

Grundgedanken einer einheitlichen Feldtheorie der
Materie und Gravitation

von

Burkhard Heim

Vortrag gehalten am 25.11.1976 bei MBB, Ottobrunn

(teilweise nicht wörtlich, Korrekturen
nach dem Original-Band v. W.K.)

Korrekturen und Bemerkungen
von Wilfried Kugel

Meine Damen und Herren,

Ihre Firma hat mich eingeladen, hier im Rahmen des Bildungsprogramms zu sprechen. Ich habe diese Einladung sehr gerne angenommen, weil ich ohnehin sagen kann, dass ich auch persönliche Beziehungen zu Ihrem Haus habe.

1. Grundsätzliches über wissenschaftliches Arbeiten

Sie alle werden während Ihrer Tätigkeit mit wissenschaftlichen Fragen konfrontiert. Sie selbst haben teilweise wissenschaftliche Arbeit übernommen, und ich meine, wenn man Wissenschaft betreibt, dann scheint irgendwann einmal die Frage angebracht zu sein, welchen Sinn wissenschaftliche Arbeit eigentlich primär haben kann.

Die Antwort darauf ist verhältnismässig leicht zu geben. Man könnte z.B. sagen, der primäre Sinn wissenschaftlicher Arbeit liegt in dem Bestreben, den menschlichen Erkenntnishorizont zu erweitern. Dies ist wohl ein uralter, den Menschen schlechthin definierender Trieb, der den Menschen in charakteristischer Weise von dem animalen lebendigen Hintergrund dieses Planeten abhebt.

Erweiterung des Erkenntnishorizontes: Dies geschieht im Grunde genommen in einer wie auch immer gearteten Form wissenschaftlicher Tätigkeit (wohl stets so, dass die auf den Menschen bezogenen, erfahrbaren Bereiche dieser Welt erfahren werden, und dass diese Erfahrungen dann in einem geistigen Prozess zur Erkenntnis von dahinter stehenden Zusammenhängen verarbeitet werden.

Nun könnte man fragen, welche Bereiche dieser Welt sind für uns Menschen überhaupt erfahrbar. Ich meine, die Voraussetzung, dass etwas für uns Menschen erfahrbar ist, ist die: es muss geschehen, denn etwas, das nicht geschieht, können

wir nicht erfahren. Nur das Geschehen, wie auch immer geartet, können wir erfahren und als Erfahrung verarbeiten. Geschehnisse sind aber Folgen von Ereignisstrukturen. Ich meine, dass die erfahrbaren Elemente dieser Welt Ereignisse sind, und wenn ich überhaupt über ein Ereignis sprechen will, dann muss ich sagen, wann es sich ereignet hat und wo.

Hier fängt bereits eine grosse Schwierigkeit an. Ich meine, dass wir zwei ganz verschiedene Klassen von Ereignissen vor uns haben. Wir haben auf der einen Seite die Ereignisse einer physikalischen materiellen Aussenwelt, die ich quantifizieren kann durch die Angabe eines Ortes und einer Zeit, d.h. bezogen auf irgendein Bezugssystem, auf irgendwelche Massstäbe, muss ich drei Ortsangaben machen und eine Zeitangabe, derart, dass jedes solche Zahlenquadrupel irgendein physikalisches Ereignis - ein Ereignis einer Aussenwelt - fixiert.

Nun gibt es aber offensichtlich noch eine ganz andere Gruppe von Ereignissen und Geschehnissen, die sich diesem Zugriff entziehen. Ich denke hier an die Ereignisse und Geschehnisse sozusagen eines psychischen Innenraumes. Man könnte sagen, solche Ereignisse gibt es garnicht. Aber die Ereignisse oder Geschehnisse beispielsweise, die man in einer Halluzination oder in einem Traumerlebt, können unter Umständen auf die Handlungsweise des betreffenden Menschen, vielleicht auch auf seine Reaktionsweise, weitaus nachhaltiger einwirken als beispielsweise irgendwelche physikalisch quantifizierbaren Umwelt ereignisse, die dieser eventuell nicht einmal zur Kenntnis nimmt. Nur ist es wohl unmöglich über solche ebenfalls erlebbaren Ereignisse Angaben über ein wann und ein wo zu machen.

Nun kann man aus diesen Sachverhalten heraus eigentlich zwei ganz verschiedene konträre Philosophien ableiten. Es gibt z.B. eine Richtung, die behauptet, dass alles, was überhaupt erlebbar ist, nur ein Geschehen, ein Reflektieren, in einem seelischen Innenraum ist. Es gibt diese Aussenwelt garnicht,

sondern lediglich diese qualitativen oder "virtuellen" Ereignisse des Innenraumes.

Die andere, hierzu konträre Richtung, sagt, es gibt diese psychischen Innenereignisse garnicht, es gibt überhaupt nur eine materielle Aussenwelt, für die man auch mitverantwortlich ist. Das ist die materialistische Schule. Aber ich meine, beide Philosophien stellen eigentlich nur Eckpositionen dar, und ich finde es viel vernünftiger zu sagen, ja, es gibt diese manifesten Ereignisse der physikalischen Aussenwelt, wir lassen aber auch die qualitativen virtuellen Ereignisse eines psychischen Geschehens zu. Ich spreche hier gerne von zwei ganz verschiedenen Ereignisebenen.

Wenn wir nun aber irgendwelche Phänomene beschreiben wollen, müssen wir berücksichtigen, dass wir Menschen in einer zweiwertigen vergleichenden Alternativlogik denken, und dass der subtilste Aspekt dieser Logik das grosse Gedankengebäude der Mathematik ist, mit dessen Hilfe wir quantifizierte Dinge beschreiben und analysieren können. Daher liegt der Gedanke sehr nahe, dass man auf diese quantifizierbaren Ereignisse der materiellen Aussenwelt die Metasprache der Mathematik anwendet um sie zu beschreiben. Allerdings ist dieses für die Qualitäten des psychischen Erlebens nicht möglich, denn Qualitäten lassen sich nicht quantifizieren. Mir scheint es daher sinnvoll zu sein, zunächst diese Ebene virtueller Ereignisse eines psychischen Innenraums von der Betrachtung auszuklammern und eine mathematische Beschreibung der Natur der manifesten materiellen Ereignisstrukturen zu versuchen.

Die Gesamtheit aller dieser Ereignisse ist fixiert durch Quadrupel aus drei Ortsangaben und einer Zeitangabe. Sie bildet also in ihrer Gesamtheit ein vierdimensionales Kontinuum, ein Raum-Zeit-Kontinuum, in welchem sich alle physikalischen Geschehnisse der materiellen Welt abspielen.

Wenn man nun Mathematik betreiben will und schliesslich die Mathematik auf irgendwelche physikalischen Gruppen von Phänomenen anwenden will um diese zu beschreiben, muss man natürlich ein paar Voraussetzungen mitbringen. Beispielsweise sagt man immer, Mathematik sei eine ganz nüchterne Wissenschaft, die sie zweifellos auch ist, aber man braucht, um Mathematik zu betreiben, auch eine ganz gute Portion Phantasie.

Jeder von uns hat z.B. versucht, irgendwelche Funktionen zu integrieren. Keineswegs jede Funktion ist integrierbar, und wenn eine ~~Formel~~^{Funktion} integrierbar ist, dann ist es eine Frage, welche Transformation man findet, um sie integrierbar zu machen. Es gibt aber keinerlei Kriterium und keinerlei Regeln, wie man die Transformation zu wählen hat. Hier muss man sich aufs Fingerspitzengefühl verlassen. Wenn man aber für irgend etwas Fingerspitzengefühl braucht, dann ist es eine Kunst, und gerade die Kunst des Integrierens erfordert ziemlich viel Phantasie. Ein phantasieloser Mensch wird es nie schaffen.

Eine sehr nette Geschichte, die ich in Göttingen hörte, sagte, dass der bekannte Mathematiker David Hilbert einen Schüler hatte, der sehr begabt war, der ihm aber weglief. Er wurde einmal gefragt, was denn aus diesem hoffnungsvollen jungen Mann geworden sei, und da gab er zur Antwort: Der ist Schriftsteller geworden, für die Mathematik hat er eben zu wenig Phantasie gehabt.

Eine andere Eigenschaft, die man braucht, ist die der Intuition. Wenn ich die Mathematik verwenden will um physikalische Sachverhalte zu beschreiben, muss ich zunächst einmal intuitiv fühlen, in welcher Form man den Sachverhalt idealisiert, und welche empirische Basis man auswählt. Vor allem braucht man unter Umständen sehr viel Talent und Gefühl um richtig zu approximieren. Die Kunst des Physikers ist die Kunst der richtigen Approximation.

Dann muss natürlich auch der Sinn für das Wesentliche eines Sachverhaltes ausgebildet sein. Um einen Sachverhalt mathematisch zu formulieren, muss man sich immer wieder klar werden über die Unerheblichkeit der Sinnfälligkeit. Man muss genau wissen, welche Dinge wesentlich sind und wie man idealisiert, denn letzten Endes idealisieren wir immer ein Modell um das Wesentliche zu treffen.

Schliesslich brauchen wir noch die Fähigkeit zur Abstraktion, d.h. bei der Beschreibung müssen wir versuchen, die Idee, die hinter dem Ding steht, zu erkennen und den übergeordneten Zusammenhang zu erfahren.

Swan, ein englischer Physiker, der schon seit längerem verstorben ist, brachte einmal eine nette Sache darüber, was passieren kann, wenn man diese eigentliche Fähigkeit zur Abstraktion nicht mitbringt. Er erzählte eine nette Geschichte, die in der englischen Kolonialzeit spielte. Man hatte damals in den britischen Kolonien in Afrika auch in den entferntesten Buschdörfern kleine Schulen eingerichtet und irgendwelche, an sich ganz wackeren Jägersleute eingesetzt, die nun Kinder unterrichten sollten und natürlich mehr schlecht als recht ausgebildet waren. So ein Mann gab Geometrieunterricht. Er hatte offensichtlich die Sache nicht so recht durchschaut und zeichnete eine Figur an die Tafel mit einem rechten Winkel, der nach rechts offen war und sagte: "Merkt Euch, dass das ein sogenannter rechter Winkel ist". Dann zeichnete er dieselbe Figur an die Tafel, aber jetzt mit dem Winkel nach links offen und sagte: "Jetzt werdet Ihr mit Recht sagen, dass das ein linker Winkel sei. Aber aus mir unbekannten Gründen ist das auf Befehl der britischen Regierung auch ein rechter Winkel." Sie sehen, wie man unter Umständen danebenlaufen kann, wenn man diese Fähigkeit zur Abstraktion nicht besitzt.

Wenn wir nun aber diese Voraussetzungen mitbringen und jetzt versuchen, irgendein physikalisches System von zusammenhängenden Phänomenen mathematisch zu beschreiben, dann können wir ja nicht auf irgendein voraussetzungsloses Gedankengebäude aufbauen. Es kommt darauf an, bei der mathematischen Beschreibung ein mathematisches Schema zu finden, das ein Analogon darstellt zu dem Phänomen oder der Gruppe von Phänomenen, die wir beschreiben wollen, derart, dass dieses mathematische Schema sämtliche quantitativ empirisch erfassten Weiten unseres Systems von Phänomenen quantitativ richtig wiedergibt und eventuell auch Prognosen möglich macht über Eigenschaften dieses Systems, die empirisch noch unbekannt sind.

Nun ist es natürlich so, dass wir nicht irgendein voraussetzungsloses mathematisches Gebilde schaffen können. Wir können auch nicht von irgendwelchen mathematischen Axiomen allein ausgehen. Wir brauchen Eigenschaften dieses phänomenologischen Systems, dieses empirischen Systems von physikalischen Dingen, die wir zunächst empirisch finden und als Basis benutzen, d.h. wir brauchen sozusagen einen quantitativen empirischen Bahnhof für unsere intellektuelle Reise, von dem wir ausgehen können, und gerade zur Auffindung eines geeigneten empirischen Ausgangssystems braucht man die Eigenschaft der Intuition. Wir müssen praktisch den Anker immer wieder auswerfen und versuchen, wo er fasst, um dann anzusetzen. Dieses empirische System sollte nach Möglichkeit sehr allgemeingültiger Art sein, es sollte auf keinen Fall irgendwelche Dinge erfassen, die eigentlich bereits in anderen Sätzen enthalten sind.

Wenn wir uns nun die Aufgabe stellen, die Welt, wie sie uns in Raum und Zeit erfahrbar ist, diese physikalisch-materielle ^{materielle} ~~mathematische~~ Welt, beschreiben zu wollen - die Ereignisebene der virtuellen Ereignisse des psychischen Innenraums haben wir ausgeklammert - dann läuft das schliesslich darauf hinaus, das Wesen der Materie zu erfassen, also in einer möglichst einheit-

lichen Form die Natur der Materie zu beschreiben, der Materie, die über makroskopische Wirkungsfelder in physikalischen Zusammenhängen steht.

I-1

2. Die deduktive Basis der einheitlichen Feldtheorie

Man muss sich sehr genau überlegen, von welcher empirischen Basis man ausgeht. Ich hielt es für sinnvoll, überhaupt nur empirische Grundprinzipien der Natur zu verwenden, die sich im gesamten, von uns Menschen erfahrbaren physikalischen Bereich, immer wieder bestätigt haben. Und zwar verwendete ich als Ausgangsbasis eigentlich nur drei Prinzipien und die Tatsache, dass es Wirkungsfelder gibt, also eigentlich nur vier ^{Axiome} Sätze und zwar

- a) die Erhaltungsprinzipien von Energie, Impuls und elektrischer Ladung,
- b) gewisse Extremalprinzipien, die z.B. das Prinzip des Entropieanstiegs implizieren und mathematisch in der bekannten Weise durch Variationstheoreme ausgedrückt werden können,
- c) das Quantenprinzip, wonach bekanntlich eine Wirkung stets das ganzzahlige Vielfache einer empirischen Naturkonstante, nämlich des Planck'schen Wirkungsquants ist. Eine weitere Konsequenz wäre, dass die Materie atomistisch strukturiert ist, d.h. es gibt kein materielles Kontinuum und es gibt auch kein energetisches Kontinuum, sondern es gibt Energiequanten und eine atomistische Struktur der Materie.
- d) die Tatsache, dass es makroskopisch wirkende Felder gibt, Felder des Elektromagnetismus und der Gravitation, durch die makroskopische Materiekonfigurationen in Zusammenhängen stehen. Dabei verwende ich

- d₁) das empirische Newton'sche Gravitationsgesetz, das nur der mathematische Ausdruck der drei Keppler'schen Gesetze ist, die wiederum eine Verdichtung der lebenslänglichen Planetenbeobachtungen des Tycho Brahe darstellen.
- d₂) das elektromagnetische Induktionsgesetz in Form der Maxwell'schen Gleichungen, die ebenfalls eine mathematische Verdichtung von elektrodynamischen Messreihen sind.

