgemeinen Relativitätstheorie (Einstein A-Gruppe) Ann. d. Physik F.7, Bd.35, H.3 (1978) S.225-232
- [41] Treder, H.-J.: Einsteins hermitesche Relativitätstheorie als Unifikation von Gravo- und Chromodynamik; Ann. d. Physik F.7, Bd.37, H.4, (1980), S.250-258
- [42] Treder, H.-J.: Wann kann die Gravitation zu einer starken Wechselwirkung werden? Ann. d. Physik, F.7, Bd.32, H.3 (1975) S.238-240
- [43] Treder, H.-J.: Einsteins Feldtheorie mit Fernparallelismus und Diracs Elektrodynamik (Unitäre Feldtheorie mit Vektorpotential als Bezugstetrad); Ann. d. Physik, F.7, Bd.35, H.5 (1978) S.377-388
- [44] Weizsäcker, C.-F. v.: Die philosophische Interpretation der modernen Physik Nova Acta Leopoldina, Neue Folge Nr.207, Bd.37/2 Deutsche Akademie der Naturforscher, Halle/Saale 1975
- [44'] Unzicker, A.: www.vom-urknall-zum-durchknall.de/PM.html Interview mit Zeitschrift P.M., Juli 2010
- [44''] Unzicker, A.: Auf dem Holzweg durchs Universum München 2012
- [45] Weizsäcker, C.-F. v.: Evolution und Entropie

Automatentheorie/Kybernetik

- [46] Behnke, H. u. Rennert, R. u. Steiner, H.-G. u. Tietz, H.: Mathematik 1 und 2, Das Fischer Lexikon Fischer-Bücherei KG, Frankfurt/Main 1964

- [47] Church, A.: A note on the Entscheidungsproblem
J. symbolic Logic 1, S.40-41 (1936)
- [48] Dauscha, W.: Zur Realisierbarkeit unendlicher stochastischer Automaten aus Zufallsgeneratoren und determinierten Automaten
Elektronische Informationsverarbeitung und Kybnermetik;
EIK 11 (1975) H.9, S.517-531
- [49] Goessel, M. und Modrow, H., D.: Zur Realisierung stochastischer Automaten aus Zufallsgeneratoren und determinierten Automaten;
- [50] Lerner, A.: Grundzüge der Kybernetik
(Deutsche Bearbeitung: Reinisch, K.) Verl. Technik, Berlin 1970
- [51] Shannon, C., E.: A mathematical Theory of communication
- [52] Schnorr und Schatz: Zufall und Wahrscheinlichkeit
- [53] Starke: Abstrakte Automaten
- [54] Trachtenbrot, B., A.: Wieso können Automaten rechnen? Eine Einführung in die logisch-mathematischen Grundlagen programmgesteuerter Rechenautomaten; Deutscher Verl. d. Wiss., Berlin 1971
- [55] Topsoe, F.: Informationstheorie (deutsche Übersetzung)
Teubner Studienbücher Mathematik, Stuttgart 1974

Biologie/Theologie

- [56] Beck, H.,W.: Biologie und Weltanschauung – Gott, der Schöpfer und Vollender, und die Evolutionskonzepte des Menschen
Häussler-Verl., Neuhausen-Stuttgart 1979
- [57] Cramer, F.: Chaos und Ordnung, die komplexe Struktur des Lebendigen
Deutsche Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1989
- [58] Dam, W.,C. v.: Tote sterben nicht
Pattloch-Verl., Kampen/Holland 1989 (deutsch: Weltbild-Verl., Augsburg)
- [58'] Gitt, Werner und Vollmert, Bruno: Was Darwin nicht wusste
Internet: "Was Darwin nicht wusste"
- [59] Hampe, J.,C.: Sterben ist doch ganz anders, Erfahrungen mit dem eigenen Tod
Kreuz-Verl., Stuttgart-Berlin 1977
- [60] Heiler, F.: Sadhu Sundar Singh, ein Apostel des Ostens und des Westens;
München 1925
- [61] Heisenberg, W.: Das Naturbild der heutigen Physik
Rowohlt Taschenbuch-Verl., Hamburg 1955
- [62] Ditfurth, H: Im Anfang war der Wasserstoff
Weltbild-Verl., Augsburg 1990
- [63] Jung-Stilling, J.,H.: Szenen aus dem Geisterreich
Verl. Die Aue, Elberfeld 1933
- [64] Philberth, B.: Der Dreieine, Anfang und Sein der Struktur der Schöpfung
Christiana-Verl., Stein am Rhein/Schweiz 1970
- [65] Rohrbach, H.: Naturwissenschaft, Weltbild, Glaube
Brockhaus-Verl., Taschenbücher Bd.117, Wuppertal 1970
- [66] Ouveeneel, W.,J.: Evolution in der Zeitenwende, Biologie und die Evolutionslehre – die Folgen des Evolutionismus;
Häussler-Verl., Neuhausen-Stuttgart 1984
- [67] (Sadhu) Singh, Sundar: Gesichte aus der jenseitigen Welt
(aus dem Englischen übersetzt von A.M.H.) „Mehr Licht“-Verl., Hamburg 24
- [68] (Sadhu) Singh, Sundar: Gesammelte Schriften
(herausgegeben von F. Melzer) Evangelischer Missionsverlag, Stuttgart 1984

- [69] Schädé: Nervensystem;
- [70] Schneider, H.: Der Urknall und die absoluten Datierungen;
Hänssler-Verl., Neuhausen-Stuttgart 1982
- [71] Smith, A.,E.,W.: Die Naturwissenschaften kennen keine Evolution, empirische
und theoretische Einwände gegen die Evolutionstheorie
Schwabe-Verl., Basel-Stuttgart 1978
- [72] Smith, A.,E.,W.: Grundlage zu einer neuen Biologie, Umbruch in der
biologischen Erkenntnis; Hänssler-Verl., Neuhausen-Stuttgart 1974
- [73] Smith, A.,E.,W.: Die Erschaffung des Lebens, Evolution aus kybernetischer
Sicht; Hänssler-Verl., Neuhausen-Stuttgart 1972
- [74] Smith, A.,E.,W.: Herkunft und Zukunft des Menschen
- [75] Smith, A.,E.,W.: Die Demission des wissenschaftlichen Materialismus
Hänssler-Verl., Neuhausen-Stuttgart 1979
- [76] Die Heilige Schrift (Bibel) nach der deutschen Übersetzung D. Martin Luthers
Evangelische Haupt-Bibelgesellschaft, Berlin 1957
- [77] Die Bibel oder die ganze Heilige Schrift des Alten und des Neuen Testaments
nach der deutschen Übersetzung Martin Luthers
Evangelische Hauptbibelgesellschaft zu Berlin, 1965
- [77'] Scofield Bibel, Revidierte Elberfelder Übersetzung
Brockhaus Verlag Wuppertal und Zürich, 1992
- [78] Veith, W.: Die Erde ist Zeuge, DVD
- [79] Der Große Brockhaus in 2 Bänden
F.A. Brockhaus GmbH, Leipzig 2004
- [80] Alexander, Dr. med. Eben: Blick in die Ewigkeit,
Ansata-Verlag, München 2013 deutschsprachige Ausgabe
- [81] Ahlers, Alice: Zeichen der Götter; aus Berliner Zeitung 23./24.11.2013

10 Anlage

10.1 → Allgemeines zu logischen Sprachen

Die Semiotik [1], [4] ist die Theorie der Verknüpfung von Atomzeichen (Alphabet- und Sonderzeichen) zu Zeichenketten oder mehrdimensional zu Zeichengestalten. Bei einem Atomzeichen und 1-dimensionaler Verknüpfung ist die Semiotik isomorph (Eigenschafts- und Relationen-treu) zur Arithmetik der natürlichen Zahlen. Der natürlichen Zahl n entspricht die Zeichenkette, bestehend aus der n -fachen Verknüpfung des gleichen Atomzeichens.

In einer logischen Sprache werden den Zeichen durch eine Abbildung (die Kodierung) Bedeutungen eindeutig zugeordnet, d.h. die Bedeutungen werden eindeutig bezeichnet. Die Modelle Σ zu einer Theorie Th umfassen die Bedeutungsklassen

$$\Sigma_{Th} := [K_{ob}, K_R, K_E, K_F], \quad (:= - \text{Definitionszeichen}, \subseteq - \text{Teilklassen}),$$

K_{ob} – Objektklasse (Trägerklasse), K_R – Relationenklasse, K_E – Eigenschaftsklasse, K_F – Funktionenklasse.

Die Umkehrfunktion zur Kodierung ist die Interpretation, die im Allgemeinen eine mehrdeutige Funktion ist, aber durch Auswahl von Hauptwerten eindeutig gemacht werden kann. Die Zeichen mit Bedeutungen heißen Begriffe. Zu den Grundbegriffen treten Bildungsregeln, die Grammatik der Sprache, gemäß denen aus den Grundbegriffen weitere eindeutig definierte Begriffe abgeleitet werden können, die in das Begriffsnetz der logischen Sprache eingehen. Das Begriffsnetz umfasst die Teilklassen der Zeichenklasse, deren Elemente eine Bedeutung besitzen.

Die Aussagenklasse ist eine Teilklassse von dem Begriffsnetz der Sprache, die wahre und falsche Aussagen enthält. Die Satzklasse K_S einer Theorie Th enthält alle wahren Aussagen. Das Axiomensystem $K_A \subseteq K_S$ umfasst ausgezeichnete Sätze, aus denen in einer axiomatisierbaren Theorie mit Hilfe der Schlussregeln alle Sätze der Satzklasse abgeleitet werden. In einer nicht axiomatisierbaren Theorie ist die aus dem Axiomensystem abgeleitete Satzklasse eine Teilklassse der Klasse aller wahren Aussagen. Axiomensystem und Schlussregeln bilden das Deduktionsgerüst einer Theorie.

Bei einem Objekt mit geometrischen und physikalischen Eigenschaften kann durch Anlegen von Maßstäben seine Länge, Breite und Höhe bestimmt werden.

Mit Messinstrumenten oder den 5 Sinnen werden physikalische Eigenschaften des Objekts wahrgenommen, die auf der Aussendung (Reflektion) von Lichtwellen, Schallwellen, Gasen etc. beruhen. Vergleiche von Objekten führen zur Entdeckung von Relationen ("kleiner" $<$, "größer" $>$, "gleich" $=$, etc.). Die Relationen sind Eigenschaften der Objekt- n -Tupel ($n=2$), für $n=1$ sind es Eigenschaften eines Objekts.

Das Messinstrument reagiert auf einlaufende Signale (z.B. einfallendes Licht), die Eigenschaften (Farben) von Objekten transportieren. Die wahrgenommene (Farb-) Eigenschaft von dem Objekt (das Licht aussendet oder reflektiert) wird in der Sprache vom Objekt getrennt. Der Mensch trennt gedanklich die Eigenschaften der Objekte von den Objekten. Die Trennung der n -stelligen Relation R^n vom Objekt- n -Tupel $ob_1 \dots ob_n$ ist eine Voraussetzung für die sprachliche Formulierung von Aussagen $a := R^n ob_1 \dots ob_n$, in denen die Relationen R^n auf Objekt- n -Tupel $ob_1 \dots ob_n$ angewandt werden. Infolge einer willkürlichen Zuordnung können die Aussagen wahr/falsch oder mit unterschiedlicher Gewissheit wahr/falsch sein, was auf eine 2- oder mehrwertige Logik führt.

Die Aussagenlogik (Logik der Aussagenverbindungen) ist die Grundlage der logischen Sprachen. Mit Hilfe der aussagenlogischen Funktoren:

"nicht" \neg , "und" \wedge , "oder" \vee , "wenn-so" \rightarrow , "genau dann, wenn" \leftrightarrow , etc.

können Aussagen zu Aussagenverbindungen verknüpft werden. Es gibt 16 Funktoren, die aber aus einem einzigen Funktor "nicht-und" oder "nicht-oder" ableitbar sind. In der 2-wertigen Logik mit den Wahrheitswerten "wahr" w, "falsch" f werden den Wahrheitswerten der Aussagen a, b die Wahrheitswerte der Verknüpfung $a \circ b$ in Wertetabellen zugeordnet, z.B.

$a = |w|w|f|f|$, $a = |w|w|f|f|$, $a = |w|w|f|f|$, $a = |w|w|f|f|$ $a = |w|f|$.
 $b = |w|f|w|f|$ $b = |w|f|w|f|$ $b = |w|f|w|f|$ $b = |w|f|w|f|$ $\neg a = |f|w|$
 $a \wedge b = |w|f|f|f|$ $a \vee b = |w|w|w|f|$ $a \rightarrow b = |w|f|w|w|$ $a \leftrightarrow b = |w|f|f|w|$

Es wird der Aufbau komplizierter Aussagen aus einfachen Aussagen ermöglicht.

Die Prädikatenlogik 1. Stufe ist eine Aussagenlogik mit Quantoren und der Identitätsrelation "identisch gleich" =. Es wird die logische "Feinstruktur" der Aussagen berücksichtigt. An die Stelle der Aussage $a := R^n ob_1 \dots ob_n$ tritt die Aussageform $a(x) := R^n ox_1 \dots x_n$, in der freie Variable x für irgendwelche Dinge aus einem Variabilitätsbereich X auftreten. Die Aussageform besitzt eine bestimmte Stellenzahl n bei n Variablen $x := x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$ aus den Variabilitätsbereichen $X := X_1, \dots, X_i, \dots, X_n$. Die Variable $x_i \in X_i$ ist ein Element aus dem Variabilitätsbereich X_i . Die Relation "Element aus" \in ist ein Grundbegriff in der Klassentheorie.

Die Aussageform geht in eine Aussage über, wenn für die Variablen x Bezeichnungen ob für bestimmte Objekte aus den Variabilitätsbereichen eingesetzt werden. Doch gibt es auch eine Bindung freier Variabler durch Quantoren:

"für jedes" \forall , "es gibt ein" \exists , "es gibt genau ein" $\exists!$, "dasjenige" ι etc.

In der Aussageform $\forall x_i \in X_i a(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$ bindet der Quantor \forall die Variable x_i , es verkürzt sich die Stellenzahl auf $n-1$.

Analog können Eigenschaften, Relationen, Funktionen aus verschiedenen Teilklassen sein, die in einer Aussage durch Variable ersetzt werden, was auf Begriffsschemata und Gesetzeschemata führt.

Z.B. kann die Dimension eines Raumes zu jeder natürlichen Zahl n aus der Klasse N der natürlichen Zahlen eindeutig definiert werden, obwohl experimentell nur die Dimensionen $0 \leq n \leq 3$ prüfbar sind. Die Dimension n des Raumes bezeichnet die Anzahl der linear unabhängigen Komponenten, die ein Vektor im n-dimensionalen Raum besitzt.

Die Geometrie des Raumes wird durch die Metrik $G: V^n \rightarrow V^{\wedge n}$ definiert, die dem n-dimensionalen Vektorraum V^n den dualen Vektorraum $V^{\wedge n}$ zuordnet und ein 2-stufiger Tensor ist. Die zueinander dualen Vektorräume unterscheiden sich im Transformationsverhalten der Vektoren. Wenn der Vektor $\vec{v} \in V^n$ mit der Matrix A transformiert wird, transformiert sich der duale Vektor $\vec{v}^{\wedge} := G \cdot \vec{v} \in V^{\wedge n}$ mit der transponierten inversen Matrix $(A^{-1})^T$. Das gilt für jede Dimension n des Vektorraumes. In gekrümmten Räumen (z.B. sind die Oberflächen der Körper gekrümmte 2-dimensionale Räume) ändert sich die Metrik G in jedem Punkt P des gekrümmten Raumes. Sie definiert die Geometrie des Raumes, einschließlich (reelle) Raum- und (imaginäre) Zeit-Dimensionen.

10.2 → Klassentheorie

Die Klassenlogik (allgemeine Mengenlehre) kann in der Prädikatenlogik 1. Stufe formuliert werden, sie ist in den Prädikatenlogiken höherer Stufen $k > 1$ implizit bis zu den Klassen der Stufen k enthalten. Das Begriffsnetz der Klassentheorie ist aus der Element-Relation \in – "Element aus" und der leeren Klasse \emptyset (nach Zermelo-Fränkel [1']) oder der Stufenrelation \ulcorner – "stufenkleiner als" (nach Klaua [3,4,5]) ableitbar.

Die Klasse ist eine gedankliche Zusammenfassung von Objekten mit gemeinsamen Eigenschaften. Die Objekte $x \in X$ heißen Elemente der Klasse X . Die Elemente können auch Klassen mit gemeinsamen Eigenschaften sein. Dann gibt es Klassen von Klassen, die genau um eine Klassenstufe höher sind als die höchste Anzahl k der Verschachtelungen ihrer Elemente, d.h. sie haben die Klassenstufe $k' := k + 1$ (k' ist der unmittelbare Nachfolger auf die Ordinalzahl k).

Eine Klasse kann als Behälter mit einem Eigenschafts-Etikett interpretiert werden, der alle Objekte mit der angegebenen Eigenschaft enthält, die sich aber in wenigstens einer Eigenschaft unterscheiden. Die Klasse ist allein durch ihren Inhalt definiert, weshalb der Behälter weder geometrische noch physikalische Eigenschaften besitzt.

Eine Klasse heißt Menge, wenn es eine stufengrößere Klasse gibt, die sie als Element enthält, andernfalls heißt die Klasse Unmenge.

