Vorschlag eines Weges zur einheitlichen Beschreibung der Elementarteilchen

Burkhard Heim

(Z. Naturforsch. **32 a**, 233—243 [1977]; eingegangen am 5. August 1976)

Recommendation of a Way to a Unified Description of Elementary Particles

This paper presents a concise overview of a voluminous theoretical study whose subject is a unified description of elementary particles. First of all, the empirical basis of the theoretical deliberations is presented and the most promising logical path is explored. Proceeding from equivalence principles and the fact that a unified description of the material world must be a unified theory of elementary particles a path is sketched that leads from a classical gravitation theory and a non-hermitian quantum structure theory to a representation of unified terms in a 6-dimensional carrier space of a Hilbert space. The equivalence of mass terms and the eigenvalue spectrum is then discussed. The necessity of a polymetric structure theory is developed from the cosmogeny of a proto-universe. A further demonstration shows that the consequent realisation of such a polymetric representation allows the separation from the pseudo-continuum of the discrete point spectrum of ponderable mass terms (to be interpreted as elementary particles) of all possible energetic field masses. This provides the desired unified description of the characteristics of the elementary particles. From this description it is evident that these elementary particles appear as final units. Structural characteristics are determined by complicated time expanded inner structures that, among other things, determine radioactive decay.

This overview introduces the developmental paths as a work that evidently leads to a unified quantum field theory of matter and gravitation.

Wenn ein zusammenhängendes System physikalischer Phänomene mathematisch beschrieben werden soll, dann kommt es stets darauf an, ein mathematisches Schema zu finden, welches ein Analogon zu dem betreffenden System darstellt, derart, daß dieses Schema in möglichst einheitlicher Form alle empirisch faßbaren quantitativen Eigenschaften richtig wiedergibt und Prognosen über empirisch noch verborgene Eigenschaften möglich werden. Die Entwicklung eines solchen Schemas, also die Aufstellung einer mathematischen Theorie trägt stets einen stark deduktiven Charakter, doch kann ein solcher theoretischer Weg nicht voraussetzungslos sein oder von irgendeiner mathematischen Axiomatik allein ausgehen, wenn physikalische Sachverhalte beschrieben werden sollen. Es muß immer eine aus der Empirie der Phänomene stammende induktive Basis als Voraussetzung mathematischer Deduktionen gefunden werden, wobei diese induktive Basis nach Möglichkeit aus nur wenigen universellen, empirisch gut verifizierten Prinzipien bestehen sollte, welche für das zur Diskussion stehende System physikalischer Phänomene charakteristisch sind.

Wir versuchten — angeregt durch Einsteins Gedanken [1] — eine einheitliche Feldtheorie der Materie zu entwickeln, die den mikromaren Bereich richtig wiedergibt und im makromaren Bereich evtl. zur Begründung einer allgemeinen Kosmologie geeignet sein sollte. Die Begriffe mikro- und makromar wurden von Treder [2] übernommen und stehen für die Begriffe mikro- oder makroskopisch bzw. für mikro- oder makrokosmisch.

Sonderdruckanforderungen an Dipl.-Phys. B. Heim, Schillerstr. 2, *D-3410 Northeim.*

Als induktive Basis verwendeten wir die folgenden empirischen Prinzipien, die sich zumindest in dem empirisch zugänglichen Bereich der Welt immer wieder empirisch zu bestätigen scheinen.

a) Die Erhaltung von Energie, Impuls und elektrischer Ladung in einem konservativen System.
b) Das Prinzip des Entropieanstieges (mindestens konstant) im Sinne des zweiten thermodynamischen Hauptsatzes oder Extremalprinzipien im Sinne von Variationstheoremen.
c) Prinzip der Wirkungsquantisierung, sowie der Nichtexistenz eines energetischen oder materiellen Kontinuums.
d) Existenz von Wirkungsfeldern großer Reichweite im Sinne von Gravitation und Elektromagnetismus beschrieben durch: (d_1) Newton'sches Gravitationsgesetz und (d_2) elektromagnetisches Induktionsgesetz nach Maxwell.