Dabei muss natürlich unterstellt werden, dass diese empirischen Naturgesetze der Gravitation und des Elektromagnetismus noch keineswegs als endgültig anzusprechen sind, denn sie spiegeln doch nur die Empirie wider - praktisch so wie beim Automaten, aus dem, wenn man 10 Pfennig hineinsteckt, auch nur für 10 Pfennig Ware herauskommt. Ich meine, was man in der Mathematik an empirischen Sachwerten hineinsteckt, kommt bei einer solchen Formulierung auch wieder heraus, d.h. diese Gesetze gelten nur im Bereich ihrer Messgrenzen. Wir können z.B. nicht erwarten, dass die Maxwell-Gleichungen vollständig die Natur des elektromagnetischen Feldes wiedergeben. Sie gelten eben nur in dem Bereich, in dem man elektromagnetische Messungen durchführen kann. Das Newton'sche Gravitationsgesetz wird bestimmt sehr korrekturbedürftig sein, wenn man die Wahrheit über das Phänomen Gravitation erfährt, denn die Messtoleranzen bei der Bestimmung von Planetenbahnen sind doch ziemlich gross.

Von diesen vier Grundsätzen ging ich aus, und nun kann man in der bekannten Weise zunächst einmal aus den Maxwell'schen Gleichungen des Induktionsgesetzes substituieren und die vektoranalytischen Operatortheoreme zur Umrechnung benutzen, wodurch man zu einer transversalen Wellengleichung für sämtliche Bestimmungsstücke des elektromagnetischen Feldes gelangt, bei der die Ausbreitungsgeschwindigkeit durch die Naturkonstanten der Induktion und Influenz gegeben ist. Man kann auf diese Weise die Lichtgeschwindigkeit sehr genau berechnen.

Man kann jetzt aufgrund der transversalen Wellengleichung auf das elektromagnetische Relativitätsprinzip schliessen und kommt von diesem Relativitätsprinzip zur Konstruktion eines Minkowski-Raumes, d.h. eines vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuums mit drei reellen Dimensionen des kompakten physischen Raumes und der mit diesen Dimensionen nicht vertauschbaren imaginären Lichtzeit.

Dies führt schliesslich zu einer Gruppe von Transformationen, bei der wir es mit gleichberechtigten und konstant bewegten Inertialsystemen zu tun haben. Man erhält hier die Lorentz-Gruppe, d.h. die Naturgesetze können jetzt in eine invariante Form gebracht werden, deren Matrix bekanntlich die vierreihige Transformationsmatrix der Lorentz-Gruppe ist. Es ist eine unitäre Matrix, mit der man nun die Naturgesetze lorentzinvariant machen kann.

Eine Konsequenz dieser lorentzinvarianten Darstellung der Naturgesetze ist dann ein sehr wichtiges Äquivalenzprinzip, nämlich das Äquivalenzprinzip zwischen Energie und Trägheit. ^{beiden} Dieses Äquivalenzprinzip ^{ist} ~~ist~~ ^{ja} ~~ist~~ meiner Auffassung nach von fundamentaler Bedeutung, jedoch kann man daraus alleine noch keine einheitliche Beschreibung der Materie oder der Raum-Zeit-Welt aufbauen. ^{Es} ~~Im wesentlichen~~ sind auf diese Weise die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie entstanden.

Schliesslich wurde versucht, eine einheitliche Feldtheorie zu konstruieren. Es gibt zwar sehr viele verschiedene Ansätze, jedoch sollte man nicht glauben, dass hier ein Anspruch auf universale Gültigkeit gegeben ist, wenn man den wesentlichen Erfahrungsbereich (c), nämlich das Quantenprinzip, ignoriert. Mir scheint es im Gegenteil so zu sein, dass eine allgemeine Theorie des materiellen Geschehens letztlich nur eine Theorie der materiellen Letzteinheiten sein kann, d.h. eine Theorie der elementaren Quanten eines Materiefeldes.

V Band zu Ende, es fehlt ein Stück

Ich habe hier den Begriff eines Materie-Feldquants in meiner Arbeit geprägt, um einen Oberbegriff zu haben. Ich verstehe darunter einmal die Quanten des elektromagnetischen Feldes, die mit Lichtgeschwindigkeit fortschreiten, die sogenannten Photonen, denen nach dem Energie-Materie-Äquivalent auch Trägheitsmasse zukommt, und ich verstehe zugleich darunter die Gesamtheit der ponderablen, also wägbaren Letzteinheiten, die empirisch als sogenannte Elementarteilchen bekannt sind.

Eine einheitliche Theorie der materiellen Welt kann nur eine einheitliche Theorie aller dieser Materie-Feldquanten sein, wobei unter Umständen auch Quanten eines Gravitationsfeldes denkbar wären, die man hypothetisch als Gravitationen bezeichnet.

Nun ist das Bild, das sich hier bietet, ungeheuer verwirrend. Es scheint überhaupt aussichtslos zu sein, eine einheitliche Darstellung zu finden, denn die Eigenschaften, die man beobachtet, sind ausserordentlich widersprüchlich. Einerseits haben wir die Feldquanten, die mit Lichtgeschwindigkeit fortschreiten und offensichtlich in ihrer Struktur etwas völlig anderes darstellen als die Letzteinheiten der wägbaren Masse, der Elementarteilchen. Hier haben wir eine ungeheure Fülle. Die Elementarteilchen unterscheiden sich in drastischer Weise z.B. in ihrer Existenzzeit. Es gibt sehr labile und kurzlebige Partikel, also erlaubte Übergänge von freier Energie zu wägbarer Substanz - als solche könnte man auch die ~~stabilen~~ Elementarteilchen bezeichnen, und wieder andere, die eine entsprechend grössere Lebensdauer haben, auch solche Elementarteilchen wie Elektronen und Protonen, die eine unbegrenzte Lebensdauer haben, die stabil und damit der Grund sind, dass es überhaupt Materie in unserem System gibt.

Elementarteilchen unterscheiden sich aber auch anders. Es gibt solche, die elektropositiv, solche, die elektro-negativ und solche, die elektrisch neutral sind. Die elektrisch geladenen sind immer mit Elementarladungen versehen, d.h. auch das elektrische Ladungsfeld ist kein Kontinuum, es gibt die elektrische Elementarladung, die sehr genau gemessen werden kann, die man aber eigentlich in ihrem Wesen auch nicht so recht versteht.

Elementarteilchen haben die verschiedensten Massen. Sie unterscheiden sich sehr in ihrem Spin-Verhalten, sie haben offensichtlich so etwas Ähnliches wie einen Drehimpuls, und zwar sind diese Drehimpulse wieder ganzzahlige oder halbzahlige Vielfache des Wirkungsquants. Es gibt z.B. Partikel, die überhaupt keinen Drehimpuls haben, deren Spinquantenzahl also Null ist. Dann haben wir die verschiedensten halbzahligen Spinquantenzahlen, die sogenannte Fermionen beschreiben, die in ihrer Struktur wieder etwas völlig anderes zu sein scheinen als die sogenannten Bosonen mit ganzzahliger Spinquantenzahl. Man kann z.B. Bosonen überlagern und dabei praktisch am selben Ort die Amplituden gewissermassen vergrössern. Aber bei Fermionen ist das nicht möglich, hier scheinen sich "die Dinge im Raum zu stossen".

Manche Elementarteilchen treten nur einzeln auf, andere wieder in ganzen Familien, die verwandt sind, in sogenannten Isospin-Multipletts, die auch wieder durch eine Quantenzahl gekennzeichnet werden.

Wir haben dann beispielsweise Zerfallseigenschaften der Elementarteilchen, die alle nur eine begrenzte Lebensdauer haben. Und hier kommt es zu den verschiedensten Zerfällen und zu den verschiedensten Reaktionen, mit denen man experimentiert. Dafür ist nun wieder eine Eigentümlichkeit gültig, die aus empirischen Gründen eingeführt wurde. Sie unterscheiden sich in ihrer sogenannten Seltsamkeit, auch strangeness genannt.

Kurz, ein ausserordentlich verwirrendes Bild. Die Frage ist, wie kann man hier ein Ordnungsprinzip hineinbringen? Man hat die verschiedensten Symmetrieuntersuchungen angestellt, eine phänomenologische Klassifikation durchgeführt, aber ein einheitliches Verständnis all dieser Strukturen ist nicht gelungen.

Ich meine, man muss hier nach Eigenschaften suchen, die allen diesen Partikeln gleichermaßen zukommen, die bei keiner wie auch immer gearteten materiellen Letzteinheit verschwinden. Ein Spin ist z.B. nicht gut zu verwenden, denn es gibt auch Partikel, bei denen er Null ist. Elektrische Ladungszahlen sind auch kein Kriterium. Es gibt neutrale Partikel. Aber eins ist für alle diese ponderablen Partikel, also für solche die Ruhemasse haben, aber auch für die Photonen typisch, die imponderabler Natur sind: Erstens haben alle eine von Null verschiedene Existenzzeit. Würde nämlich irgendein Ding keine Existenzzeit haben, dann geschieht nichts, und wir könnten es überhaupt nicht wahrnehmen. Es würde für uns nicht existieren. Zweitens kommt all diesen Partikeln eine von Null verschiedene Masse zu, und zwar entweder eine reine Feldmasse oder eine Ruhemasse. Auf keinen Fall ist aber diese Masse gleich Null, denn wenn sie gleich Null wäre, würde das Ding nicht existieren, auch wenn es eben nur freie Feldmasse ist, wie beim Photon.

Von den Existenzzeiten auszugehen schien mir nicht sehr attraktiv zu sein. Ich fand auch gar keinen vernünftigen Anlass, aber man könnte von der Tatsache ausgehen, dass alle diese Partikel Massen oder Energiemassen sind. Es sind eben erlaubte Uebergänge von freier Energie zu wägbarer Materie. Nun gibt es dieses Äquivalenzprinzip zwischen Trägheit und Gravitation, und das wäre die allgemeine Gravitation, die zugleich auch das allgemeine Hintergrundphänomen für die gesamte Fülle möglicher materieller Letzteinheiten zu sein scheint.

I-2 3. Formulierung einer invarianten Gravitationstheorie

Leider wissen wir gerade über dieses Phänomen der Gravitation nur sehr wenig, denn das Newtonsche Gravitationsgesetz gilt bestimmt nicht ~~im atomaren Bereich~~ ^{hier.} Wir kennen auch nicht den Verlauf des Gravitationsfeldes beispielsweise in der unmittelbaren Nachbarschaft eines Elementarteilchens. Aber wir können indirekt doch einiges sagen. Wir können z.B. sagen, dass die Gravitation offensichtlich ein Zustand ist, der sich vom Nichts deutlich unterscheidet.

Wenn überhaupt etwas existieren oder aufgebaut werden soll, dann braucht man dazu Energie. Energie und träge Masse, die wiederum Quelle einer Gravitationswirkung sein kann, sind äquivalent. Andererseits scheint das Gravitationsfeld selber, bezogen auf die felderregende Masse, additiver Natur zu sein. Mir fällt es offen gesagt schwer, anzunehmen, dass zwar die Materie insgesamt ein Gravitationsfeld verursacht, dass ihre letzten Bausteine aber keines haben sollen. Es scheint mir so zu sein, dass, wenn es Quanten der Materie gibt, diese Quanten zumindest elementare Gravitationsfelder definieren.

Ob das Gravitationsfeld nun selber ein Quantenfeld ist, wissen wir nicht. Aber aus logischen Gründen würde ich es rein hypothetisch unterstellen, denn typisch für ein Quantenfeld ist die Unschärferelation, wonach wir gewisse Grössen, z.B. Ort und Bewegung, Energie und Zeit, also kanonisch konjugierte Grössen, nicht gleichzeitig exakt messen können. Wir machen grundsätzliche Fehler, und zwar ist das Produkt dieser Fehler mindestens gleich dem Planck'schen Wirkungsquant.

Wenn ich einmal unterstelle, dass wir irgendeine Kraftwirkung haben, die zwei Dinge in Zusammenhang setzt, dann gilt diese Unschärferelation. Wenn diese Kraftwirkung jetzt durch eine blosser Gravitationswirkung ersetzt wird, so fällt

es mir offen gesagt etwas schwer anzunehmen, dass ich plötzlich die beiden Grössen beliebig genau messen kann. Dieser Gedanke stammt von Bondy und ich habe den Eindruck, dass man auf diese Weise wohl zunächst hypothetisch unterstellen kann, dass wir es bei der Gravitation auch mit einem quantisierten Feld zu tun haben, obwohl wir nicht wissen, wie diese Quantisierung eigentlich zustande kommen kann.

I-2

Nun schien es mir vernünftig zu sein, mich zunächst einmal ganz allgemein und zwar ohne jetzt an den Mikrobereich der Welt zu denken, etwas konkreter mit dem Phänomen der Gravitation zu befassen. Wir wissen zwar wenig von der Gravitation, aber ich kann z.B. das Newtonsche Gravitationsgesetz in die Poissonsche Fassung eines Quellenfeldes bringen. Man hat einen Feldvektor, der hier als Beschleunigung auftritt und im statischen Fall der Gradient einer skalaren Ortsfunktion ist. Die Divergenz des Feldvektors ist dann proportional zur Dichte der felderregenden Masse.

Man könnte überlegen, was geschieht, wenn eine zeitliche Variabilität zugelassen wird. Ich gehe also jetzt z.B. von einer Massenverteilung aus, die nicht homogen ist, die irgendwelche Inhomogenitäten oder Anisotropien hat, und die sich zugleich zeitlich verändert, so dass eine partielle Zeitableitung der Massendichte der Feldquelle existiert. Ich lasse nicht zu, dass bei dieser zeitlichen Veränderung irgendwelche Materie eine bestimmte geschlossene Fläche, die diese Materie umschliesst, verlässt, und betrachte jetzt das Gravitationsfeld praktisch von aussen.

Man kann so auf rein logischem Wege das Newtonsche Gravitationsgesetz erweitern und zwar für den Fall, dass es solche zeitlichen Änderungen gibt, und dabei auch die Feld-

masse mit berücksichtigen. Dann würde zwischen unserem jeweiligen Beobachtungspunkt und der felderregenden Masse auch Gravitationsfeldmasse liegen, die ihrerseits auch wieder Gravitation verursachen kann, so dass der Verlauf des Feldes hier in einer unbekannten Weise noch verändert wird, natürlich weit unter jeder Messbarkeitsschranke.

Zeitlich veränderliche Gravitationsfelder lassen sich nun beschreiben, wobei man zunächst einmal zur Aussage kommt, dass sich eine Störung des Gravitationsfeldes mit einer bestimmten Geschwindigkeit ausbreitet, die weder Null noch unendlich, sondern eine von 0 verschiedene Zahl ist.

Man hat einmal gesagt, es sei die Lichtgeschwindigkeit. Es kann sein, dass es die Lichtgeschwindigkeit ist, aber ich finde, man sollte diese Frage einfach offen lassen. Man sollte sich damit zufrieden geben, dass es irgendeine Geschwindigkeit sein kann, und sich hier nicht spekulativ von vornherein auf die Lichtgeschwindigkeit festlegen.

Man lässt hier am besten die Frage nach der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Gravitationsstörungen offen und beschreibt nun das sich zeitlich ändernde Gravitationsfeld in einer reellen Raumzeit, und zwar benutzt man hier nicht den üblichen Minkowski-Raum, sondern zunächst einmal aufgrund des Zeitverhaltens des Gravitationsfeldes eine reelle Zeitkoordinate.

Diese Raumzeit ist natürlich nicht die wirkliche Raumzeit, denn sie gilt nur unter der Voraussetzung, dass nur solche Gravitationsfeldvorgänge existieren, die sich zeitlich verändern, ohne dass eine wirkliche Feldquelle vorhanden ist.