Die Klasse $X := \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ enthält n Elemente $x_1, x_2, \dots, x_n \in X$. Für $n=2$ gibt es die Teilklassen $\{x_1, x_2\}, \{x_1\}, \{x_2\}, \emptyset \subseteq X := \{x_1, x_2\}$. Die leere Klasse $\emptyset := \{_ \}$, die nichts $_$ enthält, ist auch eine Teilklasse, weshalb die Ausgangsklasse X , von der nichts abgetrennt wird, auch eine Teilklasse ist. Die Klasse $P(X) := \{\emptyset, \{x_1\}, \{x_2\}, X\}$ aller Teilklassen von der Klasse X heißt Potenzklasse, weil sich die Anzahl n der Elemente von X bei der Bildung aller Teilklassen potenziert auf die Anzahl 2^n . Hatte X die Klassenstufe $k=1$, dann hat $P(X)$ die Klassenstufe $k'=2$.

Die Vereinigung \cup von Klassen führt auf eine Klasse, die die Elemente von beiden Klassen enthält. Die Klasse $X \cup P(X) = \{x_1, x_2, \emptyset, \{x_1\}, \{x_2\}, X\}$ enthält Elemente, die auch Teile von ihr sind, $\{x_1\}, \{x_2\} \in X \cup P(X)$, $\{x_1\}, \{x_2\} \subseteq X \cup P(X)$. Im Allgemeinen sind die Elemente keine Teile und Teile sind keine Elemente.

Wenn zu einer Klasse X die Potenzklasse $P(X)$ gebildet werden kann, dann ist sie auch eine Menge wegen der Eigenschaft $X \in P(X)$. Unmengen können nicht potenziert werden.

Die Vereinigung $P(M) \cup M$ der Potenzmenge $P(M)$ mit der Menge M ist eine Menge, die alle Teilmengen und alle Elemente der Menge enthält. Sie hat die Klassenstufe der Potenzmenge.

Die Bildung von Allmengen A^k wachsender Klassenstufe k erfordert die fortlaufende Potenzierung und die Vereinigung mit der Grundmenge,

$$A^k := P(\dots_k \dots P(P(U) \cup U) \cup P(U) \cup U) \dots_k \dots) = P(\dots_k \dots P(P(\emptyset) \dots_k \dots)) \text{ für } U = \emptyset.$$

Wenn der Urbereich leer ist, $U = \emptyset$, führt die fortlaufende Potenzierung zu Allmengen wachsender Klassenstufe k , da jedes Element eine Teilmenge ist.

Die Klasse aller Mengen (Allklasse) $A^\infty(U)$ über einem Urbereich U (der auch leer sein kann), ist keine Menge sondern eine Unmenge, weil es keine stufengrößere Klasse gibt, die sie als Element enthalten kann. Die Unmenge besitzt keine erreichbare Kardinalzahl $0 \leq k < \infty$, sie ist unerreichbar-unendlich ∞ .

Die Klasse $N_\infty := \{0, 1, 2, \dots, \infty_0, \infty_0 + 1, \dots, 2 \cdot \infty_0, \dots, \infty_1, \infty_1 + 1, \dots\}$ der Ordinalzahlen n ist eine Unmenge. Sie enthält die Klassenstufen (= Ordinalzahlen) als Elemente, das sind unerreichbar viele Eigenschaften von Mengen. Die Ordinalzahlen sind in der

Klasse N_∞ wohlgeordnet. Der Anfangsabschnitt der finiten Ordinalzahlen (die durch endlich viele Nachfolger-Operationen $n' = n+1$ erreicht werden, die auf 0 folgen) ist die Klasse $N_{\infty_0} := \{0, 1, 2, \dots\}$ der natürlichen Zahlen. Er enthält alle Elemente, die kleiner sind als die kleinste transfinite Ordinalzahl ∞_0 , die erst mit unendlich vielen Nachfolger-Operationen, also mit dem Limesoperator $\lim_0 (n \rightarrow \infty_0)$ erreicht wird.

Das ermöglicht ein Weiterzählen: $\infty_0, \infty_0+1, \dots, 2 \cdot \infty_0, \dots, 3 \cdot \infty_0, \dots < \infty_1$ mit Nachfolger- und Limesoperator \lim_0 , doch kann das Supremum ∞_1 nicht erreicht werden. Dazu ist ein neuer Limesoperator $\lim_1 (n \rightarrow \infty_1)$ erforderlich.

Die Teilklasse $N_A := \{\infty_0, \infty_1, \dots, \infty_i, \dots\} \subseteq N_\infty$ der Anfangszahlen enthält Zahlen, die keinen unmittelbaren Vorgänger besitzen und durch Limesoperatoren $\lim_i (n \rightarrow \infty_i)$, $i \in N_\infty$ oder das Supremum erreicht werden. Das Supremum definiert die kleinste Zahl ∞_i , die größer ist als alle mit den vorhergehenden Limes-Operatoren $\lim_{i'} (-1 \leq i' < i)$ und Nachfolger-Operator $\lim_{-1} := '$, erreichbaren Zahlen in der Wohlordnung.

Der Limes $\lim_{i'} (n \rightarrow \infty_{i'})$ kann als Grenzwert der Summe $\infty_i + \infty_i + \dots$ aufgefasst werden, der sich vom Limes \lim_0 (Grenzwert der Summe $1+1+\dots$) darin unterscheidet, dass die Eins 1 in der Summe durch die Anfangszahl ∞_i ersetzt wird und sich die Anzahl der Glieder in der Summe um eine transfinite Mächtigkeit vergrößert.

Die Teilklasse N_A der Anfangszahlen ist ebenfalls eine Unmenge von unerreichbarer Klassenstufe. Die Indexklasse N_{∞_i} zum Aufzählen der Anfangszahlen ist ein Anfangsabschnitt von der Klasse N_∞ , der alle Ordinalzahlen enthält, die kleiner sind als ∞_i . Mit jeder nachfolgenden Anfangszahl $\infty_{i'}$ nimmt der Anfangsabschnitt zum Aufzählen der Anfangszahlen um eine transfinite Mächtigkeit zu, weshalb es keinen Grenzwert gibt, den ein Limesoperator erreichen könnte. Die Klasse N_∞ der Ordinalzahlen wird zur Indexklasse und die Klasse der Anfangszahlen wird zur Unmenge.

Die Anfangszahlen sind transfinite Kardinalzahlen, die die Mächtigkeit einer Menge charakterisieren. Die Klasse N_{∞_0} der natürlichen Zahlen hat die kleinste transfinite Mächtigkeit ∞_0 , sie ist abzählbar (unendlich). Die Klasse R der linear-geordneten reellen Zahlen hat die Mächtigkeit ∞_1 des wohlgeordneten Anfangsabschnitts N_{∞_1} aller Ordinalzahlen, die kleiner sind als ∞_1 . Sie ist überabzählbar (unendlich) und gleichmächtig zur Potenzklasse $P(N_{\infty_0})$ oder zur Produktklasse $N_{\infty_0}^{N_{\infty_0}}$ aller abzählbaren Folgen von natürlichen Zahlen. Mit jeder Potenzierung oder Produktbildung einer transfiniten Klasse erhöht sich die Mächtigkeit der gebildeten Klassen, es gilt $2^{\infty_i} = \infty_i^{\infty_i} = \infty_{i'}$. Die Arithmetik der transfiniten Kardinalzahlen unterscheidet sich von der Arithmetik der transfiniten Ordinalzahlen und von der Arithmetik der natürlichen Zahlen.

In der Teilklasse der Anfangszahlen (transfinite Kardinalzahlen), denen die finiten Anfangszahlen $\infty_{-2} := 0$, $\infty_{-1} := 1$ hinzugefügt werden können, entarten sowohl die Addition $x+y$ als auch die Multiplikation $x \cdot y$ in das Maximum $\max(x, y)$, es gibt keinen unmittelbaren Nachfolger. Sie können aber mit Hilfe der Ordinalzahlen (Indizierung) aufgezählt werden. Auf eine höhere transfinite Mächtigkeit führt erst das Potenzieren $2^{\infty_i} = \infty_i^{\infty_i} = \infty_{i'}$.

In der Allgemeinen Kontinuumshypothese wird postuliert, dass es keine kleineren Mächtigkeiten gibt, die zwischen einer transfiniten Klasse X und ihrer Potenzklasse $P(X)$ liegen, d.h. die Potenzklasse definiert den unmittelbaren Nachfolger in der Klasse der transfiniten Kardinalzahlen.

In der Klasse der transfiniten Ordinalzahlen ist die Addition erklärt, doch besitzen die Anfangszahlen keinen unmittelbaren Vorgänger. Deshalb erfüllen die transfiniten Ordinalzahlen andere Axiome als die finiten Ordinalzahlen.

Sowohl die finiten Ordinalzahlen als auch die finiten Kardinalzahlen genügen der Arithmetik der natürlichen Zahlen und somit den Peanoschen Axiomen. Jede natürliche Zahl $n > 0$ besitzt nicht nur einen unmittelbaren Nachfolger $n' := n + 1$, sondern auch einen unmittelbaren Vorgänger $n - 1$.

Die finiten Kardinalzahlen bezeichnen die Mächtigkeiten (also Eigenschaften) von finiten (endlichen) Mengen. Die transfiniten Kardinalzahlen bezeichnen Mächtigkeiten von transfiniten (unendlichen) Mengen.

Elemente, die keine Mengen sind, heißen Urelemente, sie haben die Klassenstufe 0. Es sind im Allgemeinen semantisch gegebene Objekte, die in einer Theorie erklärt werden müssen.

Der Urbereich U ist die Klasse aller Urelemente. Wenn er nicht leer ist, hat er die Klassenstufe 1, andernfalls ist er mit der leeren Klasse identisch. Die Vereinigung des Urbereichs U mit seiner Potenzklasse $P(U)$ ist die Allklasse $A^2 := U \cup P(U)$ aller Elemente bis zur Klassenstufe 1. Die wiederholte Potenzierung und Vereinigung mit der Grundklasse führt nach k Schritten zur Allklasse A^k aller Elemente bis zur Klassenstufe k . Die Allklasse A^k hat die Klassenstufe k . Wenn der Urbereich leer ist, $U = \emptyset$, ist die Allklasse A^k mit der k -fachen Potenzklasse $P^k(\emptyset)$ identisch.

Die Allklasse A^∞ aller Elemente zu jeder Klassenstufe ist eine Unmenge, weil die Indexklasse zum Aufzählen der Klassenstufe immer größer wird. Es gibt keine Klasse, die sie als Element enthalten kann. Ihre Klassenstufe ist unerreichbar unendlich ∞ , die auch durch keine Grenzwertbildung mit Limesoperatoren erreicht werden kann. Alle Teilklassen, die stufenkleiner als die Allklasse A^∞ sind, sind auch Elemente der Allklasse und besitzen eine erreichbare Klassenstufe, die eine Ordinalzahl ist. Doch gibt es auch Teilklassen $Y^\infty \subseteq A^\infty$ der Allklasse, die Unmengen sind und somit keine Elemente sein können.

10.3 → Natürliche, ganze, rationale und reelle Ordinalzahlen

Weil in der Wohlordnung der Ordinalzahlen die transfiniten Anfangszahlen ω_i ($0 \leq i < \infty$) mit Hilfe von Limes-Operatoren \lim_i erreicht werden können, ist doch ein Rückwärtszählen möglich, indem von den Anfangszahlen Ordinalzahlen abgezogen werden. Es gibt dann für das Vorwärtszählen Anfangsabschnitte und für das Rückwärtszählen Anfangsabschnitte, die parallel bei Addition oder Subtraktion verlängert werden können.

Die kleinste Ordinalzahl ω_i , die größer ist als alle Ordinalzahlen n aus dem Anfangsabschnitt N_{ω_i} , kann mit dem Limesoperator $\lim_i (n \rightarrow \omega_i)$ erreicht werden, der aus dem Anfangsabschnitt N_{ω_i} herausführt, also nicht in ihm erklärt ist, weshalb das Rückwärtszählen von ω_i nicht möglich ist. Aber in den Anfangsabschnitten $N_{\omega_i} := [0 \leq n < \omega_i)$ können alle Anfangszahlen ω_{i-} ($0 \leq i \sim i$) mit den Limes-Operatoren \lim_{i-} erreicht werden, weshalb ein Rückwärtszählen von ω_{i-} möglich ist, aber nicht von ω_i . Dann gilt einheitlich für finite und transfiniten Ordinalzahlen die Peano-Arithmetik nach Klaua [6], in der noch Axiome hinzutreten, die die transfiniten Ordinalzahlen erfüllen. Es gelten die Peanoschen Axiome auch für die transfiniten Ordinalzahlen. Zur Unterscheidung von den Ordinalzahlen werden sie natürliche Ordinalzahlen (nach Klaua) genannt.

Außerdem gelten die Umkehroperationen Subtraktion und Division, was auf finite und transfiniten ganze und rationale Ordinalzahlen führt. Die Anwendung der Limes-Operatoren führt auf finite und transfiniten reelle Ordinalzahlen. Das ermöglicht die Verallgemeinerung der Arithmetiken finiter Zahlen zu Arithmetiken transfiniten natürlicher, ganzer, rationaler und reeller Ordinalzahlen nach Klaua [6].

Die transfiniten Kardinalzahlen können als Anfangszahlen in der Wohlordnung der natürlichen Ordinalzahlen nach Klaua wie natürliche Zahlen n addiert und multipliziert werden. Sie können wie ganze Zahlen subtrahiert und wie rationale Zahlen m/n dividiert werden.

Die reellen Ordinalzahlen r sind linear geordnet und definieren ein Kontinuum in jedem Anfangsabschnitt $R_{\omega_i} := \{0 \leq r < \omega_i\}$ der positiven reellen Ordinalzahlen $r \in R_{\omega_i}$, die größer oder gleich 0 und kleiner als eine Anfangszahl ω_i ($1 \leq i < \infty$) sind. Er hat die gleiche obere Schranke ω_i wie der Anfangsabschnitt N_{ω_i} der natürlichen Ordinalzahlen. Doch gibt es im Sinne der Intervallschachtelung kein kleinstes Element, das mit den im Anfangsabschnitt R_{ω_i} erklärten Limesoperatoren $\lim_{i-} (-1 \leq i \sim i)$ erreicht werden könnte. Zwischen 2 beliebig dicht benachbarten reellen Ordinalzahlen $r, r \sim$ liegen stets weitere reelle Ordinalzahlen.

Die reellen Ordinalzahlen können in dem Anfangsabschnitt R_{ω_i} bezüglich der \leq -Relation nicht wohlgeordnet werden. Das gilt bereits für die rationalen Ordinalzahlen, die dicht in dem Anfangsabschnitt R_{ω_i} liegen. Doch ist die Teilklasse $Ra_{\omega_i} \subseteq R_{\omega_i}$ der positiven rationalen Ordinalzahlen gleichmächtig zum Anfangsabschnitt N_{ω_i} der natürlichen Ordinalzahlen und kann gemäß der Zuordnung (nicht gemäß der \leq -Relation) in N_{ω_i} wohlgeordnet werden.

Der Anfangsabschnitt R_{ω_i} der positiven reellen Ordinalzahlen ist gleichmächtig zur Potenzklasse $P(N_{\omega_i})$ des Anfangsabschnitts N_{ω_i} der natürlichen Ordinalzahlen, die gleichmächtig zu dem verlängerten Anfangsabschnitt N_{ω_i} der natürlichen Ordinalzahlen ist. Die Kardinalzahlen $\text{card}(\text{Menge})$ erfüllen die Relationen:

$$\omega_i = \text{card}(N_{\omega_i}) = \text{card}(Ra_{\omega_i}) < \text{card}(R_{\omega_i}) = \text{card}(P(N_{\omega_i})) = \text{card}(N_{\omega_i}) = \omega_i, \quad (0 \leq i < \infty).$$

Somit kann auch der Anfangsabschnitt R_{∞_i} der positiven reellen Ordinalzahlen gemäß der Zuordnung (nicht gemäß der \leq -Relation) in N_{∞_i} wohlgeordnet werden. Die Teilklasse $Ra_{\infty_i} \subseteq R_{\infty_i}$ der positiven rationalen Ordinalzahlen in der Klasse R_{∞_i} der positiven reellen Ordinalzahlen $r < \infty_i$ ist gleichmächtig zu der Klasse R_{∞_i} der positiven reellen Ordinalzahlen $0 \leq r < \infty_i$, $\text{card}(Ra_{\infty_i}) = \text{card}(R_{\infty_i}) = \infty_i$. Weil sowohl die rationalen als auch die reellen Ordinalzahlen linear geordnet sind, kann die Klasse Ra_{∞_i} der rationalen Ordinalzahlen an die Stelle der Klasse R_{∞_i} der reellen Ordinalzahlen treten.

Jeder transfiniten Anfangsabschnitt R_{∞_i} ($i \in N_{\infty}$) der positiven reellen Ordinalzahlen, der von einer Anfangszahl ∞_i begrenzt wird, ist ein Kontinuum, doch unterscheiden sich die Kontinua in ihrer Mächtigkeit, die mit wachsenden Anfangszahlen ∞_i zunimmt. In Einheits-Intervallen $[0 \leq r \leq 1]_{\infty_i}$ treten bei wachsender Mächtigkeit ∞_i ($i \in N_{\infty}$) infolge der Division durch immer größer werdende Anfangszahlen ∞_{i-1} , neue infinitesimale Zahlen $1/\infty_{i-1}$ hinzu, die in den vorhergehenden Einheits-Intervallen $[0 \leq r \leq 1]_{\infty_{i-1}}$ fehlen. Da es zu jedem Anfangsabschnitt R_{∞_i} einen nachfolgenden Abschnitt $R_{\infty_{i+1}}$ gibt, enthalten die Kontinua Lücken, es sind relative Kontinua, bezogen auf eine Anfangszahl ∞_i . Erst die Klasse (Unmenge) $R_{\infty} := \{0 \leq r < \infty\}$ der reellen Ordinalzahlen definiert ein absolutes Kontinuum, doch ist ∞ unerreichbar.

