

Ein gemeinsames Modell für Fundamental-Teilchen und Raumzeit

Hans-Dieter Herrmann

August 6, 2025

Abstract

Dieser Artikel verbindet das erste Auftreten der Raumzeit in der Evolution (die Emergenz) mit der ersten Entstehung von Teichen, die sich in der Raumzeit fortbewegen können. Es wird ein Modell vorgeschlagen, das sowohl Struktur und Dynamik von Fundamentarteilchen wie auch die Eigenschaften der Raumzeit beschreibt, die aus der strukturellen Entwicklung der Teilchen hervorgehen. Die gekoppelte Entwicklung von Teilchen und Raumzeit wird in zwei Phasen realisiert.

Während der ersten Ein-Teilchen-Phase werden durch eine kräftefreie Kreisbewegung von Massequanten und Elementarladungen in einem zirkulären 'Extra-Raum' die intrinsischen Teilcheneigenschaften wie Masse, Ladung, Drehimpuls (Spin) und magnetisches Dipolmoment erzeugt. Teilchen werden in dem Extra-Raum als zusammengesetzt und räumlich ausgedehnt angenommen, während sie in der Raumzeit elementar und annähernd punktförmig sind. Bei der Translation entstehen schrittweise isolierte Quanten der Raumzeit. Lineare wie auch zirkuläre Bewegungen erfolgen mit Lichtgeschwindigkeit. Ihr Zusammenspiel kann probabilistisch beschrieben werden, dies führt auf die Gesetze der Speziellen Relativitätstheorie (SRT). Bei der Translation treten ein lokaler und ein nichtlokaler Modus auf. Im nichtlokalen Modus besitzen die Subkomponenten eines Teilchens unterschiedliche Positionen und Trajektorien in der Raumzeit, dies entspricht einer Superposition quantenmechanischer Zustände (Quanten - Nichtlokalität) und stellt möglicherweise die Ursache einer nichtlokalen Newtonschen Gravitation dar.

Während der zweiten Vielteilchen-Phase zeigen sich Wechselwirkungs-Fähigkeiten der Teilchenstruktur, die Raumzeit entwickelt sich von isolierten Raumzeit-Bereichen zu einer allgemeinen Raumzeit, die von den räumlichen Abständen zwischen verschiedenen Teilchen aufgespannt wird. Die relativistische Geschwindigkeits-Addition und die Lorentz-Transformation ergeben sich auf natürliche Weise aus den wahrscheinlichkeitstheoretischen Formulierungen.

•
•
•
?

Contents

1	Einleitung	3
2	Die verschiedenen Erscheinungsformen der Raumzeit	7
3	Teilchenmodelle ohne Translation	9
4	Lineare Translation eines einzelnen Birotons	11
4.1	Rotations- und Translations - Ereignisse	11
4.2	Lineare und zirkuläre Abstände	13
4.3	Kombinations-Ereignisse, der lokale und der nichtlokale Modus der Translation	14
4.4	Die Wahrscheinlichkeitswelle	19
5	Die Translation mehrerer Teilchen	23
5.1	Die relativistische Addition von Geschwindigkeiten	23
5.2	Die spezielle Lorentz - Transformation	24
6	Die Selbstenergie zirkulierender Ladungen	25
6.1	Das Coulomb - Gesetz in einem zirkulären Raum	25
6.2	Energiefaktoren zirkulierender Ladungen	26
6.3	Die effektive Kopplungsstärke einer em Ladung $\alpha_{em,eff}$	28
7	Birotonen als Modelle für Leptonen	29
7.1	Skelett und Dress, die Einführung eines Massequantums	29
7.2	Gyromagnetische Eigenschaften und das anomale magnetische Moment	33
7.3	Die Ableitung des Massequantums	34
7.4	Die schwache Wechselwirkung	35
7.4.1	Die schwache Kopplungsstärke	35
7.4.2	Die schwache Paritätsverletzung	36
7.4.3	Die schwache Wechselwirkung verschiedener Teilchen	38
8	Mono-Rotonen und ihre Rolle in der Kosmologie	41
8.1	Vergleich der Quanten von Ladung und Masse	41
8.2	Das gemeinsame erste Auftreten (die Emergenz) von Teilchen und Raumzeit	43
8.3	Mono-Rotonen als Kandidaten für dunkle Materie und dunkle Energie	44
9	Schlussfolgerungen	46
10	Deklarationen	48

1 Einleitung

Die gegenwärtigen Forschungen zur Quanten-Gravitation zeigen die Tendenz zu einer nicht-raumzeitlichen Theorie [16],[18],[28]. Es existiert allerdings noch keine Lösung für das Problem, wie die Eigenschaften der Raumzeit aus dem Nichts ('Out of Nowhere') entstehen könnten. In diesem Artikel wird eine Verbindung vorgeschlagen zwischen dem ersten Auftauchen (der Emergenz) der Raumzeit und dem ersten Auftauchen von Teilchen, die sich in der Raumzeit fortbewegen.

Analogien zwischen verschiedenen Ebenen der Realität führen zur Annahme eines zirkulären 'Extra'-Raumes, der die Raumzeit ergänzt [12]. Diese Analogien bilden die philosophische Grundlage des Vorschlags für ein gemeinsames Modell von Teilchen und Raumzeit.

Im Rahmen des Standard-Modells (SM) der Teilchenphysik werden Leptonen und Quarks als "punktförmig" aufgefasst, bezogen auf die Auflösung moderner Streuexperimente. Diese Fermionen werden als "Elementarteilchen" angesehen, das heißt als unstrukturiert und nicht zusammengesetzt. Die Teilchenmassen von Leptonen und Quarks und die Mischung von Quarks in realen Teilchen werden durch das SM nicht erklärt. Die sogenannten "intrinsischen" Eigenschaften, wie Spin und magnetisches Dipolmoment eines Teilchens, werden erfolgreich in der Dirac-Theorie und der Quanten-Elektrodynamik (QED) behandelt, allerdings werden dafür abstrakte Hilbert-Räume und ein komplexes System virtueller Teilchen benötigt. Außerdem können die Wechselwirkung von Elementarteilchen und deren Selbst-Wechselwirkung nur mit gewissen Schwierigkeiten theoretisch beschrieben werden, weil die Kopplungsstärken und die beteiligten Energien in Richtung 'unendlich' tendieren, wenn die räumlichen Abstände gegen null gehen. Diese Faktoren und einige weitere Probleme, wie etwa die unbekannte Natur von dunkler Materie und dunkler Energie, führten zu der Auffassung, dass das SM vermutlich unvollständig ist, obwohl es in seinem Rahmen die subatomare Welt erfolgreich beschreibt.

Seit mehr als 100 Jahren haben die neu entwickelten Teilchenmodelle ein Hauptziel, nämlich die zirkulären Teilcheneigenschaften wie Spin und magnetisches Dipolmoment durch eine physikalische Kreisbewegung zu erklären. Die Bewegung eines Elektrons, das im Wasserstoff-Atom *gebunden* ist, wurde mittels Kreisen (Bohr 1913[4]) und Ellipsen (Sommerfeld 1916 [26]), schließlich mit Hilfe stehender Wellen beschrieben (Schrödinger, 1926 [24]). Die genannten Bewegungen des Elektrons erfolgten strahlungslos, das heißt ohne Energieverlust.

In ähnlicher Weise wurde auch für das *freie* Elektron eine periodische Bewegung postuliert. Slater [25] war 1926 der Erste, der einen Radius zirkulierender elektromagnetischer Felder abschätzte, er erhielt einen Wert nahe der Compton-Wellenlänge des Elektrons, geteilt durch 2π . Huang [15] formulierte 1952 sehr klar die räumliche Ausdehnung der vorgeschlagenen Kreisbewegung:

"The detailed motion of a free Dirac electron is investigated It is shown that the well-known zitterbewegung may be looked upon as a circular motion about the direction of the electron spin, with

a radius equal to the Compton wavelength (divided by 2π) of the electron. It is further shown that the intrinsic spin of the electron may be looked upon as the "orbital angular momentum" of this motion. The current produced by the zitterbewegung is seen to give rise to the intrinsic magnetic moment of the electron".

Der Compton - Radius ist die charakteristische Größe der meisten ring- oder spiralförmigen Modelle, er beträgt etwa 386 fm, die Compton-Wellenlänge beträgt entsprechend 2426 fm. Solche Modelle wären in einem krassen Widerspruch zu den experimentellen Fakten. Streuexperimente mit Elektronen beweisen deren annähernd punktförmigen Charakter bis herab in den Bereich von 10^{-3} fm, mehr als fünf Größenordnungen unterhalb des Compton-Radius.

Trotz des Widerspruchs zu den experimentellen Ergebnissen wurden auch in letzter Zeit geometrische Modelle vorgeschlagen [8], [22]. David Hestenes entwickelte eine koordinatenfreie 'Raum-Zeit Algebra' um eine geometrische Interpretation der Dirac-Theorie zu erhalten, ohne dass ein sichtbarer Widerspruch zum Experiment auftritt. Allerdings konnte er nicht verhindern, dass sich bei seiner Definition einer 'Teilchen-Uhr' eine Vergleichsmöglichkeit mit quantitativen Daten ergab [14]. Die Zeiteinheit der von ihm vorgeschlagenen Uhr beträgt $\tau_e = 4.0466 \times 10^{-21}$ s und entspricht wiederum der Umlaufzeit des Lichts auf einem Kreis mit dem Umfang der halben Compton-Wellenlänge des Elektrons. Das ist nahezu identisch mit dem Ergebnis von Slater, das er bereits 94 Jahre zuvor erhalten hatte. Ein Jahrhundert dauernde Bemühungen, die Differenz zwischen einer plausiblen Teilchengeometrie und der gemessenen Größe eines Elektrons aufzulösen, blieben erfolglos.

Beck [3] postulierte deshalb 2023 einen separaten 'inneren Raum' für die kreisende Ladung, aber schließlich ergibt sich der Radius der "Gesamtbewegung" des Elektrons nach der Definition von Beck als die halbe Compton - Wellenlänge geteilt durch 2π .

Modelle mit einer unmessbar kleinen Ausdehnung scheinen eine Lösung des Problems zu bieten. Für solche Modelle wird eine innere Struktur und zum Teil auch eine Zusammensetzung von Leptonen und Quarks aus Subkomponenten angenommen. Diese Modelle besitzen meist mehr Dimensionen als die Raumzeit. Eine wesentliche Eigenschaft dieser Modelle ist ihre Unsichtbarkeit für Experimente aufgrund ihrer geringen Abmessungen, die mit den realistisch erreichbaren Beschleuniger-Energien nicht aufgelöst werden können. Deshalb würden entsprechende Teilchen im Experiment punktförmig erscheinen, obwohl sie tatsächlich ausgedehnt sind.

Theodor Kaluza [17] und Oskar Klein [19] haben bereits 1921 und 1926 vorgeschlagen, eine fünfte Dimension in Form eines geschlossenen Rings mit einem Radius der Größenordnung $10^{-32}m$ einzuführen.

Die Möglichkeit, dass Leptonen und Quarks zusammengesetzte Teilchen sind, wird bereits seit langem untersucht [1], [20], allerdings wurde experimentell kein Anzeichen dafür gefunden [2]. Es wurden Modelle mit Subkomponenten von Leptonen und Quarks ("Preonen" oder "Rishonen") vorgeschlagen, die infolge ihres winzigen Radius experimentell nicht nachweisbar sind.

Als Konsequenz des kleinen Radius muss eine sehr große Masse der Subkomponenten angenommen werden. Näherungsweise wäre die Masse eines Preons mit > 200 GeV anzusetzen, entsprechend einem inversen Radius von $\sim 10^{-18}$ m. Die Hauptschwierigkeit derartiger Preon-Modelle besteht darin, die Art ihrer Bindung zu erklären, die zu der vergleichsweise kleinen Masse der Leptonen und Quarks führt. Die Bindung zwischen Preonen müsste von grundlegend anderer Art sein als andere Bindungen - etwa die Bindung von Quarks in Hadronen oder die Bindung von Nukleonen in Kernen. Dort ist stets die Masse der Bestandteile kleiner als die Masse des zusammengesetzten Systems.

Superstring Theorien können ebenfalls als Versuch aufgefasst werden, die Probleme mit punktförmigen Teilchen zu überwinden: Es werden Saiten (strings) mit der Dimension $D = 1$ oder Membranen (branes) mit $D = 2$ angenommen, die in Räumen mit 6, 10 oder 26 Dimensionen schwingen. Um die Stringmodelle an die vierdimensionale Raumzeit anzupassen, werden die über vier hinausgehenden ('extra') Dimensionen als eng zusammengerollt (kompaktifiziert) angenommen. Superstrings und Branes sind zwar ausgedehnt, aber nur im Bereich der Planck-Länge, unbeobachtbar klein. Sie würden deshalb in allen Experimenten als punktförmig erscheinen.

Viele Theoretiker hofften, mit Hilfe der Superstring-Theorie eine einheitliche Beschreibung für Teilchen und ihre Wechselwirkungen zu finden, einschließlich der Gravitation [11]. Allerdings konnten keine Vorhersagen der Stringtheorie experimentell bestätigt werden. Darüberhinaus gibt es derart viele mögliche Varianten von Stringtheorien, dass es extrem schwierig wenn nicht unmöglich ist, die für unser Universum passende Variante auszuwählen. Es gibt seit Jahren tiefgreifende Meinungsverschiedenheiten über die möglichen Zukunftsaussichten oder das Scheitern der Stringtheorien [10].

Im Rahmen der mathematischen Physik kann man zwei Koordinatensysteme definieren, von denen das eine die Raumzeit repräsentiert und das andere einen mathematischen Raum, der für Experimente nicht zugänglich ist. Hilbert-Räume, die Raumzeit- und Teilcheneigenschaften beschreiben, können auf diese Weise definiert werden [6], [5]. Hilbert-Räume sind allerdings meist Funktionsräume und besitzen eine große, häufig unendliche Zahl von Dimensionen, was sie weniger geeignet macht für die Konstruktion geometrischer Teilchenmodelle.

1979 beschrieben DiVecchia und Ravndal ein supersymmetrisches Dirac - Teilchen [9], [23]. Die Theorie nahm eine duale Existenz des Teilchens an, es existierte sowohl in der Minkowskischen Raumzeit wie auch in einem anti-kommutativen Raum, der von Grassmann-Variablen aufgespannt wurde. Der Spinoperator produzierte den korrekten Teilchenspin nur in dem anti-kommutativen Raum, der allerdings nicht als zirkulärer Raum definiert war. Das Verhalten derartiger Teilchenmodelle mit einer lokalen (internen) Supersymmetrie wurde auch in einem äußeren Feld studiert. Diese Theorie ist auf Felder beschränkt, die die Supersymmetrie nicht zerstören.

Wang und weitere Autoren [27] unterscheiden zwei Räume eines Dirac-Partikels, einen internen, der die Spinor-Struktur enthält, und einen externen Raum, in dem Position und Impuls definiert sind:

"The internal degrees of freedom of a Dirac particle are related to its spinor structure called internal space H_c . The external degrees of freedom of a Dirac particle are associated with its position and momentum in space called external space H_p . The Dirac dynamics couples the internal and external space interestingly."

Die Raumzeit erscheint nicht mehr als Träger fundamentaler physikalischer Eigenschaften, das ist eine der Hauptaussagen in Theorien der Quanten-Gravitation (QG). Verschiedene theoretische Ansätze liefern mehrere Interpretationen für den emergenten, also sich erst herausbildenden Charakter der Raumzeit. Die Ansätze 'Theorie kausaler Mengen' (Causal Set Theory) und 'Schleifen-QG' (Loop Quantum Gravity) diskutieren das Auftauchen der Raumzeit ohne Bezug zu ihrem materiellen Inhalt, das heißt zu Teilchen oder zu makroskopischen Objekten.

Die Stringtheorie und der von Huggett und Wüthrich vorgeschlagene 'Raumzeit - Funktionalismus' [16] betrachten die Möglichkeit einer gemeinsamen Entstehung von Raumzeit und Materie. Der Raumzeit - Funktionalismus besitzt ein hohes Maß an konzeptioneller Allgemeinheit. Er fordert, dass die 'Wesenheiten / Eigenschaften / Zustände', die die Raumzeit auf einer höheren Ebene charakterisieren, durch Wesenheiten / Eigenschaften / Zustände einer niederen Ebene realisiert werden. Dieser Ansatz schließt die Idee von der Existenz verschiedener Ebenen der Realität ein, die auch vom Autor dieses Artikels ausgearbeitet wurde [12].

Die Leitideen des vorliegenden Artikels sind ein 'Zweiraum-Konzept' und die Annahme, dass Teilchen in einem "Eigenraum" aus Subkomponenten zusammengesetzt sind.

Der Artikel ist wie folgt gegliedert:

Im Abschnitt 2 wird die Rolle der Raumzeit auf verschiedenen Ebenen der Realität behandelt, bis herab zu der Ebene, auf der der lineare Raum zu verschwinden scheint und nur zirkuläre Räume verbleiben.

Abschnitt 3 enthält die Einführung eines Teilchenmodells ohne lineare Fortbewegung (Translation), das nur die 'statischen' Eigenschaften eines Teilchens in der Raumzeit beschreibt.

Im Abschnitt 4 wird die Translation eines einzelnen Teilchens untersucht, das fähig ist, 'Raumzeit-Quanten' zu erzeugen.

Der Gegenstand von Abschnitt 5 ist das erste Auftauchen linearer Abstände zwischen mehreren Teilchen, die sich relativ zueinander fortbewegen.

In Abschnitt 6 wird die Selbst-Energie von Ladungen definiert, die auf Kreisbahnen umlaufen.

Im Abschnitt 7 wird die Frage behandelt, ob im Universum isolierte Subkomponenten von Teilchen existieren und welche Rolle sie bei der Entstehung des Kosmos gespielt haben könnten.

2 Die verschiedenen Erscheinungsformen der Raumzeit

Der Begriff 'Raum' ist nicht auf geometrische Gebilde beschränkt, deren Koordinaten in Längeneinheiten angegeben werden. In der Wissenschaft werden auch verschiedene Phasenräume, Funktionsräume und andere nicht-geometrische Raumtypen genutzt. In diesem Artikel werden 'Zustandsräume' auf molekularer, atomarer und subatomarer Ebene betrachtet.

Es ist anzumerken, dass Zustandsräume auch auf höheren Ebenen etwa für lebende Systeme oder soziale Gemeinschaften definiert werden können, wobei das 'Zweiraumkonzept' angewendet wird [12],[13].

Auf der *molekularen Ebene* kann ein Molekül verschiedene Rotations- und Schwingungszustände einnehmen, die von einzelnen, isolierten Atomen nicht realisiert werden können. Nur *mehrere* chemisch stabil gebundene Atome können diese Zustände hervorbringen. Die Gesamtheit aller Rotations- und Schwingungs-Zustände bilden den 'Gemeinschaftsraum' der Moleküle, in dem einzelne Atome nicht vorkommen. Man kann sagen, dass Atome im Gemeinschaftsraum der Moleküle 'nicht existieren'.

Auf der *atomaren Ebene* kann man analoge Verhältnisse beobachten. Freie Atome oder Ionen besitzen Anregungszustände der Elektronen ihrer Hüllen. Sie bilden einen Zustandsraum, den Gemeinschaftsraum der atomaren Ebene. Dieser Zustandsraum ist nicht für einzelne freie Elektronen oder andere isolierte Teilchen zugänglich, diese 'existieren nicht' im Zustandsraum der Atome. Dies beruht darauf, dass einzelne Teilchen solche Anregungszustände nicht realisieren können, dafür ist das kontinuierliche Zusammenwirken mehrerer gebundener Teilchen erforderlich.