Man kommt bei dieser Beschreibung nun zu einer Darstellung in vier reellen Dimensionen. Es lässt sich hier auch ein viererhiger Feldtensor definieren, der aus Gravitationsfeldgrössen

aufgebaut ist, und man kommt auch zu einer Lorentzgruppe, deren Matrix jetzt aber nicht unitär sondern orthogonal ist.

Ich bezeichne grundsätzlich eine Matrix mit orthogonalen Eigenschaften über dem reellen Zahlenkörper als orthogonal. Sind die Elemente aber komplexe Zahlen, bezeichne ich sie als unitär. Es erweist sich, dass diese begriffliche Verfeinerung auch in der Physik eigentlich recht gut zu verwenden ist.

Es ergibt sich hier, wie gesagt, eine Tensordarstellung des Gravitationsfeldes in dieser Hilfskonstruktion einer reellen Raumzeit. Jetzt kann man in der bekannten Weise aus dem elektromagnetischen Induktionsgesetz ebenfalls eine Tensordarstellung gewinnen; und zwar in eine Minkowski-Raumzeit mit einer imaginären Zeitkoordinate, wenn wir Gravitationsvorgänge nicht berücksichtigen.

I-3

Nun, beide Raumzeiten scheinen nur Hilfskonstruktionen zu sein, die wahre Welt ist es nicht, denn in der wirklichen Welt haben wir sowohl elektromagnetische als auch gravitative Vorgänge, oder wir haben materielle Feldquellen, die ein Gravitationsfeld erregen. Es gibt keine Masse ohne Gravitation, und wir haben auch keine Gravitation ohne Masse. Diese beiden Hilfskonstruktionen scheinen mir nur tangentialen Raumzeiten der wahren Raumzeit zu sein, derart, dass die tatsächlichen Größen, mit denen wir es in der materiellen Natur zu tun haben, praktisch sowohl in der einen wie auch in der anderen Raumzeit definiert sind, und diese Verschränkung ist das, was wir eigentlich Raumzeit nennen könnten.

Nun zeigt zunächst einmal eine geometrische Betrachtung, dass in dieser tatsächlichen Raumzeit auch die Zeitkoordinate eine imaginäre Lichtzeit ist. Das heisst, es ist auch ein Minkowski-Raum, denn werden die beiden Lorentzmatrizen multi-

pliziert, also die orthogonale Matrix der Gravitationswelt und die unitäre des elektromagnetischen Relativitätsprinzips, dann zeigt sich erwartungsgemäss, dass der Kommutator des Matrixprodukts die Nullmatrix ist, d.h. die Multiplikation ist kommutativer Art.

Jetzt wird deutlich, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit gravitativer Feldstörungen überhaupt keinen Einfluss auf die Begrenzung der Geschwindigkeit materieller Körper durch die Lichtgeschwindigkeit haben kann, denn in den Elementen der Einstein'schen Lorentzmatrix treten Gravitationsfeldgrössen nur als Korrekturfaktoren auf, die aber praktisch vom Wert 1 nicht abweichen. Es ist eigentlich so, dass eine mögliche Abweichung - ich habe mir das ziemlich gründlich auch quantitativ überlegt - praktisch unter jeder Messbarkeits-schranke heutiger Möglichkeiten liegt, so dass sie empirisch nicht in Erscheinung tritt.

4. Einheitliche Feldbeschreibung

Die Raumzeitvorgänge gravitativer und elektromagnetischer Art bezog ich nun gemeinsam auf eine solche Minkowski-Welt, d.h. auf eine Raumzeit mit imaginärer Zeitkoordinate. Es schien nun, um diese Beschreibung durchzuführen, sinnvoll zu sein, die gewonnenen Feldtensoren zu einem einheitlichen Feldtensor zu kombinieren, der sowohl die elektromagnetischen als auch die gravitativen Feldgrössen enthält.

Leider war hier das Problem vieldeutig, denn man müsste jetzt von diesen Feldtensoren die Vektordivergenz im Minkowski-Raum bilden. Diese Vektordivergenz wäre dann einer Art Viererstrom proportional, der aus einem Materiefluss und einem elektromagnetischen Ladungsfluss besteht. Aber diese Vieldeutigkeit der Kombination der Feldtensoren zu einem einheitlichen Feldtensor des elektromagnetisch-gravitativen

Feldes reduziert sich auf eine Zweideutigkeit, denn man muss fordern, dass sich die bekannten empirischen Gesetze der Gravitation und der Maxwellgleichungen als Sonderfälle ergeben, wenn man die eine oder andere Gruppe von Grössen streicht.

Wenn man diesen Anschluss an die vorhandene Empirie fordert, und den müssen wir fordern, sonst ist die Theorie ganz einfach falsch, dann reduziert sich die Vieldeutigkeit auf eine Zweideutigkeit. Nun muss man beide Wege durcharbeiten und kann dann den einen Weg ad absurdum führen. Dieser ist wohl eine mathematisch logische Möglichkeit, die aber in der Natur nicht verwirklicht ist. Denn würde dieser eine Weg der Natur entsprechen, dann würden sich Aussagen über makroskopische Vorgänge ergeben, die in drastischster Weise erscheinen müssten, die aber tatsächlich niemals nachweisbar sind, während sich der andere Weg vollständig in die bekannte Empirie einpasst.

So sah ich mich veranlasst, diesen einen Weg weiter zu verfolgen. Wenn ich nun unterstelle, dass wir auf diese Weise einen einheitlichen Feldtensor erhalten haben, dann kann man hieraus auch einen einheitlichen Energiedichtetensor formulieren, und zwar in der bekannten Weise durch eine Iteration des Feldtensors f_{ik} , d.h. man multipliziert diesen Tensor tensoriell mit sich selbst und bildet das Matrizenprodukt $f_{ik} f^{ik}$. Man erhält dann einen Energiedichtetensor T_{ik} , der nun aber die Energiedichte eines einheitlichen Feldes darstellt, nämlich einer Feldquelle mit ihrem Gravitationsfeld. Dies erscheint nun als Einheit, und darauf muss es jetzt ankommen.

Man kann im elektromagnetischen Fall diesen Energiedichtetensor explizit ausdrücken. Da aber das Energie-Materie-Aquivalent gilt, das ja jeder Energie auch träge Masse zuordnet, kann man natürlich diesen nichtsymmetrischen, oder hier besser nichthermiteschen, Energiedichtetensor gut verallgemeinern.

Korrektur laut VL B. 6. 2007

$$T_{ik} = f_{in} f_{nk}$$

Zum Begriff hermitesch und symmetrisch: Auch hier habe ich die Unterscheidung gemacht, die in der Mathematik zwischen reellen und komplexen Zahlen üblich ist. Ein Tensor, dessen Komponenten reelle Zahlen sind, und dessen Indizierungen vertauschbar sind, nennen wir bekanntlich symmetrisch. Handelt es sich aber um Komponenten, die aus komplexen Zahlen bestehen, müsste man immer bei der Transposition der Indizierung zugleich eine komplexe Konjugation durchführen. Solche Tensoren, wenn sie auch symmetrisch erscheinen, bezeichnen wir als hermitesche Tensoren.

Der allgemeine Energiedichtetensor erscheint aber nicht-hermitesch, was an der Wechselbeziehung zwischen Gravitation und ihrer Feldquelle liegt. Er lässt sich im elektromagnetischen Fall folgendermassen schreiben:

$$T_{ik}^{(E)} = W_{ik} + \phi_{ik} \quad , \quad W_{ik} = W_{ki} = V_{ik} \quad (1)$$

Ich habe den einheitlichen Energiedichtetensor mit $T_{ik}^{(E)}$ bezeichnet, wobei die Indizierungen die Dimensionen in Raum und Zeit angeben. Im Fall des elektromagnetischen Feldes ist der einheitliche Energiedichtetensor mit hochgestelltem Suffix E gekennzeichnet. Er baut sich aus einem hermiteschen Anteil $W_{ik} = W_{ki}$ und einem antihermiteschen Anteil ϕ_{ik} auf, wobei der hermitesche Anteil in sehr guter Näherung mit dem sich unter Vernachlässigung der Gravitation aus der Maxwelltheorie ergebenden kanonischen Energiedichtetensor V_{ik} identisch ist. Er entsteht sogar aus diesem Tensor, wenn die Gravitationsfeldgrössen überhaupt gestrichen werden.

Der antihermitesche Anteil wird durch seine Komponenten ϕ_{ik} aus einem Vektorprodukt, Gl. (2), aufgebaut

$$\phi_{ik} = -\phi_{ki} ; \phi_{12} = \psi_3, \phi_{13} = -\psi_2, \phi_{23} = \psi_1, \phi_{j,4} = -\psi_j$$

$$\vec{\psi} \sim \vec{g} \times (\vec{E} + \vec{H} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}) \quad (2)$$

Korrektur VL:
 $W_{ik} = W_{ki}^*$

In diesem Vektorprodukt ist $\vec{g}$ ein Gravitationsfeldvektor, während $\vec{E}$ und $\vec{H}$ die elektrische bzw. magnetische Komponente des elektromagnetischen Feldes darstellt. Die Quadratwurzel $\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$ ist bekanntlich auch eine Naturkonstante, und zwar der elektromagnetische Wellenwiderstand des Leerraumes.

Natürlich kann man den nichthermiteschen Tensor $T_{ik}^{\neq T_{ki}}$ auf eine allgemeine Masse, die ein Gravitationsfeld erregt, erweitern. Wenn man nun das Gravitationsfeld im Tensor streicht, so erreicht man, wie aus Gl. (3) ersichtlich, ~~das~~ ^{wenn} der Gravitationsvektor

$$T_{ik}(\vec{g}=\vec{0}) = V_{ik} = V_{ki}^* \quad (3)$$

gleich Null gesetzt und die Nichthermitizität aufgegeben wird ~~der~~ ^{der} rein hermitesche Tensor V_{ik} des elektromagnetischen Feldes, wie er aus der klassischen Elektrodynamik bekannt ist.

$$V_i^k = f^{kl} f_{il} - \frac{1}{4} \delta_{i f}^{k f} f^{mn} f_{mn} \quad (4)$$

Jetzt muss allerdings das von ihm erregte Gravitationsfeld anders beschrieben werden. Das ist bekanntlich in der allgemeinen Relativitätstheorie gemacht worden, wo man sämtliche ein-eindeutigen stetigen Koordinatentransformationen betrachtet und daraus eine homogen quadratische Differentialform der Metrik gebildet hat. (Wenn man von den geodätischen Koordinaten auf irgendwelche, z.B. kartesische Koordinaten, transformiert, stehen vor quadratischen Gliedern die Komponenten des sogenannten metrischen Fundamentaltensors $g_{ik} = g_{ki}$, die ihrerseits wieder Funktionen der Raumzeitkoordinaten sind.)

Man kann eine Parallelverschiebung in einem solchen nichteuklidischen Raum betrachten, in dem der Fundamentaltensor vom Einheitstensor verschieden ist, und kommt dabei zu den sogenannten Christoffel-Symbolen, Gl. (5), die in der be-

7) Der Fundamentaltensor liefert im hermiteschen Fall eine Riemann-Geometrie.

kannten Weise durch partielle Ableitungen des Fundamentaltensors ~~definiert~~ definiert sind.

$$\left\{ \begin{matrix} i \\ kl \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} i \\ lk \end{matrix} \right\} = \frac{1}{2} g^{im} \left(\frac{\partial g_{im}}{\partial x^l} + \frac{\partial g_{ml}}{\partial x^k} - \frac{\partial g_{kl}}{\partial x^m} \right) \quad (5)$$

Die beiden kovarianten Indizierungen stehen unten, die kontravarianten oben. Sie sind in ihren kovarianten Indizierungen hermitesch.

Man kann nun den metrischen Fundamentaltensor als tensorielles Gravitationspotential interpretieren, weil die Geodätengleichung, Gl. (6), gilt, die durch die Christoffel-Symbole ausgedrückt werden kann.

$$\ddot{x}^i + \left\{ \begin{matrix} i \\ kl \end{matrix} \right\} \dot{x}^k \dot{x}^l = 0 \quad (6)$$

Einsteins Ueberlegung war nun die, dass das Prinzip (a) unserer empirischen Basis, also das Energieerhaltungsprinzip, gelten muss. D.h., dass die Vektordivergenz des Energiedichtetensors, beispielsweise hier des elektromagnetischen Energiedichtetensors V_{ik} , verschwinden muss. Der Tensor ist divergenzfrei, d.h. die Vektordivergenz ist gleich dem Nullvektor:

$$T^{ik}_{;jk} = 0 \quad (7)$$

So entstehen nun die Grundgleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie, Gl. (8), die so zu interpretieren sind: Wir haben einen phänomenologischen Materietensor proportional gesetzt einem reinen Strukturtensor, und nun deutet man diesen Strukturtensor als Gravitation.

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R \sim V_{ik} \quad R = R^k_k \quad (8)$$

Man deutet also die Struktur der Raumzeit als Gravitation, wobei das Gravitationsfeld vom phänomenologischen Materietensor erregt wird.

> Band zu Ende, es fehlt ein Stück

(Eine Integration) führt z.B. zur Schwarzschild'schen Lösung und zum Schwarzschild-Radius, sowie zur daraus entstandenen Spekulation über schwarze Löcher, die jetzt gerade wieder ziemlich aktuell ist. Man kann z.B. auch zeigen, dass das Newtonsche Gravitationsgesetz eine Näherung dieses Prinzips ist.

Das alles ist in mancher Hinsicht ganz befriedigend, aber es ist nach meiner Auffassung noch keine einheitliche Beschreibung der materiellen Welt; denn das Quantenprinzip wurde ausgeklammert. Wenn wir in unserem einheitlichen Energiedichtetensor jetzt die Gravitationsgrößen streichen, wird er zwar hermitesch zum Tensor V_{ik} , und wir müssen die Gravitation als dieses metrische Strukturfeld interpretieren, aber nur wenn unser Materiefeldtensor nicht bereits die Gravitationsfeldgröße enthält.

Wir erhielten jedoch einen Energiedichtetensor der, wie in Gl. (9) gezeigt ist, nichthermitescher Art ist und die felderregende Masse sowie das von ihr erregte Gravitationsfeld ^(einheitlich) bereits beschreibt.

$$T_{ik}(\vec{g} \neq 0) \neq T_{ki} \quad (9)$$

Wir haben also bereits eine Darstellung der Gravitation in diesem nichthermiteschen Energiedichtetensor erfasst.

Andererseits sollte aber die weiterführende Untersuchung den an sich bewährten Einsteinschen Ansatz enthalten, derart nämlich, dass man, wenn die Gravitation in dem Energiedichtetensor gestrichen wird, eine Interpretation durch ein metrisches Strukturfeld bekommt.

Es ist auch möglich, einen Vergleich zwischen den vorhin erwähnten beiden Tangentialraumzeiten mit der wahren Raumzeit anzustellen. Es lässt sich explizit zeigen, dass ein

materielles Geschehen zu einer nichteuklidischen Deformation der wahren Raumzeit führt, allerdings mit einem nichthermiteschen Fundamentaltensor.