10.4 → Funktionen und Klassensemiotik

Funktionen sind eindeutige Abbildungen (Zuordnungen), die aber nicht notwendig umkehrbar eindeutig sind. Die Umkehrabbildungen sind dann im Allgemeinen mehrdeutige Funktionen, zu denen ein Hauptwert definiert werden kann. Zu jeder Funktion gibt es abgeleitete Funktionen, die nicht unabhängig vorgegeben werden können.

Die Funktion $F^{n|m}$ wird auf n Elemente $x_i \in X_i$ ($1 \leq i \leq n$) angewandt und ordnet ihnen m Elemente $F^{n|m}(x_1, \dots, x_n)$ zu, die mit m Elementen $y_j \in Y_j$ ($1 \leq j \leq m$) identisch sind. Mit Hilfe der Identitäts-Relation "=" kann jeder Funktion $F^{n|m}$ eine charakteristische Relation $F^{n|m}(x_1, \dots, x_n) = y_1, \dots, y_m$ zugeordnet werden.

Das geordnete n -Tupel $[x_1, \dots, x_n]$ und somit auch das Klassenprodukt $X^1 + \dots + X^n$ können definitorisch eingeführt werden (in der Tensor-Rechnung addieren sich die Vektorräume, weshalb "+" geschrieben wird, beim Tensor-Produkt steht "·") Aus der rekursiven Definition

$$[x_1] := \{x_1\}, [x_1, x_2] := \{\{x_1, x_2\}, x_2\}, [x_1, x_2, x_3] := [[x_1, x_2], x_3] \text{ etc.}$$

folgt eine fortlaufende Erhöhung der Klassenstufe mit jedem weiteren Glied vom n -Tupel, dem die Klassenstufe n bei Gliedern der Klassenstufe 0 (Urelementen) zukommt, oder sie erhöht sich zusätzlich um die höchste Klassenstufe der Glieder. Die Wohlordnung im Tupel folgt aus der Wohlordnung der Klassenstufen. Doch ist das nicht die wahre Klassenstufe vom Tupel, die gleich der höchsten Klassenstufe seiner Glieder ist. Die Klassentheorie liefert ein Modell für die Wohlordnung.

Das n -Tupel kann auch über die Syntax der Sprache und die Satzklasse in die Klassentheorie eingeführt werden. Dann erhöht sich nicht die Klassenstufe der n -Tupel.

In der Klassentheorie ist jede (n, m) -stellige Funktion $F^{n|m}: X^n \rightarrow Y^m$ eine Teilklasse $F^{n|m} \subseteq X^n + Y^m$ der Produktklasse $X^n + Y^m$ aus Definitionsbereich $X^n = X_1 + \dots + X_n$ und Wertebereich $Y^m = Y_1 + \dots + Y_m$, auf die die Beziehung mit der Identitätsrelation zutrifft. Der Funktion entspricht eine $n+m$ -stellige (charakteristische) Relation, sie ist um eine Klassenstufe höher als das stufengrößte Element aus ihrem Definitions- und Wertebereich.

Die n -stellige Relation $R^n \subseteq X_1 + \dots + X_n$ ist eine Eigenschaft von n -Tupeln $[x_1, \dots, x_n]$, auf die die Beziehung zwischen den Gliedern x_1, \dots, x_n zutrifft. Die 1-stellige Relation ($n=1$) ist die Eigenschaft eines Objekts.

Der Funktionsbegriff tritt in einer definitorisch erweiterten Klassentheorie auf, in der Produktklassen, das sind Klassen geordneter n -Tupel, eingeführt werden. Eine nochmals definitorisch erweiterte Klassentheorie, in der Limesklassen auftreten, umfasst die gesamte Mathematik [3]. Die Klassentheorie (Allgemeine Mengenlehre) wird in der Prädikatenlogik 1. Stufe formuliert.

Das Begriffsnetz der logischen Sprache zu einer Theorie, in der es keine Begrenzung der Funktionenstufe gibt, ist mit der erweiterten Klassentheorie gegeben. Sie kann in speziellen Wissenschaftsbereichen eingeschränkt werden auf die Typentheorie einer begrenzten Klassenstufe.

Die Semiotik (Theorie der Verknüpfung von Zeichen) ist implizit in der definitorisch erweiterten Klassentheorie enthalten, in der das geordnete n -Tupel und das Klassenprodukt erklärt sind. Es gibt Atomzeichen a, b, c, \dots , ein Leerzeichen \emptyset und wenigstens eine Verknüpfungsfunktion $+$, zu der bei transfiniten Zeichengestalten die Limesoperatoren \lim_i ($i \in \mathbb{N}_\infty$) hinzutreten, die die Atomzeichen 1-dimensional zu Zeichenketten oder mehrdimensional zu Zeichengestalten verknüpfen. Die Zeichen

besitzen geometrische Eigenschaften, insbes. Dimension, Länge oder Kantenlänge in jeder Dimension.

Die Atomzeichen sind Träger unterscheidbarer Merkmale, z.B. Alphabet- und Sonderzeichen einer logischen Sprache. Allgemein führt die Verknüpfung der Atomzeichen auf Zeichen, die Muster mit unterschiedlichen Merkmalen tragen.

Erfolgt ihre Verknüpfung nach den Regeln der Grammatik der Sprache, dann entstehen sinnvolle Aussagen. Aus wahren Aussagen (Axiomen) einer Theorie können bei Berücksichtigung der Schlussregeln wieder wahre Aussagen abgeleitet werden.

In der Semiotik wird von den physikalischen Eigenschaften der Zeichen abstrahiert, obwohl die Merkmale physikalisch interpretiert werden können. Die Zeichen ändern sich nicht in der Zeit, physikalisch sind es stationäre oder statische Zustände. Die Verknüpfungsfunktion führt zu einer Verkettung der Zeichen, sie wird auf Zeichen (mit Merkmal) aber nicht auf die Merkmale angewandt.

Bei nur einem Atomzeichen (einem Merkmal) geht die Theorie der Zeichenketten in die Arithmetik der natürlichen Ordinalzahlen über. Wird das Merkmal durch eine Länge interpretiert, dann entsprechen den Zahlen bestimmte Längen auf einem Lineal, vom Lineal wird abstrahiert. Ordnet man einem mehrdimensionalen Atomzeichen die Kantenlänge 1 pro Dimension zu, dann folgt aus der Anzahl n der Verknüpfungen in einer Dimension die Kantenlänge n des Zeichens.

In der Klassentheorie über dem leeren Urbereich wird nur über die Verschachtelung von Behältern (Klassen) ausgesagt ohne Berücksichtigung ihrer geometrischen und physikalischen Eigenschaften. Die gemeinsamen Eigenschaften der Elemente sind bestimmte Klasseneigenschaften, z.B. Element, Teilklasse, Klassenstufe etc.

Die Klassensemiotik ist eine Klassentheorie mit verknüpfbaren Mengen. Die Atomzeichen der Zeichengestalten sind Behälter (Mengen) mit geometrischen und Klasseneigenschaften. Sie besitzen ein Volumen, das durch die Kantenlänge pro Dimension bestimmt ist, wobei der Maßstab willkürlich ist. Die leere Klasse $K^0 := \emptyset$ ist das Leerzeichen, es hat die Kantenlänge $L(K^0) = 0$. Dem Atomzeichen $K^1 := \{K^0\}$ der Klassenstufe 1, das nur die leere Klasse $K^0 \in K^1$ als Element enthält, kann die Kantenlänge $L(K^1) = 1$ zugeordnet werden. Dann führt die Verknüpfung $K^1 + \dots + K^1$ in jeder Dimension auf Zeichengestalten der Kantenlängen $0 \leq n < \infty_0$. Die Klasse K^2 aller finiten Zeichengestalten hat die kleinste transfinite Kantenlänge $L(K^2) = \infty_0$, die größer ist als alle finiten Kantenlängen n . Sie kann erst mit dem Limesoperator $\lim_0(n \rightarrow \infty_0)$ erreicht werden, nicht mit der Verknüpfungsfunktion $+$ (oder dem Nachfolger-Operator $\lim_{-1} := ')$. Es sind alle finiten Elemente implizit in ihr enthalten, einschließlich die leere Klasse K^0 , weshalb $K^2 = K^1 \cup K^2$ eine Allklasse ist.

Mit jeder Klassenstufe k vergrößert sich die Kantenlänge des Atomzeichens (der Allklasse) K^k um eine transfinite Länge $L(K^k) = \infty_{k-2} \cdot L(K^{k-1}) = \infty_{k-2} \cdot \dots \cdot \infty_0 \cdot L(K^1)$. Bei einem (willkürlich wählbaren) Maßstab $L(K^k) = 1$ (in jeder Dimension) verkleinern sich die Kantenlängen $L(K^j) = 1 / (\infty_{k-2} \cdot \dots \cdot \infty_{j-1})$ der Atomzeichen K^j der Klassenstufen $0 < j < k$. In den Zeichengestalten $K^k + \dots, (\lim_0, \dots, \lim_{k-2}), \dots + K^k$ sind die Atomzeichen K^j subinfinitesimal, sie haben eine Länge $L(K^j)$ relativ zu $L(K^k) = 1$ vom Maß 0. Die Klasse K^k aller Zeichengestalten bis zur Klassenstufe k muss die mit dem Limesoperator $\lim_{k-1}(n \rightarrow \infty_{k-1})$ definierte Kantenlänge $L(K^k) = \infty_{k-1} \cdot L(K^k) = \infty_{k-1}$ für $L(K^k) = 1$ haben, dann kann sie eine Allklasse der Klassenstufe k' sein. Das Atomzeichen K^k ist ein Einheitswürfel und eine Allklasse der Klassenstufe k , deren Elemente implizit mit ihm gegeben sind. Sie existieren nicht nebeneinander sondern sind potentielle Elemente des Einheitswürfels, der aus einer Verschachtelung von Würfeln (Allklassen) K^j fallender Klassenstufen $0 < j < k$ sub-infinitesimaler

Kantenlängen besteht. Die Teilklassen $\tilde{K} \subseteq K^k$ haben Kantenlängen $L \leq 1$ für alle potentiellen Elemente.

Die Anzahl der Würfel einer Klassenstufe j pro Dimension im Einheitswürfel K^k definiert die Punktdichte des Würfels, die mit fallender Klassenstufe j zunimmt. Doch ist das Produkt $\infty_{k-2} \cdot \dots \cdot \infty_{j-1}$ der transfiniten Mächtigkeiten gleich dem Maximum ∞_{k-2} . Die Kardinalzahl $\text{card}(K^k) = \infty_{k-2}$ ist für $k=2$ abzählbar ∞_0 , für $k=3$ überabzählbar ∞_1 von der Mächtigkeit des Kontinuums $-R_{\infty_0} + R_{\infty_0}$ der reellen Zahlen, dessen Punktdichte mit jeder höheren Klassenstufe $k > 3$ zunimmt.

Dem 1-dimensionalen Kontinuum der positiven reellen Ordinalzahlen aus dem Anfangsabschnitt R_{∞_i} der Mächtigkeit ∞_i kann der an der Zahl 0 gespiegelte Anfangsabschnitt $-R_{\infty_i}$ additiv hinzugefügt werden. Der Abschnitt $-R_{\infty_i} + R_{\infty_i}$ ist die Klasse der reellen Ordinalzahlen r aus dem Intervall $\{-\infty_i < r < +\infty_i\}$ der Mächtigkeit ∞_i ('+' bezeichnet kein Klassenprodukt sondern die Verlängerung des Abschnitts).

Weil der Limesoperator $\lim_1(n \rightarrow \infty_1)$ an den Rand des Einheitswürfels K^3 führt, ist er nicht in ihm erklärt. Mit dem in K^3 erklärten Limesoperator $\lim_0(n \rightarrow \infty_0)$ werden nicht alle Punkte (Würfel K^2 der Klassenstufe 2) bei der Intervallschachtelung erreicht. Die Wohlordnung K^3 entartet in eine lineare Ordnung, die erst in K^4 mit dem Limes $\lim_1(n \rightarrow \infty_1)$ bei der Intervallschachtelung alle Punkte erreicht, die in K^3 wohlgeordnet sind, doch nicht mehr in K^4 , weil neue Punkte dazwischen treten. Mit wachsender Klassenstufe k treten immer mächtigere relative Kontinua auf. Das echte Kontinuum K^∞ ist unerreichbar, es hat die unerreichbare Klassenstufe $k = \infty$.

Das n -dimensionale Kontinuum $(-R_{\infty_i} + R_{\infty_i})^n$ ($n \in N_{\infty_i}$) der reellen Ordinalzahlen der Mächtigkeit ∞_i ist die Klasse der geordneten n -Tupel $[r_1, \dots, r_n] \in (-R_{\infty_i} + R_{\infty_i})^n$ der reellen Ordinalzahlen aus dem Intervall $\{-\infty_i < r < +\infty_i\}$. Für $n < \infty_i$ erhöht das kartesische Klassenprodukt $K^n := K + \dots + K$ ($K := -R_{\infty_i} + R_{\infty_i}$) nicht die Mächtigkeit der Produktklasse sondern erst für $n = \infty_i$.

Für $n = \infty_i$ definiert das kartesische Klassenprodukt die Klasse $(-R_{\infty_i} + R_{\infty_i})^{\infty_i}$ der ∞_i -mächtigen Folgen, die gleichmächtig ist zur Potenzklasse $P(-R_{\infty_i} + R_{\infty_i})$ der Mächtigkeit ∞_i ('i':= $i+2$).

Das Merkmal des Atomzeichens ist neben seiner Kantenlänge ein ausgewähltes Element, das auf eine Seite seiner Oberfläche projiziert oder eingeschrieben ist. Die potentiellen Elemente des Atomzeichens sind bei ihrem Auftreten auf der Oberfläche um eine Dimension verkürzt, analog zu einem projizierten Bild auf der Oberfläche eines Körpers (einer Leinwand). Die Verkürzung der Dimension trifft auf alle Elemente des Atomzeichens zu, unabhängig von ihrer Klassenstufe. Weil das Merkmal einer Länge existiert, kann ein weiteres Merkmal auf der Oberfläche entfallen. Dann trägt das Atomzeichen auf seiner Oberfläche "nichts" ($_$).

Ein Atomzeichen der Klassenstufe k muss wenigstens k -dimensional sein, wenn jedes Element wieder ein Zeichen mit einem potentiellen Merkmal auf seiner Oberfläche ist. Auch muss die Punktdichte mit jeder Klassenstufe k zunehmen, was mit der Normierung $L(K^k) = 1$ erreicht wird, weil die Elemente, speziell die Allklassen K^j , von kleineren Klassenstufen $0 < j < k$ und kleineren transfiniten Mächtigkeit sind.

Aus der Allklasse $A^\infty(U)$ der sprachlich definierten Elemente über einem Urbereich U muss die Teilklass $R^\infty(U_R \subseteq U) \subseteq A^\infty(U)$ über einem eingeschränkten Teil-Urbereich $U_R \subseteq U$ der "wirklich" existierenden Elemente ausgesondert werden, die mit der Realität gegeben sind und auf die die ausgesagten Eigenschaften zutreffen. Dabei werden sprachliche Erweiterungen des Realitätsbegriffs als wirklich existie-

rend angenommen, wenn durch sie dialektische Antinomien aufgelöst werden unter Berücksichtigung des Korrespondenzprinzips und des logischen Folgerns. Die Teilklasse $R^\infty(U_R \subseteq U)$ ist wieder eine Unmenge, das in den folgenden Abschnitten gezeigt wird. Die Realität ist unerreichbar, was also auch auf Gott zutrifft. Die Gegebenheiten erweisen sich als Bilder von Bildern der Realität, an denen sich die Lebewesen orientieren.

10.5 → Allgemeines zur SRT

Eine Messoperation besteht im Vergleich der lokalen physikalischen Größen mit den lokalen orthonormierten Maßstäben (3 Normalmaßstäbe e_1, e_2, e_3 , 1 Normaluhr e_4), die ein Bezugssystem e_μ ($1 \leq \mu \leq 4$) definieren. Beim Anlegen der Maßstäbe wird der Vektor $\vec{x} = x^1 \cdot e_1 + x^2 \cdot e_2 + x^3 \cdot e_3 + x^4 \cdot e_4$, $x^4 := i \cdot c \cdot t$, $i^2 = -1$

auf die Normalmaßstäbe projiziert. Dann hat er die Koordinaten

$$x^\mu := \vec{x} \cdot e_\mu \quad (1 \leq \mu \leq 4) = x, y, z, i \cdot c \cdot t, \quad (:= - \text{definitionsgemäß identisch}).$$

Die mit der Lichtgeschwindigkeit c multiplizierte Zeit " $c \cdot t$ " hat die Dimension einer Länge. Der Vektor ist ein 1-stufiger Tensor. Die Länge $\sqrt{(\vec{x} \cdot \vec{x})}$ des Vektors \vec{x} und seine Richtung im Raum sind Invarianten bei Änderung des Bezugssystems. Doch ändern sich bei der Transformation der Bezugssysteme e_μ die Messwerte der Koordinaten x^μ des Vektors \vec{x} .

Die orthogonal stehenden Maßstäbe e_μ der Länge 1 haben die Koordinaten $e_\mu^\nu = \delta_\mu^\nu$,

$$\begin{aligned} \delta_\mu^\nu &= 1 \text{ für } \mu = \nu, \\ &= 0 \text{ für } \mu \neq \nu \quad (1 \leq \mu, \nu \leq 4), \end{aligned}$$

die sich bei Drehung des Bezugssystems mit einer Matrix (A_μ^ν) multiplizieren. Die Transformation $A = \sum_{(1 \leq \mu, \nu \leq 4)} A_\mu^\nu \cdot e^\mu \cdot e_\nu$ ist ein gemischter 2-stufiger Tensor.