Auf der *subatomaren Ebene* vermuten wir wiederum analoge Verhältnisse. Es wird angenommen, dass Teilchen aus Subkomponenten bestehen, die 'Rotonen' genannt werden. Mehrere Rotonen müssen zusammenwirken, um ein Teilchen zu formen und in der Raumzeit aufzutreten und sich dort fortzubewegen. Einzelne ungebundene Mono-Rotonen sind unfähig, lineare Bewegungen in der Raumzeit auszuführen, sie sind dort 'nicht existent'. Mono-Rotons existieren nur in einem kreisförmigen oder zylindrischen Raum, der Basisraum genannt wird. Der Basisraum ist nicht beobachtbar und unzugänglich für direkte Experimente.

Abb. 1 zeigt die molekulare ($n = 3$), atomare ($n = 2$) und subatomare Ebene ($n = 1$). Eine Ebene null wurde zur Vervollständigung hinzugefügt, wo nur ungebundene Mono-Rotonen existieren. Ein Übergang von der Subpartikel-Ebene null zur Partikel-Ebene 1 ist verbunden sowohl mit der Bildung von Teilchen aus ihren Subkomponenten wie auch mit der Entstehung der Raumzeit als 'Gemeinschaftsraum' der Teilchen. Raumzeit und Teilchen entstehen gemeinsam.

In einem Teilchen gebundene Rotonen erzeugen im Basisraum die intrinsischen Teilcheneigenschaften wie Masse, Spin und magnetisches Dipolmoment. Diese Eigenschaften beruhen auf Kreisbewegungen, zum Beispiel entsteht die in der Raumzeit messbare Teilchenmasse m_0 bzw. ihr Energie-Äquivalent $E = m_0 c^2$

aus der Rotationsenergie rotierender Massequanten und aus der Selbstenergie kreisender Ladungen im Basisraum. Die Kreiseigenschaften eines individuellen Teilchens haben somit ihren Ursprung im Eigenraum dieses Teilchens, wobei der individuelle Eigenraum einen Spezialfall des Basisraums darstellt.

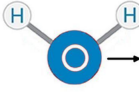
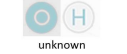
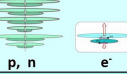
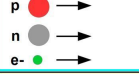
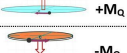
n	State space of circulation in basic space	State space of translation (space-time)	State space of electronic excitation	State space of molecular vibration and rotation
3	 unknown	 unknown	 unknown	 unknown
2	 unknown	 unknown	 unknown	No single atoms
1	 p, n e ⁻	 p n e ⁻	No single Particles	
0	 +M ₀ -M ₀	No single rotors		Common state space Eigenspace

Figure 1: Zustandsräume auf der molekularen, atomaren und subatomaren Ebene. Die Zustandsräume der komplexen Systeme setzen die Wechselwirkung mehrerer Komponenten voraus, sie können nicht durch einzelne isolierte Komponenten realisiert werden. Analog kann für die subatomare Ebene angenommen werden, dass die Subkomponenten von Teilchen nicht zur Translation befähigt und deshalb im Zustandsraum der Translation, der Raumzeit, nicht existent sind. Die gelb gefärbten Felder markieren die Tatsache der Nichtexistenz von Komponenten im Zustandsraum der Systeme, die aus diesen Komponenten bestehen.

Abb. 1 zeigt die auf verschiedenen Ebenen der Realität entstehenden Zustandsräume in schematischer Darstellung. Aus dieser Perspektive erscheint die Raumzeit als der Zustandsraum translatorischer Zustände, die als Ergebnis der Evolution zuerst von Teilchen realisiert wurden. Das erste Auftreten von Raumzeit ist somit verbunden mit dem ersten Auftreten von Teilchen.

Die zweite Spalte von Abb. 1 zeigt die verschiedenen Erscheinungsformen, in denen die Raumzeit auf den einzelnen Ebenen auftritt.

In der ersten Zeile auf *molekularer Ebene* ($n = 3$) erscheint die Raumzeit als die Domäne für die Translation der Moleküle. Hauptsächlich hat die Raumzeit hier die Rolle eines "Containers" für die Bewegung von Molekülen. Diese Rolle hat die Raumzeit im Allgemeinen auch für die Bewegung von beliebigen makroskopischen Körpern.

In der zweiten Zeile auf der *atomaren Ebene* ($n = 2$) stellt die Raumzeit zunächst die Domäne für die Translation der Atome dar, ähnlich wie in der ersten Zeile für die Moleküle. Allerdings zeigen jetzt Elektronen und Nukleonen, die Komponenten eines Atoms, in der Raumzeit eine spezifische periodische Bewegung, die einer stehenden Welle ähnelt und als quantenmechanischer Zu-

stand zu beschreiben ist. Die simple "Containerfunktion" der Raumzeit wurde in planetenähnlichen Modellen von Bohr [4] und Sommerfeld [26] zunächst auch für Atome angenommen, erwies sich aber als unzureichend.

In der dritten Zeile auf der *subatomaren Ebene* ($n = 1$) bevölkern Teilchen die Raumzeit als Domäne für die Änderung ihrer Bewegungszustände, die erfolgreich von der Quantenmechanik beschrieben werden. Die Dynamik der Teilchen umfasst Korpuskel- und Wellenaspekte und eine Vielzahl verschiedener Wechselwirkungen. Dabei hat die Raumzeit eine komplexe Funktion, die weit über die Rolle als bloßer Container hinausgeht. Die Raumzeit fungiert nunmehr als gemeinsamer Zustandsraum ('Gemeinschaftsraum') der Teilchen.

In der letzten Zeile auf der *Subpartikel - Ebene* ($n = 0$) treten Rotonen, die Subkomponenten von Teilchen, als die einzigen Systeme auf. Sie 'existieren nicht' in der Raumzeit, das heißt, isolierte Mono-Rotonen können translatorische Zustände nicht hervorbringen. Sie sind unbeweglich und unbeobachtbar. Falls sie in der Jetzt-Zeit noch existieren, könnten Mono-Rotonen bei der Erklärung von dunkler Materie und dunkler Energie eine Rolle spielen.

Wir nehmen an, dass in zirkulären Räumen kreisenden Mono-Rotonen Teil der Realität sind, obwohl diese zirkulären Räume außerhalb der Raumzeit liegen. Diese unübliche Ausdehnung der Realität in nicht beobachtbare Bereiche entspricht in gewisser Weise der üblichen Annahme von virtuellen Teilchen, die im physikalischen 'Vakuum' auftreten und ebenfalls unbeobachtbar sind.

Bei der Diskussion von Abb. 1 taucht die Frage auf, warum gerade die Translation, also die geradlinige kräftefreie Fortbewegung, das bedeutendste Charakteristikum von Teilchen in der Raumzeit darstellt und welcher Mechanismus ein Teilchen zur Translation befähigt, obwohl seine Komponenten eine rein zirkuläre Struktur besitzen. Diese Fragen werden in den nächsten Abschnitten behandelt, beginnend mit dem stationären Fall ohne Translation.

3 Teilchenmodelle ohne Translation

Das 'Biroton' wird als Modell eines Dirac-Teilchens gewählt. Es besteht aus zwei Rotonen mit entgegengesetzten Spinrichtungen. Die zwei Teil-Spins $\hbar$ und $-\hbar/2$ der Rotonen ergänzen sich zum Gesamtspin $\hbar/2$ des Birotons. Die beiden Teilmassen der Rotonen sind nahezu identisch, siehe Abb. 2.

Die zirkulären Geschwindigkeiten $+c$ und $-c$ der Rotonen entsprechen den Eigenwerten, die in der Dirac-Theorie zur 'Zitterbewegung' gehören. Die Symmetrie der Teilmassen und die Asymmetrie der Teilspins der Rotonen lassen auf eine Art innerer Supersymmetrie schließen.

Die Kreisflächen der Rotonen stellen zwei getrennte anti-kommutative Vektorräume dar. Gamma-matrizen dienen als Einheitsvektoren. Die zweidimensionalen Kreisflächen, die gemeinsame Spinachse und die Zeit-Koordinate ergeben insgesamt sechs Dimensionen für das Biroton, siehe Abb. 3.

Die Drehimpulse der Rotonen sind semiklassisch definiert (alle Größen sind

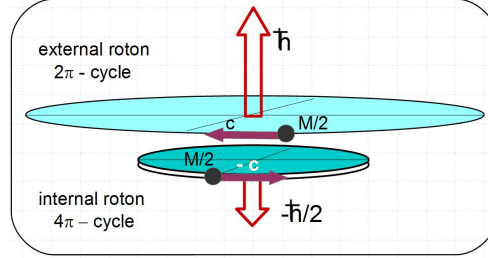


Figure 2: Die Struktur eines Birotons, Modell eines Dirac-Teilchens (links chiral, Spin aufwärts). Der Gesamtspin $\hbar/2$ des Birotons entspricht dem Spin eines Fermions, in der Quantenmechanik der Spinkomponente s_z in der Vorzugsrichtung z (Richtung der Spinachse).

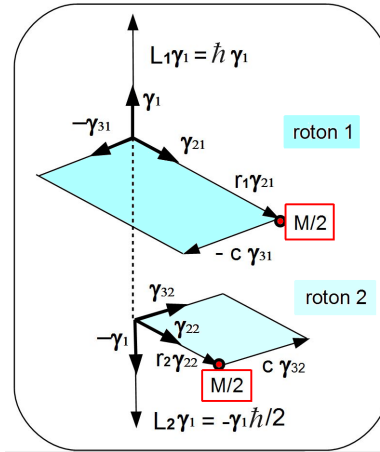


Figure 3: Die Koordinaten eines Birotons. Eine zweidimensionale Zirkulationsebene pro Roton (eingefärbte Flächen), die gemeinsame Spinachse und die Zeitkoordinate ergeben sechs Dimensionen für das Birotion. Der Radius und der Tangentialvektor eines Rotors spannen jeweils einen nicht-kommutativen Vektorraum auf. Die zwei Zirkulationsebenen gehören nicht zum gleichen zylindrischen Raum, weil zwischen den Vektoren in $(\gamma_{21}, \gamma_{31})$ und denen in $(\gamma_{22}, \gamma_{32})$ keine mathematischen Operationen definiert sind.

Vektoren, die Einheitsvektoren wurden weggelassen):

$$L_1 = p_{T1}r_1 = \hbar ; \quad L_2 = p_{T2}r_2 = -\hbar/2 \quad (1)$$

$$p_{T1} = M_1c; \quad p_{T2} = -M_2c \quad (2)$$

$$r_1 = \hbar/M_1c; \quad r_2 = \hbar/2M_2c \approx r_1/2 \quad (3)$$

Die Rotationsenergie $E_{rot} = \frac{1}{2}Mc^2$ der zirkulierenden Masse M bleibt erhalten und erscheint in der Raumzeit als invariante (Ruh-) Energie $E_0 = m_0c^2$.

Die Zykluslänge l_c , der Kreisumfang des externen Rotons, stellt die minimale Länge dar, die das Teilchen im Basisraum charakterisiert. Die Zykluszeit t_c ist das entsprechende minimale Zeitintervall. A_c bedeutet die Zyklus-Wirkung, sie ist gleich dem Planck'schen Wirkungsquantum h .

$$E_{rot} = \frac{1}{2}Mc^2 = m_0c^2 = E_0 \quad (4)$$

$$l_c = 2\pi r_1 = \frac{h}{M_1c} \approx \frac{hc}{m_0c^2} = \frac{hc}{E_0} \quad (5)$$

$$t_c = \frac{l_c}{c} \approx \frac{h}{E_0}; \quad A_c = E_0t_c = h \quad (6)$$

Die Energieerhaltung entsprechend Gleichung 4 bewirkt eine Halbierung der Masse M beim Übergang vom Basisraum in die Raumzeit:

$$\frac{1}{2}M \approx M_1 \approx M_2 \approx m_0 \quad (7)$$

In den Gleichungen (5) und (7) sind geringe Unterschiede der Rotonenmassen M_1 und M_2 vernachlässigt worden, die durch die Unterschiede in der Selbstenergie zirkulierender Ladungen bewirkt werden.

4 Lineare Translation eines einzelnen Birotons

4.1 Rotations- und Translations - Ereignisse

Durch die Zirkulation von Massen und Ladungen eines Birotons erfolgt eine geometrische Quantisierung der Bewegung in Zyklen, das heißt in Abschnitte von 2π rad für das externe und von 4π rad für das interne Roton. Entsprechend dem Sprachgebrauch der Wahrscheinlichkeitstheorie bezeichnen wir einen Zyklus der Kreisbewegungen als "Rotationsereignis".

Die Kreisbewegungen erzeugen den konstanten Spinbeitrag eines Rotons, dies ist ein deterministischer Vorgang. Die Drehimpulse L_1 und L_2 zeigen keine Fluktuation.

Neben den deterministischen Rotationsereignissen, die den Spin erzeugen, wird zusätzlich das Auftreten von stochastischen Ereignissen angenommen, die Translationsereignisse genannt werden. Solche zusätzlichen Ereignisse verlaufen ohne Störung der kontinuierlichen Spinrotation. Die Kombination eines Rotations- und eines Translationsereignisses im gleichen Zyklus ('Kombinations - Ereignis')

bedeutet die gleichzeitige Vorwärtsbewegung des Birotons im zirkulären Basisraum und in der linearen Raumzeit um den gleichen Betrag, die Zykluslänge l_c .

Bei Modellen des Photons sind alle Ereignisse derartige Kombinationen - Ereignisse und die Zykluslänge erscheint sowohl als kreisförmiger Umfang des externen Rotons wie auch als lineare Wellenlänge des Photons. Die Geschwindigkeit beider Ereignisse ist die Lichtgeschwindigkeit c , die als zirkuläre Geschwindigkeit im Basisraum und als lineare Geschwindigkeit in der Raumzeit erscheint. Bei Teilchen mit Ruhmasse erfolgen Kombinationen - Ereignisse nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit.

Wir definieren

β_i^2 als die Wahrscheinlichkeit, dass das nächste Rotationsereignis beim i ten Roton von einem Translationsereignis begleitet wird und

$R_i^2 = 1 - \beta_i^2$ als die Wahrscheinlichkeit, dass das nächste Rotationsereignis beim i ten Roton ohne Translation stattfindet. Man erhält somit

$$R_i^2 + \beta_i^2 = 1; \quad i = 1, 2 \quad (8)$$

Das Biroton bleibt gänzlich ohne Translationsereignisse, wenn gleichzeitig in beiden Rotonen ausschließlich Rotationsereignisse stattfinden. Die kombinierte Wahrscheinlichkeit R^2 reiner Rotation ist durch das Produkt aus R_1^2 und R_2^2 gegeben:

$$R^2 = R_1^2 * R_2^2 = (1 - \beta_1^2)(1 - \beta_2^2) \quad (9)$$

Die entsprechende Translationswahrscheinlichkeit $\beta^2 = 1 - R^2$ hängt von den Translationswahrscheinlichkeiten β_i^2 der Rotonen ab:

$$\beta^2 = 1 - R_1^2 * R_2^2 = \beta_1^2 + \beta_2^2 - \beta_1^2 \beta_2^2 = \beta_1^2 + R_1^2 \beta_2^2 \quad (10)$$

Die Translationswahrscheinlichkeit β^2 des Birotons kann nicht größer werden als eins. Das gilt auch dann, wenn für beide Rotonen Wahrscheinlichkeiten $\beta_i^2 \approx 1$ gelten und somit die Summe ihrer Wahrscheinlichkeiten größer ist als eins. Ein solches Verhalten ist von der Speziellen Relativitätstheorie (SRT) her bekannt und beschreibt die relativistische Addition von zwei orthogonalen (relativen) Geschwindigkeiten. Wir interpretieren die Komponenten $\vec{\beta}_i$ in der Minkowskischen Raumzeit als dimensionslose vektorwertige Größen, die den orthogonalen Komponenten $\vec{p}_i$ des Teilchenimpulses $\vec{p}$ proportional sind:

$$\vec{\beta}_i = \frac{c\vec{p}_i}{|E|}; \quad i = 1, 2; \quad \vec{p}_1 \perp \vec{p}_2 \quad (11)$$

$$\vec{\beta} = \frac{c\vec{p}}{|E|} \quad (12)$$

E ist die Gesamtenergie des Birotons in der Raumzeit, E_0 die invariante (Ruh-) Energie in der Raumzeit, identisch mit der Rotationsenergie der zirkulierenden Massen und Ladungen.

Wir bezeichnen die Größe $\vec{\beta}_i$ als 'Transil' des Rotons i . Es repräsentiert einen dimensionslosen Vektor, während das Transilquadrat β_i^2 eine Wahrscheinlichkeit darstellt.

Aus der Beziehung (10) folgt $\vec{\beta}_1 \perp \vec{\beta}_2$ und somit besteht eine Orthogonalbeziehung zwischen $\vec{p}_1$ und $\vec{p}_2$. Wir wählen $\vec{p}_1$ als die Komponente in Spinrichtung (oder entgegen der Spinrichtung, abhängig vom Vorzeichen) und $\vec{p}_2$ als Komponente senkrecht zur Spinachse. Die zwei Impulskomponenten genügen zur Beschreibung der Translation im dreidimensionalen Raum, da die Angabe 'senkrecht zur Spinachse' nicht eine eindeutige Richtung, sondern eine Fläche definiert.

Die skalare Größe R wird 'Rotil' des Teilchens genannt und kann als das Verhältnis zwischen invarianter und Gesamtenergie gedeutet werden:

$$R = \frac{E_0}{|E|}; \quad E = \frac{1}{R} E_0 \quad (13)$$

Der Kehrwert des Rotils ist der Lorentz-Faktor γ .

$$\gamma = \frac{1}{R} = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad (14)$$

Falls keine Translationsereignisse stattfinden, ist $R^2 = 1$ und das Birotion besitzt nur statische Eigenschaften. Die Bedingung $R^2 = 1$ kann jedoch nur bei Teilchenmodellen realisiert werden, die Massequanten enthalten, wie etwa Modelle massiver Leptonen oder von Hadronen.

Photonen bewegen sich stets mit Lichtgeschwindigkeit parallel oder antiparallel zur Spinachse, ihre invariante oder 'Ruh'-Energie ist gleich null. Für das Photon-Modell gilt deshalb

$$R^2(ph) = R_1^2(ph) \equiv 0; \quad R_2^2(ph) \equiv 1 \quad (15)$$

$$\beta^2(ph) = \beta_1^2(ph) \equiv 1; \quad \beta_2^2(ph) \equiv 0 \quad (16)$$

Mit Hilfe der Definitionen (12) und (13) ergibt sich eine Äquivalenz zwischen der im Basisraum gültigen probabilistischen Gleichung und der in der Minkowskischen Raumzeit gültigen relativistischen Energie - Impuls - Beziehung:

$$R^2 + \beta^2 = 1 \quad (17)$$

$$\left(\frac{E_0}{E}\right)^2 + \left(\frac{cp}{E}\right)^2 = 1; \quad E_0^2 + (cp)^2 = E^2 \quad (18)$$

Aufgrund der Doppelrolle der Gleichung (17) eignet sie sich als Brücke zwischen den Teilchenmodellen im Basisraum und den beobachteten Teilchen in der Raumzeit.

4.2 Lineare und zirkuläre Abstände

Ein Birotion ohne Translation, das heißt "in Ruhe" in der Raumzeit, legt eine kreisförmige Zykluslänge l_c pro Zykluszeit t_c zurück (siehe die Definitionen (5) und (6)).