Es sei zunächst erwähnt, daß aus (d_2) in der bekannten Weise das Ausbreitungsgesetz elektromagnetischer Transversalwellen hergeleitet werden kann, welches das elektromagnetische Relativitätsprinzip und damit die Notwendigkeit einer lorenzinvarianten Beschreibung der Naturgesetze begründet. Bekanntlich ist u. a. das Energiematerieäquivalent, also die direkte Proportionalität von Energie und Masse eine der Konsequenzen dieser lorenzinvarianten Darstellung [3]. Andererseits ergibt sich aus der Definition des Begriffes „Masse" als Trägheitswiderstand und (d_1) ein weiteres Äquivalenzprinzip, nämlich die Äquivalenz von Trägheit und Gravitation [4].

Zwar werden sowohl in der speziellen als auch in der Allgemeinen Relativitätstheorie die Prinzipien (a) und (b) berücksichtigt, doch kann nach unserer Auffassung aus dieser Basis allein niemals eine einheitliche Feldtheorie der Materie entwickelt werden, weil der wesentliche Erfahrungsbereich (c) in den Grundlagen der Relativitätstheorie nicht berücksichtigt wurde. Wegen des Quantenprinzips (c) kann eine derartige einheitliche Feldtheorie überhaupt nur eine einheitliche Theorie materieller Letzteinheiten (von uns als elementare Materiefeldquanten Mq bezeichnet) sein, deren ponderable Formen als Elementarkorpuskeln (nicht verschwindende Ruhemasse) erscheinen, während die imponderablen Mq als Photonen nur Feldmasse, aber keine Ruhemasse haben, und stets mit Lichtgeschwindigkeit fortschreiten.

Als logischer Ausgangspunkt einer einheitlichen Beschreibung der Mq sollte eine Eigenschaft der Mq verwendet werden, welche bei allen Mq gleichermaßen auftritt und vom Wert 0 verschieden bleibt. Das Bild ihrer empirischen Eigenschaften ist überaus vielfältig, doch kann man nach unserer Auffassung sagen, daß alle Mq neben den vielfältigen Eigenschaften auf jeden Fall neben einer von 0 verschiedenen Existenzzeit stets über wie auch immer beschaffene von 0 verschiedene Massen verfügen, welche ponderabler oder imponderabler Natur sein können und nach dem Energiematerieäquivalent zusammen mit (c) quantenhaften Energiestufen entsprechen.

Da neben diesem Sachverhalt das oben zitierte Äquivalenzprinzip von Trägheit und Gravitation durchaus universeller Natur zu sein scheint, lag für uns der Gedanke nahe, zunächst in einer vorbereitenden Studie die allgemeine Gravitation unter Berücksichtigung von (c) zu untersuchen. Zwar erscheint das Gravitationsphänomen wegen seiner außerordentlich geringen Intensität im mikromaren Bereich niemals wirklich unter den empirischen Bedingungen der Hochenergiephysik, doch handelt es sich immerhin um ein universales Hintergrundsphänomen jeglichen materiellen Geschehens schlechthin. Hinzu kommt, daß sich das direkte empirische Wissen über das Gravitationsphänomen auf (d_1) im makromaren Bereich beschränkt. Bekanntlich ist die skalare Feldfunktion nach (d_1) der felderregenden Masse direkt und dem Abstand vom Gravitationszentrum umgekehrt proportional, während der Gradient dieser Funktion als Beschleunigungsvektor erscheint. Ob es sich bei der Gravitation um ein Quantenfeld handelt, ist umstritten, doch ist die Feldfunktion wegen ihrer direkten Proportionalität zur felderregenden Masse i. B. auf diese Feldquelle additiver Natur, so daß es auf jeden Fall wegen (c) elementare Gravitationsfelder geben muß, deren Feldquellen die Mq als materielle Letzteinheiten sind. Wegen der außerordentlichen Schwäche dieser Felder müßte ihre Reichweite sehr groß sein. Außerdem müssen in einem Gravitationsfeld neben (a) und (b) auf jeden Fall noch die Äquivalenzprinzipien von Energie und Masse einerseits, sowie von Trägheit und Gravitation andererseits gelten.