Das Transformationsverhalten wird durch die Stellung der Indizes ausgedrückt: tiefgestellt - kovariantes, hochgestellt - kontravariantes Transformationsverhalten.

Bei Multiplikation mit der Transformationsmatrix A wird das Bezugssystem e_μ ($1 \leq \mu \leq 4$) kovariant transformiert. Dann transformieren sich die Koordinaten des Vektors kontravariant, d.h. sie werden mit der transponierten inversen Matrix $(A^{-1})^T$ multipliziert, weshalb sich der Vektor \vec{x} bei Änderung der Bezugssysteme nicht ändert.

Die Geometrie eines Raumes wird durch die Metrik

$$G: V \rightarrow V^\wedge, \quad G = \sum_{(1 \leq \mu, \nu \leq 4)} G_{\mu\nu} \cdot e^\mu \cdot e^\nu$$

definiert. Sie ist eine Abbildung (2-stufiger Tensor), die jedem Vektor $\vec{v} \in V$ (aus dem Vektorraum V) umkehrbar eindeutig den dualen Vektor

$$\vec{v}^\wedge = G \cdot \vec{v} = \sum_{(1 \leq \mu \leq 4)} v_\mu \cdot e^\mu \in V^\wedge \text{ mit } v_\mu := \sum_{(1 \leq \nu \leq 4)} G_{\mu\nu} \cdot v^\nu, \quad e_\mu \cdot e^\nu = \delta_\mu^\nu$$

(aus dem dualen Vektorraum V^\wedge) zuordnet. Beim dualen Vektor werden Bezugssystem e^μ kontravariant und Koordinaten x_μ kovariant transformiert.

Beim Skalarprodukt

$$\vec{a} \cdot \vec{b} := G \cdot \vec{a} \cdot \vec{b} = \sum_{(1 \leq \mu, \nu \leq 4)} G_{\mu\nu} \cdot a^\mu \cdot b^\nu$$

wird der Vektor mit dem dualen Vektor multipliziert, weshalb der Skalar eine Invariante bei Transformationen der Bezugssysteme (speziell Inertialsysteme) ist. Somit sind die Länge $\sqrt{(\vec{x} \cdot \vec{x})}$ des Vektors \vec{x} und seine Richtung im Raum Invarianten. Doch ändern sich bei der Transformation der Bezugssysteme e_μ die Messwerte der Koordinaten x^μ .

Im flachen 3-dimensionalen Raum (euklidischer Raum) hat die Metrik in einem Inertialsystem die Gestalt $G_{11} = G_{22} = G_{33} = 1$, $G_{\mu\nu} = 0$ für $1 \leq \mu \neq \nu \leq 3$, weshalb der duale Vektor die gleiche Gestalt hat wie der Vektor, doch ein anderes Transformationsverhalten besitzt. Der Vektor \vec{x}^3 hat eine Länge $l := \sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)}$.

In der 4-dimensionalen flachen Raum-Zeit (Minkowski-Raum) wird die imaginäre Zeit $i \cdot c \cdot t$ zu einer reellen Zeit $c \cdot t$, wenn die Metrik in einem Inertialsystem die Gestalt

$$G_{11} = G_{22} = G_{33} = 1, \quad G_{44} = -1, \quad G_{\mu\nu} = 0 \text{ für } 1 \leq \mu \neq \nu \leq 4$$

hat, denn $G_{44}=i^2=-1$. Die Metrik definiert reelle raumartige und imaginäre zeitartige Dimensionen.

10.6 → Allgemeines zur ART

In der flachen Raum-Zeit kann jeder Punkt $P(\vec{x})$ von einem Punkt $P(\vec{0})$ aus durch einen Vektor \vec{x} erreicht werden, was in einem gekrümmten Riemannschen Raum im Allgemeinen nicht mehr möglich ist. Auf der Oberfläche einer Kugel, werden zwei Punkte nicht durch eine Gerade erreicht. Die kürzeste Verbindung heißt Geodäte, die nur im flachen Raum eine Gerade ist. Der gerichtete "Pfeil" längs der Geodäten ist kein Vektor sondern ein Pseudovektor \vec{x} , weil das Differential $d\vec{x}$ zwar ein Vektor ist, aber von Punkt zu Punkt ändert sich die Richtung des Vektors. Doch existiert in jedem Punkt $P(\vec{x})$ des gekrümmten Raumes ein (flacher) lokaler Tangentialraum $V(\vec{x})$.

Die Metrik $G(\vec{x}):V(\vec{x})\rightarrow V^\wedge(\vec{x})$ ordnet dem Vektor $\vec{a}\in V$ mit kovariantem Transformationsverhalten den dualen Vektor $G\cdot\vec{a}=\vec{a}^\wedge\in V^\wedge$ mit kontravariantem Transformationsverhalten zu. Sie ist ein 2-stufiger Tensor mit der Matrix $(G_{\mu\nu}(x^\alpha))$ ($1\leq\mu,\nu\leq 4$), die sich von Punkt zu Punkt in den lokalen Tangentialräumen ändert. Sie wird zur Funktion der Raum-Zeit-Koordinaten x^α ($1\leq\alpha\leq 4$) des Pseudovektors \vec{x} .

Das infinitesimale Abstandsquadrat

$$-ds^2 := \vec{dx}\cdot\vec{dx}^\wedge = \sum_{(1\leq\mu,\nu\leq 4)} G_{\mu\nu}(x^1,x^2,x^3,x^4)\cdot dx^\mu\cdot dx^\nu$$

ist eine gegenüber umkehrbar eindeutigen Koordinatentransformationen

$$x^\mu=f^\mu(x'^1, x'^2, x'^3, x'^4), (1\leq\mu\leq 4)$$

invariante quadratische Form der Koordinatendifferentiale dx^μ, dx^ν ($1\leq\mu,\nu\leq 4$), die mit Funktionen $G_{\mu\nu}(x^1,x^2,x^3,x^4)$ der Raum-Zeit-Koordinaten multipliziert werden. Außerdem treten im Allgemeinen zu den Quadraten $(dx^\mu)^2$ ($1\leq\mu\leq 4$) der 4 Koordinatendifferentiale gemischte Produkte $dx^\mu\cdot dx^\nu$ ($\mu\neq\nu$) hinzu. Die Metrik G ist ein 2-stufiger Tensor mit symmetrischen Komponenten $G_{\mu\nu}=G_{\nu\mu}$, da die Faktoren der Produkte $dx^\mu\cdot dx^\nu$ vertauschbar sind. Somit hat die Matrix $(G_{\mu\nu})$ in der 4-dimensionalen Raum-Zeit 10 unabhängige Komponenten.

Wenn die Verbindung zwischen 2 Punkten keine Gerade ist, muss zwischen der Transformation der Raum-Zeit-Koordinaten x^μ ($1\leq\mu\leq 4$) und der Transformation des Bezugssystems e_n ($1\leq n\leq 4$) unterschieden werden. Die Transformationsgesetze sind im Allgemeinen verschieden. Zur Unterscheidung werden griechische Indizes für Koordinaten x^μ und lateinische Indizes für das Bezugssystem e_n verwendet. Nur im flachen Raum, also in der SRT, ist eine Identifizierung der Transformationen möglich.

Der Übergang von einem Bezugssystem $e_n(x^\mu)$ zu einem anderen verläuft in den lokalen Tangentialräumen an den Punkten $P(x^\mu)$ der Raum-Zeit und ist keine raumzeitliche Operation. Es ist eine ortsabhängige Drehung (Lorentzdrehung in der 4-dimensionalen Raum-Zeit), die nichts mit der Wahl des Koordinatensystems x^μ zu tun hat. Die lokale Lorentzgruppe umfasst alle möglichen Bezugssysteme in jedem beliebigen Bewegungszustand zueinander.

Der Übergang zu anderen Punkten $P(x^\mu)$ der Raum-Zeit erfordert umkehrbar eindeutige Transformationen (Einsteingruppe) der Raum-Zeit-Koordinaten x^μ . Tensoren sind bezüglich dieser Koordinatentransformationen Invarianten. Deshalb müssen alle physikalischen Größen Tensoren sein. Tensorgleichungen erfüllen die Forminvarianz

der physikalischen Gleichungen, d.h. die Form der Gleichungen ist so gewählt, dass sie in jedem beliebigen Koordinatensystem x^μ bestehen bleibt (Prinzip der allgemeinen Kovarianz). Dann kann ein- und dasselbe Koordinatensystem x^μ in verschiedenen Bezugssystemen benutzt werden. Umgekehrt können in einem Bezugssystem beliebige Koordinatensysteme gewählt werden.

Somit fordert das Allgemeine Relativitätsprinzip die Invarianz der Gleichungen der Physik gegenüber der lokalen Lorentzgruppe, d.h. sie lassen sich ohne Bezug auf ein Bezugssystem e_n formulieren. In die Gleichungen gehen nur die Komponenten der Tensoren/Vektoren ein, das Bezugssystem entfällt. Doch sind die Messwerte Projektionen auf das Bezugssystem und somit von der Wahl des Bezugssystems e_n abhängig.

In dem 4-dimensionalen Ereignisraum gibt es die Ereignis-Geschwindigkeit

$$\vec{u}(s) := d\vec{x}/ds = \vec{v} \cdot (c \cdot dt/ds) + (dx^4/ds) \cdot e_4 \quad \text{mit } (\vec{u})^2 = -1,$$

in die implizit die 3-dimensionale Teilchen-Geschwindigkeit $\vec{v} := d\vec{x}/dt$ eingeht. Die Ereignis-Geschwindigkeit ist ein imaginärer Einheitsvektor, der mit c multipliziert die Dimension einer Geschwindigkeit hat. Auch wenn das Teilchen ruht, $\vec{v}=0$, besitzt die Ereignis-Geschwindigkeit eine Komponente in Richtung Zeit-Dimension. Bei der Parallelverschiebung eines Vektors im flachen Raum ändert sich weder Richtung noch Betrag des Vektors. Deshalb ändert sich die Ereignis-Geschwindigkeit des freien Teilchens in der SRT nicht, d.h. die Beschleunigung verschwindet,

$$d\vec{u}/ds=0 \quad \text{bzw.} \quad du^\mu/ds=0 \quad (0 \leq \mu \leq 4) \quad \text{ohne Bezug auf das Bezugssystem } e_\mu.$$

Das gilt nicht mehr in einem gekrümmten Riemannschen Raum, weil die Richtung des Vektors verdreht wird. Da die Veränderung des Vektors bei Paralleltransport aus der Metrik G (mit den Komponenten $G_{\mu\nu}$) des gekrümmten Riemannschen Raumes berechnet werden kann, kann diese Änderung abgezogen werden, so dass es einen kovarianten Paralleltransport gibt, bei dem sich der Vektor nicht ändert. Dann tritt an die Stelle des gewöhnlichen Differential d das kovariante Differential D .

In der kovarianten Beschleunigung

$$Du^\mu/ds := du^\mu/ds + \sum_{(1 \leq \alpha, \beta \leq 4)} \Gamma^\mu_{\alpha\beta} \cdot u^\alpha \cdot u^\beta = 0,$$

$$\Gamma^\mu_{\alpha\beta} := \frac{1}{2} \cdot \sum_{(1 \leq \nu \leq 4)} G^{\mu\nu} \cdot (\partial G_{\nu\alpha}/dx^\beta + \partial G_{\nu\beta}/dx^\alpha - \partial G_{\alpha\beta}/dx^\nu)$$

tritt zu der Beschleunigung $du^\mu/ds = d^2x^\mu/ds^2$, die kein Tensor mehr ist, ein Term $\sum_{(1 \leq \alpha, \beta \leq k)} \Gamma^\mu_{\alpha\beta} \cdot u^\alpha \cdot u^\beta$ hinzu, in den der affine Zusammenhang über die Affinitäten $\Gamma^\mu_{\alpha\beta}$ eingeht mit den Ableitungen $\partial G_{\mu\nu}/dx^\alpha$ der Metrik, die ebenfalls keine Tensoren mehr sind. Doch führt ihre Summe auf den Tensor der kovarianten Beschleunigung:

$$D\vec{u}/ds \quad \text{bzw.} \quad Du^\mu/ds \quad (0 \leq \mu \leq 4) \quad \text{ohne Bezug auf das Bezugssystem } e_\mu.$$

Auf ein Teilchen wird ein Ereignis-Impuls \vec{p} angewandt, der im flachen Raum bei fehlenden Kräften proportional ist zur Ereignis-Geschwindigkeit \vec{u} ,

$$\vec{p} = m^\circ \cdot c \cdot \vec{u} \quad \text{bzw.} \quad p^\mu = m^\circ \cdot c \cdot u^\mu \quad (0 \leq \mu \leq 4), \quad \text{ohne Bezug auf das Bezugssystem } e_\mu,$$

der Proportionalitätsfaktor ist die Ruhmasse m° im Ruhsystem ($\vec{v}=0$).

Für die kovariante Ableitung des kräftefreien Ereignis-Impulses \vec{p} gilt dann:

$$m^\circ \cdot c \cdot Du^\mu/ds := m^\circ \cdot c \cdot du^\mu/ds + m^\circ \cdot c \cdot \sum_{(1 \leq \alpha, \beta \leq 4)} \Gamma^\mu_{\alpha\beta} \cdot u^\alpha \cdot u^\beta = 0,$$

die Ableitung $du^\mu/ds = d^2x^\mu/ds^2$ ist die Beschleunigung vom Teilchen-Ereignis, der Term $-m^\circ \cdot \sum_{(1 \leq \alpha, \beta \leq 4)} \Gamma^\mu_{\alpha\beta} \cdot u^\alpha \cdot u^\beta$ ist die auf ein Teilchen mit der Ruhmasse m° wirkende Gravitationskraft mit der "Feldstärke" (affiner Zusammenhang) $\Gamma^\mu_{\alpha\beta}$, in die die Ableitungen $\partial G_{\mu\nu}/dx^\alpha$ der Metrik eingehen.

Die Metrik $G_{\mu\nu}$ ist das Gravitationspotential, das bezüglich der kovarianten Ableitung $DG_{\mu\nu}/dx^\alpha=0$ konstant ist (Lemma von Ricci). Daraus folgen die Affinitäten (Christoffelsymbole)

$$\Gamma_{\beta\mu}^{\alpha} := \frac{1}{2} \cdot \sum_{(1 \leq \nu \leq 4)} G^{\alpha\nu} \cdot (\partial G_{\nu\beta} / dx^{\mu} + \partial G_{\nu\mu} / dx^{\beta} - \partial G_{\beta\mu} / dx^{\nu}).$$

Die Gravitationskräfte beruhen auf einer Änderung der Metrik in den Punkten der Raum-Zeit, weshalb sie in einem flachen Raum verschwinden.

Die 2-fache Verjüngung des 4-stufigen großen Riemannschen Krümmungstensors

$$R_{\alpha\beta\mu\nu} := \frac{1}{2} \cdot (\partial^2 G_{\alpha\nu} / dx^{\beta} \cdot dx^{\mu} + \partial^2 G_{\beta\mu} / dx^{\alpha} \cdot dx^{\nu} - \partial^2 G_{\alpha\mu} / dx^{\beta} \cdot dx^{\nu} - \partial^2 G_{\beta\nu} / dx^{\alpha} \cdot dx^{\mu}) \\ + \sum_{(1 \leq \rho, \sigma \leq 4)} G_{\rho\sigma} \cdot (\Gamma_{\beta\mu}^{\rho} \cdot \Gamma_{\alpha\nu}^{\sigma} - \Gamma_{\beta\nu}^{\rho} \cdot \Gamma_{\alpha\mu}^{\sigma})$$

führt über den 2-stufigen Ricci-Tensor $R_{\alpha\beta} := \sum_{(1 \leq \rho, \sigma \leq 4)} G^{\rho\sigma} \cdot R_{\rho\alpha\sigma\beta}$

zum (0-stufigen) Krümmungsskalar $R := \sum_{(1 \leq \alpha, \beta \leq 4)} G^{\alpha\beta} \cdot R_{\alpha\beta}$,

der die Lagrangedichte $\mathcal{L}_G := c^3 / (16\pi \cdot \gamma) \cdot R$ des metrischen Feldes $G(\overset{\rightarrow{k}}{x})$ definiert,

$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-8} [\text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-2}]$ – Newtonsche Gravitationskonstante,

$\kappa = 8\pi \cdot \gamma / c^2 [\text{cm}/\text{g}]$ – Einsteinsche Gravitationskonstante.

Die Metrik G (im Abstandsquadrat) ist eine dimensionslose Größe, doch haben die Ableitungen nach den Raum-Zeit-Koordinaten x^{μ} die Dimension einer reziproken Länge $[\text{cm}^{-1}]$, die 2-fachen Ableitungen haben die Dimension $[\text{cm}^{-2}]$, die somit dem Krümmungsskalar R zukommt.

Die Wirkung ist das Produkt aus [Energie · Zeit] oder [Impuls · Weg]. Die Lagrangedichten $\mathcal{L}_G, \mathcal{L}_M$ für das metrische Feld und für die Materie gehen in die Wirkungsfunktion $W = \int (\mathcal{L}_G + \mathcal{L}_M) \cdot \sqrt{(-\det(G))} \cdot dV \cdot dt$, $dV := dx \cdot dy \cdot dz$ ein.

Das Raum-Zeit-Volumen $dV \cdot dt$, multipliziert mit der Determinante $\det(G)$ der Metrik G ist eine Invariante gegenüber Transformationen der Koordinaten x^{μ} .