Bei gleichförmiger Translation mit der Durchschnittsgeschwindigkeit $v = \beta c$ ist die Bewegung des Birotens sowohl durch zirkuläre wie auch lineare Größen der Dimension 'Länge' charakterisiert. Die Zykluslänge l_c erhält dadurch zwei orthogonale Komponenten (als Mittelwerte), das zirkuläre 'Lorentz-Intervall'

$$c\tau_c = Rct_c = Rl_c \quad (19)$$

und das lineare räumliche Intervall

$$x_\beta = \beta ct_c = \beta l_c \quad (20)$$

Die Größe $\tau_c = Rt_c$ ist die Eigenzeit des Birotens. Die zwei orthogonalen Komponenten von l_c werden quadratisch addiert:

$$l_c^2 = (c\tau_c)^2 + x_\beta^2 = (R^2 + \beta^2)l_c^2$$

Das Lorentz - Intervall $c\tau_c$ entspricht dem Raumzeit-Intervall ds in der SRT. Man erhält die vergleichbaren Beziehungen

$$(c\tau_c)^2 = l_c^2 - x_\beta^2 \quad (21)$$

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 \quad (22)$$

Die sehr kleinen, aber endlichen Intervalle, die für Basisraum-Modelle gelten, entsprechen infinitesimalen Größen in der SRT.

Für das räumliche Intervall x_β sind drei Fälle zu unterscheiden:

- $x_\beta = l_c$ der 'lichtartige' Fall: Das lineare Intervall ist gleich der vollen Zykluslänge, die Eigenzeit τ_c ist null und $\beta = 1$. Das entspricht den Eigenschaften eines Photons.
- $x_\beta < l_c$ der 'zeitartige' Fall: Das lineare Intervall ist kleiner als die volle zirkuläre Zykluslänge, die Eigenzeit ist nicht null, $\tau_c > 0$ und $\beta < 1$.
- $x_\beta > l_c$ der 'raumartige' Fall ist ausgeschlossen, solange nur ein einzelnes Teilchen betrachtet wird. Der raumartige Fall würde zu einer negativen Eigenzeit führen ($\tau_c < 0$), was physikalisch keine Bedeutung hat und deshalb auszuschließen ist.

4.3 Kombinations-Ereignisse, der lokale und der nicht-lokale Modus der Translation

Die Transil-Größen $\vec{\beta}_1$ und $\vec{\beta}_2$, die in (12) definiert wurden, bestimmen die orthogonalen Richtungen der linearen Komponenten der Geschwindigkeit $\vec{\beta}c$ und deren Mittelwert.

Bei der Translation des Birotens wird jedoch nicht der Mittelwert realisiert, sondern sie erscheint als ein intermittierender Prozess. In Kombinationseignissen werden Sprünge mit der linearen Lichtgeschwindigkeit $\vec{c}$ zusätzlich zu der Rotationsbewegung mit der zirkulären Lichtgeschwindigkeit c aus-

geführt. Die Kombinationsereignisse wechseln sich mit reinen Rotationsereignissen ab, während denen das Teilchen in der Raumzeit ruht. Die lineare Momentangeschwindigkeit während der reinen Rotationsereignisse ist null. Die Durchschnittsgeschwindigkeit dieses intermittierenden Prozesses ist $\vec{v} = \vec{\beta}c$.

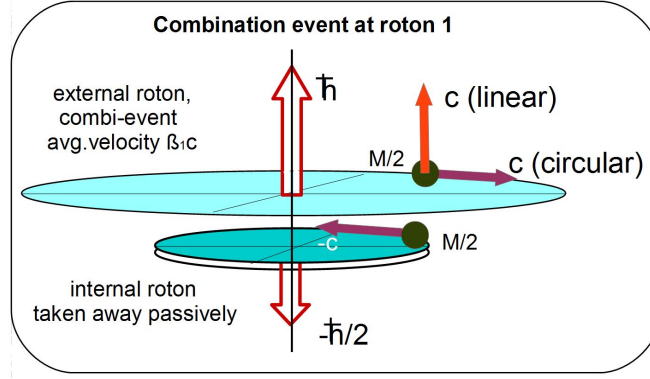


Figure 4: Kombinationsereignis mit einem linearen Schritt mit der Geschwindigkeit c parallel zur Spinachse. Das externe Roton startet die lineare Bewegung, das interne Roton wird passiv mitgeführt, verbunden mit dem externen Roton. Diese 'Rotil-Verbindung' wird durch eine stark gezeichnete gemeinsame Spinachse symbolisiert. Der lineare Schritt liefert einen Beitrag zur Komponente $\beta_1 c$ der Durchschnittsgeschwindigkeit.

Die Abbildungen (4) und (5) zeigen schematisch die Geometrie von Kombinationsereignissen mit linearen Schritten parallel und senkrecht zur Spinachse.

Die zwei Typen von Kombinationsereignissen gehören zum lokalen Modus der Translation, weil die zwei Rotonen dabei zusammen bleiben und stets eine definierte Position in der Raumzeit haben. Das passive Roton wird vom jeweils aktiven mitgeführt, dies ist eine Folge der starken Verbindung der Rotonen durch die gemeinsame Spinachse.

Die probabilistische Gleichung $R^2 + \beta_1^2 + \beta_2^2 R_1^2 = 1$ stellt eine Variante von Gleichung (8) dar und kann linearisiert werden, um die Spaltung des Transils $\vec{\beta}$ in zwei Komponenten auszuwerten.

Die Translation mit konstantem $\vec{\beta}$ stellt im statistischen Mittel eine gleichförmige geradlinige Bewegung dar, die Durchschnittsgeschwindigkeit ist $\vec{v} = \vec{\beta}c$, äußere Einflüsse (Kräfte) fehlen. Ändert sich das Transil $\vec{\beta}$ von Schritt zu Schritt (von Kombi-Ereignis zu Kombi-Ereignis), dann wird die Translation beschleunigt oder verzögert. Ändern sich die Komponenten β_1 und β_2 unterschiedlich, so wird aus der geradlinigen eine gekrümmte Bewegung.

In einem zweiten, 'nichtlokalen Modus' der Translation haben die Rotonen keine gemeinsame Spinachse, wobei die Richtungen der beiden Achsen parallel bleiben und sich am Gesamtspin des Birotons nichts ändert. Die Verbindung zwischen den Rotonen wird jetzt durch ein gemeinsames Transil $\vec{\beta}$ in Form

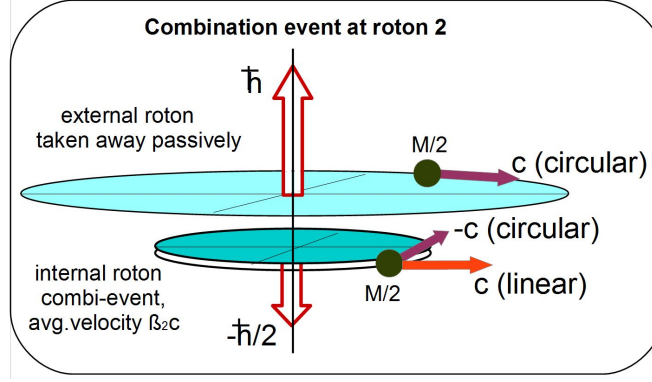


Figure 5: Kombinationsereignis mit einem Translationsschritt mit der Geschwindigkeit c senkrecht zur Spinachse. Das interne Roton startet die lineare Bewegung, das externe Roton wird passiv mitgeführt, verbunden mit dem internen Roton. Die 'Rotil-Verbindung' wird durch die starke Spinachse grafisch symbolisiert. Der lineare Schritt ist ein Beitrag zur Komponente $\beta_2 c$ der Durchschnittsgeschwindigkeit.

synchroner Translationsschritte realisiert.

Die probabilistische Gleichung $R^2 + \beta^2 = R_1^2 R_2^2 + \beta^2 = 1$ kann linearisiert werden, um den nichtlokalen Modus mathematisch näher zu beschreiben.

Die zwei möglichen Linearisierungen werden im Folgenden verglichen.

Im *lokalen Modus* sind die Rotonen durch das gemeinsame Rotil R verbunden, das Transil β wird dagegen in die räumlichen Komponenten β_1 und β_2 aufgespalten:

$$R^2 + \beta_1^2 + \beta_2^2 R_1^2 - 1 = 0 \quad (23)$$

$$(R\gamma_0 + \beta_1\gamma_1 + \beta_2 R_1\gamma_2 - 1)(R\gamma_0 + \beta_1\gamma_1 + \beta_2 R_1\gamma_2 + 1) = 0 \quad (24)$$

Im *nichtlokalen Modus* sind die Rotonen durch das gemeinsame Transil β verbunden. In diesem Modus ist das Rotil R aufgespalten in $R_1 = E_0/E_1$ und $R_2 = E_0/E_2$, das ergibt unterschiedliche Rotonen-Energien E_1 und E_2 wie auch unterschiedliche Eigenzeiten $\tau_i = R_i t$.

Die Linearisierung lautet jetzt

$$R_1^2 R_2^2 + \beta^2 - 1 = 0 \quad (25)$$

$$(R_1^2 \gamma_0 + \beta \gamma_{\parallel} - 1)(R_2^2 \gamma_0 + \beta \gamma_{\parallel} + 1) = 0 \quad (26)$$

Die zwei linearen Klammer-Ausdrücke in den Gleichungen (24) und (26) können einzeln gleich null gesetzt werden. Die Richtung der Translationsbewegung bleibt im Mittel identisch für beide Rotonen, sie wird bestimmt durch den

symbolischen Einheitsvektor $\gamma_{\parallel}$, der sich antikommutativ zu γ_0 verhält, dem Einheitsvektor der Zeitkoordinate. In einer detaillierteren Darstellung müsste $\gamma_{\parallel}$ als Linearkombination der Einheitsvektoren γ_1 und γ_2 beschrieben werden.

Es ist zu beachten, dass die linearen Ausdrücke im lokalen Modus für beide Rotonen symmetrisch sind. Im nichtlokalen Modus erhält man dagegen zwei verschiedene Gleichungen, für jedes Roton eine. Dies erlaubt unterschiedliche Wegverläufe (Trajektorien) und verschiedene Positionen der Rotonen in der Raumzeit, die allerdings nicht beobachtbar sind.

Es ist anzumerken, dass nur ein Modell *zusammengesetzter* Teilchen den Typ der Linearisierung gemäß (26) erlaubt. Ein Modell elementarer, das heißt nicht zusammengesetzter Teilchen erlaubt nur die Linearisierung gemäß (24). Sie entspricht in der Raumzeit etwa der Linearisierung der Klein-Gordon-Gleichung.

Im lokalen Modus hat das Biroton $D = 4$ Dimensionen und erscheint in der Raumzeit als Korpuskel. Im nichtlokalen Modus hat das Biroton $D = 6$ Dimensionen und erscheint als Wahrscheinlichkeitswelle. Zwei Rotonen tragen zu dieser Welle bei, vermutlich stellt das Biroton in diesem Modus ein Paar von zwei parallelen Wellen dar. Diese Annahme könnte dazu beitragen, die Selbst-Interferenz eines einzelnen Teilchens beim Durchgang durch ein Doppelspalt-Experiment zu erklären.

Teilchen im nichtlokalen Modus werden von der Quantenmechanik (QM) als Wellenpaket oder als Superposition quantenmechanischer Zustände beschrieben. Außer der Nichtlokalität der quantenmechanischen Beschreibung ist auch mit einer nichtlokalen gravitativen Wirkung zu rechnen. Eine quantitative Bestimmung der Newtonschen Gravitationswirkung einzelner Rotonen scheitert allerdings daran, dass ihre Positionen nicht bekannt sind.

Im nichtlokalen Modus eines Teilchens haben die quantenmechanische und die gravitative Nichtlokalität die gleiche Ursache - nämlich die räumliche Trennung der Rotonen eines Birotons. Es besteht somit kein fundamentaler Unterschied zwischen den Beschreibungen durch die Quantenmechanik und durch Theorie der (Newtonschen) Gravitation.

Das Biroton kann in seinem Eigenraum zwischen den beiden Modi ohne Verzögerung wechseln. Der Wechsel vom nichtlokalen in den lokalen Modus erscheint einem Beobachter in der Raumzeit als abrupt, mysteriöser Vorgang. Sobald das Biroton den Modus der Translation wechselt, muss die Wellenfunktion der QM plötzlich aktualisiert werden. Dieser Wechsel wird manchmal als 'Kollaps' der Wellenfunktion bezeichnet. Die Welle oder das ursprüngliche Wellenpaket verschwindet und das Teilchen kann auf einem Schirm als Korpuskel nachgewiesen werden. Diese Situation kann besser verstanden werden, wenn man annimmt, dass das Biroton (als Modell des Teilchens) zwischen zwei Existenzformen mit vier bzw. sechs Dimensionen ohne Änderung seiner Struktur wechseln kann.

Abb. 6 zeigt eine geometrische Darstellung des Birotons im nichtlokalen Modus in symbolischer Form.

Die Anzahl der Dimensionen des Birotons und beider Rotonen im Basisraum und in der Raumzeit ist in Abb. 7 angegeben.

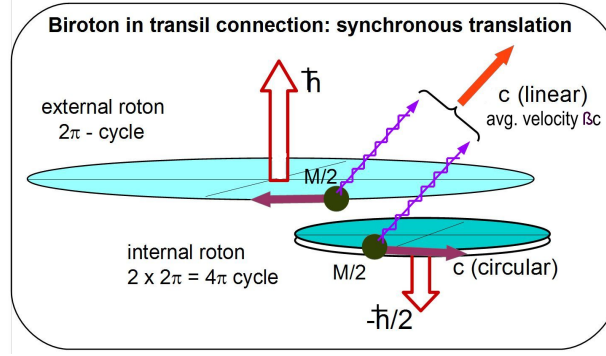


Figure 6: Ein Biroton im nichtlokalen Modus der Translation. Die Spinachsen der Rotonen sind nicht verbunden, bleiben aber parallel. Die Verbindung zwischen den Rotonen besteht in den synchronen Translationsereignissen mit der Lichtgeschwindigkeit c . Diese Translation erscheint in der Raumzeit in Form von zwei parallelen Wahrscheinlichkeitswellen mit der Durchschnittsgeschwindigkeit βc .

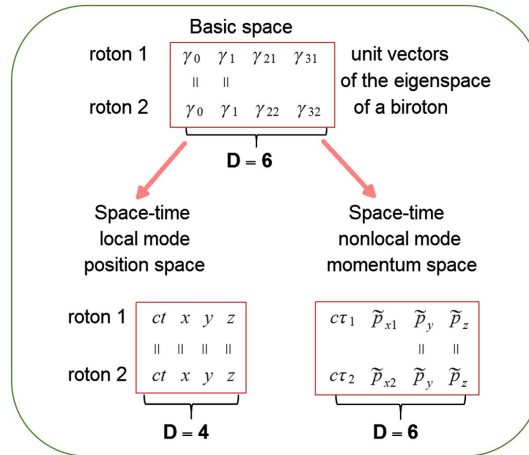


Figure 7: Anzahl der Dimensionen des Birotons im Basisraum und in der Raumzeit. Im Basisraum hat das Biroton sechs Dimensionen, 2 x 2 von den zwei Zirkulationsebenen, eine von der Richtung der Spinachse und eine Zeitkoordinate. Diese Anzahl wird im lokalen Modus auf vier reduziert, verursacht durch die Verbindung der Rotonen über die gemeinsame Spinachse. Im nicht-lokalen Modus bleibt die ursprüngliche Zahl von sechs Dimensionen des Birotons erhalten. Zwei unabhängige Wellen haben je vier Dimensionen, zwei davon sind identisch im Falle gekoppelter Wellen.

Ein Teilchenmodell führt die Translation in seinem 'Gemeinschaftsraum' aus, siehe Abb. 1. Die Translation erweist sich als ein stochastischer Prozess, der der deterministischen kontinuierlichen Spinrotation überlagert ist. Abb.8 gibt einen Überblick über die vier Zustände des Birotons, aus denen sich der intermittierende Prozess der Translation zusammensetzt.

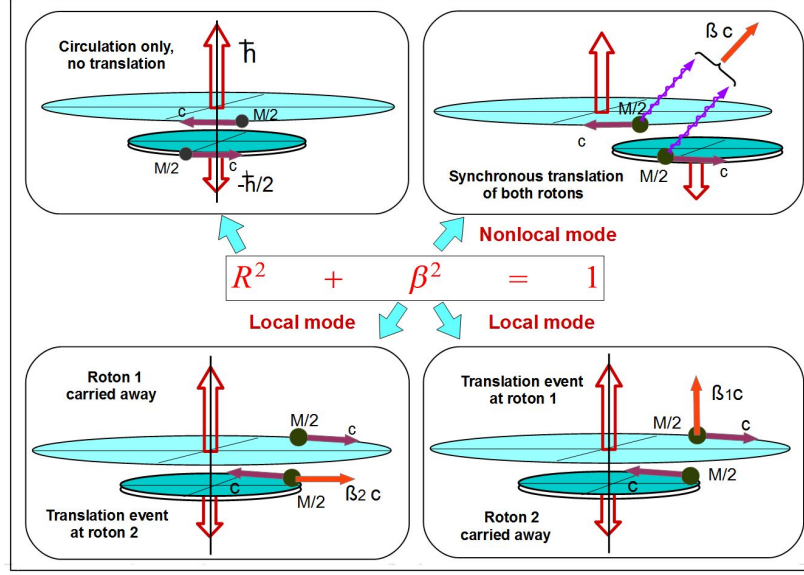


Figure 8: Zustände des Birotons im Prozess der Translation. Die angezeigten linearen Geschwindigkeiten wie βc und $\beta_i c$ sind Durchschnittsgeschwindigkeiten. Das lineare Längen-Intervall, das in Kombinations-Ereignissen entsteht, ist stets konstant, es ist identisch mit der Zykluslänge der zirkulären Bewegung.

4.4 Die Wahrscheinlichkeitswelle

Einige Bemerkungen sollen der Frage gewidmet werden, ob das im Basisraum definierte Teilchenmodell einen Beitrag zur Natur der 'Wahrscheinlichkeitswellen' leisten kann, die in der Quantenmechanik für die Definition von Quantenzuständen benutzt werden.

Aus den Wahrscheinlichkeiten R^2 und β^2 , die bereits am Anfang des Artikels eingeführt wurden (siehe Gleichung (8)), kann man auch einige Aussagen über die Wahrscheinlichkeitswelle ableiten.

Die Gesamtheit der Translationsereignisse ist stochastischer Natur und tritt mit der Wahrscheinlichkeit β^2 auf. Während eines Kombinationsereignisses macht das Biroton mit der Lichtgeschwindigkeit c einen Translationsschritt der Länge x_c . Während der nachfolgenden Rotationsereignisse ist die Linear-Geschwindigkeit gleich null. Das nächste Kombinationsereignis folgt im Mittel

nach $n_a = 1/\beta$ Zyklen, so dass die Durchschnittsgeschwindigkeit $v = \beta c$ wird (als Mittelwert der Ein-Zyklus-Geschwindigkeit c über n_a Zyklen). Für n_a Zyklen wird die Zeit $t = n_a t_c$ benötigt, wobei t_c die in Gleichung (6) definierte Zykluszeit bedeutet.