Natürlich lässt sich mit einem solchen nichthermiteschen Fundamentaltensor $\hat{g}_{ik}$ keine Metrik aufbauen, denn in der homogenen quadratischen Differentialform $ds^2 = \sum_{i,k} (\hat{g}_{ik} dx^i dx^k)$ kompensieren sich durch den Summationsvorgang die antihermiteschen Anteile, so dass sie wieder zu einer Riemannschen Metrik wird. Trotzdem kann man Parallelverschiebungen betrachten und stellt fest, dass die Christoffel-Symbole, die Parallelverschiebungen kennzeichnen

$$\delta \xi^i = - \left\{ \begin{matrix} i \\ kl \end{matrix} \right\} \xi^k dx^l \quad (10)$$

in ihren Kovarianten nichthermitesch sind und in einen hermiteschen und einen anti-hermiteschen Anteil gespalten werden können, ebenso wie auch der Fundamentaltensor, wenn er nicht gerade in der Summe der Metrik steht, nichthermitesch ist:

$$\left\{ \begin{matrix} i \\ kl \end{matrix} \right\} \neq \left\{ \begin{matrix} i \\ lk \end{matrix} \right\}, \quad \hat{g}_{ik} \neq \hat{g}_{ki} \quad (11)$$

So kann man auch einen Krümmungstensor konstruieren, dessen Matrizenspektrum einen Ricci-Tensor liefert,

$$R_{ik} \neq R_{ki} \quad (12)$$

und dieser Ricci-Tensor ist ebenfalls über ziemlich verwickelte Determinantentheoreme in einen hermiteschen und einen anti-hermiteschen Anteil spaltbar. Als skalare Krümmung definieren wir

$$R = R^k_k \neq R^* \quad (13)$$

Man könnte nun auch einen metrischen Anteil aufbauen, der jetzt allerdings nicht notwendigerweise divergenzfrei zu

sein braucht, wie auch der nichthermitesche Energiedichtetensor die Erhaltungssätze von Energie und Impuls nicht ganz exakt erfüllt. Aber Sie werden später sehen, dass man diesen Schönheitsfehler zunächst einmal ruhig in Kauf nehmen kann. Ausserdem müssen diese Sätze im mikroskopischen Bereich wegen der statistischen Natur der Vorgänge ohnehin nicht exakt gelten. Man sollte diesen Sachverhalt erst einmal hinnehmen und ~~anerkennen~~ ^{Später sehen}, dass sich die Glieder, welche die Erhaltungssätze verletzen, auskompensieren.

Nun habe ich folgenden Gedankengang unternommen: Ich habe wiederum einen solchen Tensor analog der allgemeinen Relativitätstheorie, jetzt aber in nichthermitescher Fassung, konstruiert und dem nichthermiteschen Energiedichtetensor proportional gesetzt:

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R \neq R_{ki} - \frac{1}{2} g_{ki} R^* \\ \hat{R}_{ik} - \frac{1}{2} \hat{g}_{ik} \hat{R} \sim \hat{T}_{ik} \quad (14)$$

Nun ergibt sich die Frage nach der Deutung. Zunächst einmal, wenn man den Gravitationsanteil in dem phänomenologischen Tensor streicht, wird er zum einfachen hermiteschen kanonischen Energiedichtetensor. Das hat zur Folge, dass man auf der anderen Seite auch den antihermiteschen Anteil des Fundamental-tensors zum Nulltensor macht, und dann entwickelt sich das ganze eben zu der Einstein-Gleichung. Jetzt muss das metrische Strukturfeld wirklich als die von der rechten Seite erregte Gravitationsfeldstruktur interpretiert werden.

Wenn wir das aber nicht tun, haben wir in dem nicht-hermiteschen Energiedichtetensor bereits das Gravitationsfeld mit enthalten. Wir schreiben ja jetzt das Gravitationsfeld und seine felderregende Quelle als Einheit. Nun müssen wir diese nichthermitesche Gleichung (14) anders interpretieren. Wir müssen sie praktisch wie eine Art Äquivalenzprinzip betrachten. Weil auch eine Geodätengleichung (6) in dieser nichthermiteschen Struktur gilt, müssen wir sagen, dass durch diese Proportionalität ein metrischer Strukturanteil,

der in der vorstehenden Weise aus dem Ricci-Tensor $\hat{R}_{ik}$ aufgebaut ist, damit sich die Gleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie als Sonderfall ohne Approximation ergeben, dem phänomenologischen Tensor, der das Feld und seine Feldquellen beschreibt, äquivalent ist.

I-4 5. Feldquantisierung

Die Komponenten unseres phänomenologischen Energiedichtetensors sind räumliche Energiedichten. Eine Energie kann aber als die zeitliche Änderung einer Wirkung aufgefasst werden. D.h., ist Ω ein Volumen der Raumzeit, also $d\Omega$ ein solches Volumenelement, dann könnte man auch sagen, dass die Komponenten unseres Energiedichtetensors proportional der raumzeitlichen Dichte eines Wirkungstensors sind, dessen Komponenten ich mit w_{ik} bezeichnet habe.

$$T_{ik} \sim \frac{dw_{ik}}{d\Omega} \quad (15)$$

Aber Wirkungen sind nun grundsätzlich ganzzahlige Vielfache eines Wirkungsquants h . Im allgemeinen Fall können diese ganzen Zahlen komplexe Zahlen aufbauen, deren Real- und Imaginärteil Vielfache des Quants sind:

$$w_{ik} = h(N_{ik} + i h_{ik}) \\ N_{ik} \geq 0, \quad h_{ik} \geq 0 \quad (16)$$

Wenn man ein raum-zeitliches Gebietsintegral über diese Tensorgleichung erstreckt und hier die Quantisierung einführt, d.h. den Quantisierungsbegriff bewusst hineinbringt, so bekommt man als raum-zeitliches Gebietsintegral einen Ausdruck, der proportional zu ganzen Quantenzahlen ist. Und jetzt ist es wichtig, sich zu überlegen, was man aus diesem Sachverhalt eigentlich lernen kann.

Zunächst einmal wissen wir, dass der Strukturanteil dem eigentlichen Energiedichtetensor äquivalent ist. Jetzt erscheint hier aber die ganzzahlige Folge von Quantenzahlen, und wir müssen daraus schliessen, so schwer das auch rein anschauungsmässig fallen mag, und so schwierig das auch in der mathematischen Bearbeitung ist, dass unser nichthermitesches Strukturfeld der Raumzeit, das eigentlich eine radikale Geometrisierung der Phänomenologie ist, in quantenhaften Strukturstufen erscheint.

Das ist an sich schlecht vorstellbar, aber das spielt hier zunächst einmal keine Rolle. Wenn das aber so ist, dann muss die Raumzeit R_4 aufgefasst werden als Trägerraum eines Hilbert'schen Funktionenraumes. Es muss eine konvergente Zustandsfunktion des metrischen Zustandes der Raumzeit geben, derart, dass durch Einwirkung dieses Operators auf die Zustandsfunktion ^{einerseits ein} ~~ein~~ Äquivalent zu unserem metrischen Struktur-
ausdruck entsteht. Andererseits muss dieser Operator wegen der notwendigen Konvergenz der Zustandsfunktion auch ein Eigenwertspektrum definieren, d.h. man kann tatsächlich auf diese Weise zu einer Zustandsgleichung, und zwar zu einer quantentheoretischen Zustandsgleichung in einem Hilbert'schen Funktionenraum, kommen.

Die Eigenwerte, die ein diskretes Punktspektrum bilden, geben jetzt mögliche Zustände einer mikrokosmischen Feldquelle an, denn das ganze gilt ja auch im mikrokosmischen Bereich. Zugleich sind alle diese Grössen nichthermitescher Art.

✓ und es muß ein hermitescher Zustandsoperator existieren derart,

6. Der 6-dimensionale Ereignisraum

Nun kann man die Zahl der möglichen beschreibenden Gleichungen eines solchen Eigenwertspektrums angeben, denn in diesen Gleichungen durchlaufen immer drei Indexziffern unabhängig voneinander die Zahlen 1-4, d.h. wir haben es mit insgesamt 64 solcher nichthermitescher Gleichungen zu tun. Zugleich gelten aber auch sämtliche Theoreme und Identitäten, insbesondere die der hermiteschen Symmetrie, in dieser nichthermiteschen Geometrie der Raumzeit. Hier gibt es nun einen Satz von 28 weiteren reinen Strukturbeziehungen, die den Bau der Raumzeit darstellen und den Quantenbegriff nicht enthalten.

Da nun unsere Eigenwerte Zustände der Raumzeit sind, und zwar elementare Zustände, schien es mir vernünftig zu sein, mit diesen 28 zusätzlichen Nullbeziehungen zu substituieren. Dann kommt man zum Ergebnis, dass von unseren 64 Eigenwertspektren 28 prinzipiell leer bleiben und überhaupt nicht erst berücksichtigt zu werden brauchen. D.h. es bleiben 64-28 übrig, die tatsächlich untersucht werden müssen, also 36 Eigenwertspektren. Sie definieren insgesamt 36 verschiedenartige Folgen von Energiestufen, die irgendwelche materielle Letzeinheit beschreiben mögen, die hier als geometrische Zustände erscheinen.

Andererseits sind diese Strukturstufen Energien proportional. Diese Energien sind aber auch Massen proportional, so dass man sagen kann, im Grunde genommen sind diese Eigenwerte energetischen Quantenstufen proportional zu setzen. Energien müssen aber invariant sein. Ich habe mir jetzt gesagt, dass diese 36 energetischen Grössen gegen die zugelassenen Koordinatentransformationen invariant sein sollten, und zwar gegen die zugelassenen eindeutigen Transformationen, die frei von Unendlichkeitsstellen sind.

✓ Es stört hier die Nichthermitizität.

einer makroskopischen Analogie zur früheren nichthermiteschen Tensorgleichung führen, die völlig hermitesch ist. Hier würden natürlich die Divergenzfreiheiten gelten, und die Erhaltungssätze würden exakt gelten; aber wie gesagt, das nur im makroskopischen Fall. ζ

~~Die Konstruktion~~ ^{Das} ist das eine, was wir aus diesen vierfachen Gebietsintegralen lernen können. Das andere ist folgendes: Das Auftreten von ganzen Quantenzahlen zeigt, dass es hier Diskontinuitäten geben muss. Mich machte damals Prof. Lyra auf diesen Sachverhalt aufmerksam. Wir müssen daran denken, dass gewisse Raumzeit-Volumina nicht unterschritten werden können. Genau genommen, müssten wir mit Differenzengleichungen arbeiten, d.h. es scheint sinnvoll zu sein, einmal zu untersuchen, ob es irgendwelche geometrischen Elementargrößen gibt, die man dann zweckmässig auch berücksichtigen sollte. Manches scheint dafür zu sprechen. Wir kommen nämlich zu Widersprüchen, wenn wir annehmen, dass das Raumzeitkontinuum geometrisch unbegrenzt teilbar ist.

Nun gibt es verschiedene mögliche Ansätze. Man hat z.B. an die Plancksche Länge $L = \sqrt{\frac{h\gamma}{c^3}}$ gedacht, oder an den Protonendurchmesser, aber dem allem haftet doch ein gewisses spekulatives Element an. Ich hielt es für zweckmässiger, andersvorgehen, und zwar betrachtete ich aus völlig anderen Gründen - ich werde gleich zeigen, dass es dann doch in diese Richtung führt - zunächst einmal ~~aus der R_6 Darstellung heraus~~ ^{an der Möglichkeit} ~~bis zu welchem Grade eine makrokosmische Empirie wiedergegeben wird.~~ was das faktisch macht.

Es hat keinen Zweck, eine Theorie zu entwickeln, die irgendwie im luftleeren Raum hängt, und bei der man eigentlich keinen rechten Zusammenhang mit der physikalischen Realität sieht. Deswegen habe ich zunächst einmal eine R_6 -Struktur be-

Man kann aber diese Zustände gleich von solchen Strukturstufen in hermitescher Form in diesen R_6 übertragen.

trachtet, die dann in einer ausgearteten Abbildung sozusagen in dem R_3 , in dem physischen Raum, dargestellt wird, und zwar so, dass es sich dabei um eine homogene makroskopische Masse handelt, die ein Gravitationsfeld erzeugt.

7. Das modifizierte Gravitationsgesetz in Newtonscher Approximation

Nun war die Frage, wie sieht eigentlich der Gravitationsfeldverlauf aus, inwieweit funktioniert hier das Newtonsche Gravitationsgesetz, und inwieweit ist es abzuändern.

Die Feldquellenmasse M ist atomistisch aufgebaut, nämlich aus einer sehr grossen Zahl L atomarer Massen, wobei die mittlere atomare Masse durch m angegeben wird, so dass Lm die gesamte makroskopische Feldmasse darstellt:

$$M = Lm, \quad L \gg 1 \quad (17)$$

Unser zu betrachtendes Gravitationsfeld sei völlig ungestört, und die Feldfunktion $\phi(r) = \gamma \frac{m(r)}{r}$, die jetzt in diesem phänomenologischen Bild wiederum als Skalarfunktion erscheint, sei nur vom räumlichen Abstand r von der Feldquelle abhängig. In dieser Version erscheint die Verzerrung des Verlaufs eines Gravitationsfeldes durch die Feldmasse des Feldes selbst, und zwar wird das ganze durch eine nichtlineare Differentialgleichung beschrieben:

$$3\left(\frac{d\phi}{dr}\right)^2 + 32c^2 F\left(\frac{d\phi}{dr} + F\phi\right) = 0 \quad (18)$$

$$F = \frac{h^2 + \gamma m^3 r}{r(h^2 - \gamma m^3 r)}$$

(In dieser Gleichung sei γ die Gravitationskonstante, h das Wirkungsquant und c die Lichtgeschwindigkeit.)

r Abstand

Gleichung (18) kann elementar gelöst werden:

$$r q e^{-q} = A \left(1 - \frac{\gamma m^3 r}{h^2}\right)^2 \quad (19a)$$

$$q(r) = 1 - \sqrt{1 - \frac{3}{8} \frac{\phi(r)}{c^2}} \quad (19b)$$

$$A = \frac{3\gamma M}{16c^2}$$

$$r = \rho = \frac{h^2}{\gamma m^3} \quad (20)$$

wird das Quadrat auf der rechten Seite von Gl. (19a) Null, ~~und~~ ^{so} ~~unter dieser Bedingung~~ Nach Gl. (19b) wird dann auch $\phi(\rho)=0$. Es gibt also einen Abstand ρ im Endlichen, bei dem die Feldfunktion verschwindet. ρ wird durch die mittlere Masse m der Atome bestimmt, die die Feldquelle M aufbauen.

Radius ρ kann explizit berechnet werden, wenn wir näherungsweise - exakt ist das natürlich nicht - sagen, dass die mittlere Masse der Atome, die die Feldquelle aufbauen, ungefähr gleich dem mittleren Atomgewicht A_T multipliziert mit der Nukleonenmasse m_N wäre

$$m \approx A_T m_N \quad (21)$$

Wir können damit eine sehr bequeme Faustformel zum Abschätzen dieser Grenze ρ aufstellen:

$$\rho = \frac{h^2}{\gamma m_N^3 A_T^3} \approx 46 \text{ Mpc} \quad (\text{Kubus d. mittl. Nukleonenmasse}) \quad (22)$$

Numerisch kommt man auf etwa 46 Megaparsec.