Aus dem Prinzip der kleinsten (oder extremalen) Wirkung folgen die (kovarianten) Einsteinschen Gravitationsfeldgleichungen [26], [36]

$$R_{\alpha\beta} - \frac{1}{2} \cdot G_{\alpha\beta} \cdot R + \Lambda \cdot G_{\alpha\beta} = 8\pi \cdot \gamma / c^4 \cdot T_{\alpha\beta}$$

mit dem (kovarianten) Impuls-Energie-Tensor (Materietensor) $T_{\alpha\beta}$ und einer potentiellen kosmologischen Konstanten Λ der Dimension $[\text{cm}^{-2}]$, die unbekannt ist, weshalb Einstein $\Lambda=0$ setzte. Die berechnete Expansionsgeschwindigkeit kann mit Hilfe von Λ an die im Kosmos gemessene angepasst werden, was aber nicht notwendig die Existenz der Konstanten rechtfertigt.

9.8 → Allgemeines zur QT

9.8.1 → Phasenraum

In nicht-relativistischen Systemen können Zeit t und Energie E als Parameter aufgefasst werden, die sich bei Koordinatentransformationen nicht ändern. Die Wirkung $W=E \cdot t$ ist dann auch eine Invariante, die sich bei Änderungen der Bezugssysteme (Koordinatentransformationen) nicht ändert. Das Prinzip der kleinsten (extremalen) Wirkung, aus dem die Bewegungsgleichungen folgen, kann invariant formuliert werden. Ort und Impuls der n Teilchen des Systems sind Vektoren, die in einem Bezugssystem $\Sigma=(P(0), e_1, e_2, e_3)$ mit dem Ursprung im Punkt $P(0)$ dargestellt,

$$\vec{x}_i = \sum_{(1 \leq \alpha \leq 3)} x_i^\alpha \cdot e_\alpha, \quad \vec{p}_i = \sum_{(1 \leq \alpha \leq 3)} p_i^\alpha \cdot e_\alpha, \quad (1 \leq i \leq n),$$

die kanonischen Koordinaten x_i^α, p_i^α ($1 \leq \alpha \leq 3, 1 \leq i \leq n$) besitzen.

Die Energiefunktion (Hamiltonfunktion) $E=H(x_i^\alpha, p_i^\alpha, t)$ des Systems aus n Teilchen setzt sich aus der kinetischen Energie E_{kin} der Teilchen und der potentiellen Energie E_{pot} zusammen. Aus dem Prinzip der kleinsten (extremalen) Wirkung folgen die kanonischen Bewegungsgleichungen

$$d x_i^\alpha / dt = \partial H / \partial p_i^\alpha, \quad d p_i^\alpha / dt = - \partial H / \partial x_i^\alpha, \quad dH / dt = \partial H / \partial t$$

(d – totale Ableitung, ∂ – partielle Ableitung),

gemäß denen der zeitliche Ablauf des Systems gegeben ist.

Hängt H nicht explizit von der Zeit t ab, dann ist die Energie E eine Erhaltungsgröße des Systems. Kennt man zum Zeitpunkt $t=t^0$ die Orte \vec{x}_i^0 und Impulse \vec{p}_i^0 ($1 \leq i \leq n$) der n Teilchen eines Systems, dann folgt aus den Bewegungsgleichungen die Kenntnis der Orte $\vec{x}_i(t)$ und Impulse $\vec{p}_i(t)$ zu jedem Zeitpunkt $-\infty < t < \infty$. Das gilt in der Newtonschen Mechanik, in der die Existenz einer kleinsten Wirkung nicht berücksichtigt wird.

In dem flachen 3-dimensionalen Raum gibt es ein Bezugssystem, von dem aus jeder Punkt $P(\vec{x})$ des Raumes durch einen Vektor \vec{x} erreicht wird. Dem 3-dimensionalen Orts-Vektorraum V^3_x entspricht die Klasse aller Punkte P des Raumes, die potentiell von jedem Teilchen erreicht werden können. Dem (flachen) 3-dimensionalen Raum entspricht ein Kontinuum von Punkten der Mächtigkeit ∞_1 . Das ist die Mächtigkeit des Kontinuums der reellen Zahlen im Einheitsintervall $[0,1]$. Jedes Teilchen besitzt eine Bewegungskurve $\vec{x}(t)$, sein Ortsvektor aus dem Orts-Vektorraum ändert sich in der Zeit t . Der Ortsvektor ist eine Bezeichnung für den Ort des Teilchens, weshalb ihm die Funktionenstufe 0 zukommt, obwohl er eine Funktion ist, die dem Koordinatenursprung $P(0)$ den Ort $P(\vec{x})$ des Teilchens zuordnet.

Da der Impuls \vec{p} ein Vektor ist, erzeugt die Klasse aller potentiellen Impulse, die auf ein Teilchen anwendbar sind, einen 3-dimensionalen Impuls(-Vektor)raum V^3_p , dem ebenfalls ein Kontinuum von Punkten der Mächtigkeit ∞_1 entspricht. Zu jedem Teilchen gibt es eine Impulslinie $\vec{p}(t)$, der Impuls aus dem Impulsraum V^3_p , der auf das Teilchen angewandt wird, kann sich in der Zeit t ändern. Die Impulslinie $\vec{p}(t)$ tritt zur Bewegungskurve $\vec{x}(t)$ hinzu und definiert die Phasenlinie $\vec{x}(t) + \vec{p}(t)$. Der Impuls ist eine Funktion der Funktionenstufe 1, der auf das Teilchen angewandt wird und ihm einen neuen Ort zuordnet, das Teilchen bewegt sich mit einer Geschwindigkeit $\vec{v} := d\vec{x}/dt$. Bei kräftefreier Bewegung ist der Impuls $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ proportional zur Geschwindigkeit \vec{v} , der Proportionalitätsfaktor ist die Masse m des Teilchens.

Die Bewegung der Teilchen erfolgt im Allgemeinen unter dem Einfluss von Kräften $\vec{f} := d\vec{p}/dt$, das sind Funktionen der Funktionenstufe 2, die eine Änderung des

Teilchen-Impulses $\vec{p}(t)$ und eine entsprechende Änderung der Bewegungskurve $\vec{x}(t)$ jedes Teilchens zur Folge haben. Auch beruht der Zusammenhalt der Teilchen in einem System oder Körper auf dem Vorhandensein von Kräften, die sich im stationären Zustand aufheben.

Da jedem der n Teilchen des Systems ein eigener Ortsvektor \vec{x}_i ($1 \leq i \leq n$) zukommt, definiert ihre direkte Summe den $3n$ -dimensionalen Ortsvektor \vec{x} des Systems aus dem $3n$ -dimensionalen Konfigurationsraum $V_x^{3n} := \sum_{(1 \leq i \leq n)} V_{x_i}^3$. Entsprechend definiert die direkte Summe der n Impulsvektoren \vec{p}_i den Impulsvektor \vec{p} des Systems aus dem $3n$ -dimensionalen Impulsraum $V_p^{3n} := \sum_{(1 \leq i \leq n)} V_{p_i}^3$.

Die direkte Summe aus Konfigurationsraum V_x^{3n} und Impulsraum V_p^{3n} ist der $2 \cdot 3n$ -dimensionale Phasenraum $V_x^{3n} + V_p^{3n}$. Das System besitzt somit eine $2 \cdot 3n$ -dimensionale Phasenlinie $\vec{x}(t) + \vec{p}(t)$, das ist die direkte Summe der n Phasenlinien $\vec{x}_i(t) + \vec{p}_i(t)$ ($1 \leq i \leq n$) von n Teilchen mit den Koordinaten

$$x_i^\alpha, p_i^\alpha \quad (1 \leq \alpha \leq 3, 1 \leq i \leq n) \quad \text{bzw.} \quad x^\alpha, p^\alpha \quad (1 \leq \alpha \leq 3n).$$

9.8.2 → Operatoren im Hilbertraum (Heisenberg-Darstellung)

Bei Berücksichtigung der Existenz einer kleinsten Wirkung, dem Planckschen Wirkungsquantum h , sind nur beim freien Teilchen potentiell alle Impulse aus dem Impulsraum V_p^3 der Mächtigkeit ∞_1 auf das Teilchen anwendbar. In gebundenen Systemen kann nur eine diskrete Auswahl von Impulsen auf die Teilchen angewandt werden. Die Teilklasse $V_p^{\circ 3n} \subseteq V_p^{3n}$ der erlaubten Impulse ist dann (höchstens) von abzählbarer Mächtigkeit ∞_0 , das ist die Mächtigkeit der Klasse N der natürlichen Zahlen.

In der QT [28] werden sowohl die diskrete Auswahl der erlaubten Impulse $\rightarrow^{3n} p^\circ$ und der Energie E° des Systems als auch die dazugehörigen komplexen Aufenthaltswahrscheinlichkeiten $\Phi(\rightarrow^{3n} x, t) | \rightarrow^{3n} p^\circ$ der n Teilchen des Systems an den Orten $\rightarrow^{3n} x$ des Konfigurationsraumes und der Zeit t berechnet. Jede Ortskoordinate x^α ($1 \leq \alpha \leq 3n$) und die Zeit t durchlaufen ein Kontinuum von Punkten von der Mächtigkeit ∞_1 .

Der Zustand des Systems wird beschrieben durch einen Hilbertvektor

$$\Psi = \sum_p \Phi_p \cdot \psi_p, \quad (-\infty_1 \leq -\infty_0 \leq 0 \leq p \leq \infty_0 \leq \infty_1, \quad p := p^1, \dots, p^\alpha, \dots, p^{3n}, E, \quad \Phi_p := \Phi(\rightarrow^{3n} x) | \rightarrow^{3n} p^\circ, E^\circ),$$

dessen Dimension durch die Mächtigkeit ∞_0 oder ∞_1 der Teilklasse $V_p^{\circ 3n} \subseteq V_p^{3n}$ der erlaubten Impulse $p := p^1, \dots, p^\alpha, \dots, p^{3n}, E$ (und der erlaubten Gesamtenergie E des Systems) definiert ist. Als Index zählt p die erlaubten Koordinaten- $(3n+1)$ -Tupel, d.h. der Index p kann die Intervalle $-\infty_1 \leq -\infty_0 \leq 0 \leq p \leq \infty_0 \leq \infty_1$ durchlaufen. (Bei einem Kontinuum der Mächtigkeit ∞_1 wird die Summe durch das Integral ersetzt).

Die Koeffizienten $\Phi_p := \Phi(\rightarrow^{3n} x) | \rightarrow^{3n} p^\circ, E^\circ$ der Hilbertvektoren sind komplexe Wahrscheinlichkeitswellen, also komplexe Funktionen. Somit ist der Hilbertraum ein ∞_1 - oder ∞_0 -dimensionaler Vektorraum über dem Körper der komplexen Zahlen, gemäß der Mächtigkeit der erlaubten Punkte im Kontinuum.

Die kanonischen Phasenkoordinaten x^α, p^α ($1 \leq \alpha \leq 3n$) werden in der QT durch Operatoren $x^{\perp \alpha}, p^{\perp \alpha}$ ersetzt, die auf Hilbertvektoren ψ angewandt werden. Auch die Parameter t, E werden zu Operatoren t^\perp, E^\perp . Die Parameter werden in der 4-dimensionalen Raum-Zeit durch Phasenkoordinaten pro Teilchen ersetzt. Die Operatoren sind in der Heisenberg-Darstellung (unendlich-dimensionale) komplexe hermitesche Matrizen.

Die hermitesche Konjugation einer Matrix $A = (A_{pp'})$ bezeichnet die transponierte (T) konjugiert-komplexe (*) Matrix $(A_{pp'})^{*T} = (A_{p'p}^*)$. Eine hermitesche Matrix erfüllt die Relation $(A_{p'p}^*) = (A_{pp'})$, ihre Diagonalelemente A_{pp} sind somit reell.

Eine aus Koordinaten x^α und Impulsen p^α zusammengesetzte physikalische Größe $A(x^\alpha, p^\alpha)$ wird durch einen hermiteschen Operator (Matrix) $A^\perp(x^{\perp \alpha}, p^{\perp \alpha})$ repräsentiert. Weil sich die Phasenkoordinaten in der Funktionenstufe unterscheiden, die Ortskoordinaten (und die Zeit t) haben die Funktionenstufe 0, die Impulskordinaten (und die Energie E) haben die Funktionenstufe 1, sind die zugeordneten Matrizen in der Hintereinander-Ausführung nicht alle vertauschbar. Sie erfüllen die Vertauschungsrelationen

$$[p^{\perp \alpha}, x^{\perp \beta}]_- := p^{\perp \alpha} \cdot x^{\perp \beta} - x^{\perp \beta} \cdot p^{\perp \alpha} = (h/2\pi \cdot i) \cdot \delta^{\alpha\beta}, \quad E^\perp \cdot t^\perp = -h/2\pi \cdot i, \\ (\delta^{\alpha\alpha} = 1, \delta^{\alpha\beta} = 0 \text{ für } \alpha \neq \beta, 1 \leq \alpha, \beta \leq 3n).$$

Die Operatoren der gleichen Funktionenstufe sind miteinander vertauschbar,

$$[x^{\perp \alpha}, x^{\perp \beta}]_- = 0, [p^{\perp \alpha}, p^{\perp \beta}]_- = 0, [x^{\perp \alpha}, t^\perp]_- = 0, [p^{\perp \alpha}, E^\perp]_- = 0.$$

Aus den Vertauschungsrelationen folgt, dass beliebige Funktionen der Phasenkoordinaten, speziell die Hamiltonfunktion $H(x^\alpha, p^\alpha, t) \rightarrow H^\perp(x^{\perp\alpha}, p^{\perp\alpha}, t)$, die Relationen

$$\partial H^\perp / \partial x^{\perp\alpha} = (2\pi i / h) \cdot [p^{\perp\alpha}, H^\perp]_-, \quad \partial H^\perp / \partial p^{\perp\alpha} = (2\pi i / h) \cdot [H^\perp, x^{\perp\alpha}]_-$$

erfüllen. Die kanonischen Bewegungsgleichungen werden zu Matrixgleichungen

$$dp^{\perp\alpha} / dt = (2\pi i / h) \cdot [H^\perp, p^{\perp\alpha}]_-, \quad dx^{\perp\alpha} / dt = (2\pi i / h) \cdot [H^\perp, x^{\perp\alpha}]_-,$$

gemäß denen sich die Matrizen in der Zeit t ändern, die als Parameter aufgefasst wird und ein Kontinuum von Punkten durchläuft.

Eine beliebige aus kanonischen Koordinaten aufgebaute Größe $A(x^\alpha, p^\alpha)$ erfüllt als hermitesche Matrix $A^\perp(x^{\perp\alpha}, p^{\perp\alpha})$ die Bewegungsgleichungen

$$dA^\perp / dt = (2\pi i / h) \cdot [H^\perp, A^\perp]_-.$$

Ist die Energiefunktion (Hamiltonfunktion) H nicht explizit von der Zeit t abhängig, $\partial H / \partial t = 0$, dann ist die Energie E des Systems eine Erhaltungsgröße. Werden nur die erlaubten Energiezustände betrachtet (Index $p \rightarrow E$), die Impulszustände p^α ($1 \leq \alpha \leq 3n$) bleiben unberücksichtigt, dann kann die Bewegungsgleichung integriert werden und man erhält für die Zeitabhängigkeit der Matrixelemente die Wellenfunktion

$$A_{EE'}^\perp(t) = A_{EE'}^\perp(0) \cdot e^{2\pi i \cdot (E-E') \cdot t / h} \\ = A_{EE'}^\perp(0) \cdot (\cos(2\pi \cdot (E-E') \cdot t / h) + i \cdot \sin(2\pi \cdot (E-E') \cdot t / h)).$$

Erwartungswerte:

Infolge der Heisenbergschen Unschärferelation (sie folgt aus den Vertauschungsrelationen) gibt es nur im statistischen Mittel zu erwartende Messwerte a , genannt Erwartungswert \hat{a} einer physikalischen Größe A . Die Messwerte a schwanken um den Erwartungswert \hat{a} . Die Abweichungen $a - \hat{a}$ werden im quadratischen Mittel bestimmt, so dass sich alle mit positivem Vorzeichen überlagern, was auch auf die Operatoren (Matrizen) A^\perp zutrifft. Das mittlere quadratische Schwankungsquadrat

$$(\Delta a)^2 := ((a - \hat{a})^2)^\wedge = (a^2)^\wedge - (\hat{a})^2 = \\ (\Delta A^\perp)^2 = (A^{\perp 2})^\wedge - (A^\perp)^\wedge^2 = \sum_{p'(p' \neq p)} |A_{pp'}^\perp|^2 \geq 0$$

ist ein Maß für die Breite Δa der zu berechnenden Wahrscheinlichkeitsverteilung Φ_p von A im Zustand p .

Ist A^\perp keine Diagonalmatrix, dann definiert das Schwankungsquadrat $(\Delta A^\perp)^2 > 0$ eine endliche Breite ΔA^\perp , die die Wahrscheinlichkeitsverteilung Φ_p hat. Die Diagonalelemente $\hat{a} = A_{pp}^\perp$ stellen die im statistischen Mittel zu erwartenden Messwerte von A im Zustand p dar.

Wenn A^\perp eine Diagonalmatrix ist ($A_{pp'}^\perp = 0$ für $p' \neq p$), verschwindet das Schwankungsquadrat, $(\Delta A^\perp)^2 = 0$. Dann sind die Erwartungswerte $\hat{a} = A_{pp}^\perp$ von A in jedem Zustand p exakte Messwerte a . Da die Energie E eine Diagonalmatrix ist, verschwindet das Schwankungsquadrat, $\Delta E^\perp = 0$, die Erwartungswerte sind exakte Messwerte E , die man bei jeder Messung in dem entsprechenden Zustand p des Systems antrifft. Der mittlere Messwert \hat{a} der Größe A in einem speziellen physikalischen Zustand p des Systems, den ein Hilbertvektor ψ repräsentiert, ist der Erwartungswert

$$\hat{a} := \psi \cdot (A^\perp \cdot \psi) = A_{pp}^\perp,$$

"." bezeichnet bei Vektoren/Tensoren das Skalarprodukt,

der bei einer Diagonalmatrix A^\perp ein exakter Messwert $\hat{a} = a$ ist und Eigenwert des Operators A^\perp genannt wird, zu dem der Hilbertvektor $\psi = \psi_a$ ein Eigenvektor ist.