Quantity	One cycle		$n_a = 1/\beta$ cycles
$\square$	rotat.c.	combinat. cycle	sum or average
time interval	t_c	t_c	$t = n_a t_c = t_c/\beta$
linear distance	0	$x_c = ct_c$	$x = x_c = vt$
linear velocity	0	$c = \frac{x_c}{t_c}$	$v = \frac{x}{t} = \beta c$
linear momentum	0	$\frac{ \vec{p} }{\beta} = \frac{ E }{c} = \frac{m_0 c}{R}$	$ \vec{p} = \frac{ E }{c} \vec{\beta} $
energy, classic	E_0	$E_0 + \frac{1}{2} m_0 c^2$	$E_0 + \frac{1}{2} m_0 v^2$
energy, relativist.	E_0	$E_0 + \frac{1}{R+R^2} m_0 c^2$	$E_0 + \frac{1}{R+R^2} m_0 v^2 = \frac{E_0}{R}$

Figure 9: Größen der intermittierenden Translation. Die Ausdrücke der auf einen Zyklus bezogenen Größen in Kombinationsereignissen enthalten die Lichtgeschwindigkeit c , während die auf eine größere Anzahl von Zyklen bezogenen Summen oder Mittelwerte die Durchschnittsgeschwindigkeit $v = \beta c$ enthalten.

Die lineare Zykluslänge

$$x_c = ct_c = \frac{hc}{E_0} = \frac{h}{m_0 c} = \lambda_{Compton} \quad (27)$$

bleibt über n_a Zyklen konstant, das heißt es erfolgen im Mittel keine weiteren zusätzlichen linearen Schritte. Die lineare Zykluslänge x_c ist gleich der Compton-Wellenlänge $\lambda_{Compton}$ des Teilchens.

Mit der Durchschnitts-Geschwindigkeit v kann die lineare Gesamtstrecke nach n_a Zyklen in der Form $x = x_c = vt$ ausgedrückt werden (siehe Abb. 9).

Die Absolutbeträge der zirkulären Zykluslänge $l_c = hc/E_0$, definiert in Gleichung (5) und der linearen Zykluslänge $x_c = hc/E_0$ zeigen eine Verbindung zwischen Basisraum und Raumzeit. Die Erhaltung von Energie E_0 und Drehimpuls des Teilchens sowie die Invarianz der Zykluszeit t_c und der davon abgeleiteten Zykluslängen sind Merkmale des Zweiraum-Konzepts auf subatomarer Ebene.

Die invariante Energie E_0 entsteht in Form von Rotationsenergie, siehe Gleichung (4). In einem Kombinationsereignis tritt eine Zusatzenergie auf, die über E_0 hinausgeht, die kinetische Energie. Als erste intuitive Annahme erscheint $\frac{1}{2} m_0 c^2$ als denkbar, entsprechend der invarianten Energie des einen Rotons, das bei dem Kombinationsereignis aktiv ist. Mittelt man diesen Zusatz über $1/\beta$ Zyklen, so erhält man $\frac{1}{2} m_0 v^2$ für die kinetische Energie, den Ausdruck, den die klassische, nicht relativistische Physik liefert. Als korrekten, relativistischen Ausdruck für die kinetische Energie eines Kombinationsereignisses erhält man

$m_0 c^2 / (R + R^2)$ anstelle von $m_0 c^2 / 2$. Somit ist die kinetische Energie keine invariante Größe. Ersetzt man c durch den Mittelwert $v = \beta c$, so erhält man die relativistische Formel für die kinetische Energie:

$$E_{kin} = \frac{E_0}{R} - E_0 = (\gamma - 1)E_0 = \frac{m_0 v^2}{R + R^2} \quad (28)$$

Abb. 10 enthält eine grafische Darstellung der Längen- und Zeitintervalle während der intermittierenden Translation, wobei als Beispiel $\beta = 1/3$ und $n_a = 1/\beta = 3$ gewählt wurde.

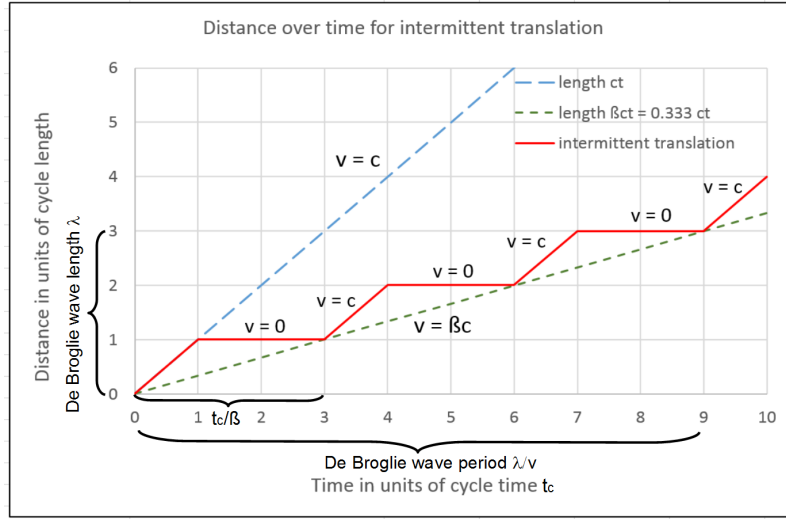


Figure 10: Längenabschnitte und Zeitintervalle bei intermittierender Translation. Die schematischen Angaben gelten für das Beispiel $\beta = 1/3$. Der stochastische Charakter der Translation wurde grafisch nicht dargestellt, vereinfacht sind die Translationsereignisse mit äquidistanten Zeitintervallen gezeichnet. Die Quantisierung der Translation führt zu einer Quantisierung des Raumes in Form der quantisierten Erzeugung von linearen Abschnitten räumlicher Längen.

Die mittlere Zeit zwischen zwei Translationsereignissen beträgt $t_c/\beta = 3t_c$, während dieser Zeit bewegt sich das Biroton um eine lineare Zykluslänge $x_c = ct_c$. Die rote Zickzack-Linie in Abb. 10 stellt *nicht* die Wahrscheinlichkeitswelle dar. Stattdessen könnte die Welle als Envelope mehrerer Translationsereignisse auftreten. Die de Broglie - Wellenlänge λ und die Wellenperiode t_λ sind wie folgt definiert:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{hc}{pc} = \frac{hc}{|E|\beta} = \frac{R}{\beta} x_c \quad (29)$$

$$t_\lambda = \frac{\lambda}{v} = \frac{R}{\beta^2} \frac{x_c}{c} = \frac{R}{\beta^2} t_c \quad (30)$$

Dabei ist $x_c = hc/E_0$ die lineare Zykluslänge, siehe Gleichung (27). In Abb. 10 erscheint die de Broglie Wellenlänge λ gemäß

$\lambda = 3x_c = x_c/\beta$ und die Wellenperiode als $\lambda/v \approx 9t_c = t_c/\beta^2$. Zur grafischen Vereinfachung wurde die Näherung $R = 0.9428 \approx 1$ benutzt. Die geometrische Interpretation der de Broglie Wellenlänge λ hängt von der mittleren relativen Translationsgeschwindigkeit β ab.

In Abb. 12 wird eine Gauss'sche Standard - Verteilung (Normalverteilung, Glockenkurve) mit der quadrierten Cosinus- und Sinus- Funktion verglichen. Wir vermuten, dass die stochastischen Translationsereignisse zeitlich normalverteilt sind und dass sich diese Normalverteilungen periodisch wiederholen, getriggert durch die deterministischen Rotationsereignisse.

Es erscheint damit vorstellbar, dass die Wahrscheinlichkeitsdichte der Quantenmechanik eine gute Annäherung an periodisch sich wiederholende Gauss'sche Normalverteilungen darstellt. Zwei zeitlich versetzte Normalverteilungen, verursacht von den zwei Rotonen eines Teilchenmodells, könnten zum Beispiel in der Summe nahezu dieselbe Wahrscheinlichkeitsdichte ergeben wie die Summe von $\sin^2$ - und $\cos^2$ - Funktionen. Es bleibt allerdings unklar, warum die Wurzel aus den Wahrscheinlichkeitsdichten, die Wahrscheinlichkeitsamplituden, eine besondere Bedeutung in der Quantenmechanik besitzen, während die Wurzel aus einer Normalverteilung in der Wahrscheinlichkeitstheorie keine besondere Bedeutung hat.

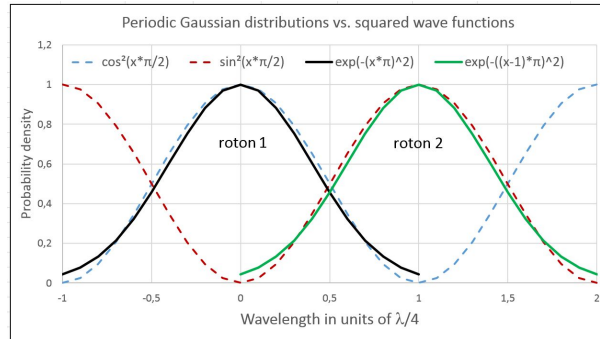


Figure 11: Eine periodische Normalverteilung im Vergleich mit $\cos^2$ - und $\sin^2$ - Wellenfunktionen. Die Summe von quadrierten Sinus- und Cosinus-Wellenfunktionen stellen ein Beispiel für eine quantenmechanische Wahrscheinlichkeitsdichte dar.

Die Form der Normalverteilung kann zur Zeit nicht aus dem Teilchenmodell abgeleitet werden. Allerdings könnte mit Hilfe des zentralen Grenzwertsatzes die Erklärung gefunden werden, dass die Verteilung einer beliebigen Zufallsvariablen zu einer Normalverteilung konvergiert, wenn die Anzahl der Einzelwerte wächst.

Der Hauptpunkt der vorgeschlagenen intermittierenden Translation ist der Umstand, dass die Kombinationsereignisse, die einen linearen Sprung mit Lichtgeschwindigkeit beinhalten, zufällig verteilt sind über eine mittlere Distanz von

$1/\beta$ Zyklen.

Das wesentliche Ergebnis dieses Abschnitts ist das erstmalige Auftreten (die Emergenz) von Quanten der Raumzeit, der linearen Zykluslänge x_c und der Zykluszeit t_c . Diese Raumzeit-Quanten werden von einem einzelnen Teilchen bei Translations-Ereignissen erzeugt. Die Erweiterung auf mehrere Teilchen wird im nächsten Abschnitt behandelt.

5 Die Translation mehrerer Teilchen

5.1 Die relativistische Addition von Geschwindigkeiten

Wir betrachten zwei unabhängige Teilchen (1) und (2), für jedes gilt Gleichung (17):

$$R^2(i) + \beta^2(i) = 1; \quad i = 1, 2.$$

Zwei getrennte Teilchen erzeugen durch Translation zwei isolierte Bereiche der Raumzeit, die durch die Transile $\overrightarrow{\beta(1)}$ und $\overrightarrow{\beta(2)}$ sowie durch die Rotile $R(1)$ und $R(2)$ gekennzeichnet sind. Durch Vereinigung ihrer Raumbereiche, die im Basisraum zugleich Wahrscheinlichkeitsräume (Stichprobenräume) sind, kann ein raumzeitlicher Abstand zwischen den beiden Teilchen definiert werden.

Wir betrachten den Fall einer parallelen Translation der zwei Teilchen, $\overrightarrow{\beta(1)} \parallel \overrightarrow{\beta(2)}$. Die intuitive Verbindung der Raumbereiche führt auf $R(1) * R(2)$ für das Rotil und $\overrightarrow{\beta(1)} + \overrightarrow{\beta(2)}$ für das Transil des verbundenen Systems. Allerdings stellt die Summe der quadrierten Größen

$$R^2(1) * R^2(2) + (\beta(1) + \beta(2))^2$$

nicht die Wahrscheinlichkeit des verbundenen Systems dar. In dem Extremfall, dass sich die zwei Teilchen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit in dieselbe Richtung bewegen, das heißt $\overrightarrow{\beta(1)} \approx \overrightarrow{\beta(2)} \approx 1$, würde man den Ausdruck $(\beta(1) + \beta(2))^2 \approx 4$ bekommen, der keinesfalls eine Wahrscheinlichkeit darstellt. Man hat deshalb eine Normalisierungskonstante zu definieren, um einen vollständigen Stichprobenraum im Sinne der Wahrscheinlichkeitstheorie zu erhalten. Wir setzen $R^2(i) = 1 - \beta^2(i)$ ein und bekommen die Normalisierungskonstante

$$R^2(1)R^2(2) + (\beta(1) + \beta(2))^2 = (1 + \beta(1)\beta(2))^2 \quad (31)$$

Rotil $R_{\parallel}$ und Transil $\overrightarrow{\beta_{\parallel}}$ des verbundenen Systems zweier unabhängiger Teilchen haben jetzt die Form

$$R_{\parallel} = \frac{R(1)R(2)}{1 + \beta(1)\beta(2)}; \quad \overrightarrow{\beta_{\parallel}} = \frac{\overrightarrow{\beta(1)} + \overrightarrow{\beta(2)}}{1 + \beta(1)\beta(2)} \quad (32)$$

$$R_{\parallel}^2 + \beta_{\parallel}^2 = 1 \quad (33)$$

Das Rotil $R_{\parallel}$ kann nicht zur Berechnung einer Eigenzeit benutzt werden, denn zwei unabhängige Teilchen haben keine gemeinsame Eigenzeit. Der Ausdruck für das Transil $\overrightarrow{\beta_{\parallel}}$ führt zu einer Formel für die Addition paralleler Geschwindigkeiten

$\overrightarrow{v(1)} = \overrightarrow{\beta(1)c} \parallel \overrightarrow{v(2)} = \overrightarrow{\beta(2)c}$. Man erhält

$$\overrightarrow{v_{\parallel}} = \overrightarrow{\beta_{\parallel}c} = \frac{\overrightarrow{v(1)} + \overrightarrow{v(2)}}{1 + v(1)v(2)/c^2} \quad (34)$$

Gleichung (34) ist die korrekte Formel für die relativistische Addition von parallelen Geschwindigkeiten, bekannt aus der SRT.

5.2 Die spezielle Lorentz - Transformation

Ein System aus zwei Teilchen ermöglicht, eines von ihnen als 'Bezugssystem' für die Translation des verbundenen Systems auszuwählen. Nimmt man Teilchen (1) als Bezugssystem und bezeichnet alle Größen im Bezugssystem mit einem Strich, so gilt

$$R'(1) = 1 ; \beta'(1) = 0.$$

Die Wahrscheinlichkeit $R_{\parallel}^2$, dass im verbundenen System keinerlei Translationschritte vorkommen, muss von der Wahl des Bezugssystems unabhängig sein, also invariant gegenüber der Transformation:

$$R_{\parallel}^{\prime 2} = R_{\parallel}^2 \text{ invariant} \quad (35)$$

Die Raumzeit-Intervalle (Lorentz-Intervalle) der zwei Teilchen bleiben ebenfalls invariant:

$$c\tau(1) = cR(1)t = cR'(1)t' = ct' \text{ invariant} \quad (36)$$

$$c\tau(2) = cR(2)t = cR'(2)t' \text{ invariant} \quad (37)$$

Rotil und Transil von Teilchen 2, das nunmehr die gesamte Translationsbewegung übernimmt, erhalten nach der Transformation die Form

$$R'(2) = R_{\parallel} = \frac{R(1)R(2)}{1 + \beta(1)\beta(2)} \quad (38)$$

$$\overrightarrow{\beta'(2)} = \overrightarrow{\beta_{\parallel}} = \frac{\overrightarrow{\beta(1)} + \overrightarrow{\beta(2)}}{1 + \beta(1)\beta(2)}; \quad \overrightarrow{\beta(1)} \parallel \overrightarrow{\beta(2)} \quad (39)$$

Die Zeitkoordinate ist nach der Transformation gegeben durch

$$t' = \frac{R(2)}{R'(2)}t = \frac{(1 + \beta(1)\beta(2))t}{R(1)} = \frac{t + v(1)x(1)/c^2}{\sqrt{1 - \beta^2(1)}} \quad (40)$$

Teilchen (1), das jetzt als Bezugssystem fungiert, ruht in der Raumzeit, sein räumliches Intervall ist gleich null:

$$x'(1) = \beta'(1) c t' = 0$$

Das räumliche Intervall von Teilchen (2) repräsentiert nach der Transformation den räumlichen Abstand zwischen Teilchen (1) und (2), das Intervall ist gegeben durch

$$\overrightarrow{x'(2)} = \overrightarrow{\beta'(2)ct'} = \frac{\overrightarrow{x(1)} + \overrightarrow{x(2)}}{\sqrt{1 - \beta^2(1)}} = \frac{\overrightarrow{x(2)} + \overrightarrow{v(1)t}}{\sqrt{1 - \beta^2(1)}} \quad (41)$$

Die Formeln (40) und (41) stellen eine spezielle Lorentz - Transformations in 1 + 1 Dimensionen dar.

Für die Umkehrtransformation vom Bezugssystem mit Strich zurück zum Ausgangssystem erhält man nahezu identische Formeln. Jedes der beiden Teilchen kann als 'Bezugssystem' dienen, das jeweils andere führt dann alle Translationsschritte aus. Die Entstehung linearer Raumquanten ist damit nicht an ein bestimmtes Teilchen gebunden.

Das wesentliche Ergebnis dieses Abschnitts besteht im erstmaligen Auftreten (der Emergenz) von raum-zeitlichen Intervallen zwischen *verschiedenen* Teilchen, erzeugt durch deren relative Translation. Es ist anzunehmen, dass sich die Gesamtheit solcher raum-zeitlicher Intervalle schließlich zu einem allgemeinen Raum - Zeit - Kontinuum entwickelt.

6 Die Selbstenergie zirkulierender Ladungen

6.1 Das Coulomb - Gesetz in einem zirkulären Raum

In der klassischen Elektrostatik gilt für die Coulomb - Energie E_C im linearen Abstand d von einer Punktladung

$$E_C^{SI} = k_e \frac{\alpha \hbar c}{d} = k_e \frac{e^2}{d}; \quad E_C^G = \frac{\alpha \hbar c}{d} = \frac{e^2}{d} \quad (42)$$

wobei α die Feinstruktur-Konstante bedeutet. Die Coulomb-Energie kann in SI - Einheiten oder in Einheiten des Gausschen Systems (oberer Index G) ausgedrückt werden. Wir nutzen das Gauss'sche System, so dass die Coulomb-Konstante wegfällt: $k_e = 1$.

Lineare Abstände d zwischen zwei Ladungen können nur in der Raumzeit definiert werden. Im Eigenraum eines Teilchens stellt d den zirkulären Abstand dar, etwa eine kreisförmige Zykluslänge l_c oder ein Vielfaches davon.

Demgemäß nehmen wir an, dass $d = 2\pi r_1 = 4\pi r_2$ den minimalen Selbstabstand einer Einzelladung darstellt, die mit den Radien r_1 oder r_2 zirkuliert, siehe die Definitionen in (2) und in Abb. 3. Die Coulomb - Energie

$$E_{C1} = \frac{\alpha \hbar c}{2\pi r_1} = \frac{\alpha}{2\pi} M_1 c^2 \quad (43)$$

stellt entsprechend die Selbstenergie einer Ladung dar, die zusammen mit der Masse M_1 des ersten Rotons zirkuliert. Die Größe 'Selbstenergie' entsteht im

Basisraum, sie existiert in der klassischen Elektrostatik nicht. Eine Punktladung hat in der Raumzeit den Selbstabstand null, was die bekannten Probleme mit Unendlichkeiten verursacht.