Betrachtet man einmal die Russel-Zusammensetzung ~~von~~ einer Galaxis und bildet daraus ein mittleres Atomgewicht A_T , so kann man ρ berechnen. Es zeigt sich, dass die Grenze ρ der Galaxien so in etwa zwischen 10 Millionen und

> Band im Ende, es fehlt ein Stück

20 Millionen Lichtjahren liegt. Auf die Bedeutung dieser Zahl komme ich gleich noch zu sprechen.

Andererseits ist die rechte Seite von Gl. (19a) eine reelle Zahl, multipliziert mit dem Quadrat einer reellen Zahl, d.h. die ganze rechte Seite ist reell, und daher darf auch die linke Seite nicht komplex werden, sie muss auch reell bleiben. ✓

~~Man~~ ~~folgt~~ ~~zwei~~ ~~Grenzdistanzen~~ ~~für~~ ~~den~~ Eine Grenzdistanz, die auch bei makroskopischen Massen im Mikrobereich liegt, ist r_0 . Sie ist grössenordnungsmässig eigentlich praktisch dasselbe wie der sogenannte Schwarzschildradius, und es ist interessant, dass man auch auf diese Weise zum Schwarzschildradius gelangt.

Nun ist $\phi(r)$ immer grösser oder gleich Null wenn $r \leq \rho$ ist. Die Ableitung, $\frac{d\phi}{dr}$, entspricht der Gravitationsfeldbeschleunigung. Man kann nun sehen, wenn man differenziert, dass die Feldbeschleunigung zwischen der unteren Schranke r_0 und ρ negativ ist,

$$r_0 \leq r < \rho, \quad \frac{d\phi}{dr} < 0 \quad (23)$$

d.h. in diesem Bereich wird das Gravitationsfeld attraktiv, und zwar begrenzt es die Massendichte in ihrem Volumen durch diesen Radius r_0 , der praktisch die Realitätsschranke darstellt und dem Schwarzschildradius der Relativitätstheorie entspricht.

Bei $r=\rho$ wird die Fallbeschleunigung des Feldes Null,

$$r = \rho, \quad \frac{d\phi}{dr} = 0 \quad (24)$$

und nun gibt es eine zweite Realitätsschranke, R_0 , so dass die Fallbeschleunigung zwischen ρ und R_0 positiv wird,

$$\rho < r \leq R_0 < \infty, \quad \frac{d\phi}{dr} > 0 \quad (25)$$

✓ Das sieht ein Extemporier. Stellt man ϕ dar unter der Forderung, dass der Radikant positiv bleibt, die Gleichung also reell bleibt, kommt man zu 2 Grenzdistanzen.

d.h. hier kehrt sich das Vorzeichen der gravitativen Wirkung um, und es entsteht ein ganz schwaches Abstossungsfeld, das aber steil gegen Null abfällt.

Nun, wie gesagt, R_0 ist die zweite Realitätsschranke, die sich aus der Realitätsforderung ergibt, und wenn man sie berechnet, stellt man fest, dass R_0 mit einer Art Hubbleradius verglichen werden kann, der nun allerdings nicht als Radius des Universums zu betrachten ist. Man kann nämlich aufgrund dieses Effekts der positiven Gravitationsfeldbeschleunigung gewisse Studien über die dispersionsfreie Rotverschiebung der Spiralnebelspektren anstellen und die Hubblekonstante auf diese Weise verstehen. R_0 ist dann praktisch der Radius des optisch wahrnehmbaren Universums, und zwar so, dass optische Signale, die aus Entfernungen kleiner als R_0 stammen, durch diesen "Antigravitationseffekt" jenseits ρ eine mehr oder weniger entfernungsabhängige Rotverschiebung erfahren. (d.h. die Energie streut)

Wenn nun R_0 überschritten wird, dann wird die Rotverschiebung unendlich, und die Signale sind nicht mehr wahrnehmbar. D.h., würden wir R_0 erreichen, wäre da nicht etwa der "Bretterzaun, mit dem die Welt zugenaelt ist", sondern wir würden ein neues Universum sehen, aber unsere eigene Welt wäre unsichtbar, weil die Rotverschiebung dann unendlich gross wird.

8. Flächenquantisierung im R_0

Wir haben also diese beiden Realitätsschranken als Extrema zu berücksichtigen. Dabei ist r_0 das Analogon zum Schwarzschildradius und wächst proportional der felderregenden Masse an, während R_0 mit wachsender Masse abfällt. Der Maximalwert liegt dort, wo die Masse am kleinsten ist, was man für später festhalten sollte.

~~Nun mit der Beobachtung verglichen werden~~ Jenseits ρ wäre ein physikalischer Zusammenhang von Sternsystemen im Sinne eines attraktiven Feldes nicht mehr gegeben, d.h. jenseits ρ würde sich die Materie völlig chaotisch verteilen, aber im Bereich ρ würden Galaxien beispielsweise das typische Bild der Ordnung liefern, das wir bei Spiralnebelnestern beobachten.

Nach meiner Auffassung ist die Existenz von ρ , bedingt durch die Korrektur des Gravitationsgesetzes, die sich zwangsläufig aus der R_0 -Darstellung ergibt, verantwortlich dafür, dass es zwar Spiralnebelnester, aber keine Systeme höherer Ordnung gibt, weil sich ausserhalb dieser Nester die Materie chaotisch verteilt.

Ich habe über diesen Sachverhalt, der mir schon ziemlich lange bekannt ist, seinerzeit mit Prof. Baade gesprochen, und er meinte auch, dass man hier einen qualitativen Nachweis sehen könnte, weil man auf diese Weise das an sich unverständliche Verhalten im Makrobereich durchaus verstehen kann.

Es ist interessant, dass dies auf das mittlere Atomgewicht der felderregenden Massen zurückgeht. Nach der Russel-Zusammensetzung müsste ρ zwischen 10 und 20 Millionen Lichtjahren liegen, und genau das sind die Distanzen, innerhalb deren wir diese attraktiven Felder astronomisch beobachten. Jenseits dieser Grenzen - Zwicky hatte mir das damals auch geschrieben - kann man beobachten, dass die Gravitation offenbar nicht mehr ^{als} ein Attraktionsfeld ~~ist~~ wirkt.

Jetzt wollen wir einmal eine einzelne materielle Letzteinheit betrachten, also praktisch das kleinste, was es gibt. L ist dann nicht nur gleich 1, sondern diese atomare Masse sei jetzt degeneriert, es sei praktisch nur noch eine einzige elementare Masse (z.B. ein Elektron), für die es eine Compton-Wellenlänge λ gibt. Nun könnten wir auch für diese Letzteinheit einen Wert r_0 anschreiben, der natürlich ausserordentlich

klein ist, können aber feststellen, dass r_0 verschwindet, wenn die Compton-Wellenlänge gegen unendlich geht, also wenn die Partikel nicht mehr existieren, wenn wir in den Leerraum übergehen,

$$\lim_{\lambda \rightarrow \infty} r_0 = 0 \quad (26)$$

Wenn wir jetzt das Produkt aus r_0 und λ bilden, würde im Uebergang zum Leerraum ein uneigentlicher Ausdruck entstehen, weil nämlich der eine Faktor Null und der andere unendlich wird. Da nun r_0 mit der Masse ansteigt, aber auch von einem Faktor abhängt, den man aus einer Reihenentwicklung ableiten kann, wird der uneigentliche Ausdruck $r_0 \lambda$ in diesem Limes zu einem durchaus realen Ausdruck,

$$\lim_{\lambda \rightarrow \infty} r_0 \lambda = \tau = \text{const.} > 0 \quad (27)$$

und es entsteht eine Naturkonstante τ , die bis auf den Zahlenfaktor $\frac{3}{8}$ dem Quadrat der Planckschen Länge entspricht.

τ erweist sich hier als eine elementare Fläche. Man kann sie berechnen und findet $\tau = 6.15 \times 10^{-70} \text{ m}^2$, d.h. in der physischen Wirklichkeit ist es wohl so, dass dieser Wert ungeheuer weit unter den Grenzen des Messbaren überhaupt liegt. Das ganze hat eigentlich nur theoretischen Wert, aber andererseits könnte man sagen, dass das Kalkül der Infinitesimalanalysis garnicht völlig exakt gelten kann. Denn, wenn τ existiert, also grösser als 0 ist, existieren die Limesrelationen der Infinitesimalanalysis exakt nicht mehr, denn jetzt haben wir es mit kleinsten Flächen, mit Letzteinheiten zu tun, die übrigens geodätisch begrenzt sein müssen. Für jeden Momentanzustand des Universums gibt es für τ eine Isometrie, d.h. τ müsste im Flächeninhalt invariant bleiben. Es sind also nur solche Transformationen zugelassen, die τ invariant lassen, während in den später liegenden Streckenräumen des Universums, also mit der Zeit, τ abnimmt

$$\frac{d\tau}{dt} < 0 \quad (28)$$

τ wird langsam kleiner, allerdings ist der Abfall weitaus schwächer als er für die Newtonsche Gravitationskonstante in der Jordan-Diracschen Hypothese angenommen wurde.

Man könnte nun natürlich versuchen, dieses ganze Infinitesimalkalkül für den Fall $\tau > 0$ umzuarbeiten. Dabei entsteht dann eine Methode, die etwas schwer zu handhaben ist, vor allem weil der Mittelwertsatz nicht mehr gilt. Man hat es nur noch mit Anstiegen ganzer Zahlen zu tun, denn jetzt werden auch die Argumente ganzzahlige Vielfache, die z.B. im Fall des Leerraumes zu τ proportional sind, und diese ganzzahligen Vielfachen von τ , die die physikalische Fläche definieren, können sich nur um den Wert 1 verändern.

Das Fazit aus diesem Sachverhalt wäre, zu versuchen, die τ -Methodik auf die vorhin erwähnten Eigenwertgleichungen im R_6 , die solche Weltstrukturen beschreiben, anzuwenden. Wir kommen dann zu einem System von Beziehungen im R_6 , die nun allgemein solche Strukturen des R_6 wiedergeben können. Dieses System ist lösbar und führt zu ganzzahligen Lösungen.

9. Das pseudokontinuierliche Punktspektrum möglicher Energiemassen

Ich habe Ihnen in Gl. (29) eine solche Lösung angegeben:

$$\underline{m} = \frac{a\sqrt{2N}}{\sqrt{2N-1}} (1+y \sin^2 x)^{-\frac{1}{4}} \quad (29)$$

$$1 \leq N < \infty$$

$$a = \sqrt{\frac{ch}{Y}}$$

$$y = 4\pi^2 \left(\frac{4}{3}\pi Q^\pm\right)^4 \left(\frac{R}{\hbar}\right)^2$$

$$x = \frac{2}{3} \pi^3 q^\pm \sqrt{\frac{\pi R}{\hbar}}$$

$$g = 5n + 2\sqrt{n} + 1 = 7.93991266$$

$$\eta = \frac{\pi}{\sqrt{4 + \pi}} = 0.98998964$$

$$R = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 376.73037659 \text{ Ohm}$$

Jetzt berücksichtigen Sie, dass letzten Endes die Eigenwerte energetische Werte sind, und dass diese energetischen Eigenwerte unseres gelösten Problems Massenwerten proportional sind. Wir bekommen für mögliche Feldmassen m jetzt eine Darstellung, in der N die Folge positiver ganzer Zahlen ist.

Bei dem Proportionalitätsfaktor a fiel mir erst später etwas Merkwürdiges auf. Es ist die Quadratwurzel aus $\frac{ch}{Y}$. Die Russen haben vor Jahren einmal aus "Bastelarbeiten mit Naturkonstanten" eine Naturkonstante herausgearbeitet, die eine Masse dimensionierte, praktisch einen Eichfaktor, und kamen selbstverständlich genau zu diesem Faktor a und sagten, dass das die Masse eines Elementarteilchens sei, das sie Maximon nannten. Ein Elementarteilchen, das man natürlich nicht gefunden hat und wahrscheinlich auch nicht finden wird, denn a ist doch nur ein Eichfaktor. Andererseits, wenn $N=1$ wäre, käme so eine Art Maximon heraus. Eigentlich handelt es sich dabei aber nur um die obere Schranke eines Spektrums möglicher Feld- oder Energiemassen.

Gleichung (29) gibt ein Punktspektrum an, dessen Terme aber ungeheuer dicht liegen und hyperbolisch abfallen. Diese

sehr dichte Lage kommt dadurch zustande, dass hier sämtliche überhaupt möglichen Feldmassen erfasst werden, also auch Feldmassen von Photonen, d.h. jede photonische Energie muss auch als Term darin liegen. Hierdurch wird deutlich, dass das Spektrum ausserordentlich dicht ist, weil es viele mögliche Frequenzen gibt. Es existieren die verschiedensten Photonen, die sich in ihren Wellenlängen zwar unterscheiden, aber dennoch ein praktisch kontinuierliches Spektrum liefern. Ganz kontinuierlich ist es aber offenbar nicht. Die Terme bilden ein Spektrum, das ich ein "Pseudokontinuum" nenne.

9.1. Die Elementarladung

Hier tritt als Faktor der Ausdruck $(1 + y \sin^2 x)^{-1/4}$ auf, in dem Grössen stehen, die wir eigentlich nur einem elektrischen Ladungsfeld zuschreiben können. So ist z.B. der Raumwellenwiderstand R hier enthalten, und $Q^\pm$ gibt irgendeine elektrische Ladung an. Der Faktor $q^\pm \neq 0$ entspricht einer Elementarladung. θ ist eine Kürzung, die man mit der weiteren Kürzung η aus der Zahl π aufbauen kann.

$$y \sin^2 x > 0$$

Einerseits ist ein Term enthalten, der durch x und y aus elektrischen Ladungsgrössen aufgebaut ist. Andererseits stellt Gl. (29) ein Feldmassenspektrum möglicher Photonen dar, das mit Ladungsgrössen garnichts zu tun hat. Wir können daher sagen, dass dieses pseudokontinuierliche Spektrum möglicher Energiemassen überlagert ist von einem diskreten Spektrum ponderabler Letzteinheiten, nämlich dem Spektrum der Elementarteilchen, und zwar immer an den Stellen, an denen freie Photonenenergie überwechseln und diesen Uebergang zur ponderablen Energieform bilden kann.

Nun muss man sagen, dass auch hier praktisch eine Art Entropieprinzip gilt. Wenn wir nämlich jetzt unterstellen, dass es dieses diskrete Spektrum der Elementarteilchen gibt,

das dem Pseudokontinuum überlagert ist, dann können wir sagen, dass diese ponderablen Massen immer gewisse Tiefstwerte annehmen werden, denn die Natur ist so geartet, dass immer die Tiefstniveaus erreicht werden.

Das heisst, dass diese Massen m im ponderablen Spektrum nicht beliebig gross sein können. Es wird vielmehr ganz bestimmte Tiefstwerte geben, die dann entweder labil, halb-stabil, oder ganz stabil sind (wie z.B. ein Elektron oder Proton).

Das bedeutet aber, dass der Nenner, der in Gl. (29) steht, also die vierte Wurzel, maximal werden muss, d.h., diese Extremwerte, diese Minima, würden nicht erreicht, wenn jetzt z.B. $\sin x$ einfach 0 wäre. Das wäre aber der Fall, wenn es keine Elementarladung gäbe, also wenn die elektrische Ladung kontinuierlich wäre, denn dann wäre $q^\pm = 0$, und dann wäre auch $\sin x = 0$.

$$m(q^\pm) \rightarrow m(q^\pm) < m, \quad m(0) = m$$

Ich schliesse daraus, dass immer Minima erreicht werden müssen, also praktisch Tiefstniveaus angestrebt werden, ^{a.B.} und es eine untere Schranke der elektrischen Ladung gibt. Das Minimum eines Massenterms, wenn er elektrisch geladen ist, liegt immer dort, wo der Radikant der vierten Wurzel maximal ist, und das tritt ein wenn $\sin^2 x = 1$ wird.