Eigenwerte:

Die Eigenwerte a des Operators A^\perp sind Extremwerte der Erwartungswerte \hat{a} . Die Variation des Hilbertvektors ψ , unter Beibehaltung seiner Norm $\psi \cdot \psi$, bis \hat{a} einen Extremwert annimmt, führt auf die Variationsbedingung

$$\delta(\hat{a} - \lambda \cdot \psi \cdot \psi) = 0 \text{ bzw. } \delta(\psi \cdot (A^\perp - \lambda \cdot \psi) \cdot \psi) = 0 \quad (\lambda - \text{Lagrangischer Parameter})$$

Aus ihr folgt die Eigenwertgleichung

$$(A^\perp - a) \cdot \psi_a = 0 \text{ bzw. } A^\perp \cdot \psi_a = a \cdot \psi_a, \quad \psi = \psi_a, \quad \lambda = a.$$

Der Hilbertvektor $\psi = \psi_a$, der \hat{a} zum Extremwert macht, ist Eigenvektor des Operators A^\perp mit dem (reellen) Eigenwert $a = \lambda$. Jeder hermitesche Operator im Hilbertraum besitzt einen reellen Eigenwert, der ein Extremwert des Erwartungswertes ist. In einem $N (\leq \infty_0 \leq \infty_1)$ -dimensionalen Hilbertraum gibt es genau N zueinander orthogonale Eigenvektoren $\psi_{a'}$, die die Nebenbedingung $\psi_{a'} \cdot \psi_a = \delta_{a'a} = 0$ für $a' \neq a$ erfüllen. Bei der Normierung auf die Länge 1 ($\delta_{aa} = 1$) definieren sie ein Orthonormalsystem. Die Normierung der Eigenvektoren folgt nicht aus den Eigenwertgleichungen, weshalb sie frei vorgebar ist. Die Eigenwerte a stimmen mit den extremalen Erwartungswerten in den betreffenden Eigenzuständen ψ_a überein. Sie müssen nicht notwendig voneinander verschieden sein. Dann existieren zum Eigenwert a weitere Eigenvektoren $\psi_a, \psi'_{a'}, \dots$.

Weil die Matrizen $x^{\perp\alpha}, t^\perp$ zu den Ortskoordinaten x^α ($1 \leq \alpha \leq 3n$) und der Zeit t vertauschbar sind, ist jeder Punkt im Raum zu jeder Zeit erreichbar. Die Eigenwerte x^α, t der Matrizen $x^{\perp\alpha}, t^\perp$ durchlaufen ein kontinuierliches Spektrum $-\infty_1 \leq x^\alpha \leq +\infty_1$.

Das gilt auch für die vertauschbaren Matrizen $p^{\perp\alpha}, E^\perp$ zu den Impulskordinaten p^α und der Energie E , weshalb ihre Eigenwerte p^α, E ein kontinuierliches Spektrum $-\infty_1 \leq p^\alpha \leq +\infty_1$ durchlaufen. Doch sind die komplementären Matrizen $x^{\perp\alpha}, p^{\perp\alpha}$ nicht vertauschbar, weshalb auf die n Teilchen bei einem kontinuierlichen Ortsspektrum nur eine diskrete Auswahl aus dem Impulsspektrum anwendbar ist, oder bei einem kontinuierlichen Impulsspektrum es nur eine diskrete Auswahl aus dem Ortsspektrum gibt. Letzteres ist weniger anschaulich und wird im Allgemeinen nicht verwendet.

9.8.3 → Differentialoperatoren (Schrödinger-Darstellung)

Die Eigenwertgleichungen

$$(x^{\perp\alpha} - x^\alpha) \cdot \psi_x = 0, \quad (x := x^1, \dots, x^{3n}, 1 \leq \alpha \leq 3n)$$

definieren ein Orthogonalsystem von Eigenvektoren, das bei einer Normierung $\psi_x \cdot \psi_{x'} = \delta_{x,x'} / \Delta x$ für $\Delta x \rightarrow dx$ in die Normierung $\psi_x \cdot \psi_{x'} = \delta(x^1 - x'^1) \dots \delta(x^{3n} - x'^{3n})$ mit der Diracschen Deltafunktion $\delta(x - x') = \infty$ für $x = x'$ sonst $= 0$, $\int \delta(x - x') \cdot dx = 1$ übergeht. Die Eigenvektoren ψ_x definieren eine Basis für den ∞_1 -dimensionalen Hilbertraum.

Ein beliebiger Hilbertvektor ψ hat bezüglich dieser Basis die Darstellung

$$\psi = \sum_x \Phi(x) \cdot \psi_x \cdot \Delta x, \quad \Phi(x) = \psi \cdot \psi_x, \quad \psi \cdot \psi^* = \sum_{(x)} |\Phi(x)|^2 \cdot \Delta x = 1,$$

die bei einem Kontinuum wegen $\Sigma \rightarrow \int, \Delta x \rightarrow dx$ in das Integral

$$\psi = \int \Phi(x) \cdot \psi_x \cdot dx, \quad \Phi(x) = \psi \cdot \psi_x, \quad \psi \cdot \psi^* = \int |\Phi(x)|^2 \cdot dx = 1$$

bzw. $\psi(t) = \int \dots \int \Phi(x^1, \dots, x^{3n}, t) \cdot \psi_{x^1 \dots x^{3n}} \cdot dx^1 \dots dx^{3n}, \quad \Phi(x^1, \dots, x^{3n}, t) = \psi(t) \cdot \psi_{x^1 \dots x^{3n}}$

übergeht. Die Koeffizienten $\Phi(x)$ des Hilbertvektors ψ haben die Bedeutung einer Wahrscheinlichkeitsamplitude. Das Differential

$$dW(x) := d(\psi \cdot \psi^*) = |\Phi(x)|^2 \cdot dx = |\psi \cdot \psi_x|^2 \cdot dx$$

ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass sich die n Teilchen des Systems im Zustand ψ zur Zeit t an den Orten $\rightarrow^3 x_1, \dots, \rightarrow^3 x_n$ mit den Koordinaten x^α ($1 \leq \alpha \leq 3n$) in den Intervallen dx^1, \dots, dx^{3n} befinden.

Weil die Impulsoperatoren $p^{\perp\alpha}, E^{\perp}$ nicht mit den Ortsoperatoren $x^{\perp\alpha}, t^{\perp}$ vertauschbar sind, führt ihre Darstellung bezüglich der Eigenvektoren ψ_x der Ortsoperatoren mit einem kontinuierlichen Eigenwertspektrum auf "Eigenwerte", die Differentialoperatoren sind,

$$x^{\perp\alpha} \rightarrow x^\alpha, \quad p^{\perp\alpha} \rightarrow (h/2\pi i) \cdot \partial/dx^\alpha, \quad t^{\perp} \rightarrow t, \quad E^{\perp} \rightarrow -(h/2\pi i) \cdot \partial/dt,$$

und die Eigenwertgleichung für die Energie übergeht in eine Differentialgleichung,

$$E \cdot \psi_x = H^{\perp}(x^{\perp\alpha}, p^{\perp\alpha}, t) \cdot \psi_x \rightarrow -(h/2\pi i) \cdot \partial\psi/dt = H(x^\alpha, (h/2\pi i) \cdot \partial/dx^\alpha, t) \psi.$$

Das ist die Quantelung in der Schrödinger-Darstellung.

Bei allen gebundenen Systemen besitzt die Differentialgleichung nur für eine diskrete Auswahl von Impulsen eine Lösung. Zu jeder erlaubten Impulskombination $p := p^{\perp\alpha} (1 \leq \alpha \leq 3n), E^{\circ}$ werden in der Schrödingergleichung

$$-(h/2\pi i) \cdot \partial\Phi_p/dt = H(x, (h/2\pi i) \cdot \partial/dx^\alpha, t) \Phi_p, \quad \Phi_p(x) := \psi \cdot \psi_p, \quad \psi = \sum_p \Phi_p \cdot \psi_p,$$

die Wahrscheinlichkeiten $\Phi_p := |\Phi(x)|^{\rightarrow 3n} p^{\circ}, E^{\circ}, x = x^\alpha (1 \leq \alpha \leq 3n), t$ berechnet, das System im Zustand p in n Punkten des Raumes zur Zeit t zu finden.

Die stationären Lösungen der Differentialgleichung zu erlaubten Energiezuständen E (Index $p \rightarrow E$) für $\partial H/dt = 0$ (konservative Systeme) sind orthogonal und normierbar:

$$\psi_E = \varphi_E \cdot e^{-2\pi i \cdot E \cdot t/h}, \quad \psi_E \cdot \psi_{E'} := \int \psi_E^* \cdot \psi_{E'} \cdot d^{\rightarrow 3} x = \delta_{EE'},$$

der Zeitfaktor $e^{-2\pi i \cdot E \cdot t/h}$ kann separiert werden, es verbleibt φ_E .

Die Matrixelemente $\psi_E \cdot (A^{\perp} \cdot \psi_{E'}) = A_{EE}$ sind mit den Heisenbergschen Matrixelementen identisch. Das gilt für jede beliebige, aus den kanonischen Koordinaten und Impulsen zusammengesetzte Größe $A(x^\alpha, p^\alpha)$, die zum Operator $A^{\perp}(x^{\perp\alpha}, p^{\perp\alpha})$ wird.

9.8.4 → Wellenquantelung

Die einfachsten Lösungen einer linearen Wellengleichung sind ebene Wellen

$$\Psi(\vec{x}, t) = e^{i(\vec{k} \cdot \vec{x} - \omega \cdot t)} \text{ mit der Kreisfrequenz } \omega = 2\pi\nu \text{ (}\nu \text{ - Frequenz),}$$

$$\text{dem Vektor } \vec{k} = k \cdot \vec{n} \text{ der Wellenzahl } k = 2\pi/\lambda \text{ (}\lambda \text{ - Wellenlänge)}$$

$$\text{und der Wellennormalen } \vec{n} \text{ (Einheitsvektor in Ausbreitungsrichtung).}$$

Die Elektronenwelle genügt in der klassischen Physik der Wellengleichung

$$i \cdot d\Psi/dt = \Omega \cdot \Psi, \quad \Omega := -(1/2\mu) \cdot (\partial^2/dx^2 + \partial^2/dy^2 + \partial^2/dz^2) + \varepsilon \cdot U(\vec{x}).$$

Der Differentialoperator Ω hat die Dimension einer Frequenz und 2 charakteristische Konstanten, die experimentell bestimmt werden können,

$$\mu = 8,64 \cdot 10^3 [\text{s/m}^2], \quad \varepsilon = -1,52 \cdot 10^{15} [\text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}], \quad U \text{ - elektrisches Potential [V - Volt].}$$

Die ebenen Elektronenwellen besitzen die Eigenschaft

$$\omega(k) = k^2/2\mu + \varepsilon \cdot U.$$

Die charakteristischen Größen A der Wellentheorie lassen sich als Integrale

$$A = \iiint \Psi^* \cdot \hat{A} \cdot \Psi \cdot dV, \quad (dV := dx \cdot dy \cdot dz, \quad * \text{ - komplexe Konjugation})$$

über eine Funktion $\hat{A}(\vec{x}, \partial/d\vec{x})$ des Ortes \vec{x} und der räumlichen Ableitung (Gradient) $\partial/d\vec{x}$ darstellen, die auf die rechts stehende Wellenfunktion Ψ angewandt wird.

Der Schwerpunkt \vec{s} eines Wellenpakets ist mit $\hat{A} = \vec{x}$ definiert durch das Integral

$$\vec{s} = N^{-1} \cdot \iiint \Psi^* \cdot \vec{x} \cdot \Psi \cdot dV,$$

wenn die Wellenfunktion Ψ die Normierungsbedingung $\iiint \Psi^* \cdot \Psi \cdot dV = N$ (mit $\hat{A} = 1$), die immer zeitunabhängig ist, erfüllt.

Die Hamiltonfunktion H kann durch den Differentialoperator Ω ersetzt werden,

$$H = \iiint \Psi^* \cdot \hat{H} \cdot \Psi \cdot dV, \quad \hat{H} = (h/2\pi) \cdot \Omega.$$

Bei der Wellenquantelung wird die Wellenfunktion $\Psi(\vec{x}, t)$ als orts- und zeitabhängiger Operator $\Psi^\perp(\vec{x}, t)$ im Hilbertraum aufgefasst, aus dem der hermitesch-konjugierte Operator $\Psi^{\perp *T}$ hervorgeht. Der Operator muss nicht hermitesch sein.

Doch erfüllen die Operatoren $[\pm]$ -Vertauschungsrelationen

$$[\Psi^\perp, \Psi^{\perp *T}]_\pm := \Psi^\perp \cdot \Psi^{\perp *T} \pm \Psi^{\perp *T} \cdot \Psi^\perp = \delta(\vec{x} - \vec{x}'),$$

$$[\Psi^\perp, \Psi^\perp]_\pm = 0, \quad [\Psi^{\perp *T}, \Psi^{\perp *T}]_\pm = 0, \quad \delta(\vec{x} - \vec{x}') := \delta(x - x') \cdot \delta(y - y') \cdot \delta(z - z')$$

und die Operatorgleichungen

$$d\Psi^\perp/dt = (2\pi \cdot i/h) \cdot [H^\perp, \Psi^\perp]_-, \quad d\Psi^{\perp *T}/dt = (d\Psi^\perp/dt)^{*T} = (2\pi \cdot i/h) \cdot [H^\perp, \Psi^{\perp *T}]_-.$$

Die Norm N wird zum Teilchenzahl-Operator N^\perp , der mit H^\perp vertauschbar ist,

$$[N^\perp, H^\perp]_- = 0, \quad H^\perp = \iiint \Psi^{\perp *T} \cdot (h/2\pi) \cdot \Omega \cdot \Psi^\perp \cdot dV,$$

doch ist er nicht mit den Wellen-Operatoren $\Psi^\perp, \Psi^{\perp *T}$ vertauschbar,

$$[N^\perp, \Psi^\perp]_- = -\Psi^\perp, \quad [N^\perp, \Psi^{\perp *T}]_- = +\Psi^{\perp *T}$$

bzw. $N^\perp \cdot \Psi^\perp = \Psi^\perp \cdot (N^\perp - 1)$, $N^\perp \cdot \Psi^{\perp *T} = \Psi^{\perp *T} \cdot (N^\perp + 1)$.

Die Eigenwerte n des Teilchenzahl-Operators N^\perp sind natürlichen Zahlen, $n=0, 1, 2, \dots$,

die Eigenwertgleichung $N^\perp \cdot \psi_n = n \cdot \psi_n$ definiert den Eigenvektor (Hilbertvektor)

$$\psi_{n|x} := (1/\sqrt{n!}) \cdot \Psi^{\perp *T}(\vec{x}_1) \cdot \dots \cdot \Psi^{\perp *T}(\vec{x}_n) \cdot \psi_0, \quad (n! := n \cdot (n-1) \cdot \dots \cdot 2 \cdot 1)$$

zum Eigenwert n , unabhängig von den speziellen Ortskoordinaten $x := x^\alpha (1 \leq \alpha \leq 3n)$, weshalb es zu einem Eigenwert n überabzählbar viele Eigenvektoren $\psi_{n|x}$ gibt, die sich durch verschiedene Ortsvektoren- n -Tupel $\vec{x}_i (1 \leq i \leq n)$ unterscheiden.

Die Welle kann sich in verschiedenen Teilchen-Zuständen n befinden. Der Vakuumvektor ψ_0 ist der Zustand bei Abwesenheit von Teilchen ($n=0$), charakterisiert durch die Eigenschaften

$$\Psi^\perp(\vec{x}) \cdot \psi_0, \quad N^\perp \cdot \psi_0 = \iiint \Psi^{\perp *T} \cdot \Psi^\perp \cdot \psi_0 \cdot dV = 0, \quad \psi_0 \cdot \psi_0 = 0 \text{ für alle Orte } \vec{x}.$$

Der Hilbertvektor $\psi_{1|x}$ ist der Zustand bei Anwesenheit von $n=1$ Teilchen am Ort \vec{x} .

Der hermitesch konjugierte Wellen-Operator $\Psi^{\perp*T}$ ist Erzeugungsoperator,

$$\psi_{n+1|x} = \Psi^{\perp*T}(\vec{x}) \cdot \psi_{n|x} \quad (n \geq 0),$$

der Wellen-Operator Ψ^{\perp} ist Vernichtungsoperator

$$\psi_{n-1|x} = \Psi^{\perp}(\vec{x}) \cdot \psi_{n|x} \quad (n > 0)$$

von jeweils einem Teilchen am Ort \vec{x} .

Die Ortszustände $\psi_{n|x}$ der gequantelten Wellentheorie unterscheiden sich von den Ortseigenvektoren ψ_x der gequantelten Teilchentheorie, da sie durch andere Operatoren und somit in einem anderen Hilbertraum definiert sind.