Wir nehmen eine weitere Unterteilung eines Rotons in $2k$ 'Ringe' an, so dass die Ladung nun nicht mehr am gesamten Roton, sondern nur an einem der Ringe mit der Ringmasse $M_r = M_1/2k$ angeheftet ist. k wird als Ringparameter bezeichnet. Jetzt erhält man die Selbstenergie E_{Cr} der Ladung an einem Ring

$$E_{Cr} = \frac{k\alpha}{\pi} * \frac{1}{2k} M_1 c^2 = kz * M_r c^2 \quad (44)$$

$$z = \frac{\alpha}{\pi} = 2.322\,819\,465 \times 10^{-3} \quad (45)$$

Die Gesamtenergie des geladenen Rings im Basisraum umfasst nunmehr seine Rotationsenergie $E_{rot,r} = \frac{1}{2} M_r c^2$ und die Selbstenergie E_{Cr} der Ladung.

Die Energieerhaltung führt zu entsprechenden Ausdrücken in der Raumzeit, allerdings müssen dabei zwei Fälle unterschieden werden.

1. Die Ladung ist mit der Ringmasse fest verbunden, so dass das Masse-Äquivalent der Selbstenergie in der Raumzeit zusammen mit der Ringmasse halbiert wird:

$$E_{r,f} = E_{rot,r} + \frac{1}{2} E_{Cr} = \frac{1}{2} M_r c^2 (1 + kz) = m_r c^2 (1 + kz) \quad (46)$$

2. Die Ladung zirkuliert unabhängig von der Ringmasse und die Selbstenergie E_{Cr} bleibt separat erhalten, ohne Halbierung:

$$E_{r,s} = E_{rot,r} + E_{Cr} = \frac{1}{2} M_r c^2 + kz * M_r c^2 = m_r c^2 (1 + 2kz) \quad (47)$$

$$E_{r,s} = m_r c^2 (1 + kz) + kz * m_r c^2 = E_{r,f} + \Delta E_r \quad (48)$$

Die Gesamtenergie $E_{r,s}$ im Falle einer separat zirkulierenden Ladung ist gleich der Gesamtenergie $E_{r,f}$ für eine an der Masse 'fixierte' Ladung plus eine kleine Zusatzenergie ΔE_r . Diese Zusatzenergie spielt eine bedeutende Rolle bei der Berechnung des anomalen magnetischen Moments von Leptonen, siehe Abschnitt 7.2.

Es ist anzunehmen, dass einzelne elektromagnetische (em) Ladungen stets separat zirkulierende Ladungen sind, während fluktuierende Ladungspaare und die Gruppen schwacher Ladungen 'fixierte' Ladungen darstellen. Dies wird in den nächsten Abschnitten näher ausgeführt, siehe auch Abb. 13.

6.2 Energiefaktoren zirkulierender Ladungen

Der Faktor $(1 + kz)$ in Gleichung (46) erhöht die Energie eines geladenen Ringes und wird 'Energiefaktor' genannt. Der genaue Wert eines Energiefaktors hängt von der Anzahl der Zyklen ab, während denen die Selbstwechselwirkung der Ladung anhält. Für zwei Zyklen erhält man zum Beispiel den Faktor

$$d_k = 1 + kz(1 + kz) = 1 + kz + (kz)^2 \quad (49)$$

Einzelne Typen geladener Ringe unterscheiden sich in der Anzahl der Zyklen, nach denen die Ladung zu einem anderen Ring springt, auf dem die Selbstwechselwirkung erneut beginnt. Vier Typen und ihre Energiefaktoren sind in Abb. 12 aufgeführt.

Self-energy factors of a circulating charge, k ring parameter		
$w_k = 1 + kz + (kz)^2 + (kz)^3 + (kz)^4 + (kz)^5 + \dots$		
$\underbrace{1 + kz}_{b_k} + (kz)^2$	b_k one cycle	
$\underbrace{\underbrace{b_k}_{d_k} + (kz)^2}_{d_k} + (kz)^3$	d_k two cycles	
$\underbrace{\underbrace{\underbrace{d_k}_{a_k} + (kz)^3}_{a_k}}_{a_k}$	a_k three cycles	
$z = \frac{a}{\pi}$		
$w_k = \sum_{i=0}^{\infty} (kz)^i = \frac{1}{1-kz} ; w_k \text{ max. self-energy}$		

Figure 12: Energiefaktoren zirkulierender Ladungen in Abhängigkeit von der Anzahl von Zyklen ununterbrochener Selbstwechselwirkung.

Ringe mit 'Ein-Zyklus-Ladungen' haben den Energiefaktor $b_k = 1 + kz$ und treten paarweise als elektrisch neutrale Einheit auf, sie werden 'fluktuierende Ladungspaare' genannt. Sie bewirken eine Kopplung zwischen den Ringen und ihre Selbstenergie bleibt erhalten zusammen mit der Rotationsenergie der Ringmasse entsprechend Gleichung (46). Die entgegengesetzten Ladungen innerhalb eines Ladungspaares kompensieren sich gegenseitig und sind einzeln in der Raumzeit nicht beobachtbar.

Unbegrenzt zirkulierende Ladungen erscheinen in der Raumzeit als elektromagnetische (em) Ladungen, sie besitzen den Energiefaktor w_k und ihre Selbstenergie bleibt separat erhalten entsprechend den Gleichungen (47) und (48). Eine em Ladung kann als Eigenschaft eines 'geladenen' Teilchens in der Raumzeit beobachtet werden.

Zwei doppelt geladene Ringe, die je zwei Ladungen gleichen Vorzeichens tragen, stellen die schwachen Ladungen dar. Die Gesamtheit von vier Ladungen (+ +) und (- -) ist elektrisch neutral. Vier schwache Ladungen ergeben die korrekte schwache Kopplungsstärke relativ zu der einer em Ladung, siehe die nächsten Abschnitte und Abb. 13.

Der Energiefaktor eines Vierfachrings mit alternierend positiven und negativen Ladungen ist $u_k < 1$, er *reduziert* somit die Rotationsenergie der zirkulierenden Massen:

$$u_k = 1 - kz(1 + kz(1 - kz(1 + kz(1 - kz(1 + kz(1 - kz)))))) = \quad (50)$$

$$u_k = 1 - kz - (kz)^2 + (kz)^3 + (kz)^4 - (kz)^5 - (kz)^6 + (kz)^7 + \dots \quad (51)$$

Der Ring mit Ladungen alternierender Vorzeichen ergänzt die Gruppe der elektroschwachen Ladungen, er kompensiert die große Selbstenergie der vier

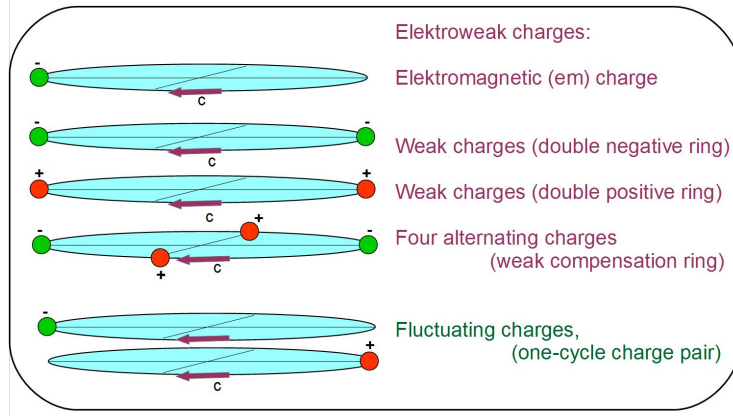


Figure 13: Ringtypen mit Ladungen, die verschiedene Wechselwirkungs - Möglichkeiten realisieren. Eine em-Ladung (in der ersten Zeile der Abbildung) bestimmt die beobachtbare Teilchen-Ladung. Die schwache Wechselwirkung wird durch eine Gruppe von 8 Ladungen realisiert, die insgesamt elektrisch neutral sind. Auch bei fluktuierenden Ladungspaaren neutralisieren sich stets positive und negative Ladungen, diese bleiben damit ohne Einfluss auf die Teilchen-Ladung.

schwachen Ladungen.

6.3 Die effektive Kopplungsstärke einer em Ladung $\alpha_{em,eff}$

Die Coulomb - Energie E_C von zwei geladenen Teilchen gemäß Gleichung (42) stellt die elektrostatische potentielle Energie dar, die zwei Elementarladungen $e(1)$ und $e(2)$ im *linearen* Abstand $d = x'(2)$ besitzen, siehe Gleichung (41). Derselbe Betrag an Coulomb-Energie E_C entsteht auch als Selbstenergie einer einzelnen Ladung im *zirkulären* Selbstabstand $d = 2\pi r_1$. Diese Form der Energieerhaltung beim Übergang vom Basisraum in die Raumzeit liefert ein Beispiel für das Zweiraum-Konzept. Die elektromagnetische Kopplungskonstante $\alpha = \alpha_{em}$ gilt sowohl in der Raumzeit, wo zwei Ladungen $e(1)$ und $e(2)$ existieren, als auch im Basisraum, wo eine einzelne Ladung e gemäß $e(1) \equiv e(2) = e$ die Kopplung als Selbst-Wechselwirkung realisiert. Man erhält im Gauss'schen System der Einheiten

$$\alpha_{em} = \frac{e(1)e(2)}{\hbar c} = \frac{e^2}{\hbar c} \quad (52)$$

Die effektive em Kopplung $\alpha_{em,eff}$ wächst mit dem Ringparameter k , sie ist eine 'laufende Konstante' (running constant) mit Bezug auf ein Roton, das aus $2k$ Ringen besteht:

$$\alpha_{em,eff}(k) = \frac{2\pi}{2k}(w_k - 1) = \alpha + \alpha k z + \alpha(kz)^2 + \dots = \alpha w_k \quad (53)$$

der Kehrrert ergibt sich mit der Summenformel $w_k = 1/(1 - kz)$ zu

$$\frac{1}{\alpha_{em,eff}(k)} = \frac{1}{\alpha}(1 - kz) : \quad z = \frac{\alpha}{\pi} \quad (54)$$

Der Kehrwert der effektiven Kopplung zeigt eine Abnahme mit zunehmendem Ringparameter k, das heißt mit zunehmender invarianter Energie des Teilchens.

7 Birotonen als Modelle für Leptonen

7.1 Skelett und Dress, die Einführung eines Massequantums

Die drei massiven Leptonen, Elektron, Myon und Tauon (und deren Antiteilchen) können präzise als zusammengesetzte Strukturen im Basisraum modelliert werden. Allerdings muss die Reihenfolge in Myon, Elektron und Tauon geändert werden. In den Basisraum-Modellen hat der Ringparameter k die Werte 8, 16 und 32 für Myon, Elektron und Tauon, was in diesem Abschnitt gezeigt werden soll. Darüber hinaus erscheint die Ringmasse $M_r(\mu)$ im Myon - Modell als Baustein in den Modellen von Elektron und Tauon, und deshalb definieren wir diese Ringmasse als "Massequantum" M_Q im Basisraum und $m_Q = \frac{1}{2}M_Q$ in der Raumzeit. Der Ringparameter $k = 8$ für das Myon-Modell ergibt $2k = 16$ Ringe pro Roton und $4k = 32$ Ringe pro Teilchen, damit erhalten wir einen vorläufigen Wert für das Massequant aus der Masse m_μ des Myons:

$$m_Q = \frac{1}{2}M_Q \approx \frac{1}{32}m_\mu \approx 3.30 \text{ MeV}/c^2 \quad (55)$$

Der exakte Wert wird im Abschnitt 7.3 abgeleitet.

Der Hauptbeitrag zur Masse eines Teilchenmodells stammt aus der Rotationsenergie zirkulierender Massen, sie bilden das 'Skelett' des Teilchenmodells. Ein kleinerer Beitrag, 'Dress' genannt, kommt von der Selbstenergie zirkulierender Ladungen.

Die Skelettmassen der Modelle von Myon und Tauon können mit der allgemeinen Formel $m_{lept}^s = (2k + 2k) * \frac{k}{8}m_Q$ ausgedrückt werden, wobei $2k$ die Anzahl der Ringe pro Roton und $\frac{k}{8}m_Q$ die Ringmasse m_r bedeuten. Die Kleinheit der Elektronenmasse erzwingt die Annahme negativer Massequanten, so dass die Skelettmasse des Elektron-Modells gleich null wird.

Die Ringmasse erhöht sich von Generation zu Generation um einen Faktor 2 und erreicht $4m_Q$ beim Tauon-Modell. Die Anzahl der Ringe steigt ebenfalls um einen Faktor 2, daraus folgt ein quadratischer Anstieg der Anzahl der Massequanten pro Lepton für die Modelle von Myon und Tauon:

$$m_{\mu, \tau}^s = \frac{1}{2}k^2m_Q; \quad m_\mu^s = \frac{1}{2}8^2m_Q; \quad m_\tau^s = \frac{1}{2}32^2m_Q \quad (56)$$

Die Tabelle in Abb. 14 enthält die Skelettmassen. Die erste Spalte zeigt den Ringparameter k, der wie folgt mit der Teilchengeneration n zusammenhängt:

$$k = 2^{n+2} ; n \text{ Teilchengeneration} \quad (57)$$

Skeleton masses of massive leptons		
k	$m_{lept}^s(k) = (2k \pm 2k) * \frac{k}{8} m_Q$	MeV/c ²
8	$m_\mu^s = (16 + 16) * m_Q$	104. 091
16	$m_e^s = (32 - 32) * 2m_Q$	0
16	$m_e^{sc} = 2(w_{16} - 1) * 2m_Q$	0.502 2
↑ em charge attached to roton 1 ↑		
32	$m_\tau^s = (64 + 64) * 4m_Q$	1665. 46

Figure 14: Tabelle der Skelettmassen von Lepton-Modellen. Die Skelettmasse des Elektrons ist gleich null wie auch die Skelettmassen der Neutrinos. Das Anheften einer elektromagnetischen (em) Ladung an *eines* der Rotonen des Elektron-Modells erzeugt bereits den Hauptbeitrag zur gemessenen Elektronenmasse.

In den Strukturdiagrammen der Abb. 15 sind sowohl Skelett- als auch Dress-Komponenten der Basisraum-Modelle von Myon, Elektron und Tauon zusammengefasst.

Das Dress eines Lepton-Modells hat einen elektroschwachen 'Kopf' von vier Ringen, die beim Roton 1 durch die Energiefaktoren von neun Ladungen besetzt sind. Es handelt sich um eine em-Ladung und 8 schwache Ladungen, von denen vier bei der schwachen Wechselwirkung mitwirken. Die Energiefaktoren der Ladungen sind in der Tabelle angegeben:

Energiefaktoren geladener Leptonen

lept	k	em	weak
μ	8	$w_8 = 1.018\,934$	$2a_{16} + u_{32} = 2.997\,779$
e	16	$w_{16} = 1.038\,600$	$a_{32}^2 + u_{64} + 1 = 2.999\,906$
τ	32	$w_{32} = 1.080\,299$	$2a_{64} + u_{128} = 2.993\,699$

Roton 2 hat bei der links-händigen Variante vier Ringe ohne Ladungen, die die elektroschwachen Ladungen jedoch bei der rechtshändigen Variante tragen (Roton 1 hat dann vier Ringe ohne Ladungen).

Die fluktuierenden Ladungspaare sind in allen Modellen symmetrisch auf die Rotonen 1 und 2 verteilt.

Beim Myonmodell ist jede fluktuierende Ladung an einem eigenen Ring angeheftet, 12 Ladungen pro Roton besetzen 12 Ringe. Im Elektronmodell besetzen 32 Ladungen pro Roton nur 24 Ringe. Im Tauonmodell kommen 56 Ladungen pro Roton auf 48 Ringen unter.

Zwei Ladungsringe können 'kondensieren', das heißt auf demselben Massering Platz finden. Die Energiefaktoren von zwei Ladungen ändern sich dadurch von $2b_k$ für die getrennte Platzierung auf $b_k^2 + 1$ für die zwei verdichteten ('kondensierten') Ladungsringe.

Beim Elektronmodell kommen als fluktuierende Ladungen die Energiefaktoren $2a_k$ und a_k^2 vor, die einer Selbstwechselwirkung über drei Zyklen entsprechen. Das Elektron hat auch im elektroschwachen Kopf verdichtete ('kondensierte')

Muon						Tauon					
↑↑ roton 1			↓ roton 2			↑↑ roton 1			↓ roton 2		
charges	dress	skel.	skel.	dress	charges	charges	dress	skel.	skel.	dress	charges
$\ominus$	w_8	M_Q	M_Q	1	$\square$	$\ominus$	w_{32}	$4M_Q$	$4M_Q$	1	$\square$
$\oplus \oplus$	a_{16}	$\bullet$	$\bullet$	1	$\square$	$\oplus \oplus$	a_{64}	$4 \bullet$	$4 \bullet$	1	$\square$
$\ominus \ominus$	a_{16}	$\bullet$	$\bullet$	1	$\square$	$\ominus \ominus$	a_{64}	$4 \bullet$	$4 \bullet$	1	$\square$
$\oplus \ominus \oplus \ominus$	u_{32}	$\bullet$	$\bullet$	1	$\square$	$\oplus \ominus \oplus \ominus$	u_{128}	$4 \bullet$	$4 \bullet$	1	$\square$
$2 \times \oplus \wedge \ominus$	$4b_8$	$\bullet$	$\bullet$	$4b_8$	$2 \times \oplus \wedge \ominus$	$\square$	12	$4 \bullet$	$4 \bullet$	12	$\square$
$2 \times \oplus \wedge \ominus$	$4b_8$	$\bullet$	$\bullet$	$4b_8$	$2 \times \oplus \wedge \ominus$	$20 \times \oplus \wedge \ominus$	$40b_{32}$	$4 \bullet$	$4 \bullet$	$40b_{32}$	$20 \times \oplus \wedge \ominus$
$2 \times \oplus \wedge \ominus$	$4b_8$	$\bullet$	$\bullet$	$4b_8$	$2 \times \oplus \wedge \ominus$	$8 \times \oplus \wedge \ominus$	$8b_{32}^2$	$4 \bullet$	$4 \bullet$	$8b_{32}^2$	$8 \times \oplus \wedge \ominus$
16 rings per roton, ring mass M_Q						64 rings per roton, ring mass $4M_Q$					

Electron					
↑↑ roton 1			↓ (anti) roton 2		
charges	dress	skel.	skel.	dress	charges
$\ominus$	w_{16}	$2M_Q$	$-2M_Q$	1	$\square$
$\oplus \oplus \wedge \ominus \ominus$	a_{32}^2	$2 \bullet$	$-2 \bullet$	1	$\square$
$\square$	1	$2 \bullet$	$-2 \bullet$	1	$\square$
$\oplus \ominus \oplus \ominus$	u_{64}	$2 \bullet$	$-2 \bullet$	1	$\square$
$\square$	4	$2 \bullet$	$-2 \bullet$	4	$\square$
$8 \times \oplus \wedge \ominus$	$8a_{16}^2$	$2 \bullet$	$-2 \bullet$	$8a_{16}^2$	$8 \times \oplus \wedge \ominus$
$8 \times \oplus \wedge \ominus$	$16a_{16}$	$2 \bullet$	$-2 \bullet$	$15a_{16} + b_{16}$	$8 \times \oplus \wedge \ominus$
32 rings per roton, ring mass $2M_Q$ or $-2M_Q$					

Figure 15: Modelle von Myon, Elektron und Tauon als Strukturdiagramme. Ein Punkt $\bullet$ symbolisiert ein Massequantum M_Q im Basisraum. Die Diagramme zeigen die links-händige Variante, die elektroschwachen Ladungen befinden sich am Roton 1. Sie würden bei der rechts-händigen Variante zum Roton 2 wechseln.

schwache Ringe, man hat a_{32}^2 anstelle $2a_{32}$ als Energiefaktoren der schwachen Ringe anzunehmen.