Von dieser Basis ausgehend betrachteten wir zunächst das Gravitationsfeld einer inhomogenen makromaren Massenverteilung, deren Dichteinhomogenitäten sich zeitlich ändern, derart, daß die Massendichte in der Poinssonschen Differentialfassung von (d_1) eine nicht verschwindende partielle Zeitableitung hat. An diese Massenverteilung wurde die Forderung gestellt, daß ein endliches räumliches Volumen die felderregende Masse enthält, durch dessen geschlossene Oberfläche keine Masse in den Außenbereich tritt. Bezogen auf dieses Volumen verschwindet dann die totale Zeitableitung der Massendichte. Nunmehr wurde die Beschreibung des sich zeitlich ändernden makromaren Gravitationsfeldes unter Verwendung der oben aufgeführten Äquivalenzprinzipien in einem Minkowski-Raum durchgeführt. Die Hoffnung, auf diesem Wege auf die von der Allgemeinen Relativitätstheorie vermuteten Gravitationswellen im Sinne einer „Gravitationsstrahlung" zu stoßen, wurde enttäuscht; denn die Divergenz eines eventuellen gravitativen Strahlungsvektors erscheint immer direkt proportional dem Kosinus eines Winkels, der von zwei Vektoren eingeschlossen wird, von denen (im Fall ponderabler Materie) der eine stets der Orthogonaltrajektor des anderen ist. Auch ergab sich nie eine transversale Wellengleichung, sondern stets eine vierdimensionale Potentialgleichung, wobei wir die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Potentials vorerst als unbekannte endliche Größe offen ließen und nicht spekulativ mit der Lichtgeschwindigkeit identifizierten.

Obgleich sich bei dieser Beschreibung die Gravitation als eine völlig andere Struktur als (d_2) erweist, können doch raumzeitliche gravitative Feldtensoren i.B. auf Lorenz-Transformationen aufgebaut werden, deren Transformationsmatrix orthogonal ist, im Gegensatz zur unitären Lorenz-Matrix des elektromagnetischen Relativitätsprinzips. Wie zu erwarten, ist der Kommutator des Produktes der beiden quadratischen Matrizenformen (Rang und Typ 4) die Nullmatrix. Uns erschien es vernünftig, eine Synthesis der gravitativen und elektromagnetischen Feldtensoren zu einem einheitlichen Feldtensor zu versuchen, jedoch erwies sich dieser Weg als vieldeutig. Diese Vieldeutigkeit wird aber auf eine Zweideutigkeit reduziert, weil sich die empirischen Sachverhalte (d_1) und (d_2) auf jeden Fall als Approximation aus dem zugehörigen tensoranalytischen Formalismus ergeben müssen. Von den beiden verbliebenen Wegen führt nur einer zu nichtapproximativen Aussagen, die sich vollständig mit der makromaren Empirie (d), sowie (a) und (b) decken, während der andere Weg deshalb von uns ausgeschlossen wurde, weil er zu Aussagen über Eigenschaften von (d) führt, die auf keinen Fall empirisch verifiziert worden sind, aber in drastischer Weise in Erscheinung treten müßten, falls dieser ausgeschlossene Weg die Realität des Bereiches (d) der Natur wirklich wiedergeben würde. Auf diese Weise konnte also durch diesen Ausschluß ein einheitlicher Feldtensor (bezogen auf die allgemeine Lorenz-Gruppe) in eindeutiger Weise aufgebaut werden, dessen Iteration zu einem ebenfalls einheitlichen Energiedichtetensor führt. Im speziellen Fall des elektromagnetischen Feldes kann dieser Energiedichtetensor $T_{ik} \neq T_{ki}$ verhältnismäßig leicht angegeben werden; denn sein hermitescher Anteil $V_{ik} = V_{ki}$ ist praktisch mit dem bekannten vierdimensionalen kanonischen Energiedichtetensor des elektromagnetischen Feldes (Maxwell) identisch, während der antihermitesche Anteil $\Phi_{ik} = -\Phi_{ki}$ auf ein reelles räumliches Vektorprodukt, nämlich $\boldsymbol{\varphi} \sim \boldsymbol{g} \times (\boldsymbol{E} + \boldsymbol{H} \cdot \sqrt{\mu_0/\varepsilon_0})$, zurückgeht. Es bedeuten $\boldsymbol{E}$ und $\boldsymbol{H}$ die elektrische bzw. magnetische Feldkomponente, $\boldsymbol{g}$ einen sehr schwachen gravitativen Feldvektor (verursacht von der Feldmasse des Photons), sowie μ_0 und ε_0 die Naturkonstanten der Induktion und Influenz (internationales Maßsystem). Damit wird dann $\Phi_{12} = \varphi_3$, $\Phi_{13} = -\varphi_2$, sowie $\Phi_{23} = \varphi_1$, während für die zeitliche Ränderung $\Phi_{j4} = -\varphi_j$ zu setzen ist.