Doch kann bei der Linearkombination der Vektoren $\psi_{n|x}$ eine Funktion $\Phi_n(x)$ gefunden werden, so dass ein Eigenzustand ψ_n zum Eigenwert n des Operators N^{\perp} existiert mit den Eigenschaften:

$$\psi_n(t) = \int \Phi_n(x,t) \cdot dx \cdot \psi_{n|x}, \quad \Phi_n(x,t) := \psi_n \cdot \psi_{n|x}, \quad \psi_n \cdot \psi_n^* = \int |\Phi_n(x,t)|^2 \cdot dx = 1, \quad x := x^\alpha (1 \leq \alpha \leq 3n).$$

Somit ist $\Phi_n(x,t)$ die Amplitude der Aufenthaltswahrscheinlichkeit an den n Orten \vec{x}_i ($1 \leq i \leq n$) zur Zeit t . Die Koeffizienten $\Phi_n(x,t)$ des Hilbertvektors $\psi_n(t)$ genügen der gleichen Schrödinger-Gleichung

$$-(\hbar/2\pi i) \cdot \partial \Phi_n / dt = \sum_{(1 \leq i \leq n)} ((-\hbar^2/2m) \cdot (\partial^2/dx^2 + \partial^2/dy^2 + \partial^2/dz^2)_i + e \cdot U(\vec{x}_i)) \cdot \Phi_n,$$

(m - Masse, e - Ladung des Elektrons),

wie die Koeffizienten $\Phi_p(x,t)$ des Hilbertvektors $\psi(t)$ bei der Teilchenquantelung,

$$\Phi_n(x,t) = \Phi_p(x,t) := \Phi(\vec{x} | \vec{p}^\circ, E^\circ), \quad \psi_n = \psi := \sum_p \Phi_p \cdot \psi_p, \quad p := p^1, \dots, p^\alpha, \dots, p^{3n}, E.$$

Der Hilbertvektor ψ_n zum Eigenwert n des Teilchenzahl-Operators N^{\perp} bei der Wellenquantelung (einer Elektronenwelle) ist identisch mit dem Hilbertvektor ψ eines Systems aus n Teilchen (Elektronen) bei der Teilchenquantelung.

Die Teilchentheorie der klassischen Mechanik ist unter Hinzunahme der Quantenbedingung $dA^{\perp}/dt = (2\pi i/\hbar) \cdot [H^{\perp}, A^{\perp}]$ die gleiche Quantentheorie wie die klassische Wellentheorie unter Hinzufügung der gleichen Quantenbedingung. Damit ist die Äquivalenz von Welle und Teilchen in der Quantentheorie erwiesen, die Antinomie des Welle-Teilchen-Dualismus ist mit der Entdeckung der Wahrscheinlichkeitswelle (dem Quantenfeld) $\Phi_n = \Phi_p$, aufgelöst.

In Prozessen, wo Teilchen erzeugt und vernichtet werden, ändern sich die Teilchenzahlen n und Teilchenarten, weshalb zwischen den Anzahlen der Orts- und Impuls-Koordinaten x, p pro Teilchenart unterschieden werden muss. Dann wird der Zustand des Systems durch einen Hilbertvektor $\psi := \sum_n (\sum_p \Phi_{np} \cdot \psi_{np})$ charakterisiert mit den Wahrscheinlichkeiten $\Phi_{np}(x,t)$ zu verschiedenen Teilchenzahlen $n=0,1,2,\dots$ und verschiedenen Impulszuständen p pro Teilchenart.

9.8.5 → Allgemeines zur ARQ für 1 Teilchen

Da die Orts- und Zeit-Koordinaten stets symmetrisch auftreten, gilt das auch für die Impuls- und Energie-Koordinaten.

Die Energiefunktion des freien Teilchens muss deshalb linear in den Impulsen sein,

$$E = \pm c \cdot \sqrt{(\vec{p})^2 + (m^0 \cdot c)^2} = c \cdot \vec{\alpha} \cdot \vec{p} + m^0 \cdot c^2 \cdot \beta,$$

was den Übergang vom Vektorkalkül zum Spinorkalkül [9',29,11,17,20,39] erfordert. An die Stelle der Vektoren treten 2-stufige Spintensoren (Matrizen), die im flachen Ereignisraum K^4_0 aus den Paulischen Spinmatrizen

$$\begin{matrix} \sigma^1 = (0 & 1) & , & \sigma^2 = (0 & -i) & , & \sigma^3 = (1 & 0) & , & \sigma^4 = e = (1 & 0) \\ & (1 & 0) & & (i & 0) & & (0 & -1) & & (0 & 1) \end{matrix}$$

aufgebaut sind,

$$\begin{aligned} \vec{\sigma} &= \sum_{(1 \leq \mu \leq 3)} \sigma^\mu \cdot e_\mu, & \vec{p} &= \sum_{(1 \leq \mu \leq 3)} p_\mu \cdot e^\mu \quad (\vec{p} \text{ ist dual zum Impuls } \vec{p}) \\ \vec{\alpha} &= \begin{pmatrix} 0 & \vec{\sigma} \\ \vec{\sigma} & 0 \end{pmatrix}, & \beta &= \begin{pmatrix} e & 0 \\ 0 & -e \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Sie definieren den 4-dimensionalen Diracschen Spinmatrizen-Vektor

$$\vec{\gamma}^0 := -i \cdot \beta \cdot \vec{\alpha} + \beta \cdot e_4.$$

In gekrümmten Riemannschen Räumen sind die Spinmatrizen [20,39]

$$\begin{pmatrix} \sigma^{\mu AB'} \\ \sigma^{\mu 21'} \\ \sigma^{\mu 11'} & \sigma^{\mu 12'} \\ \sigma^{\mu 21'} & \sigma^{\mu 22'} \end{pmatrix}, \quad \mu, \alpha = 1, 2, 3, 4, \quad A = 1, 2, \quad B' = 1', 2' = 3, 4$$

hermitesche Funktionen $\sigma^{\mu AB'}(x^\alpha)$ der Ereigniskoordinaten x^α .

Sie definieren den allgemein-relativistischen Spinmatrizen-Vektor

$$\vec{\gamma}^0 \rightarrow \vec{\gamma} = \sum_{(1 \leq \mu \leq 4)} \gamma^\mu \cdot e_\mu, \quad \gamma^\mu := \begin{pmatrix} 0 & \sqrt{2} \cdot \sigma^{\mu AB'} \\ \sqrt{2} \cdot \sigma^{\mu BA'} & 0 \end{pmatrix}.$$

Aus $\sigma^{\mu AB'} = (\sigma^{\mu BA'})^* = \sigma^{\mu B'A}$ folgt $\sigma^{\mu 11'}, \sigma^{\mu 22'}$ - reell, $\sigma^{\mu 12'}, \sigma^{\mu 21'}$ - konjugiert-komplex.

Beim Übergang zum Quantenformalismus (nach Schrödinger) werden Impuls und Energie zu Differential-Operatoren (∂ - gewöhnliches, D - kovariantes Differential),

$$p^\perp_\alpha := (h/2\pi i) \cdot \partial / dx^\alpha, \quad E^\perp := -(h/2\pi i) \cdot \partial / dt \quad (\text{im flachen Ereignisraum}),$$

$$p^\perp_\alpha := (h/2\pi i) \cdot D / dx^\alpha, \quad E^\perp := -(h/2\pi i) \cdot D / dt \quad (\text{im gekrümmten Riemannschen Raum}),$$

die auf das Quantenfeld Φ angewandt werden, das der Diracgleichung [29,11,20]

$$E^\perp \cdot \Phi = H^\perp(x^\alpha, p^\perp_\alpha, t) \cdot \Phi, \quad H^\perp := c \cdot \vec{\alpha} \cdot \vec{p} + m^0 \cdot c^2 \cdot \beta$$

bzw. $(\sum_{(1 \leq \mu \leq 4)} \gamma^\mu \cdot p^\perp_\mu + m^0 \cdot c) \Phi = 0$, $p^\perp_\mu = (h/2\pi i) \cdot D / dx^\mu$, $\vec{p}^\perp = \sum_{(1 \leq \mu \leq 4)} p^\perp_\mu \cdot e^\mu$ genügt.

Das skalare Quantenfeld Φ in der nicht-relativistischen Schrödinger-Theorie wird in der relativistischen Dirac-Theorie zu einem 1-stufigen Spintensorfeld, das ein 4-komponentiger Bispinor ist,

$$\Phi = (\varphi, \chi) = (\varphi^1, \varphi^2, \chi_1, \chi_2), \quad (\sigma_\mu^{AB'}) \text{ - Basis des Spinorraumes,} \\ A = 1, 2, \quad B' = 1', 2' = 3, 4$$

Zu ihm gibt es den 4-komponentigen adjungierten Bispinor

$$\Phi^- = \sum_{(1 \leq \mu \leq 4)} \Phi^{-\mu} \cdot \sigma_\mu = (\varphi^-, \chi^-) = (\varphi^{-1}, \varphi^{-2}, \chi^{-1'}, \chi^{-2'}),$$

der aber nicht selbstadjungiert ist.

Aus dem Wirkungsprinzip $\delta \int \mathcal{L}_\Phi \cdot d\Omega^k = 0$ mit der Lagrangedichte [11] ($\gamma^0 \rightarrow \gamma$, $\partial \rightarrow D$)

$$\mathcal{L}_\Phi := -1/2 \cdot (\Phi^- \cdot (\sum_{(1 \leq \mu \leq 4)} \gamma^\mu \cdot p^\perp_\mu) \cdot \Phi - \Phi \cdot (\sum_{(1 \leq \mu \leq 4)} \gamma^\mu \cdot p^\perp_\mu) \cdot \Phi^-)$$

folgen die allgemein-relativistischen Diracgleichungen [20]

$$\sum_{(1 \leq \mu \leq 4)} (\gamma^\mu \cdot p^\perp_\mu + m^0 \cdot c) \cdot \Phi = 0 \quad \text{für das Elektron}$$

$$(p^\perp_\mu := (h/2\pi i) \cdot D / dx^\mu \text{ wirkt auf die rechts von ihnen stehenden Funktionen})$$

und die adjungierten Gleichungen

$$\Phi^- \cdot \sum_{(1 \leq \mu \leq 4)} (\gamma^\mu \cdot p^\perp_\mu - m^0 \cdot c) = 0 \quad \text{für das Positron}$$

($p^\perp_\mu := (h/2\pi i) \cdot D/dx^\mu$ wirkt auf die links von ihnen stehenden Funktionen), die für ($\gamma \rightarrow \gamma^\circ, D \rightarrow \partial$) in die speziell-relativistischen Diracgleichungen übergehen. Bei der Variation müssen die Funktionen Φ, Φ^- als voneinander unabhängig betrachtet werden.

Die allgemein-relativistische Diracgleichung [20] in der symmetrischen Form hat die Gestalt $\sum_{(1 \leq \mu \leq k'=4)} (\sigma^\mu, 0) \cdot (\sqrt{2}) \cdot p^\perp_\mu \cdot (\varphi) + (0, m^\circ \cdot c) \cdot (\varphi) = 0, \sigma^\mu := (\sigma^{\mu AB'})$,
 $(0, \sigma^{\perp \mu}) (\chi) (-m^\circ \cdot c, 0) (\chi) \sigma^{\perp \mu} := (\sigma^{\mu AB'})$

bzw. $\sum_{(1 \leq \mu \leq 4, 1 \leq A \leq 2)} (\sqrt{2} \cdot h/2\pi i) \cdot \sigma^{\mu AB'} \cdot D\varphi^A/dx^\mu + m^\circ \cdot c \cdot \chi_{B'} = 0, B'=1', 2'=3,4,$
 $\sum_{(1 \leq \mu \leq 4, 1 \leq B' \leq 2)} (\sqrt{2} \cdot h/2\pi i) \cdot \sigma^{\mu AB'} \cdot D\chi_{B'}/dx^\mu - m^\circ \cdot c \cdot \varphi_A = 0, A=1,2.$

Beim Übergang von der kräftefreien Bewegung eines Teilchens (Elektrons) mit der elektrischen Ladung e zur Bewegung im elektromagnetischen Feld mit dem Potential

$$\rightarrow^4 A = \rightarrow^3 A + U \cdot e_4 = A^1 \cdot e_1 + A^2 \cdot e_2 + A^3 \cdot e_3 + A^4 \cdot e_4 (A^4 := U),$$

(magnetisches Potential $\rightarrow^3 A$, elektrisches Potential $U, \rightarrow^4 A^\wedge = \sum_{(1 \leq \mu \leq 4)} A_\mu \cdot e^\mu$ dual zu A),

gehen der (duale) Impuls $\rightarrow^3 p^\wedge$ und die Energie E über in

$$\rightarrow^3 p^\wedge \rightarrow \rightarrow^3 p^\wedge - e \cdot \rightarrow^3 A^\wedge, E \rightarrow E - e \cdot U, \text{ bzw. } p_\mu \rightarrow p_\mu - i \cdot e \cdot A_\mu / c (1 \leq \mu \leq 4).$$

Dann hat die Diracgleichung die Gestalt

$$(E^\perp - e \cdot U) \cdot \Phi = (c \cdot \rightarrow^3 \alpha \cdot (\rightarrow^3 p^\wedge - \rightarrow^3 A^\wedge) + m^\circ \cdot c^2 \cdot \beta) \cdot \Phi.$$

Es existieren 2 Varianten der Diracgleichung, in der das Vorzeichen vor der Masse m° vertauscht wird, was äquivalent ist mit der Vertauschung der Spinoren φ und χ . Jedes Teilchen besitzt eine positive Energie $+m^\circ \cdot c^2$. Die Zustände negativer Energie $-m^\circ \cdot c^2$ finden im Rahmen der Löcher-Theorie von Dirac ihre Deutung. Im Vakuumzustand sind alle potentiellen Löcher in einem Teilchen belegt. Der Erwartungswert des Vakuumzustandes kann nicht beobachtet werden.

Wenn das Teilchen ein kleineres Teilchen emittiert, entsteht ein Loch mit negativer Energie. Der Erwartungswert des Loches besitzt ein negatives Vorzeichen, weshalb der beobachtete Ereignis-Impuls des Loches negativ ist. Das gespiegelte Loch ist das Antiteilchen zum Teilchen, das infolge der Spiegelung des Ereignis-Impulses auch eine positive Energie $+m^\circ \cdot c^2$ besitzt.

Das konjugiert-komplexe Quantenfeld Φ^* genügt nicht der Diracgleichung, weil der Differentialoperator nicht selbstadjungiert ist. Doch kann aus der Lösung Φ^- der adjungierten Gleichung das konjugiert-komplexe Quantenfeld gefunden werden,

$$\Phi^* = \Phi^- \cdot \beta, \Phi^- = \Phi^* \cdot \beta.$$

Die (reelle) Wahrscheinlichkeit

$$dw = |\Phi(\rightarrow x, t)|^2 \cdot dx$$

ist durch das Skalarprodukt $|\Phi|^2 := \Phi^* \cdot \Phi$ mit dem konjugiert-komplexen Bispinorfeld $\Phi^* := \Phi^- \cdot \beta$ definiert, das über die adjungierte Lösung Φ^- der Diracgleichung und Multiplikation mit der Matrix β gefunden wird.

Das Neutrinoquantenfeld genügt der Weylschen Gleichung [39]

$$\sum_{(1 \leq \mu \leq 4, 1 \leq B' \leq 2)} (h/2\pi i) \cdot \sigma^{\mu AB'} \cdot D\chi_{B'}/dx^\mu = 0.$$

Im Spinorkalkül tritt an die Stelle des durch Vektoren $e_\mu^m(x^\alpha)$ erzeugten Bezugssystems ein durch 2-stufige Spintensoren $\sigma^{\mu AB'}(x^\alpha)$ erzeugtes Bezugssystem.

Die Transformation vom Vektorkalkül in den Spinorkalkül erfolgt mit Hilfe der hermiteschen Spinmatrizen

$$\sigma^{\mu AB'} = \sigma^{\mu B'A}, \sum_{(1 \leq \mu \leq 4)} \sigma^{\mu AB'} \cdot \sigma_{\mu CD'} = \delta^A_C \cdot \delta^{B'}_{D'}, \sum_{(1 \leq A \leq 2, 1 \leq B' \leq 2')} \sigma^{\mu AB'} \cdot \sigma_{\nu AB'} = \delta^\mu_\nu.$$

Jedem hermiteschen Spintensor $\alpha_{AB} = \alpha_{B'A}$ kann umkehrbar eindeutig ein reeller Vektor a^μ aus dem Ereignisraum K^4_0 zugeordnet werden,

$$a^\mu = \sum_{(1 \leq A \leq 2, 1' \leq B' \leq 2')} \sigma^{\mu AB'} \cdot \alpha_{AB'}, \quad \alpha_{AB'} = \sum_{(1 \leq \mu \leq 4)} \sigma_{\mu AB'} \cdot a^\mu.$$

Der Spinorraum hat die Metrik

$$\gamma_{AB'} \gamma_{C'D'} = \sum_{(1 \leq \mu, \nu \leq k)} \sigma^\mu_{AC'} \cdot \sigma^\nu_{BD'} \cdot G_{\mu\nu},$$

$$\gamma_{AB} = -\gamma_{BA} = \gamma_{A'B'} = -\gamma_{B'A'}, \quad \gamma_{A'B'} := (\gamma_{AB})^*, \quad |\gamma_{AB}| = 1$$

mit nur einer von Null verschiedenen Komponente $\gamma := \gamma_{12} \cdot \gamma_{1'2'} \neq 0$. Die Metrik

$$G_{\mu\nu} = \sum_{(1 \leq A, C \leq 2, 1' \leq B', D' \leq 2')} \sigma_\mu^{AB'} \cdot \sigma_\nu^{CD'} \cdot \gamma_{AB'} \cdot \gamma_{C'D'}$$

des Riemannschen Ereignisraumes K^4_0 wird durch die Metrik $\gamma_{AB'} \cdot \gamma_{C'D'}$ des Spinorraumes und durch das Bezugssystem (Spinmatrizen) $\sigma_\mu^{AB'}$ definiert. Das durch 2-stufige Spintensoren $\sigma^\mu_{AB'}(x^\alpha)$ erzeugte Bezugssystem erzeugt eine anholonome Transformation der Metrik $G_{\mu\nu}$ des Riemannschen Ereignisraumes K^4_0 in den flachen Spinraum S_2 , dem umkehrbar eindeutig die metrischen Spintensoren $\gamma_{AB}, \gamma_{C'D'}$ zugeordnet sind. Die 16 Komponenten $\sigma^\mu_{AB'}(x^\alpha)$ der Spintensoren σ^μ entsprechen den 16 Komponenten e^μ_m des Bezugssystems im Messraum (flacher lokaler Tangentialraum mit Minkowski-Metrik). An die Stelle des Minkowskischen Darstellungsraumes der Lorentzgruppe tritt der flache Spinorraum S_2 als Darstellungsraum der unimodularen Gruppe (2-deutige Darstellung der Lorentzgruppe).