Durch die Auswahl der Energiefaktoren wird eine gute numerische Anpassung der Modellwerte an die experimentellen Werte von Masse und anomalem magnetischen Moment erreicht, siehe Abb. 16 und 17 im folgenden Abschnitt.

Der Dress - Beitrag w_k der em Ladung spielt eine besondere Rolle wegen der separaten Energieerhaltung, siehe Gleichung (48). Daraus ergibt sich, dass sich die Dressanteile in den Masseformeln der Leptonenmodelle unterscheiden, je nachdem, ob sie im Basisraum oder in der Raumzeit gelten:

$$M_{lept} = [D_1(k) + D_2(k)] * \frac{k}{8} M_Q(k) \quad \text{im Basisraum} \quad (58)$$

$$m_{lept} = [D_1(k) + \Delta D_1(k) + D_2(k)] * \frac{k}{8} m_Q(k) \quad \text{in der Raumzeit} \quad (59)$$

$$\Delta_1(k) = w_k - 1 \quad (60)$$

In der Raumzeit-Formel ist der Dressausdruck für die Selbstenergie $w_k - 1$ doppelt enthalten, sowohl in $D_1(k)$ als auch in $\Delta D_1(k)$. Es handelt sich jedoch nach wie vor um *eine* Ladung an *einem* Ring, allerdings ist ihr Beitrag zur Teilchenmasse von der Halbierung ausgenommen, die alle übrigen Massebeiträge erfahren.

Formeln und numerische Ergebnisse für Massen der Leptonenmodelle in der Raumzeit enthält die Tabelle in Abb. 16. Im Gegensatz zu den Strukturdiagrammen, die sich auf den Basisraum beziehen, enthält die Tabelle Formeln mit $2w_k$ anstelle von w_k . Die letzte Spalte von Abb. 16 enthält die relativen Abweichungen der Modellwerte von den gemessenen Werten (nach CODATA [7]).

$m_{lept}(k) = (D_1(k) + \Delta D_1(k) \pm D_2(k)) * \frac{k}{8} m_Q$; minus sign for the electron		
lepton	$m_{lept,mod} (MeV/c^2)$; $m_Q = 3.252848 MeV/c^2$	dev.
μ , k=8	$(2w_8 + 2a_{16} + u_{32} + 24b_8 + 3)m_Q = 105.657817$	$5.3 * 10^{-6}$
e , k=16	$(2w_{16} + a_{32}^2 + u_{64} - 4 + a_{16} - b_{16}) * 2m_Q = 0.510945$	$1.1 * 10^{-4}$
e pure em	$m_e \approx (2w_{16} - 2) * 2m_Q = \frac{32a/\pi}{1-16a/\pi} * 2m_Q = 0.50224$	$1.7 * 10^{-2}$
τ , k=32	$(2w_{32} + 2a_{64} + u_{128} + 16b_{32}^2 + 80b_{32} + 27) * 4m_Q = 1776.94$	$3.3 * 10^{-6}$

Figure 16: Masseformeln für Lepton-Modelle. Die Elektronenmasse wurde als Differenz der Massen von Roton 1 und Roton 2 berechnet, wie im Strukturdiagramm angegeben. Der Hauptanteil dieser Differenz wird durch die em Ladung verursacht, er wird in der Zeile 'e pure em' separat angegeben.

Die relative Abweichung des Modellwertes für die Myonmasse kann auf $3.2 * 10^{-8}$ reduziert werden, wenn bei einer fluktuierenden Ladung eine geringfügige Erhöhung der Selbstenergie angenommen wird. Man erhält

$$m_\mu = (2w_8 + 2a_{16} + u_{32} + 23.5b_8 + 0.5d_8 + 3)m_Q = 105.6583789 MeV/c^2.$$

Eine geringe Abweichung ist beim Myon-Modell allerdings auch zu erwarten, da die Muonmasse als einer der Inputwerte bei der Definition des Massequants dient, siehe Gleichung (67).

7.2 Gyromagnetische Eigenschaften und das anomale magnetische Moment

Die Drehimpulse (Spinbeiträge) der beiden Rotonen können getrennt berechnet werden, siehe Abb. 2 und Gleichung (8). Die Drehimpulse bleiben erhalten, das heißt sie sind identisch im Basisraum und in der Raumzeit:

$$\left| \vec{L}_1 \right| = r_1 M_1 c = \hbar ; \quad \left| \vec{L} \right| = \left| \vec{L}_1 + \vec{L}_2 \right| = \frac{1}{2} \hbar; \quad \text{erhalten} \quad (61)$$

Dasselbe gilt für die magnetischen Momente. Wir nehmen an, dass die em Ladung an einem der beiden Rotonen angeheftet ist - am Roton 1 im linkshändigen Lepton und am Roton 2 beim rechtshändigen Modell.

Das Roton, das keine em Ladung trägt, beispielsweise Roton 2, hat das magnetische Moment $\mu_2 = 0$. Das magnetische Moment μ_1 bleibt ebenfalls erhalten, es gilt also für das linkshändige Lepton:

$$|\vec{\mu}_1| = \frac{1}{2} q_1 c r_1 = \frac{q_1}{2M_1} \left| \vec{L}_1 \right| = \frac{q_1}{4m_1} \left| \vec{L}_1 \right|; \quad \text{erhalten} \quad (62)$$

Für den gyromagnetischen g-Faktor g_1 des ersten Rotons gilt im Basisraum Beziehung (63) und in der Raumzeit (64), das heißt, der g-Faktor bleibt nicht erhalten:

$$g_1 = \frac{|\vec{\mu}_1|}{\frac{q_1}{2M_1} \left| \vec{L}_1 \right|} = 1; \quad \text{im Basisraum, nicht erhalten} \quad (63)$$

$$g_1 = \frac{|\vec{\mu}_1|}{\frac{q_1}{4(m_1 + \Delta m_1)} \left| \vec{L}_1 \right|} = \frac{m_1 + \Delta m_1}{m_1}; \quad \text{in der Raumzeit} \quad (64)$$

Wir ersetzen nunmehr $\left| \vec{L}_1 \right| = \hbar$ durch $\left| \vec{L} \right| = \frac{\hbar}{2}$ und bekommen so den gyromagnetischen g-Faktor g_{lept} des Birotons. In dem Bruch auf der rechten Seite von (64) kann das Massequantum m_Q herausgekürzt werden. Mit Hilfe von Gleichung (59) ergibt sich eine Formel mit Dress- statt Massebeiträgen, gültig in der Raumzeit:

$$g_{lept} = \frac{|\vec{\mu}_1|}{\frac{q_1}{4(m_1 + \Delta m_1)} \left| \vec{L} \right|} = 2 \frac{m_1 + \Delta m_1}{m_1} = 2 \frac{D_1 + \Delta D_1}{D_1} \quad (65)$$

$$a_{lept} = \frac{g_{lept} - 2}{2} = g_1 - 1 = \frac{\Delta D_1}{D_1} \quad (66)$$

Die Formel (66) für das anomale magnetische Moment a_{lept} kann für geladene Leptonen getestet werden, indem $\Delta D_1(k) = w_k - 1$ gesetzt und die Ausdrücke

für $D_1(k)$ aus den Masseformeln eingesetzt werden. Das anomale magnetische Moment hängt nicht von Annahmen für das Massequantum ab und ist nicht durch das zweite Roton beeinflusst. Dies ist für das Modell des Elektrons von besonderer Bedeutung, bei dem das elektrisch neutrale Anti-Roton 2 ohne Einfluss auf a_e bleibt. Dadurch spielt es bei der Berechnung von a_e keine Rolle, dass das zweite Roton negative Masse besitzt und die Skelettmasse des Elektrons null ist.

Abbildung 17 enthält eine Zusammenstellung der numerischen Werte aller anomalen magnetischen Momente der Leptonenmodelle.

$a_{lept}(k) = \frac{g_{lept}(k)-2}{2} = g_1(k) - 1 = \frac{\Delta D_1(k)}{D_1(k)}$		
lepton	$a_{lept}(k) ; \Delta D_1(k) = w_k - 1 = \frac{k\alpha/\pi}{1-k\alpha/\pi}$	dev.
$\mu, k=8$	$a_\mu \approx \frac{w_8-1}{w_8+2a_{16}+u_{32}+12b_8} = 1.1659329 \times 10^{-3}$	$1.1 * 10^{-5}$
$e, k=16$	$a_e \approx \frac{w_{16}-1}{w_{16}+a_{32}^2+u_{64}+8a_{16}^2+16a_{16}+5} = 1.1596525 \times 10^{-3}$	$3 * 10^{-7}$
$\tau, k=32$	$a_\tau \approx \frac{w_{32}-1}{w_{32}+2a_{64}+u_{128}+8b_{32}^2+40b_{32}+12} = 1.17601 \times 10^{-3}$	$1 * 10^{-3} *)$

*) Comparison with SM calculation, exp. value not available

Figure 17: Die anomalen magnetischen Momente der Lepton-Modelle. Die Formeln für a_{lept} hängen vom Ringparameter k ab, sind aber unabhängig vom Massequantum und vom zweiten Roton. Deshalb zeigt das Elektron dasselbe Verhalten wie Myon und Tauon, trotz der negativen Masse des zweiten Rotons.

Es ist anzumerken, dass eine geringfügige Erhöhung der Selbstenergie bei einer der fluktuierenden Ladungen im Roton 1 des Myons, nämlich von

$$b_8 = 1 + 8z = 1.018583 \text{ auf } (b_8 + d_8)/2 = 1 + 8z + \frac{1}{2}(8z)^2 = 1.018755$$

eine Reduzierung der Abweichung bei a_μ von $1.1 \cdot 10^{-5}$ auf $6.5 \cdot 10^{-8}$ bewirken würde. Aus Gründen der Vereinfachung wird hier diese Korrektur nicht benutzt.

Das in diesem Artikel vorgeschlagene Modell kann die Präzision der exakten QED - Berechnungen der anomalen magnetischen Momente nicht erreichen, liefert aber möglicherweise den Startpunkt für eine Quanten-Elektrodynamik des Basisraums.

7.3 Die Ableitung des Massequantums

Das Massequantum M_Q im Basisraum und $m_Q = \frac{1}{2}M_Q$ in der Raumzeit wurden in allgemeiner Form bereits als Ringmasse des Myonmodells eingeführt, siehe Abschnitt 7.1. Für die Ableitung eines präzisen Wertes nutzen wir die Myonmasse m_μ und das anomale magnetische Moment a_μ als Input. Folgende numerischen Werte werden benutzt (entnommen aus [7] und [21]):

$$m_\mu = 105.6583755(23) \text{ MeV}/c^2$$

$$a_\mu = 1.16592059(22) * 10^{-3}$$

Mit Hilfe der Gleichungen (60) und (66) erhalten wir die Dressbeiträge

$$D_1^{opt}(8) = \frac{w_8 - 1}{a_\mu} = \frac{8z}{1 - 8z} * \frac{1}{a_\mu} = 16.2398756 ; (z = \alpha/\pi)$$

$$\Delta D_1(8) = w_8 - 1 = \frac{8z}{1 - 8z} = 1.893441 \times 10^{-2}$$

$$D_2(8) = 12b_8 + 4 = 12(1 + 8z) + 4 = 16.2229907$$

Aus der Formel für die Myonmasse

$$m_\mu = (D_1^{opt}(8) + \Delta D_1(8) + D_2(8)) * m_Q$$

folgen die Werte für das Massequantum in der Raumzeit m_Q und im Basisraum M_Q :

$$m_Q = m_\mu / ((w_8 - 1) \left(\frac{1}{a_\mu} + 1 \right) + 12b_8 + 4) = 3.2528485 \text{ MeV}/c^2 \quad (67)$$

$$M_Q = 2m_Q = 6.505697 \text{ MeV}/c^2 = 1.159746 \times 10^{-26} g \quad (68)$$

Die Modellstruktur des Myons entsprechend Abb. 15 würde einen um etwa $5 * 10^{-6}$ höheren Wert für m_Q ergeben. Diese Abweichung reduziert sich - ähnlich wie beim anomalen magnetischen Moment des Myons - auf $3 * 10^{-8}$ bei Nutzung einer kleinen Korrektur für die Selbstenergie einer fluktuierenden Ladung: $b_8 \rightarrow \frac{1}{2}(b_8 + d_8)$. Diese Korrektur würde zu einer verbesserten Darstellung des optimalen Dress-Wertes $D_1^{opt}(8)$ führen und damit auch einen genaueren Wert des anomalen magnetischen Moments ergeben, siehe Abschnitt 7.2.

Die systematische Unsicherheit des Massequantums hat als Schätzwert die Größenordnung von 10^{-6} .

7.4 Die schwache Wechselwirkung

7.4.1 Die schwache Kopplungsstärke

Die effektive schwache Kopplungsstärke $\alpha_{w,eff}(k)$ wird durch zwei doppelt geladene Ringe bestimmt und wird auf ein Roton mit 2k Ringen bezogen:

$$\alpha_{w,eff}(k) = \frac{2\pi}{2k}(2a_{2k} - 2) = \frac{2\pi}{k}(a_{2k} - 1) = 4\alpha_{em} * a_{2k} \quad (69)$$

Der Ausdruck für $\alpha_{w,eff}(k)$ ähnelt Gleichung (53), in der die effektive elektromagnetische (em) Kopplungsstärke $\alpha_{em,eff}$ definiert ist. Die Beziehung $\alpha_w \sim g^2$ ist als Entsprechung zu $\alpha_{em} \sim e^2$, anzusehen, siehe (52). Die schwache Kopplungskonstante g entspricht im Standard - Modell (SM) der Elementarladung e .

Die 'Weinberg - Relation' $W = \alpha_{em,eff}/\alpha_{weak,eff}$ zwischen den effektiven Kopplungsstärken unterscheidet sich etwas in Abhängigkeit von den schwachen Dressbeiträgen. Zwei getrennt zirkulierende doppelt geladene Ringe haben die Energiefaktoren $2a_{2k}$, ein verdichteter ('kondensierter') Ring für alle vier schwachen Ladungen den Energiefaktor a_{2k}^2 .

Die Relation W wird zu $W_s(k)$ für die getrennten oder $W_c(k)$ für die verdichteten schwach geladenen Ringe:

$$W_s(k) = \frac{w_k - 1}{2(a_{2k} - 1)} = \frac{1}{4} - \frac{1}{4}kz - \frac{1}{4}k^2z^2 + \frac{7}{4}k^3z^3 + O(z^4) \quad (70)$$

$$W_c(k) = \frac{w_k - 1}{a_{2k}^2 - 1} = \frac{1}{4} - \frac{1}{2}kz - \frac{1}{4}k^2z^2 + 2k^3z^3 + O(z^4) \quad (71)$$

Die Tabelle in Abb. 18 enthält die Größen $W(k)$, das Verhältnis der elektromagnetischen zur schwachen Kopplungsstärke, berechnet für die zwei Modellvarianten. Die grün markierten Felder enthalten die Vorzugsvarianten, die sich aus der Berechnung der anomalen magnetischen Momente ergeben. Der Modellwert $W_c(16)$ für das Elektron stellt eine gute Näherung für den Wert $\sin^2\Theta_W$ dar, den das SM bereitstellt.

$W = \frac{a_{em,eff}(k)}{a_{weak,eff}(k)} \Leftrightarrow \sin^2\Theta_W = 0.23129$			
k	lepton	$W_s(k)$	$W_c(k)$
8	muon	0.24528	0.24064
16	electron	0.24045	0.23117
32	tauon	0.23068	0.21222

Figure 18: Das Verhältnis W von elektromagnetischer und schwacher Kopplungsstärke. Die grün markierten Felder zeigen bevorzugte Werte, die sich aus anderen Berechnungen ergeben. Der bevorzugte Wert für das Elektron stimmt mit dem SM-Wert für $\sin^2\Theta_W$ überein, wobei Θ_W den Weinberg -Winkel bedeutet.

7.4.2 Die schwache Paritätsverletzung

Die links - rechts Asymmetrie zwischen den beiden Zuständen eines Birotons (oder eines Anti-Birotons) liefert ein geometrisches Bild der schwachen Paritätsverletzung. Diese Paritätsverletzung besteht darin, dass die schwache Wechselwirkung auf linkshändige Teilchen und rechtshändige Antiteilchen beschränkt ist. Die Symmetrie bei der Geltung physikalischer Gesetze unabhängig von der Händigkeit (Chiralität) ist damit verletzt.

In der Abb. 19 ist je Biroton nur einer der doppelt geladenen Ringe gezeichnet, die zur schwachen Ladungsgruppe gehören. Die zwei Ladungen eines schwachen zweifach geladenen Rings überlappen sich bei der rechts händigen Variante, nicht bei der links händigen; umgekehrt ist es für Anti-Birotonen. Das Überlappen der Ladungen, wenn sie am internen Roton sitzen, bewirkt vermutlich die Unfähigkeit des Birotons zu schwacher Kopplung.

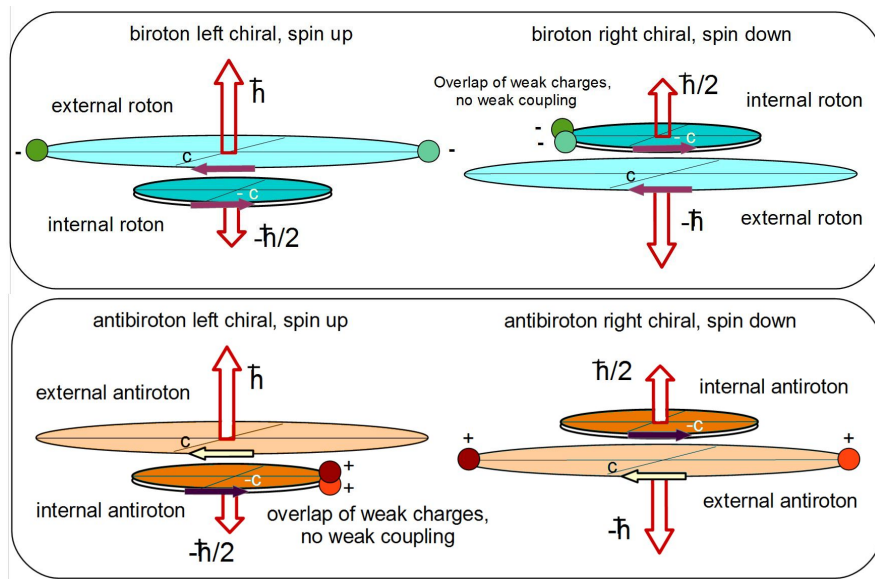


Figure 19: Vier Zustände eines Birotons oder Anti-Birotons, entsprechend den vier Zuständen eines Dirac-Spinors im Ruhesystem. Das Überlappen von zwei schwachen Ladungen während des 4π - Zyklus des internen Rotons / Antirotons blockiert die Fähigkeit zur schwachen Wechselwirkung.

7.4.3 Die schwache Wechselwirkung verschiedener Teilchen

Die elektroschwache Theorie nutzt als Teil des Standard Modells das Bild virtueller schwerer Eichbosonen, die die schwache Wechselwirkung vermitteln.

Die experimentell bestimmten Energie-Äquivalente der Massen von W - und Z - Bosonen sind

$$m_W = 80.379 \pm 0.012 \text{ GeV und } m_Z = 91.1876 \pm 0.0021 \text{ GeV.}$$

Die Heisenbergschen Unbestimmtheitsrelationen werden verwendet, um abzuschätzen, über welche Zeispanne die virtuellen Bosonen existieren und welche Strecke sie in dieser Zeit zurücklegen können.