Es scheint nunmehr die gravitative Feldquelle und das von ihr erregte Gravitationsfeld als eine Einheit, jedoch ist der einheitliche Energiedichtetensor auch im allgemeinen Fall nichthermitescher Art. Offensichtlich geht die Einheitlichkeit der Darstellung von Feld und Feldquelle auf den antihermiteschen Anteil des Tensors zurück; denn die Einheit von Feld und Feldquelle zerfällt, wenn für den antihermiteschen Tensoranteil der Nulltensor gesetzt wird. Aus diesem Grunde haben wir den einheitlichen Energiedichtetensor nicht hermitesiert. In der allgemeinen Relativitätstheorie betrachtet man bekanntlich die Gesamtheit aller raumzeitlichen Bezugssysteme, die durch eineindeutige stetige Koordinatentransformationen auseinander hervorgehen, und gelangt über die homogene quadratische Differentialform der Metrik zu einer Riemann'schen Raumzeitgeometrie (mit imaginärer Lichtzeit), deren hermitescher Fundamentaltensor wegen der Geodätengleichung als tensorielles Gravitationspotential physikalisch interpretiert wird. Wegen dieser Interpretation und der wegen (a) geforderten Divergenzfreiheit des aus (d_2) entwickelten hermiteschen Energiedichtetensors wird in eindeutiger Weise in der Riemann'schen Raumzeitgeometrie ein divergenzfreier Strukturtensor aus dem Ricci-Tensor und der Skalarkrümmung aufgebaut, der dem hermiteschen Energiedichtetensor aus (d_2) direkt proportional gesetzt wird, derart, daß dieser phänomenologische Energie- oder Materietensor als Quelle ein nichteuklidisches metrisches Strukturfeld erregt, welches als Gravitationsfeld physikalisch erscheinen soll.

Die Nichthermitezität des einheitlichen Energiedichtetensors legte uns den Gedanken nahe, den hermiteschen Fundamentaltensor Riemann'scher Geometrie durch einen antihermiteschen Anteil zum nichthermiteschen Fundamentaltensor einer Weyl'schen Geometrie zu ergänzen und eine Invarianz gegen alle eineindeutigen Koordinatentransformationen zu fordern, die keine Singularitäten im Sinne von Unendlichkeitsstellen haben. Zwar erscheint auch jetzt immer eine Riemann'sche Metrik, weil sich die antihermiteschen Summanden in der homogenquadratischen Differentialform wegen des Summationsprozesses kompensieren, doch können Größen wie die Christophel-Symbole, sowie der Ricci- oder Krümmungstensor usw. in ihren kovarianten Indizierungen hermitesiert bzw. antihermitesiert, also gespalten werden. Auch gibt es eine der Riemann'schen Geometrie analoge Geodätengleichung, was auch in der raumzeitlichen Weyl'schen Geometrie eine Interpretation des nichthermiteschen Fundamentaltensors als ein tensorielles Wirkungspotential nahelegt. Wegen $T_{ik} \neq T_{ki}$ kann (a) im R_4 hinsichtlich Energie und Drehimpuls geringfügig verletzt werden, jedoch ist (s. u.) die exakte Gültigkeit im mikromaren Bereich in R_4 auch nicht notwendig. Aus dem Fundamentaltensor $g_{ik} \neq g_{ki}$ und dem Ricci-Tensor $R_{ik} \neq R_{ki}$ bildeten wir den nichthermiteschen Tensor $R_{ik} - g_{ik}\,\mathrm{R}/2$ mit $\mathrm{R} = \mathrm{R}_k^k$, den wir T_{ik} proportional setzten. Die auf diese Weise entstehende nichthermitesche Tensorgleichung muß jedoch physikalisch anders interpretiert werden als die analoge Beziehung der allgemeinen Relativitätstheorie, in welcher der Energiedichtetensor als Quelle das metrische Strukturfeld der Gravitation erregt. Der nichthermitesche Energiedichtetensor beschreibt bereits einheitlich Feld und Quelle, so daß die nichthermitesche Tensorgleichung als ein Äquivalenzprinzip zu deuten wäre, derart, daß dem phänomenologischen Tensor ein metrischer Strukturtensor der Weyl'schen Raumzeitgeometrie entspricht, was einer radikalen Geometriesierung gleichkommt.