Der Spintensor $\sigma^\mu_{AB'}(x^\alpha)$ ist ein Skalar bezüglich umkehrbar eindeutiger Koordinatentransformationen (Einstein-Gruppe). Die Indizes A, B' sind einfache Nummern in Bezug auf die Einsteingruppe. Alle unimodularen Transformationen werden im flachen Spinraum ausgeführt.

Die Einstein-kovariante Spinoranalysis lässt sich in Analogie zur Tensoranalysis aufbauen. Das allgemeine Relativitätsprinzip erfüllen alle 2s-stufigen Spintensoren.

Bei der Transformation des Riemannschen Krümmungstensors $R_{\alpha\beta\mu\nu}$ in den Spinorraum tritt von selbst der (antisymmetrische) Tensor

$$F_{\mu\nu} = -F_{\nu\mu} := DA_\nu/dx^\mu - DA_\mu/dx^\nu = \partial A_\nu/dx^\mu - \partial A_\mu/dx^\nu$$

(\xrightarrow{k} A – elektromagnetisches Potential)

der elektromagnetischen Feldstärke auf. Der Krümmungsspinor ist eindeutig durch Krümmungstensor und Tensor des elektromagnetischen Feldes bestimmt [20],

$$P^A_{B\mu\nu} = 1/2 \cdot \sum_{(1 \leq \alpha, \beta \leq 4, 1' \leq C' \leq 2')} R_{\alpha\beta\mu\nu} \cdot \sigma^{\alpha AC'} \cdot \sigma^\beta_{C'B} + 1/2 \cdot i \cdot F_{\mu\nu} \cdot \delta^A_B,$$

$$P^{A'}_{B'\mu\nu} = 1/2 \cdot \sum_{(1 \leq \alpha, \beta \leq k', 1 \leq C \leq 2)} R_{\alpha\beta\mu\nu} \cdot \sigma^{\alpha AC} \cdot \sigma^\beta_{CB'} - 1/2 \cdot i \cdot F_{\mu\nu} \cdot \delta^{A'}_{B'}.$$

Zum Krümmungsskalar R tritt die Lagrangedichte \mathcal{L}_F (das Quadrat des elektromagnetischen Feldes) hinzu, so dass in der relativistischen Quantenmechanik für 1 Teilchen (1 Elektron) aus dem Wirkungsprinzip

$$\delta \int (\mathcal{L}_{G+F} + \mathcal{L}_\Phi + \sum_{(1 \leq i' \leq n')} \mathcal{L}_{Ai'}) \cdot \sqrt{-\det(G^k)} \cdot d\Omega = 0, \quad d\Omega := dV \cdot dt = dx^1 \cdot dx^2 \cdot dx^3 \cdot dt$$

Ω

wieder die Einsteinschen Gravitationsfeldgleichungen

$$R_{\alpha\beta} - 1/2 \cdot G_{\alpha\beta} \cdot R = 8\pi \cdot f/c^4 \cdot T_{Q\alpha\beta},$$

folgen, doch mit einem veränderten Materietensor (Gesamt-Impuls-Energie-Tensor)

$$T_{Q\alpha\beta} := T_{\Phi\alpha\beta} + T_{F\alpha\beta} + \sum_{(1 \leq i' \leq n')} T_{Ai' \alpha\beta},$$

weil an die Stelle der Lagrangedichte \mathcal{L}_T für das Teilchen die Lagrangedichte \mathcal{L}_Φ für die adjungierten Bispinoren Φ, Φ^- tritt, und somit der Impuls-Energie-Tensor $T_{T\alpha\beta}$ durch den Tensor $T_{\Phi\alpha\beta}$ ersetzt wird. Auch die anderen Lagrangedichten $\mathcal{L}_{Ai'}$ können sich verändern. Der Impuls-Energie-Tensor $T_{F\alpha\beta}$ für das elektromagnetische Feld, das willkürlich vorgegeben werden kann, ändert sich nicht.

Aus der Lagrangedichte \mathcal{L}_Φ folgt der nicht-symmetrische Impuls-Energie-Tensor

$$T'_{\Phi\alpha\beta} := 1/2 \cdot (\Phi^- \cdot \gamma_\beta \cdot D\Phi/dx^\alpha - D\Phi^-/dx^\alpha \cdot \gamma_\beta \cdot \Phi).$$

Er ist reell und genügt dem Erhaltungssatz

$$\begin{aligned} \sum_{(1 \leq \beta \leq 4)} DT_{\Phi}^{\alpha\beta}/dx^{\beta} &= \sum_{(1 \leq \beta \leq 4)} F^{\alpha\beta} \cdot j_{\beta}, \\ \rightarrow^4 j &:= \rho \cdot (\rightarrow^3 v + c \cdot e_4) \quad - \text{Ereignis-Stromdichte,} \\ \rho &:= e \cdot \delta(\rightarrow^3 x - \rightarrow^3 x^0) \quad - \text{räumliche Ladungsdichte (1 Teilchen am Ort } \rightarrow^3 x^0), \\ \rho \cdot \rightarrow^3 v &- \text{Stromdichte, } \rightarrow^3 v \text{ - Geschwindigkeit des Teilchens.} \end{aligned}$$

Der symmetrische Impuls-Energie-Tensor

$$T_{\Phi\alpha\beta} := 1/2 \cdot (T'_{\Phi\alpha\beta} + T'_{\Phi\beta\alpha})$$

gibt den Beitrag des Elektrons zum Gesamt-Impuls-Energie-Tensor

$$T_{Q\alpha\beta} := T_{\Phi\alpha\beta} + T_{F\alpha\beta} + \sum_{(1 \leq i \leq n)} T_{Ai\alpha\beta}.$$

Beim freien Teilchen fehlen fremde Massen und es verschwindet das elektromagnetische Feld. Aus $F_{\mu\nu}=0$ folgt der Erhaltungssatz $\sum_{(1 \leq \beta \leq 4)} DT_{\Phi}^{\alpha\beta}/dx^{\beta}=0$.

Die Transformation vom Vektorkalkül in den Spinorkalkül erfolgt mit Hilfe der Spinmatrizen $\sigma^{\mu}_{AB}(x^{\alpha})$. Sie ist umkehrbar eindeutig bei $2s$ -stufigen Spintensoren. Bei Spintensoren ungerader Stufe $2s+1$ verbleibt ein Spinor-Index A , der nicht durch eine Transformation kompensiert werden kann. Sie sind somit keine Skalare bezüglich der unimodularen Gruppe, also keine Invarianten, da sie von der Wahl des Bezugssystems $\sigma^{\mu}_{AB'}$ abhängen. Sie können aber Skalare bezüglich der Einsteingruppe sein. In den Termen

$$\sum_{(1 \leq \mu \leq 4, 1 \leq A \leq 2)} \sigma^{\mu}_{AB'} \cdot D\varphi^A/dx^{\mu}, \quad \sum_{(1 \leq \mu \leq 4, 1 \leq B' \leq 2')} (h/2\pi i) \cdot \sigma^{\mu AB'} \cdot D\chi_{B'}/dx^{\mu}$$

der verallgemeinerten Diracgleichung wird über die Indizes μ , A oder B' summiert.

Es verbleibt der Index B' oder A . Das durch die Diracgleichung definierte Quantenfeld $\Phi=(\varphi, \chi)$ ist ein einstufiges Bispinorfeld. Sein Transformationsverhalten ist mehrdeutig. Der identischen (Quasi)-Drehung entsprechen 2 quasispinoielle Abbildungen, die identische Abbildung und die mit -1 multiplizierte. Die Koordinaten der Spintensoren einer ungeraden Stufe $2s+1$ sind nur bis auf den gemeinsamen Faktor -1 bestimmt. An die Stelle des Minkowskischen Darstellungsraumes der Lorentzgruppe tritt der flache Spinorraum S_2 als Darstellungsraum der unimodularen Gruppe (2-deutige Darstellung der Lorentzgruppe).

Für Größen, die sowohl Skalare in Bezug auf die Einsteingruppe als auch in Bezug auf die Lorentzgruppe sind, ist die kovariante Ableitung gleich der gewöhnlichen Ableitung. Das gilt für die Spintensoren gerader Stufe.

Spintensoren ungerader Stufe werden anders differenziert als Spintensoren gerader Stufe, weil sie keine Skalare in Bezug auf die unimodulare Gruppe sind. Beim Paralleltransport D° der Spinoren $\varphi_A, \chi_{A'}$ treten die Affinitäten Λ^C_{Av} auf,

$$\begin{aligned} D^{\circ}\varphi_A/dx^v &= \partial^{\circ}\varphi_A/dx^v - \sum_{(1 \leq C \leq 2)} \Lambda^C_{Av} \cdot \varphi_C, \\ D^{\circ}\varphi^A/dx^v &= \partial^{\circ}\varphi^A/dx^v + \sum_{(1 \leq C \leq 2)} \Lambda^A_{Cv} \cdot \varphi^C. \end{aligned}$$

Die kovariante Differentiation D° im Spinorraum soll volumentreu sein, d.h.

$$D^{\circ}(\gamma_{AB} \cdot \gamma_{C'D})/dx^v = 0,$$

woraus folgt:

$$\sum_{(1 \leq A \leq 2)} \Lambda^A_{Av} + \sum_{(1' \leq A' \leq 2')} \Lambda^{A'}_{A'v} = d(\ln(\gamma))/dx^v = 2i \cdot A_v,$$

$$D^{\circ}\gamma_{AB}/dx^v = -i \cdot \gamma_{AB} \cdot A_v, \quad A_v \text{ - willkürliches elektromagnetisches Potential,}$$

$$D^{\circ}\gamma_{AB}/dx^v = D\gamma_{AB}/dx^v - \sum_{(1 \leq C \leq 2)} \gamma_{AC} \cdot \Lambda^C_{Bv} - \sum_{(1 \leq C \leq 2)} \gamma_{CB} \cdot \Lambda^C_{Av} = 0.$$

Die kovariante Ableitung der Spinmatrizen muss verschwinden, d.h.

$$D^{\circ}\sigma^{\mu AB'}/dx^v =$$

$$\partial\sigma^{\mu AB'}/dx^v + \sum_{(1 \leq \alpha \leq 4)} \sigma^{\alpha CB'} \cdot \Gamma^{\mu}_{\alpha v} + \sum_{(1 \leq C \leq 2)} \sigma^{\mu CB'} \cdot \Lambda^A_{Cv} + \sum_{(1' \leq C' \leq 2')} \sigma^{\mu AC'} \cdot \Lambda^{B'}_{C'v} = 0,$$

was eine eindeutige Bestimmung der Affinitäten Λ^C_{Av} im Spinorraum ermöglicht bis auf ein willkürlich vorgegbares elektromagnetisches Potential A_v , das auch verschwinden kann, $A_v=0$.

Die Affinitäten $\Gamma_{\alpha\nu}^{\mu}$ im Riemannschen Ereignisraum folgen aus dem Lemma von Ricci, $DG_{\alpha\beta}/dx^{\nu}=0$. Sie sind symmetrisch, $\Gamma_{\alpha\nu}^{\mu}=\Gamma_{\nu\alpha}^{\mu}$ und somit gleich den Christoffelsymbolen, die durch die Metrik $G_{\alpha\beta}$ und ihre Ableitungen bestimmt sind. Das Bezugssystem $\sigma^{\mu AB'}$, die Metrik γ_{AB} des Spinorraumes ändern sich nicht bei kovariantem Transport D° , und die Metrik $G_{\alpha\beta}$ des Riemannschen Ereignisraumes ändert sich nicht bei kovariantem Transport D . Somit gilt:

$$D^{\circ}(\sum_{(1'\leq B'\leq 2)}\sigma^{\mu AB'}\cdot\chi_{B'})/dx^{\nu}:=\sum_{(1'\leq B'\leq 2)}\sigma^{\mu AB'}\cdot\partial\chi_{B'}/dx^{\nu}-\sum_{(1'\leq B';C'\leq 2)}\sigma^{\mu AB'}\cdot\chi_{C'}\cdot\Lambda^C{}_{B'\nu},$$

$$\Lambda^C{}_{B'\nu} = 1/2 \cdot \sum_{(1\leq\mu\leq k, 1'\leq C'\leq 2)}\sigma^{\mu BC'}\cdot D\sigma_{\mu AC'}$$

Die mit D° bezeichnete kovariante Ableitung genügt im Spinorraum den Lemmata

$$D^{\circ}\sigma^{\mu AB'}/dx^{\nu} = D\sigma^{\mu AB'}/dx^{\nu} + \sum_{(1\leq C\leq 2)}\sigma^{\mu CB'}\cdot\Lambda^A{}_{C\nu} + \sum_{(1'\leq C'\leq 2)}\sigma^{\mu AC'}\cdot\Lambda^{B'}{}_{C'\nu} = 0,$$

$$D^{\circ}\gamma_{AB}/dx^{\lambda} = D\gamma_{AB}/dx^{\lambda} - \sum_{(1\leq C\leq 2)}\gamma_{AC}\cdot\Lambda^C{}_{B\lambda} - \sum_{(1'\leq C'\leq 2)}\gamma_{C'B}\cdot\Lambda^C{}_{A\lambda} = D^{\circ}\gamma_{A'B'}/dx^{\lambda} = 0.$$

In der speziell relativistischen Diracgleichung tritt an die Stelle der partiellen Ableitung ∂ nicht die kovariante Ableitung D von Vektoren, sondern die kovariante Ableitung D° von Spinoren. Das Neutrinofeld genügt der Weylschen Gleichung [39]

$$\sum_{(1\leq\mu\leq k=4, 1\leq B'\leq 2)}(h/2\pi i)\cdot\sigma^{\mu AB'}\cdot D\chi_{B'}/dx^{\mu} = 0,$$

die übergeht in die Gleichung

$$\sum_{(1\leq\mu\leq 4, 1\leq B'\leq 2)}(h/2\pi i)\cdot\sigma^{\mu AB'}\cdot D^{\circ}\chi_{B'}/dx^{\mu} :=$$

$$\sum_{(1\leq\mu\leq 4, 1'\leq B'\leq 2)}\sigma^{\mu AB'}\cdot\partial\chi_{B'}/dx^{\mu} - \sum_{(1'\leq B';C'\leq 2)}\sigma^{\mu AB'}\cdot\chi_{C'}\cdot\Lambda^C{}_{B'\mu} = 0.$$

Die Gleichungen sind nur noch forminvariant in Bezug auf die Lorentzgruppe, d.h. die Form der Gleichungen ist so gewählt, dass sie in jedem beliebigen Bezugssystem bestehen bleibt. Für Spinorfelder ungerader Stufe ist jedoch eine numerische Invarianz gegenüber der Lorentzgruppe nicht erreichbar. Deshalb ist es naheliegend zu verlangen, dass ein ausgezeichnetes Bezugssystem (bis auf globale Lorentztransformationen) für diese Spinorfelder existiert. Für sie gilt dann nicht mehr das Allgemeine, sondern nur noch das spezielle Relativitätsprinzip.

Das ausgezeichnete Bezugssystem erlaubt einen Fernvergleich von Richtungen und damit auch von Relativgeschwindigkeiten. Es existiert ein integrierbarer Einsteinscher Fernparallelismus. Der Term $\sum_{(1'\leq B';C'\leq 2)}\sigma^{\mu AB'}\cdot\chi_{C'}\cdot\Lambda^C{}_{B'\mu}$ in der Weylschen Gleichung beschreibt die Wirkung des Gravitationsfeldes auf ein Spinorfeld, er ist ein Skalar in Bezug auf die Einsteingruppe und damit unmittelbar messbar. Die auf Spinorfelder wirkende Gravitationskraft hat eine physikalische Bedeutung. Dagegen wird die auf Tensorfelder wirkende Gravitationskraft nicht durch einen Tensor dargestellt, ist also nicht messbar und hat somit keine physikalische Bedeutung.

Das allgemeine Relativitätsprinzip erfüllen alle $2s$ -stufigen Spintensoren, nicht dagegen die $2s+1$ -stufigen, da diese Größen von der Wahl des Bezugssystems abhängen. Somit ist das Allgemeine Relativitätsprinzip kein triviales Prinzip, das immer erfüllt werden kann. Die 1-stufigen Spinoren können nur das spezielle Relativitätsprinzip erfüllen.

Die Möglichkeit der freien Wahl des Bezugssystems wird durch die Existenz eines ausgezeichneten Bezugssystems für die 1-stufigen Spinorfelder nicht eingeschränkt, zumal es sich dem experimentellen Nachweis entzieht. Weil zu jedem lokalen Bezugssystem auch ein globales konstruiert werden kann, dem ein 2-stufiges Spinorfeld entspricht, gibt es auch eine Transformation in das ausgezeichnete Bezugssystem im Spinorraum, in dem ein Fernvergleich von Richtungen ausgeführt werden kann. Die Rücktransformation ermöglicht dann auch einen Fernvergleich in jedem Bezugssystem.