Wenn wir dies unterstellen, dann können wir sagen, dass $\sin x = \pm 1$ oder $x = \pm \frac{\pi}{2}$ ist. Wir müssen aber, da die Elementarladung nicht imaginär sondern eine reelle Zahl sein soll, den negativen Zweig weglassen und erhalten dann einen Ausdruck für die Elementarladung

$$q^\pm = \pm \frac{3}{4\pi^2} \sqrt{\frac{2\pi^2}{R}}, \quad q^\pm = e^\pm, \quad (30)$$

mit der wir dann y substituieren können. Q wäre ein ganzzahliges Vielfaches von dieser Elementarladung

$$Q^\pm = q_\ell e^\pm, \quad q_\ell \geq 0, \quad (31)$$

und diese wird bestimmt durch das Wirkungsquant $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, den elektromagnetischen Wellenwiderstand des leeren Raumes R und die Zahl 0, die man allein durch π ausdrücken kann.

Wenn Sie sich nun diese Formel für $q^\pm$ vornehmen und den Wert numerisch ausrechnen, dann zeigt sich, dass der Wert $\checkmark$ der gemessenen Elektronenladung entspricht. Sie können also $q^\pm$ mit der Elektronenladung identifizieren, und so ist auf diese Weise aus rein theoretischen Ueberlegungen in sehr sauberer Weise, und zwar bis auf viele Dezimalstellen hinter dem Komma, die Elektronenladung wiedergegeben worden.

9.2. Die Elementarmasse

Wenn wir nun wissen, dass $q^\pm$ die Elektronenladung ist, könnte man jetzt nach einer Art unterer Schranke des Spektrums ponderabler Massen fragen, also nicht der freien Feldmassen der Photonen. Da wir wissen, dass die ponderablen Massen der Elementarteilchen diesem Spektrum als diskretes Punktspektrum überlagert sind, könnten wir fragen, wo eigentlich die untere Schranke ponderabler Massen liegt, die noch in der Lage sind, das Ladungsfeld einer Elementarladung $q^\pm = e^\pm$ zu tragen.

Man kann hier verschiedene Theoreme benutzen, die sich eben aus dieser R_6 -Geometrie ergeben, um eine solche Masse zu errechnen, und kommt dann zu folgender Darstellung:

$$m = \frac{\pi a \sqrt[4]{2N}}{\sqrt{2N-1}} (4q_e^4 + \pi^4)^{-1/4}, \quad r > 0, \quad F_n = n\pi, \quad \varepsilon = \frac{g}{N} > 0$$

$$m(e^\pm) = \frac{4\sqrt[4]{\pi}}{s_0 c \sqrt{\eta}} \sqrt[3]{3\pi s_0 \gamma \hbar} \sqrt{\frac{c\hbar}{3\gamma}}$$

$$e^\pm = \pm \frac{3}{4\pi^2} \sqrt{2\frac{\hbar}{R}} \quad (32)$$

$$s_0 = (1m)_{1[m]}, \quad E = s_0^2$$

x bis auf 7 Dezimalstellen

Es ist ein merkwürdiger Ausdruck, in dem s_0 die Einheitsstrecke und E ihr Quadrat, die Einheitsfläche, ist. Dies sind Dimensionsfaktoren, die hier von selbst erscheinen.

In Gl. (32) haben wir die Minimalmasse $m(e^\pm)$, die die Ladung $e^\pm$ tragen kann. Wenn man diesen Ausdruck jetzt berechnet, dann stellt sich heraus, dass diese Formel recht gut die Elektronenmasse wiedergibt (und zwar hier in Kilogramm).

Man kann Gl. (32) zunächst einmal als untere Schranke der geladenen Massen und der Ladung des Elektrons ansehen. Ich sagte damals (1969) dem Kollegen von Ludwiger, wenn wir vielleicht auch garnicht viel wissen, zumindest wissen wir jetzt, wie man die Masse und Ladung des Elektrons errechnen kann.

Nun kann man aber zeigen, dass unter dieser Elektronenmasse theoretisch noch ein neutraler Massenterm denkbar ist, der als absolut kleinste Masse ponderabler Art,

$$m_{\min} = \frac{4\sqrt{\pi}}{s_0 c} \sqrt[3]{3\pi s_0 \gamma h} \sqrt{\frac{ch}{3\gamma}} \quad (33)$$

die übrigens garnicht zu existieren braucht, das diskrete Spektrum ponderabler Elementarteilchenmassen nach unten begrenzt. Die Minimalmasse in Gl. (33) sieht fast so aus wie die Elektronenmasse, Gl. (29), und ist auch nur um 1 % kleiner als letztere.

10. Der Durchmesser des Universums

Nun haben wir aber als Realitätsgrenze des Gravitationsgesetzes den Wert $R_0(M)$ errechnet, der von der Masse abhängt. Wenn wir einmal unterstellen, dass das Universum überhaupt keine Masse enthalten würde, mit Ausnahme einer einzigen unteren Massenschranke, der Minimalmasse $m_{\min}$, die wir aus Gl. (33) errechnen, dann würden wir zu einem absolut grössten Wert $R_{\max}$ geführt,

$$R(m_{\min}) = R_{\max} \quad , \quad D = 2R_{\max} \quad (34)$$

einem Maximalwert, der jetzt als Realitätsschranke eines Gravitationsfeldes praktisch von der Minimalmasse beherrscht würde. Der doppelte Wert, den ich mit D bezeichnet habe, wäre dann als Durchmesser des physischen Raumes schlechthin aufzufassen, und zwar wäre das die absolut grösste Distanz, die es in diesem Raum überhaupt geben kann.

Wenn man das nun explizit berechnet, und die Naturkonstante τ ebenfalls explizit einführt, dann kommt man zu folgender Gleichung,

$$f\left(\frac{Df^3}{4\sqrt{2}\tau} \sqrt{3}-1\right)^2 \sqrt{3}\tau = D\sqrt{2} \quad (35)$$

$$f = \frac{\sqrt[4]{C}}{\sqrt{C-1}} \quad , \quad C = \frac{eD\sqrt{\tau}}{\pi E} > 1 \quad ,$$

in der der grösste Durchmesser, den es überhaupt im Universum geben kann, durch reine Zahlen wie π , e (Basis der natürlichen Logarithmen), die Einheitsfläche E , usw., über eine rein algebraische Beziehung mit dem absolut kleinsten, was es in dieser Welt gibt, nämlich der geometrischen Elementareinheit τ , verknüpft ist. Es ist dies ein Zusammenhang, über den man philosophieren kann. Diese Gleichung umreisst eigentlich algebraisch alles, was es überhaupt in dieser Welt geben kann.

Nun weiss man, dass sich τ mit der Zeit ändert, d.h. es fällt ab. Da τ mit D nur durch reine Zahlen in dieser algebraischen Gleichung höherer Ordnung verknüpft ist, muss auch der Durchmesser des Universums eine Zeitfunktion sein. Wenn τ in den später liegenden Streckenräumen abfällt, so kann man durch Differentiation feststellen, dass der Durchmesser D des Raumes ansteigen muss,

$$\tau = \tau(t), \quad D = D(t); \quad \frac{d\tau}{dt} < 0, \quad \frac{dD}{dt} > 0, \quad (36)$$

d.h., das Universum muss tatsächlich expandieren. Allerdings ist diese kosmologische Expansion des Universums so klein und D , da ja der optische Radius des Universums nicht dessen Grenze sondern nur die optische Grenze des Wahrnehmbaren ist, jetzt so ungeheuer gross und expandiert so langsam, dass hier zwar auch eine Rotverschiebung zustande kommt, die aber derart gering ist, dass sie niemals in den Messbarkeitsbereich fällt. Die messbare Rotverschiebung entsteht im Bereich $r > \rho$, jedoch niemals durch diesen dynamischen Expansionseffekt.

Ich würde sagen, das Universum ist weder das steady state Universum von Hoyle, noch ist es das expandierende dynamische Universum von Jordan und Dirac, sondern die Wahrheit liegt dazwischen. Wir haben es mit einem sehr grossen Universum zu tun, das quasi-unendlich ist, aber nicht ~~unendlich~~ unendlich. Wir haben es mit einem dynamischen Universum zu tun, das aber nur als quasi-dynamisch gilt, weil die Expansion sehr gering ist.

11. Der zeitliche und räumliche Weltursprung

Man könnte sich nun vorstellen, wenn τ mit wachsendem Durchmesser und wachsender Zeit abfällt, dass dann in früher liegenden Bereichen D kleiner und τ grösser gewesen sein müsste. Wenn man in immer früher liegende Bereiche der Vergangenheit zurückgeht, wird τ immer grösser und D immer kleiner. Jetzt muss man ja schliesslich irgendwann einmal an einen Wert D kommen, der so klein ist, und an einen Wert τ , der so gross ist, dass diese Fläche τ das ganze Proto-Universum umspannt. Dann kann der Kontraktionsvorgang nicht mehr weitergehen, denn τ darf ja nicht unterschritten werden. Man kann diesen frühesten Zustand $t=0$ als zeitlichen Weltanfang interpretieren.

Wenn

$$t = 0: \quad D(0) = D_0, \quad \tau(0) = \tau_0 \quad (37)$$

und τ_0 als sphärisch angenommen wird, so ergibt sich daraus

$$\tau_0 = \pi D_0^2. \quad (38)$$

Substituiert man nun für τ_0 aus Gl. (38) in Gl. (35) und führt eine weitere Kürzungssubstitution β ein, die ich hier nicht explizit angegeben habe, so kommt man zu einer algebraischen Gleichung 7. Grades,

$$\beta^7 - \beta = b = \text{konstant}, \quad (39)$$

für den Weltanfang. Die Konstante wird allein durch π ausgedrückt.

Wenn nun diese Gleichung 7. Grades eine reelle Lösung hat, dann hat es auch einen solchen Weltanfang in endlicher Zeit gegeben. Man kann Gl. (39) numerisch lösen und findet, dass es drei solcher reellen Lösungen gibt, d.h. die Gleichung

$$y(x) = x^7 - x - b \quad (\text{heiss } x) \quad (40)$$

stellt eine ebene Kurve

✓ Band in Ende, es fehlt ein Stück

hat drei Nullstellen im reellen Bereich. Die imaginären Lösungen können wir nicht gebrauchen, weil dies nachher zu physikalischen Widersprüchen führt.

Man kann diese drei Lösungen nur so auffassen, dass es ein solches Proto-Universum gibt, das von einer Elementarfläche umschlossen wird, und dass es jetzt zwei weitere Lösungen gibt, die konzentrische Sphären innerhalb dieses Proto-Universums bilden. D.h., wir haben es insgesamt mit drei solchen urtümlichen Proto-Sphären zu tun.

Was das nun bedeutet, ich glaube, das geht über unser Vorstellungsvermögen hinaus, das können wir einfach so nicht sagen. Wir können nur sagen, dass es irgendeine Struktur im Weltenursprung zur Zeit Null gegeben haben mag, wobei diese beiden anderen Sphären, die ja τ unterschreiten, wahrscheinlich dadurch zu verstehen sind, dass andere Bereiche dieser Sphären in anderen Bereichen des eigentlichen R_6 zu suchen sind, so dass sie praktisch nur in den R_3 eintauchen.

Hier sind wir an der Grenze der Physik, über die wir nichts weiteres aussagen können. Es ist nur eines festzustellen: Wenn sich dieses Universum aktualisiert, dann beginnt ein Expansionsvorgang, bei dem diese Sphären in die Zeit eintreten und zerfallen. Es bilden sich immer mehr und immer kleinere τ , aber es bleibt die Folge von drei Strukturen, die in einem zeitlichen Nacheinander liegen und nur durch eine sehr kleine Elementarzeit, die man definieren kann, voneinander getrennt sind.

τ wird also immer kleiner, und die Anzahl τ 's immer grösser. Bezogen auf unser Zeitmass würden diese nacheinander folgenden Strukturen ein Jetzt ausmachen. Das Jetzt, oder der Augenblick, ist also nicht einfach ein Schnitt, sondern praktisch eine tatsächliche elementare Zeitspanne, die diese drei Strukturen umschliesst. Das ist auch in der Gegenwart möglich,

und hier hat man einen Ansatz, denn uns muss es darauf ankommen, das Pseudo-Kontinuum von Gl. (29) zu behandeln und das Punktspektrum diskreter, ponderabler Terme von diesem Pseudo-Kontinuum zu trennen.

Diese Möglichkeit ist nun mit dieser Rückwanderung bis an den Weltenanfang gegeben, denn im gegenwärtigen Augenblick würden diese drei, mit λ ($1 \leq \lambda \leq 3$) indizierten, ganz kurze Zeit nacheinander laufenden Strukturen, die praktisch die Gegenwart ausmachen, die Struktureinheiten bestimmen.

$$1 \leq \lambda \leq 3$$

12. Die polimetrische Weltgeometrie

Untersucht man jetzt die drei Struktureinheiten, so kommt man zu Analoga zu Integraloperatoren, deren Kerne die Grössen κ ,

$$\kappa_{ik}^{(\lambda)} \neq \kappa_{ki}^{(\lambda)}, \quad 1 \leq (i,k) \leq 6 \quad (41)$$

sind. Es sind nichthermitesche Tensoren, die ich mit λ indiziert habe. Diese Tensoren würden nun in Wechselbeziehung treten und zwar derart, dass für $\lambda=1$ die Struktureinheit nur von den Koordinaten x^5 und x^6 , für $\lambda=2$ nur von x^4 , und für $\lambda=3$ nur von den Koordinaten des kompakten R_3 abhängen würde.

Diese Struktureinheiten treten in Wechselbeziehung, denn wenn in unserer Welt überhaupt etwas materielles geschieht, dann kommt es zu dieser Wechselbeziehung multiplikativer Art. Es bilden nun immer zwei solcher Struktureinheiten einen mit γ bezeichneten nichthermiteschen Fundamental-tensor des R_6 aus

$$\gamma_{ik}^{(\mu\nu)} = \sum_{m=1}^6 \kappa_{im}^{(\mu)} \kappa_{mk}^{(\nu)} \quad (42)$$

$$\gamma_{ik}^{(\mu\nu)} \neq \gamma_{ki}^{(\mu\nu)}, \quad \gamma_{ik}^{(\mu\nu)} \neq \gamma_{ik}^{(\nu\mu)}$$

$$\gamma_{ik}^{(\mu\nu)} \neq \delta_{ik}$$

Wir können auf diese Weise maximal 9 solcher Tensoren definieren und entsprechend neun Geometrien, die durch diese Fundamentaltensoren, die alle in Wechselbeziehung zueinander treten, definiert werden. Wir haben es also praktisch mit einer Polymetrie, einer Vielfachgeometrie, zu tun, die im R_6 definiert ist und zusammenwirkt.