Ein typisches Ergebnis einer solchen Abschätzung für die Wegstrecke eines $W^\pm$ Bosons, das sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, hat die Form

$$c\Delta t \approx \frac{\hbar c}{2E} = \frac{197.3 \text{ (MeV*fm)}}{2*80379 \text{ (MeV)}} = 1.23 \times 10^{-3} \text{ fm}$$

Die sehr kurze Strecke, die das Vermittler-Teilchen zurücklegen kann, wird als Reichweite der schwachen Wechselwirkung angesehen und damit als Grund für ihre Schwäche.

Im Basisraum ist die Annahme von virtuellen Vermittlerteilchen nicht geeignet. Diese Annahme wird ersetzt durch den Kontakt zirkulierender Strukturen während einer gemeinsamen Zykluslänge. Die Struktur des Birotions ist für eine Wechselwirkung stets verfügbar, man benötigt keine schweren Vermittlerteilchen, die spontan auftauchen müssten. Die Geometrie eines Birotions bestimmt die Kontaktlänge im Basisraum, die an die Stelle der Propagator-Längen tritt, die in der Raumzeit von der Unbestimmtheitsrelation vorgegeben werden.

Die Zykluslänge eines Leptons muss allerdings mit einer sehr kleinen Wechselwirkungs-Wahrscheinlichkeit multipliziert werden, um näherungsweise 10^{-3} fm zu erreichen.

Die zwei Bilder sind vollkommen äquivalent, beide können experimentell nicht nachgewiesen werden. Die formale mathematische Beschreibung der beiden Bilder liefert identische Ergebnisse. Dies kann anhand der Fermi-Konstanten gezeigt werden, wobei wir im Moment die Energie-Abhängigkeit dieser 'Konstanten' vernachlässigen.

Üblicherweise hat die Fermi-Konstante die Form

$$\sqrt{2}G_F/(\hbar c)^3 = 1.1663787(6) \times 10^{-5} [\text{GeV}^{-2}].$$

Diese Form ist geeignet für das Bild des Austauschs schwerer Teilchen ($W^\pm$ oder Z^0 - Bosonen). In diesem Artikel wird die auf Längen bezogene Form benutzt, wobei sich der numerische Wert der Fermi-Konstanten nicht ändert:

$$\sqrt{2}G_F/(\hbar c) = (\hbar c)^2 * \sqrt{2}G_F/(\hbar c)^3 = 4.541638 \times 10^{-7} [\text{fm}^2] \quad (72)$$

Im Basisraum ist die Fermi-Konstante das Produkt aus der effektiven Kopplungsstärke $\alpha_{weak,eff}$ und zwei "Wahrscheinlichkeitslängen" $L_w(1)$ und $L_w(2)$, die zu den zwei schwach wechselwirkenden Teilchen gehören. Jeder Wert L_w ergibt sich aus einer Zykluslänge l_c und dem Produkt zweier Wahrscheinlichkeiten

p_w .

$$\sqrt{2}G_F/(\hbar c) = \alpha_{weak,eff} * L_w(1)L_w(2) \quad [fm^2] \quad (73)$$

$$L_w = l_c * p_w^2 \approx 762z^2 \quad [fm] \quad (74)$$

$$l_c = 2\pi r_1 = \frac{\hbar}{M_1 c} = \frac{4\hbar c}{k^2 m_Q c^2} \approx \frac{762}{k^2} [fm] \quad (75)$$

$$p_w \approx kz ; \quad z = \frac{\alpha}{\pi} \quad (76)$$

Es wird angenommen, dass $p_w \approx kz$ die Wahrscheinlichkeit darstellt, dass ein Ring 'aktiv' ist, das heißt, bereit ist zu schwacher Wechselwirkung. Dann bedeutet $p_w^2 \approx (kz)^2$ die Wahrscheinlichkeit, dass zwei Ringe des Rotons gleichzeitig aktiv sind. Die Abhängigkeiten von l_c und p_w^2 vom Ringparameter k heben sich gegenseitig auf, siehe die Gleichungen (75) und (76). Die Wahrscheinlichkeitslänge

$$L_w \approx 762z^2 = 4.11 \times 10^{-3} \quad fm$$

wird unabhängig von k in der hier benutzten Näherung. Die effektive schwache Kopplungsstärke kann aus Gleichung (69) ebenfalls genähert als von k unabhängige Größe erhalten werden:

$$\alpha_{weak,eff} \approx 4\alpha_{em} \approx 2.92 \times 10^{-2}.$$

Das Ergebnis dieser groben Abschätzung ist ein numerischer Wert in der Nähe der Fermi-Konstanten in ihrer längenbezogenen Form, unabhängig vom Typ und der Energie der zwei wechselwirkenden Teilchen:

$$\alpha_{weak,eff} * L_w^2 \approx 2.92 \times 10^{-2} * (762z^2)^2 = 4.94 \times 10^{-7} [fm^2] \quad (77)$$

Dieses Beispiel zeigt, dass die Interpretation der elektroschwachen Theorie geändert werden kann, ohne dass sich der physikalische Gehalt der Theorie, ausgedrückt in experimentell gesicherten numerischen Werten, dabei ändert.

Jeder Formelausdruck der Form

$$\frac{\hbar c [GeV * fm]}{Mc^2 [GeV]}$$

kann so interpretiert werden, dass er den Austausch der Masse M in GeV beschreibt. Alternativ kann er auch so interpretiert werden, dass er die gemeinsame Zirkulation über eine Kontaktlänge $\hbar c/Mc^2$ in fm beschreibt.

Die Abbildung 20 zeigt die schwache Wechselwirkung als vier an einem Punkt wechselwirkende Fermionen (oberes Teilbild), als eine Wechselwirkung von zwei 'schwachen Strömen' durch Austausch des geladenen W^- - Bosons (zweites Teilbild) und als einen Prozess der gemeinsamen Zirkulation wechselwirkender Teilchen, die zeitweilig einen gemeinsamen Eigenraum bilden (unteres Teilbild).

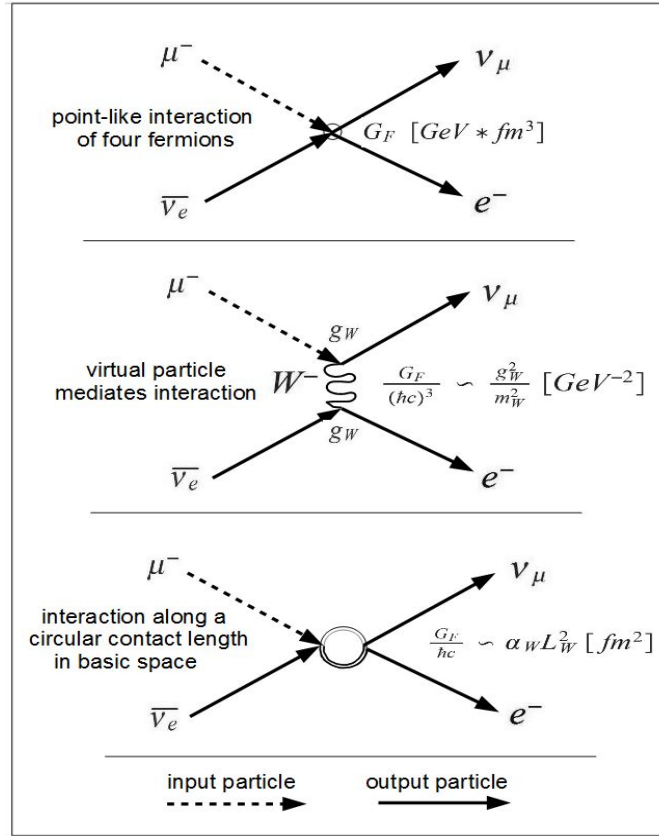


Figure 20: Die schwache Wechselwirkung im Vergleich von drei Interpretationen. Das obere Teilbild zeigt Fermis Vier Fermionen - Theorie mit Wechselwirkung an einem Punkt. Das mittlere Teilbild beschreibt den Austausch eines $W^\pm$ - Bosons entsprechend der elektroschwachen Theorie des Standardmodells. Das untere Teilbild entspricht der schwachen Wechselwirkung zweier Teilchenmodelle durch eine Kontakt-Länge gemeinsamer Zirkulation im Basisraum. Die schwache Wechselwirkung erscheint im Basisraum als die zeitweilige Bildung eines gemeinsamen Eigenraums der zwei wechselwirkenden Teilchen.

8 Mono-Rotonen und ihre Rolle in der Kosmologie

8.1 Vergleich der Quanten von Ladung und Masse

Die Basisraum-Modelle von Elektronen und Neutrinos bestehen sowohl aus positiven wie auch aus negativen Massequanten. Dies ermöglicht, die kleine Masse des Elektrons und die verschwindenden Neutrinomassen zu erklären.

Die Annahme der Existenz von Massequanten mit beiden Vorzeichen im Basisraum entspricht der Existenz von Elementarladungen mit beiden Vorzeichen in der Raumzeit. Allerdings können positive und negative Ladungen beobachtet werden, während die in der Raumzeit beobachteten Massen stets positiv sind.

Abbildung 21 zeigt einen Vergleich von Anziehung und Abstoßung von Ladungs- oder Massequanten mit verschiedenen Vorzeichen. Nur die grün markierten Wechselwirkungen sind in der Raumzeit direkt beobachtbar. Die positiven Massequanten M_Q^+ stellen Materie dar, im Gegensatz dazu besteht Antimaterie im Basisraum aus negativen Massequanten M_Q^- .

Interaction partners	Electrostatics	Gravostatics
equal positive signs	$e^+ \Leftrightarrow e^+$ repulsion	$M_Q^+ \Rightarrow \Leftarrow M_Q^+$; attraction
equal negative signs	$e^- \Leftrightarrow e^-$ repulsion	$M_Q^- \Rightarrow \Leftarrow M_Q^-$; attraction
opposite signs	$e^+ \Rightarrow \Leftarrow e^-$ attraction	$M_Q^+ \Leftrightarrow M_Q^-$ repulsion
opp. signs, compensated	$\{e^+ + e^-\} \equiv 0$	$\{M_Q^+ + M_Q^-\} \equiv 0$
pairwise compensation in	photon; charge pairs	electron; neutrinos

Figure 21: Vergleich von wechselwirkenden Ladungs- und Masse - Quanten. Gravostatik bedeutet Newtonsche Gravitation, angewandt auf Mono-Rotonen und ausgedehnt in den Basisraum. Die gravitative Anziehung und Abstoßung ist entgegengesetzt zur Wechselwirkung in der Elektrostatik. Nur die grün markierten Wechselwirkungen können in der Raumzeit beobachtet werden. Teilchen mit interner Kompensation elektrostatischer Effekte erscheinen nach außen hin ungeladen, Teilchen mit interner Kompensation gravitativer Effekte erscheinen nach außen hin masselos oder nahezu masselos. Die Massen von Antitronen und alle Massedifferenzen erscheinen in der Raumzeit positiv, so dass keine Antigravitation beobachtet werden kann.

Die Annahme der paarweise internen Kompensation positiver und negativer Quanten (Elementarladungen und Massequanten) ist erforderlich für die Konstruktion von Basisraum-Modellen. Die fluktuierenden Ladungspaare tragen zur Selbstenergie bei, infolge der internen Kompensation ihrer Ladungen ändern sie allerdings den beobachtbaren Ladungszustand des Teilchenmodells nicht. Sie sind nach außen hin elektrisch neutral.

Ähnlich führt die interne Kompensation von Massequanten in Neutrino-Modellen dazu, dass die beobachtbare Masse nach außen hin gleich null oder nahezu null

erscheint, trotzdem aber die Rotonen der Neutrinos die Fähigkeit zur schwachen Wechselwirkung besitzen.

Die interne Kompensation von Materie und Antimaterie führt zwangsläufig zur Entstehung von 'Misch-Materie' (mixed matter), was neben Teilchen und Antiteilchen eine dritte Teilchensorte hervorbringt. Im Rahmen des vorgeschlagenen Modells wird angenommen, dass Neutrinos sowie auch Elektronen und Positronen überwiegend oder gänzlich aus Misch-Materie bestehen.

Es muss allerdings betont werden, dass die 'Mischung', also die interne Kompensation von Materie und Antimaterie, nicht in der Raumzeit stattfindet. Dort erscheint nur das Ergebnis der Kompensation, die kleine, stets positive Differenzmasse. Es wird angenommen, dass jede lineare Bewegung in der Raumzeit positive Massen und positive Energie erzwingt.

Die Annahme negativer Massequanten im Basisraum führt somit nicht zu Anti-Gravitation in der Raumzeit. Anti-Teilchen haben positive Massen in der Raumzeit. Falls sich bei Lepton-Modellen eine negative Differenz zwischen positiven und negativen Rotonenmassen ergeben sollte, erscheint in der Raumzeit eine kleine positive Masse, siehe Abb. 22

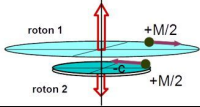
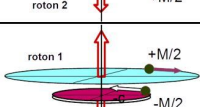
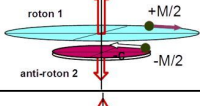
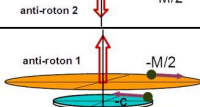
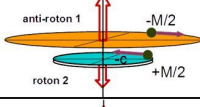
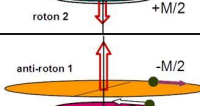
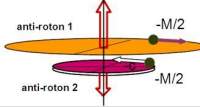
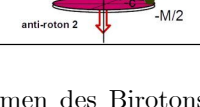
Biroton	E_{rot} per roton	E_{rot} per biroton	E_0 in spacetime
	$+Mc^2/4$	$+Mc^2/2$	$m_0 c^2$ Muon
	$+Mc^2/4$		
	$+Mc^2/4$	≈ 0	≈ 0 Muon-neutrino
	$-Mc^2/4$		
	$-Mc^2/4$	≈ 0	≈ 0 Muon-antineutrino
	$+Mc^2/4$		
	$-Mc^2/4$	$-Mc^2/2$	$m_0 c^2$ Anti-muon
	$-Mc^2/4$		

Figure 22: Formen des Birotons als Kombination von Rotonen mit positiver und negativer Masse. Die in der Raumzeit beobachtbaren Leptonen, dargestellt am Beispiel des Muons, haben stets positive Masse. Negative Massen sind auf zirkuläre Bewegung im Basisraum beschränkt, lineare Bewegung in der Raumzeit erfordert positive Masse und Energie.

Die beiden Rotonen eines Birotons besitzen Zustände relativer Unabhängigkeit. Das zeigt sich in der Existenz eines nichtlokalen Modus während der Translation, in der unabhängigen Herausbildung magnetischer Eigenschaften des Rotons, das die em Ladung trägt, und in weiteren Zusammenhängen. Es ist deshalb naheliegend, die mögliche Existenz völlig isolierter, *freier* 'Mono-Rotonen'

anzunehmen. Einzelne Objekte mit positiver oder negativer Masse existieren in ihrem Eigenraum auf der Subpartikel-Ebene, ähnlich den Objekten mit positiver oder negativer Ladung auf Partikel-Ebene.

Nur ein Biroton, das aus zwei *gebundenen* Rotonen besteht, kann sich in der Raumzeit mittels Translation bewegen und dabei raumzeitliche Koordinaten erzeugen. Damit sind einzelne Mono-Rotonen in der Raumzeit *unbeweglich* und in direkten Experimenten *nicht beobachtbar*.

Gravitative Wechselwirkung bietet die einzige Möglichkeit, sie indirekt nachzuweisen. Die Gravitation muss dazu als bereits auf Subpartikel-Ebene existierend angenommen werden. Dagegen entwickeln sich die Wechselwirkungstypen, die durch elektromagnetische oder schwache Ladungen bedingt sind, erst auf Partikel-Ebene.

8.2 Das gemeinsame erste Auftreten (die Emergenz) von Teilchen und Raumzeit

Eine bestimmte Menge Materie, die ausschließlich aus einzelnen Mono-Rotonen besteht, wird als logischer Startpunkt der kosmologischen Entwicklung angesehen. Das erste sich bildende Biroton erzeugt ein isoliertes, kurz aufflackerndes Stück Raumzeit mit der räumlichen Distanz x_c und der Zykluszeit t_c als Ausdehnung in der Raumzeit, siehe die Definitionen (6) und (27).

Man kann von einem ersten "Raum-Zeit-Quantum" sprechen, dessen Dimensionen von der Geometrie des entstehenden Birotons abhängen.

Eine große Anzahl entstehender Birotonen, begleitet von Raum-Zeit-Quanten, können auftauchen und wieder verschwinden wie Blitze in einem Gewitter. Während eines kurzen Zeitintervalls können mehrere zunächst isolierte Stücke an Raumzeit zusammenwachsen und einen größeren raumzeitlichen Bereich bilden, der von mehreren hindurchfliegenden Birotonen bevölkert ist.

Derartige Prozesse werden mehrfach gleichzeitig stattfinden und schließlich eine allgemeine Raumzeit im Universum hervorbringen. Die ursprünglichen Raum-Zeit-Quanten verlieren ihre Bedeutung und sind nicht mehr auffindbar im Kontinuum der allgemeinen Raumzeit.

Das Ergebnis ist vermutlich dasselbe, wie bei einem Urknall und einer nachfolgenden kosmischen Inflation entsprechend dem kosmologischen Standardmodell. Der Urknall ('Big Bang') und die Inflation werden ersetzt durch das gemeinsame Entstehen einer großen Anzahl von Birotonen aus sich verbindenden Mono-Rotonen mit den zugehörigen Raum-Zeit-Quanten. So kann mit einem Schlag eine große Menge beobachtbarer Materie entstehen, verteilt in einem weiten Raumbereich. Dies vermeidet die Singularität beim Urknall und weitere Schwierigkeiten, die mit dem kosmologischen Standardmodell verbunden sind.

Das gemeinsame erstmalige Auftauchen (die gemeinsame Emergenz) von Teilchen und Raumzeit schließt eine nachfolgende Expansion des Universums nicht aus, diese startet jedoch nicht an einem singulären Punkt.

Der in diesem Artikel vorgestellte Vorschlag muss in Hinblick auf seine Kompatibilität mit allen beobachteten Daten geprüft werden, wie etwa mit den Besonderheiten der kosmischen Hintergrundstrahlung.

8.3 Mono-Rotonen als Kandidaten für dunkle Materie und dunkle Energie

Ein weiteres Problem ist die mögliche aktuelle Existenz von isolierten Mono-Rotonen in der gegenwärtigen allgemeinen Raumzeit und die Möglichkeit für einen Nachweis der Existenz von Mono-Rotonen.

Die vermuteten Eigenschaften eines Mono-Rotons können aus den Skelett-Strukturen der Lepton-Modelle abgeschätzt werden. Es muss betont werden, dass die in Abb. 23 angegebenen Werte nicht ein Teilchen beschreiben, das in der Raumzeit beobachtbar ist. Die vorläufigen Werte in der Tabelle könnten sich auch um einen Faktor zwei ändern, so dass sich zum Beispiel $r \approx 30$ fm und $|L| = 2\hbar$ ergeben. Das entspräche dem Spin eines Gravitons, allerdings wird ein Graviton in der Raumzeit als masselos angenommen. Demnach müssten Gravitonen aus 'Mischmaterie' bestehen, wie die Neutrinos, und in der Raumzeit beobachtbar sein.

In diesem Artikel wird dagegen davon ausgegangen, dass Mono-Rotonen Masse besitzen und in der Raumzeit unbeobachtbar sind. Sie sind somit nicht identisch mit Gravitonen.