Man kann hier insgesamt 4 Klassen von Polymetrien unterscheiden. Zunächst kann man sagen, dass die Struktureinheit 1 niemals zum Einheitstensor werden kann, d.h. die Komponenten werden nicht zum Kroneckerelement

$$\kappa_{ik}^{(1)} \neq \delta_{ik} \quad (43)$$

Wenn irgend etwas vorhanden ist, wird die Einheit 1 immer existieren. Die beiden anderen Einheiten können dagegen, je nach der Natur der Geometrie, zum Kroneckerelement werden.

Das hat nun natürlich Folgen und Konsequenzen für das Zusammenspiel dieser Geometrien. Da gibt es dann auch noch Korrelationen, aber keine Invarianz hinsichtlich Ueberschiebens von ko- und kontravarianten Indizierungen.

Man kann jetzt vier Formen unterscheiden,

$$\begin{aligned} (A) \quad & \kappa_{ik}^{(2)} = \delta_{ik} \quad , \quad \kappa_{ik}^{(3)} = \delta_{ik} \\ (B) \quad & \kappa_{ik}^{(3)} = \delta_{ik} \\ (C) \quad & \kappa_{ik}^{(2)} = \delta_{ik} \\ (D) \quad & \kappa_{ik}^{(\lambda)} \neq \delta_{ik} \end{aligned} \quad (44)$$

Zum einen wäre es denkbar, dass (A) sowohl für $\lambda=2$ und $\lambda=3$ die Struktureinheiten zum Kroneckerelement werden. Dann haben wir nur noch eine geometrische Wechselbeziehung zwischen der Struktureinheit und einem aus dieser Struktureinheit aufgebauten Fundamentaltensor. Es wäre praktisch eine

Bimetrie. (Uebrigens, bimetrische Untersuchungen sind auch schon von Kohler und Rosen gemacht worden.)

Dann gibt es zweitens die Möglichkeit, dass wir (B) die Einheit $\lambda=3$ zum Kroneckerelement werden lassen. Wir kommen dann zu einer Hexametrie, d.h. jetzt bleiben 6 Fundamentaltensoren übrig, die in Wechselbeziehung treten, die aber alle nur von den imaginären Koordinaten des R_6 bestimmt werden.

Drittens könnte man (C) $\lambda=2$ zum Kroneckerelement werden lassen, woraus sich wiederum eine Hexametrie ergibt, aber jetzt eine raumartige Hexametrie.

Wenn schliesslich (D) alle Struktureinheiten vom Kroneckerelement verschieden sind und sich als Felder verändern, dann hätten wir das Maximum, nämlich 9 in Wechselbeziehung tretende Geometrien, also eine Eneametrie (wenn man diese griechische Terminologie weiter beibehalten will).

Der hermitesche Fundamentaltensor, der unsere R_6 Geometrie beschreibt, muss nun seinerseits nach einem Kompositionsgesetz aus den Tensoren der Partialstruktur aufgebaut sein,

$$\begin{aligned} g_{ik}(\kappa_1, \dots, \kappa_6) &= g_{ki} \\ g_{ik} &= g_{ik}(\gamma^{\mu\nu}) \end{aligned} \quad (45)$$

oder (D)

Je nachdem, ob ich nun (A), (B), oder (C) wähle, wird die Komposition anders ausfallen, und zwar derart, dass der Fundamentaltensor hermitesch wird, dass also die antihermiteschen Anteile dieser Partialstrukturen nicht mehr wirken.

Man kann nun ein solches Kompositionsgesetz erkennen, indem man die Parallelverschiebungen in diesen Partialstrukturen betrachtet. Es würde zu weit führen, dies hier zu beschreiben, aber mit diesem Kompositionsgesetz kann man nun

den metrischen Zustandsoperator im R_6 in die Partialstrukturen spalten und entsprechend mit den Zustandsfunktionen und den Eigenwerten verfahren. Wir bekommen so vier Polymetrien und entsprechend eine ganze Serie von Eigenwertspektren dieser Partialstrukturen. Diese Gleichungen können nun, analog der Kompositionsgleichung, die zu unserem Gesamtspektrum führte, gelöst werden.

Dabei stellt sich heraus, dass die von den imaginären Dimensionen des R_6 abhängigen Geometrien imponderable Zustände beschreiben. Zum Beispiel beschreibt die Bimetrie in den R_3 projiziert die Gravitationsvorgänge. Die zeitartige Hexametrie beschreibt die elektromagnetischen Vorgänge, während die raumartige Hexametrie Letzteinheiten ponderabler Art beschreibt, die elektrisch neutral sind. Die Eneametrie (D) umfasst schliesslich alle elektrisch geladenen Elementarteilchen, wobei das Ladungsfeld ebenfalls im metrischen Strukturzustand erscheint.

13. Die Innenstruktur der Elementarteilchen

Hier haben wir jetzt z.B. schon die Möglichkeit, unser Pseudokontinuum von dem Punktspektrum ponderabler Grössen zu trennen, indem wir die Polymetrien (A) und (B) gar nicht berücksichtigen, und uns nur um die Polymetrien (C) und (D) kümmern.

Man kann sich diese Lösungen der Partialstrukturen ansehen - das gilt übrigens auch für die beiden auszuklammernden Polymetrien - und stellt einen ganz bemerkenswerten Sachverhalt fest: Wir haben immer in einer Lösung ein metrisches Maximum, d.h. eine maximale metrische Abweichung, der ein pseudo-euklidisches Minimum gegenübersteht.

Es ist eine solche Lösung für sich alleine betrachtet praktisch ohne Bedeutung, obwohl es eine Ureinheit ist, die aber mit von Weizsäckers "Ur" gar nichts zu tun hat, wie Sie bald sehen werden. Erst wenn mindestens zwei solcher periodischer Prozesse, auf die Zeitkoordinate x^4 des R_6 bezogen, zu einem Austausch von Maximum und Minimum führen, und wenn mindestens zwei solcher Lösungen verschiedener Geometrien in Wechselbeziehung stehen, würde es zu einer Konjugation kommen, und erst dies definiert materielle Eigenschaften.

So erscheinen nun diese Strukturen (C) und (D), aber auch (A) und (B), als Wechselbeziehungssysteme sich austauschender und ständig konjugierender interner Strukturzustände. Weil diese zeitliche Flüsse sind, die sich periodisch austauschen, könnte man betrachten, wie ein solcher geometrischer Zustand durch ein ganzes Netzwerk von Strukturen läuft, bis der Anfangszustand wiederhergestellt ist. Wir haben eine regelrechte Flussalgebra in sechs Dimensionen entwickelt, was übrigens sehr schwierig war, um im einzelnen diese Prozesse zu verfolgen, und nun gelangt man zu dem eigenartigen Ergebnis, dass die Elementarteilchen eigentlich als hochkomplizierte zyklische Systeme zyklischer Grundflussverläufe aufzufassen sind, wobei ich unter Grundflussverlauf eben diesen Wanderungsaustausch metrischer Struktur durch das ganze Gefüge in sechs Dimensionen verstehe.

Man kann sehen, dass diese Netzwerke dynamischer Flüsse, bezogen auf x^4 , eine regelrechte vierfache Konturierung von metrischen Strukturflüssen zeigen, die eine innere dynamische Stabilität besitzen.

Zunächst einmal kann man zeigen, dass es nur zwei Fälle gibt, bei denen sich der Anfangszustand immer wieder neu herstellt. Aus metrischen Gründen wäre dies durch eine Zahl zu umreissen, die ich mit k bezeichne. Es gibt nur zwei Werte für k , entsprechend den beiden Möglichkeiten von stabiler Grund-

* bezogen auf x^4

strukturierung dieser Vierfachkontur. Für einen Fall ist $k=1$, für den nächst höheren ist $k=2$. $k=3$ gibt es nicht, denn dies würde nicht mehr stabil sein.

Jetzt können diese 4 Zonen aber noch von zusätzlichen quantenhaften Grundflüssen besetzt sein, die ich durch die Zahlen n , m , p und σ gekennzeichnet habe.

Die vierfache Konturierung erweist sich als verschieden dicht. Wir haben praktisch im Elementarteilchen einen sehr kompakten Innenbereich, die Zentralzone. Dann folgen nach aussen drei weitere Zonen, die ich Konfigurationszonen nenne, mit abnehmender Dichte und ^{zu} abnehmender Durchdringbarkeit.

Ein Elementarteilchen ist also so gebaut, dass ein praktisch undurchdringbarer Zentralbereich gegeben ist, während die Durchdringbarkeit nach aussen ^{zunimmt} abnimmt. Diesen Sachverhalt kann man, glaube ich, auch bestätigen.

14. Das Spektrum der Elementarteilchen

Der Externbereich schliesslich, die Aussenzone, besteht aus Flussaggregaten, welche die Nahwirkung, d.h. die starken und schwachen Wechselwirkungen möglich machen. Hier sehe ich einen Ansatz zur Beschreibung der Wechselwirkungen.

Wichtig ist, dass es sich hier um einen zyklischen Prozess von einzelnen zyklisch verlaufenden Aggregaten handelt. Wenn sich der integrale Vorgang jetzt in einem solchen Bereich zeitlich periodisch wiederherstellt, dann ist eine ponderable Struktur definiert. Ist das nicht der Fall, dann würde sich der Anfangszustand nicht wiederherstellen, und die Struktur würde nicht existieren. Wir haben also bei dem bereits ausgesiebten Spektrum diskreter Terme noch eine Auswahlregel zu berücksichtigen, denn wir müssen die zeitliche Existenz voraus-

setzen, sonst wäre der Term garnicht gegeben. Wir müssen also fordern, dass sich der Anfangszustand in diesem dynamischen Prozess, bezogen auf x^4 , mindestens einmal wiederherstellt, denn sonst ist der Term nicht existent. Hierdurch wird die Zahl der möglichen Terme schon ziemlich stark eingeschränkt.

Gleichzeitig können wir von einem integralen Spin sprechen, und zwar in allen 6 Dimensionen,

$$Z(R_6) = \sigma \hbar \quad (46a)$$

$$\sigma = i(s+J(-1)^J) \quad (46b)$$

$$2s = P, \quad 2J = Q \quad (46c)$$

Wir hätten im R_6 einen Gesamtspin Z , Gl. (46a), der aus einer Zahl σ multipliziert mit dem Wirkungsquant $\hbar$ besteht. Die integrale Spinzahl σ kann man durch $i=\sqrt{-1}$ multipliziert mit der Klammer in Gl. (46b) darstellen.

Wir haben einmal eine Zahl s , die ganz- oder halbzahlilig sein kann. s ist auf die imaginären Dimensionen ^{bezogen} ~~bezo-gen~~ ^{bezo-gen} jenseits des kompakten physischen Raumes. Die Zahl s kann übrigens als diejenige Grösse interpretiert werden, die aus empirischen Gründen als Isospin eingeführt wurde, Gl. (46c). Es sind nämlich die Durchschnitte der R_6 -Struktur im R_3 . Sie führen zu einer ganzen Familie von R_3 Strukturen, die wir als Isospin-Multipletts bezeichnen. Die Zahl der Mitglieder einer solchen Isospin-Familie ist $2s+1$.

Die andere Komponente in Gl. (46b), J , bezieht sich auf die Dimensionen im R_3 , wobei J , der räumliche Anteil des integralen Spins, allerdings noch mit $(-1)^J$ zu multiplizieren ist. J ist auch wieder ganz- oder halbzahlilig.

Das scheint mir sehr wichtig zu sein, denn es bedeutet, dass wir zwei grundsätzlich verschiedene Klassen von wägbaren Strukturen, also von Elementarteilchen, haben. Wenn nämlich J eine ganze Zahl ist, dann ist $(-1)^J$ reell. Der nichträumliche

Anteil, is, Gl. (46b), bleibt immer imaginär. Wenn nun J ganzzahlig bleibt, wird der Raumanteil $iJ(-1)^J$ ebenfalls imaginär. Das ist dann der Fall des Bosons, d.h. des ganzzahligen Terms. Ich nenne diese Bosonen auch Tensorterme, weil sie durch Tensoren darstellbar sind, je nachdem wie die Spinquantenzahl beschaffen ist.

Bosonen können additiv überlagert werden, ähnlich wie sich z.B. im Laser die Photonen, die ja auch Bosonen sind, überlagern, d.h. die Amplitude wird im gleichen Raumbereich immer grösser.

Wenn nun aber J halbzahlige ist, liegen sogenannte Spinor-Terme vor, denn hier wäre $(-1)^J$ rein imaginär. In Gl. (46b) würde jetzt $iJ(-1)^J$ stehen, d.h. der räumliche Anteil wird im Spin reell. Hier kommt es nun zu dieser eigenartigen Verwobenheit des Spinor-Terms mit dem physischen Raum. Die Spinore können nicht einfach addiert werden wie Bosonen, man nennt sie auch Fermionen. Diese Fermionen oder Spinore stossen sich praktisch im Raum.

Auf diese Weise unterscheiden sich nicht nur Bosonen und Fermionen drastisch voneinander, sondern ich habe den Eindruck, dass der Begriff des Gegenständlichen durch die Spinor-Terme der Fermionen in diese Welt gekommen sein mag.

Wie schon erwähnt, sind für die Zahl k, die auf metrische Vorgänge zurückgeht, nur die Werte k=1 und k=2 möglich,

$$k = 1, k = 2; \quad \kappa = 0, \kappa = 1; \quad \epsilon = \pm 1. \quad (47)$$

Da diese Flussaggregate aber zyklisch laufen, gibt es zu jedem Aggregat die enantiostereoisomere Struktur, um diesen Begriff aus der Chemie hier zu übertragen, wobei diese Enantiostereoisomere praktisch das Spiegelbild darstellen. Das kennzeichne ich durch die Zahl $\epsilon = \pm 1$, wobei -1 für die

spiegelsymmetrische Struktur steht, also für die Antistruktur eines jeden Terms.

Doppelten Isospin bezeichnen wir mit P und doppelten Spin mit Q. Jetzt kann man zeigen, dass man bei der Entstehung der Isospinmultipletts, die Isomorphismen sind, einen Distributor der Konfiguration hat, der die Terme der Polymetrie (C) oder (D) im Isospinmultiplett verteilt. Für diesen Distributor S findet man nun folgenden Ausdruck,

$$k(1+\kappa)S = 2(P\epsilon_P + Q\epsilon_Q)(k-1+\kappa) \quad (48)$$

$$\epsilon_P = \epsilon \cos \pi Q \left(\kappa + \frac{P}{2} \right)$$

$$\epsilon_Q = \epsilon \cos \pi Q \left(Q + \frac{P}{2} \right),$$

wobei κ eine Quantenzahl ist, die nur den Wert 0 oder 1 annehmen kann, Gl. (47). Diese Quantenzahl muss für die Dubletts eingeführt werden, die entstehen, wenn zwei Durchschnitte mit dem R_3 existieren. Sie ist in der Literatur nicht angegeben und uns auch nicht bekannt, ergibt sich aber hier aus diesen polymetrischen Untersuchungen.

Die Einführung der Dublettzahl liefert nun den Verteiler, den Distributor der Strukturen der Enea- und der räumlichen Hexametrie auf ein Isospinmultiplett. Anders ausgedrückt verteilt er die quantisierten Ladungsfelder im Isospinmultiplett und entscheidet, was elektrisch geladen ist und was nicht.

Der Distributor, Gl. (48), hängt nur vom doppelten Spin Q, vom doppelten Isospin P, von κ , der Zahl k und von der Entscheidung ϵ ab. Ich habe ausserdem noch die trigonometrischen Kürzungen ϵ_P und ϵ_Q in Gl. (48) eingeführt.

Nun kann man daraus wieder herleiten, wie die Vielfachen der Elementarladung, die wir vorhin entwickelt haben, aus-

sehen. Wenn x die laufende Ziffer der Isospin-Komponenten des Multipletts darstellt, kann man für jede Komponente die Ladungsquantenzahl q_x , *fehler?*

$$2q_x = (P+2(1-\kappa))(1-\kappa Q(2-k)) + \epsilon(k-1-(1+\kappa)Q(2-k)) + S \quad (49)$$

$$S_k = (-1)^k$$

$$[9\kappa] = 9e$$

[100a]

errechnen. Es zeigt sich dann, dass der doppelte Isospin noch durch eine Grenze gegeben ist, und zwar geht das entsprechende Intervall auf die Grösse k zurück, d.h. der doppelte Isospin läuft zwischen 0 und $2k$:

$$0 \leq P \leq 2k \quad (50)$$

Das wiederum bedingt, dass auch der integrale räumliche Spin J , der mit Q durch die Beziehung $Q=2J$ verbunden ist, durch k ausdrückbar ist, weil

$$Q(P) = k-1 \quad (51)$$

ist.

Weiter kann man zeigen, dass es eine Erhöhung dieses Spins um $\Delta Q=k$ gibt, und zwar erhöht sich der Spin für irgendeinen k -Wert um

$$Q(P) = Q + \Delta Q = 2k-1, \quad (52)$$

wobei P durch eine quadratische Gleichung,

$$\begin{aligned} P^2 - P(k+1) + 5k &= 2(k^2+1) \\ P_{(1)} &= 2-k, \quad P_{(2)} = 2k-1 \end{aligned} \quad (53)$$

gegeben ist, die nur von k abhängt, und deren Lösungen $P_{(1)}$ und $P_{(2)}$ sind. Bei diesen Isospin-Multipletts muss der Spin um $\Delta Q=k$ erhöht werden.

Andererseits, wenn λ die laufende Folge ganzer Zahlen ist, für die

$$1 \leq \lambda \leq \lambda_k = k+1-(-1)^k \quad (54)$$

gilt, dann ist κ durch

$$\kappa(\lambda) = (1-\delta_{1,\lambda})\delta_{1,P} \quad (55)$$

gegeben. Der Wert $\kappa \neq 0$ existiert überhaupt nur im Dublett-Fall $P=1$, und dort hat κ auch immer einen Wert 0 und einen Wert 1. *ein Wert die anderen*

Die obere Grenze für die Zahl dieser Dublettziffern in einem Isospinmultiplett ist λ_k , Gl. (54), und diese obere Schranke ist auch wieder allein durch die Zahl k gegeben.

Mit diesen Beziehungen kann man nun für einen k -Wert alle überhaupt möglichen Zustände errechnen und kommt dazu, dass z.B. für $k=1$ fünf Multipletts existieren und für $k=2$ acht. Jetzt gibt es aber eine Auswahlregel S_k , Gl. (49), d.h. wenn man nun für eine solche Gruppe k sämtliche Ladungsquantenzahlen mit ihren Vorzeichen addiert, dann muss immer die Summe $S_k = (-1)^k$ herauskommen. Im Fall $k=1$ wäre $S_k = -1$, im Fall $k=2$ wäre $S_k = +1$. Wenn man nun für $k=1$ die fünf Multipletts rechnet, bekommt man tatsächlich -1 . Rechnet man aber die acht Multipletts für $k=2$ aus, so erhält man für S_k einen Wert, der weit über $+1$ liegt. Das bedeutet, dass zwei dieser Multipletts gestrichen werden müssen.

Ich hätte Ihnen gerne gezeigt, wie man dies alles durchführt. Es zirkuliert jedoch in Ihrer Firma eine Schrift von mir*), in der es explizit aufgewiesen wird.

Wenn man diese Berechnungen durchführt, findet man auch sofort eine plausible Erklärung für gewisse empirische Grössen.

*) B. Heim, Ausgewählte Ergebnisse aus einer einheitlichen Quantenfeldtheorie der Materie und Gravitation

x k liegt zwischen 0 und λ_k

Die Zahl k erweist sich z.B. als die um 1 erhöhte und aus empirischen Gründen eingeführte Baryonenziffer, P als doppelter Isospin und Q als doppelter Spin. Der Distributor S , der die Konfiguration in der geometrischen Projektion verteilt, erweist sich tatsächlich als die von Heisenberg aus empirischen Gründen eingeführte Seltsamkeitsquantenzahl, die man ja auf Neu-deutsch "strangeness" nennt!

So finden diese an sich nicht gut verständlichen Quantenzahlen eine plausible geometrische Erklärung. Wie gesagt, das Zusammenstellen der Multipletts, wenn man den komplizierten Weg einmal ausser acht lässt, besteht praktisch aus den akademisch hochgequälten vier Grundrechnungsarten mit den Zahlen 1 bis 3. Mehr ist das eigentlich nicht.

Sie können jetzt einen sehr interessanten Sachverhalt kennenlernen,

$$\begin{aligned} n &= n(t) , \quad m = m(t) , \quad p = p(t) \\ \sigma &= \sigma(t) , \quad N = N(t) \geq 0 \end{aligned} \quad (56)$$

In Gl. (56) sind n , m , p , und σ die Besetzungen der vier Konfigurationszonen eines ponderablen Terms, die auch verschwinden oder negativ werden können. Wenn sie verschwinden, ist nur noch ein durch k bestimmtes ~~zeitlich konstantes~~ Gerüst gegeben. Wenn die Existenzzeit um ϵ ist, ~~entsteht~~ ^{geschieht} eine sprunghafte Änderung, d.h. das Teilchen zerfällt. **radioaktiv.**

Nun kann man zeigen, dass das einheitliche Massenspektrum, das ich hier nicht explizit angeführt habe, das aber in der schon erwähnten Schrift, die in der Firma zirkuliert, angegeben ist, von 12 ganzen Zahlen abhängt,

$$M_x = M_x(k, n, m, p, \sigma, P, Q, \kappa, q_x, S, \epsilon, N) . \quad (57)$$

und zwar von 4 Besetzungszahlen, n , m , p und σ , von 7 Quantenzahlen und von der Entscheidung ϵ die angibt, ob es sich um die Struktur oder die Antistruktur, bezogen auf die Zeitachse,

< Band zu Ende, es fehlt ein Stück

handelt. M_x ist die Masse für irgendeinen Term x irgendeines Isospinmultipletts. Hinzu kommt noch die Abhängigkeit von N . N ist die Folge positiver ganzer Zahlen. $N=0$ kennzeichnet insgesamt 11 Multipletts, die ich als Grundzustände bezeichne, wonach es übrigens auch ein neutrales Elektron geben müsste.

Alle anderen $N>0$ beinhalten ein ganzes Spektrum angeregter Zustände für jedes Mitglied einer Isospinfamilie. Rechnet man das aus, so kann man die kurzlebigen Resonanzen wiedergeben. N würde das Resonanzspektrum implizieren.

Es ist nun keineswegs jedes beliebige Quadrupel von Besetzungszahlen n , m , p und σ erlaubt. Es gibt einen funktionalen Zusammenhang,

$$f_x(n, m, p, \sigma) = W_x(k, P, Q, \kappa, q_x, S, \epsilon, N) \quad (58)$$

zwischen diesen vier Parametern, der durch eine Funktion f_x ausgedrückt wird, die von den Quantenzahlen und der Anregungszahl N abhängt. Jetzt kann man für jeden möglichen Term diese Quadrupel angeben und einsetzen.

Andererseits ist aber die Ladungsquantenzahl q_x ,

$$q_x = q_x(k, P, Q, \kappa, S, \epsilon) \quad (59)$$

darstellbar durch die Hauptzahlen Spin, Isospin, Dublettzahl, K , strangeness S und Entscheidung ϵ . Die strangeness S ,

$$S = S(k, P, Q, \kappa, \epsilon) , \quad (60)$$

kann wiederum auf die gleichen Quantenzahlenquadrupel zurückgeführt werden, die ihrerseits nur von k abhängen,

$$Q = Q(k) , \quad P = P(k) , \quad \kappa = \kappa(k) \quad (61)$$

Letzten Endes geht also die gesamte riesengrosse Fülle von Elementarteilchen und ihrer kurzlebigen Resonanzen, M_x ,

$$\begin{aligned} M_x &= M_x(k, \epsilon, N) \\ k &= 1, 2 ; \quad \epsilon = \pm 1 ; \quad N \geq 0 \end{aligned}$$

auf die Zahl k , die nur die Werte 1 und 2 annehmen kann, auf die Zahl $\epsilon=\pm 1$, die zwischen Partikel und Antipartikel entscheidet, und auf die Anregerzahl N zurück. Für N muss es eine Auswahlregel geben, die aber noch nicht ganz klar ist. Die gesamte Fülle von Elementarteilchen geht letzten Endes auf den einfachen Sachverhalt zurück, dass k nur 1 oder 2 sein kann.

Wir haben jetzt einmal die ganzen Eigenschaften wie Spin, Isospin, Ladungsquantenzahl, strangeness usw. in einem einheitlichen Zusammenhang wiedergegeben und können auch die Massen der Elementarteilchen und der Resonanzen, sowie die Zerfallszeiten der Zustände für $N=0$ wiedergeben. Andererseits ist es noch nicht möglich gewesen, die Existenzzeiten oder Bandbreiten der kurzlebigen Resonanzen zu reproduzieren. Es gibt dafür aber einen Ansatz, der ein ganz interessantes Licht auf die langlebigen schweren ψ -Teilchen wirft. Es ist auch noch nicht möglich gewesen, die doppelte Spinzahl Q der kurzlebigen Resonanzen wiederzugeben. Q muss irgendwie von der Zahl N abhängen, aber wie, weiss ich heute noch nicht.

Wie gesagt, bis hier ist die Theorie gediehen, und ich meine, dass man doch eigentlich ziemlich viel wiedergeben kann, so dass ich daher keinen Anlass sehe, von dieser Art der Elementarteilchen-Beschreibung abzugehen. Es ist immerhin gelungen, dieses anfangs geforderte mathematische Schema als Analogon zu der Gesamtheit der vielfältigen Zahl von Elementarteilchen zumindest bruchstückweise wiederzugeben, wenn der Weg auch ziemlich kompliziert und schwierig ist.

Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit.

Particle Masses

Particle	Mass (MeV) B. Heim	Mass (MeV) Rev.Mod.Phys. <u>48</u> , April, 1976
e	0.51100343	0.5110034 ± 0.0000014
μ	105.65948493	105.65948 ± 0.00035
$\pi^{\pm}$	139.56837088	139.5688 ± 0.0064
π^0	134.96004114	134.9645 ± 0.0074
$K^{\pm}$	493.71425074	493.707 ± 0.037
K^0	497.72299959	497.70 ± 0.13
η	548.80002432	548.8 ± 0.6
p	938.27959246	938.2796 ± 0.0027
n	939.57336128	939.5731 ± 0.0027
Λ	1115.59979064	1115.60 ± 0.05
Σ^+	1189.37409717	1189.37 ± 0.06
Σ^0	1192.47794854	1192.47 ± 0.08
Σ^-	1197.30443002	1197.35 ± 0.06
Ξ^0	1314.90206200	1314.9 ± 0.6
Ξ^-	1321.29326013	1321.29 ± 0.14
Ω^-	1672.17518902	1672.2 ± 0.4

Meson Resonances

Particle	Mass (MeV) B. Heim	Mass (MeV) Rev.Mod.Phys. 48, April, 1976
$\rho(770)$	769.9833(769.3101)	773 $\pm$ 3
$\omega(783)$	783.9033	782.7 $\pm$ 0.3
$\eta'(958)$	956.8400	957.6 $\pm$ 0.3
$\delta(970)$	976.4931 (973.6704)	976 $\pm$ 10
$S^*(993)$	992.6142	993 $\pm$ 5
$\phi(1020)$	1019.6306	1019.7 $\pm$ 0.3
$A_1(1100)$	1106.9780 (1106.7462)	$\sim$ 1100
$\epsilon(1200)$		1200 $\pm$ 100
$B(1235)$	1239.5340 (1239.1994)	1228 $\pm$ 10
$f(1270)$	1274.5452	1271 $\pm$ 5
$D(1285)$	1286.1728	1286 $\pm$ 10
$A_2(1310)$	1310.4695 (1309.6730)	1310 $\pm$ 5
$E(1420)$	1414.1873	1416 $\pm$ 10
$f'(1514)$	1517.8602	1516 $\pm$ 3
$F_1(1540)$	1539.5100 (1537.9095)	1540 $\pm$ 5
$\rho'(1600)$	1604.8640 (1605.1008)	$\sim$ 1600
$A_3(1640)$	1637.2669 (1634.2138)	$\sim$ 1640
$\omega(1675)$	1664.0125	1667 $\pm$ 10
$g(1680)$	1686.0154 (1678.6425)	1690 $\pm$ 20
$h(2040)$		2040 $\pm$ 20
$K^*(892)$	891.1955 (892.2211)	892.2 $\pm$ 0.5
$\kappa(1250)$		1250 $\pm$ 100
$K_A(1240)$	1241.1180 (1239.9767)	
$K^*(1420)$	1420.2213 (1414.4956)	1421 $\pm$ 3
$L(1770)$	1775.2145 (1764.9862)	1765 $\pm$ 10
$J/\psi(3100)$		3098 $\pm$ 3
$\psi(3700)$		3684 $\pm$ 4
$\psi(4100)$		$\sim$ 4100
$\psi(4400)$		4414 $\pm$ 7

Mean Lives

Particle	Mean Life (s) B. Heim	Mean Life (s) Rev.Mod.Phys. 48, April, 1976
e	stable	stable
μ	$2.1994237553 \times 10^{-6}$	$2.197134 \times 10^{-6} \pm 0.000077$
$\pi^\pm$	$2.60282911 \times 10^{-8}$	$2.6030 \times 10^{-8} \pm 0.0023$
π^0	$0.84016427 \times 10^{-16}$	$0.828 \times 10^{-16} \pm 0.057$
$K^\pm$	$1.23709835 \times 10^{-8}$	$1.2371 \times 10^{-8} \pm 0.0026$
K^0	$5.17900027 \times 10^{-8}$	50 % K_S , 50 % K_L
K_S^0		$0.8930 \times 10^{-10} \pm 0.0023$
K_L^0		$5.181 \times 10^{-8} \pm 0.040$
η	2.33820×10^{-19}	
p	stable	stable
n	917.33526856	918 $\pm$ 14
Λ	2.578198×10^{-10}	$2.578 \times 10^{-10} \pm 0.021$
Σ^+	0.800714×10^{-10}	$0.800 \times 10^{-10} \pm 0.006$
Σ^0	$4.290802646 \times 10^{-15}$	$< 1.0 \times 10^{-14}$
Σ^-	1.481729×10^{-10}	$1.482 \times 10^{-10} \pm 0.017$
Ξ^0	2.961947×10^{-10}	$2.96 \times 10^{-10} \pm 0.12$
Ξ^-	1.653050×10^{-10}	$1.652 \times 10^{-10} \pm 0.023$
Ω^-	1.317650×10^{-10}	$1.3_{-0.2}^{+0.3} \times 10^{-10}$