Quantity	Symbol	Value
rotating energy, minimum	$+2M_Q c^2$ $-2M_Q c^2$	$ E_{\text{rot}} \approx 13 \text{ MeV}$
radius, maximum	$r = \hbar/2M_Q c$	$r \approx 15 \text{ fm}$
angular momentum	$ L = 2M_Q c * r$	$ L = \hbar$

Figure 23: Hypothetische Eigenschaften von Mono-Rotonen, die für direkte Experimente in der Raumzeit unbeobachtbar sind.

Falls zur Zeit im Universum Mono-Rotonen existieren, so sollten Gravitations-Effekte auftreten, jedoch ohne beobachtbare Massen als Verursacher. Die Existenz von Mono-Rotonen könnte also erklären, warum bisher keine Teilchen gefunden wurden, die die Effekte von dunkler Materie und dunkler Energie realisieren. Es muss geprüft werden, ob positive Mono-Rotonen die dunkle Materie und negative Mono-Rotonen die dunkle Energie darstellen könnten.

Die mögliche Existenz negativer Mono-Rotonen im gegenwärtigen Universum würde nicht zu einer beobachtbaren Anti-Gravitation führen. Isolierte Mono-Rotonen sind unbeweglich, nicht zur Translation fähig. Falls sie im Universum existieren, sind sie an ihre Position fixiert. Sie können deshalb nicht zu größeren stellaren Objekten aus Antimaterie zusammenwachsen. Trotz dieser Einschränkungen ist es vorstellbar, dass sie Kräfte auf Materie ausüben und so zur Expansion des Universums beitragen.

Die Theorie der Newton'schen Gravitation muss zur Anwendung auf möglicherweise im Universum existierende Mono-Rotonen erweitert werden. Wir nennen diese erweiterte Theorie 'Gravostatik', in Analogie zur Elektrostatik. Die Parallelen zwischen diesen Theorien sind in Abb. 24 zusammengestellt.

Da das Massequantum M_Q von der Newton'schen Gravitationskonstante G_N *unabhängig* ist, kann man eine dimensionslose Kopplungskonstante der Gravitation α_G definieren, in Analogie zur Feinstruktur-Konstanten α , siehe die letzten Zeilen der Tabelle in 24. Die Planck - Masse könnte nicht für eine Definition von α_G genutzt werden, da dies eine Zirkeldefinition ergeben würde. Die Planck - Masse selbst ist unter Verwendung der Gravitationskonstanten definiert.

$\alpha ; \alpha_G$ constants	Electrostatics	Gravostatics	Charge equivalent
CGS-Gaussian	$\alpha = e^2/\hbar c$	$\alpha_G = G_N M_Q^2/\hbar c$	$e^\pm \leftrightarrow \pm \sqrt{G_N} M_Q$
SI system	$\alpha = k_C * e^2/\hbar c$	$\alpha_G = G_N * M_Q^2/\hbar c$	$e^\pm \leftrightarrow M_Q^\pm ; k_C \leftrightarrow G_N$
numeric values	$\alpha \approx 7.2976 \times 10^{-3}$	$\alpha_G \approx 2.839 \times 10^{-43}$	$\square$
reciprocals	$\frac{1}{\alpha} \approx 137.035999$	$\frac{1}{\alpha_G} \approx 3.5218 \times 10^{42}$	$\square$

Figure 24: Vergleich der Kopplungsstärken in Elektrostatik und Gravostatik. Das Massequantum M_Q ermöglicht die Definition einer gravitativen Kopplungsstärke α_G und liefert eine Quantisierung der Gravitation, die auf die Subpartikel-Ebene beschränkt ist. k_C bedeutet die Coulomb-Konstante, G_N die Newton'sche Gravitationskonstante.

Das Verhältnis der dimensionslosen Konstanten α_G und α beträgt

$$\frac{\alpha_G}{\alpha} = \frac{2.839 * 10^{-43}}{7.2976 * 10^{-3}} \approx 3.89 \times 10^{-41} \quad (78)$$

Das Massequantum im Basisraum M_Q bewirkt eine Quantisierung der Gravitation, die auf die Ebene der Rotonen (Subpartikel-Ebene) beschränkt ist. Diese Beschränkung entspricht möglicherweise aktuellen Ergebnissen der Quantengravitation (QG). Die QG entwickelt sich in Richtung einer nicht-raumzeitlichen Theorie [28][16]. Das bedeutet, die QG setzt eine Ebene 'unterhalb' der beobachtbaren Eigenschaften der Raumzeit voraus. "It turns out that space-time is absent at the most fundamental level and emerges only in an appropriate limit" [18] (Es stellt sich heraus, dass die Raumzeit auf dem fundamentalen Niveau nicht mehr vorkommt und nur in einem geeigneten Grenzfall auftritt).

Das Massequantum $\pm M_Q$ bildet das Gegenstück zur Elementarladung $\pm e$, wenn man SI-Einheiten verwendet. Das ist für praktische Zwecke gut geeignet. Man kann allerdings das Massequantum und die Elementarladung nicht in den gleichen SI - Einheiten ausdrücken, das verhindert einen Vergleich auf fundamentaler Ebene. Nur im Gauss'schen cgs - System haben $\pm e$ und $\pm e_G = \pm \sqrt{G_N} * M_Q$ dieselben rein mechanischen Einheiten:

$$1\sqrt{g * cm^3} * s^{-1} = 1statCoulomb = 1Franklin$$

Die elektrostatische und die gravostatische Ladung können nun verglichen

werden:

$$e = 4.803204673 \times 10^{-10} \sqrt{g * cm^3} * s^{-1} \quad (79)$$

$$e_G = M_Q \sqrt{G_N} = 2.996165 \times 10^{-30} \sqrt{g * cm^3} * s^{-1} \quad (80)$$

$$\frac{e_G}{e} \approx 6.24 \times 10^{-21} ; \quad \frac{e_G^2}{e^2} = \frac{\alpha_G}{\alpha} \approx 3.89 \times 10^{-41} \quad (81)$$

Die Quantisierung der Gravitation auf der Ebene der Rotonen bleibt auf Teilchenebene nicht bestehen. Die Selbstenergie zirkulierender Ladungen trägt zur Teilchenmasse bei und unterliegt damit der Gravitation. Allerdings ist die Selbstenergie von Ladungen nicht quantisiert, trotz der Quantisierung der 'Elementar'-Ladung. Deshalb ist die Gravitation für Teilchen in der Raumzeit nicht in gleicher Weise quantisiert wie für Mono-Rotonen.

Die Einstein'sche Gravitation liegt außerhalb des Rahmens dieses Artikels. Die Einstein'sche Gravitationstheorie beschreibt die Wechselwirkung makroskopischer Materie mit der Raumzeit des Universums, ohne auf intrinsische Eigenschaften der Teilchen oder die Quantisierung von Ladung und Masse einzugehen. Für die Allgemeine Relativitätstheorie (ART) stellt die Existenz von Materie und Raumzeit eine Voraussetzung dar. Es erscheint deshalb nicht aussichtsreich und nicht sinnvoll, das Auftauchen von Teilchen und Raumzeit aus einer tieferen Ebene der Realität innerhalb der ART zu untersuchen.

Auf der anderen Seite kann das in diesem Artikel diskutierte gemeinsame Auftauchen (die Emergenz) von Teilchen und Raumzeit zu den Erkenntnissen der ART über die makroskopische Wechselwirkung massereicher kosmischer Objekte im gekrümmten Raum zur Zeit keinen Beitrag leisten.

9 Schlussfolgerungen

Der Artikel beschreibt zwei Erweiterungen des üblichen theoretischen Rahmens der Teilchenphysik.

Erstens: Die Raumzeit wird ergänzt durch einen zirkulären Eigenraum, der mit der Struktur eines Teilchens fest verbunden ist. Der Eigenraum eines Teilchens ähnelt dem Raum, der durch die körperfesten Koordinaten eines Kreisel oder eines Satelliten aufgespannt wird. Die Gesamtheit aller Eigenräume, die Basisraum genannt wird, begründet eine neue Ebene unterhalb der Raumzeit.

Zweitens: Die in der Raumzeit strukturlosen Fundamentarteilchen bekommen eine zusammengesetzte Struktur, die im Eigenraum räumlich ausgedehnt ist. Die Bausteine der Struktur, genannt 'Rotonen', ähneln einem Kreisel. Rotonen bestehen aus Massequanten und Elementarladungen, die im Basisraum mit Lichtgeschwindigkeit kreisen. Zwei Rotonen, die zu einem Biroton verbunden sind, stellen die Minimalstruktur eines Teilchens dar. Die Annahme der Existenz von Rotonen begründet eine neue Subpartikel-Ebene der Materiestruktur. Beide Erweiterungen sind prinzipiell mit der Quantenmechanik (QM) und der Quanten-Elektrodynamik (QED) kompatibel, nicht aber mit der Erzeugung der Teilchenmasse nach dem Higgs-Mechanismus.

Ein Teilchenmodell erhält seine Masse aus zwei Quellen, nämlich aus der Rotationsenergie kreisender Massequanten und aus der Selbstenergie kreisender Elementarladungen. Selbstenergie ist die Coulombenergie, die eine kreisende Ladung auf Grund ihres Selbstabstandes besitzt. Der Selbstabstand, beispielsweise der Kreisumfang der Kreisbewegung, ist stets größer als null. Deshalb kann die Selbstenergie nicht unendlich groß werden, Singularitäten kommen nicht vor.

Das Vorzeichen kreisender Ladungen und Massequanten kann sowohl positiv als auch negativ sein. Die Annahme negativer Massequanten erlaubt auch die Modellierung von Lepton-Modellen mit sehr kleiner oder verschwindender Masse wie etwa Neutrinos, Elektron und Positron.

Die gyromagnetischen Eigenschaften können für die Rotonen eines Birotons getrennt berechnet werden. Dies führt bei Anwendung quasi-klassischer Formeln für jedes Roton zu den bekannten nicht-klassischen Ergebnissen für das Biroton, es erklärt den gyromagnetischen g-Faktor von etwa 2 für geladene Leptonen. Wenn man annimmt, dass die Selbstenergie einer kreisenden em-Ladung erhalten bleibt beim Übergang in die Raumzeit, dann ergibt sich der gyromagnetische g-Faktor etwas größer als 2 und man erhält plausible Werte für das anomale magnetische Moment geladener Leptonen. So hilft das Basisraum-Modell beim Verständnis der Quanten-Elektrodynamik.

Ein Biroton weist verschiedene Charakteristika eines Dirac-Teilchens auf, wie etwa einen 4π - Zyklus (des internen Rotons) und 4 Spin- und Energiezustände wie ein Dirac-Spinor. Die Geschwindigkeiten $+c$ und $-c$ der beiden Rotonen eines Birotons sind identisch mit den Eigenwerten der Dirac-Theorie, die zur sogenannten "Zitterbewegung" gehören.

Die Translation eines Teilchenmodells in der Raumzeit erscheint als intermittierender, aus Teilschritten bestehender Prozess, wobei die einzelnen linearen Schritte stets mit Lichtgeschwindigkeit ausgeführt werden. Die beobachtete Translationsgeschwindigkeit ergibt sich als Mittelwert über alle Einzelschritte. Es treten ein lokaler und ein nichtlokaler Modus der Translation auf, je nachdem, ob die Translationsschritte durch eines der Rotonen oder durch eine Kooperation beider Rotonen in Gang gesetzt werden.

Die deterministische Kreisbewegung, die den Spin erzeugt, wird begleitet von stochastischen linearen Schritten der Translation. Die wahrscheinlichkeitstheoretische Beschreibung der intermittierenden Translation führt zu den Gesetzen der Speziellen Relativitätstheorie (SRT).

Die Wahrscheinlichkeitswelle der Quanten-Mechanik hat ihren Ursprung vermutlich im Basisraum. Die Wahrscheinlichkeitsdichte der QM kann als Gauss'sche Normalverteilung interpretiert werden, als Envelope einer Anzahl stochastischer translatorischer Schritte. Die relativistische Addition von Geschwindigkeiten und die spezielle Lorentztransformation folgen auf natürliche Weise aus den wahrscheinlichkeitstheoretischen Ausdrücken, wenn man zwei oder mehr Teilchen in relativer Translation betrachtet.

Die kosmologischen Implikationen der vorgeschlagenen Subpartikel-Ebene von Materie und Raumzeit wurden nur anhand der Lepton-Modelle diskutiert,

ohne Kenntnis der Basisraum-Modelle von Mesonen, Baryonen und Photonen, obwohl solche Modelle bereits entwickelt wurden [13]. Diese Beschränkung erscheint akzeptabel für den im Artikel verfolgten Zweck, weil alle Teilchenmodelle auf der Struktur des Birotens beruhen und auf der Subpartikel-Ebene alle Teilchenmodelle aus Rotonen bestehen.

Nach dem kosmologischen Standardmodell wird angenommen, dass die kosmische Entwicklung mit einer Singularität begann, bei der ein Zustand unendlich hoher Energiedichte bestand und zu einem explosiven Ereignis, dem Urknall führte. Die daran anschließende rapide Expansion des Universums, die kosmische Inflation, sollte in Bruchteilen einer Sekunde mit mehr als Lichtgeschwindigkeit erfolgt sein.

Das in diesem Artikel vorgeschlagene Modell vermeidet die Annahmen von Urknall und kosmischer Inflation. Als Startpunkt der Entwicklung wird eine Menge an Materie / Antimaterie ohne Ladung und ohne andere Teilcheneigenschaften angenommen. Sie war vollständig im Basisraum lokalisiert, existierte also nicht in der Raumzeit. Materie und Energie hatten die Form massiver Mono-Rotonen, das heißt einzelner, isolierter Subkomponenten von Teilchen. Jede Bildung eines Teilchens durch Verbindung von zwei Mono-Rotonen war verbunden mit der Entstehung von einem Quantum Raumzeit, das das Teilchen umgab.

Eine große Anzahl solcher Prozesse, die gleichzeitig stattfanden, lieferte im Ergebnis eine Menge von an Teilchen gebundener Materie, verteilt in einem größeren Bereich der Raumzeit.

Es wird vermutet, dass ein derartiges gemeinsames Entstehen von Teilchen und Raumzeit denselben Effekt hatte wie der Urknall und die kosmische Inflation.

Dieses Bild der kosmischen Entwicklung muss durch Physiker und Kosmologen geprüft werden. Eine solche Prüfung erfordert ziemlich ungewöhnliche Annahmen: Eine neue Subpartikel-Ebene der Realität und einen zirkulären Extra-Raum, der die Raumzeit ergänzt und der unzugänglich ist für direkte Experimente.

10 Deklarationen

Es wurden keine Förderungen, Zuwendungen oder sonstige Unterstützungen erhalten.

Der Autor hat keine relevanten finanziellen oder nicht-finanziellen Interessen offenzulegen.

References

- [1] Abolins M.A., Barry J. Blumenfeld, E. Eichten, H. Kagan, Kenneth D. Lane, 1982, "Testing the Compositeness of Quarks and Leptons," eConf C8206282 (1982) 274-287

- [2] Adloff, C. et al., 2000, H1 Collaboration, Search for Compositeness, Lep-toquarks and Large Extra Dimensions in Contact Interactions at HERA, arXiv:hep-ex/0003002v2 17 Mar 2000
- [3] Beck J.L., 2023, Neo-classical Relativistic Mechanics Theory for Electrons that Exhibits Spin, Zitterbewegung, Dipole Moments, Wavefunctions and Dirac's Wave Equation. Found Phys 53, 57 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10701-023-00696-9>
- [4] Bohr N.,1913: On the Constitution of Atoms and Molecules, Part I. In: Philosophical Magazine. Vol. 26, 1913, S. 1–25 (uni-tuebingen.de [PDF])
- [5] Carroll S.M., A. Singh, 2021, "Quantum mereology: Factorizing Hilbert space into subsystems with quasiclassical dynamics." Phys. Rev. A 103, 022213
- [6] ChunJun C., Sean M. Carroll, Spyridon Michalakis, 2016, "Space from Hilbert Space: Recovering Geometry from Bulk Entanglement" CALT 2016-15, arXiv:1606.08444v3 [hep-th] 15 Dec 2016
- [7] CODATA <https://physics.nist.gov/cuu/Constants/index.html>, retrieved Feb. 2025
- [8] Consa, O., 2018, Helical Solenoid Model of the Electron, PROGRESS IN PHYSICS, Issue 2 (April), Volume 14
- [9] Di Vecchia P.,1979, Ravndal F., Supersymmetric Dirac particles, Phys. Lett. 73A, number 5, 6 p. 371 (1979)
- [10] Duff M.J., 2012, "Answering the Critics." Imperial/TP/2011/mjd/4; arXiv:1112.0788v3 [physics.hist-ph] 22 Jun 2012
- [11] de Haro S., Dieks, D., 't Hooft, G., Verlinde, E., 2013, "Forty Years of String Theory, Reflecting on the Foundations, Found Phys (2013) 43:1–7, DOI 10.1007/s10701-012-9691-3
- [12] Herrmann, H.-D., 2022, A circular 'basic space' as complement of space-time - an outcome of analogies between natural systems. <https://philarchive.org/rec/HERACQ>
- [13] Herrmann, H.-D., 2024, The Twofold Existence of Particles and Nuclei. A dual particle model realized in two spaces – space-time and a circular 'basic space', Second edition, Books on Demand, ISBN 978-3-75832-920-3
- [14] Hestenes, D.,2020, Quantum Mechanics of the electron particle-clock, arXiv: 1910. 10478 v2 [physics. gen-ph] 24 Jan 2020
- [15] Huang K., 1952, On the Zitterbewegung of the Dirac Electron, American Journal of Physics 20, 479

- [16] Huggett N., Christian Wüthrich, 2021, Chapter 1: Introduction: The emergence of spacetime, arXiv:2101.06955v1 [physics.hist-ph] 18 Jan 2021
- [17] Kaluza Th., 1921, Zum Unitätsproblem der Physik. Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss., Phys. Math. Kl.:966 (1921).
- [18] Kiefer C., Space, Time, Matter in Quantum Gravity, arXiv: 2004. 03174v1 [gr-qc] 7 Apr 2020
- [19] Klein O., 1926, Quantentheorie und fünfdimensionale Relativitätstheorie. Z. Phys., 37:895, (1926)
- [20] Lyons, L., 1982, Introduction to the possible substructure of quarks and leptons. Available from NTIS, PC A05/MF A01, 100 p.
- [21] Particle Data Group <https://pdglive.lbl.gov/Particle.action?node=S004&init=0>; retrieved Feb 2025
- [22] Poelz, G., 2016, An Electron Model with Synchrotron Radiation, arXiv: 1206. 0620v24 [physics. class-ph]
- [23] Ravndal, F., 1980, Supersymmetric Dirac particles in external fields. Phys. Rev. D (3) 21 (1980), no. 10, 2823–2832
- [24] Schrödinger E, 1926, "Quantisierung als Eigenwertproblem I", Annalen der Physik 79, 361–376
- [25] Slater J.C., 1926, "Spinning Electrons and the Structure of Spectra." Nature, 117:587, 1926
- [26] Sommerfeld A., 1916, Zur Quantentheorie der Spectrallinien (I + II). In: Annalen der Physik. 51. Jahrgang, 1916, S. 1–94, doi:10.1002/andp.19163561702.
- [27] Wang Wei-Ting, Yen-Jui Chang, Ching Ray Chang, 2024, "Quantum Entanglement in Dirac Dynamics via Continuous-Time Quantum Walks in a Quantum Circuit Framework." arXiv:2411.04540 [quant-ph]
- [28] Wüthrich C., The emergence of space and time, arXiv: 1804. 02184v1 [physics. hist-ph] 6 Apr 2018