Eine Energie entspricht immer der Zeitableitung einer Wirkung, so daß eine räumliche Energiedichte immer einer raumzeitlichen Wirkungsdichte direkt proportional gesetzt werden kann, was auch für den phänomenologischen nichthermiteschen Energiedichtetensor gilt, weil auch hier die Energien auf räumliche Volumina bezogen sind. Mithin ist also der metrische Strukturausdruck Weyl'scher Geometrie nach der nichthermiteschen Tensorgleichung dem raumzeitlichen Wirkungsdichtetensor direkt proportional derart, daß ein vierdimensionales Gebietsintegral eines geeigneten Raumzeitbereiches über diese Tensorgleichung erstreckt werden kann. So erscheint das Gebietsintegral über den metrischen Strukturanteil einem Wirkungstensor (die Komponenten sind physikalische Wirkungen) proportional. Hier kann nun das empirische Quantenprinzip (c) wirksam werden, wonach alle Komponenten dieses Tensors Vielfache des Wirkungsquants sind, welches somit als multiplikativer Faktor vor dem Tensor erscheint, dessen Komponenten nunmehr nur noch im allgemeinen komplexe Zahlen mit ganzzahligem Real- und Imaginärteil sind. Nach unserer Auffassung hat dieser Sachverhalt zwei Konsequenzen:

α) Es muß einen hermiteschen Operator mit nichtlinearem Anteil geben, der als Funktionaloperator aus den metrischen Größen Weyl'scher Geometrie aufgebaut ist und als Zustandsoperator (geometrischer Zustand) der Raumzeit auf eine invariante Strukturfunktion (mit Konvergenzeigenschaften) so einwirkt, daß ein diskretes Punktspektrum von Eigenwerten als Analogon zum Gebietsintegral der Tensorgleichung entsteht.

β) Wegen der Ganzzahligkeit von Real- und Imaginärteil der Tensorkomponenten können minimale Raumzeitvolumina der Gebietsintegration nicht unterschritten werden, was geometrische Diskontinuitäten im Sinne von geometrischen Elementargrößen nahelegt.

Tatsächlich wurde es möglich, im Sinne von α auf Grund des Prinzips (b) und der Interpretation der Christoffel-Symbole durch die Geodätengleichung eine konvergente und daher normierbare Funktion aus diesen Symbolen aufzubauen, derart, daß auch ein hermitescher Funktionaloperator gefunden werden kann, der auf diese Funktion so einwirkt, daß der metrische Strukturanteil Weyl'scher Raumzeitgeometrie in der oben erwähnten Tensorgleichung entsteht. Wegen der Operatorhermitezität und der Konvergenz existiert also ein Hilbert'scher Funktionenraum, d. h., der Funktionaloperator ist ein Zustandsoperator des metrischen Raumzeitzustandes, dessen Einwirkung auf eine konvergente Zustandsfunktion erfolgt, die einen metrischen Zustand Weyl'scher Raumzeitgeometrie darstellt. Dieser Zustand kann im mikromaren Bereich nicht als Kontinuum, sondern wegen des Eigenwertcharakters nur in „Strukturstufen" auftreten, weil die Eigenwerte in einem diskreten Punktspektrum liegen. Neben diesem Sachverhalt gelten aber auch alle Identitäten und Theoreme (insbesondere diejenigen hermitescher Symmetrie), welche die Weyl'scher Geometrie charakterisieren. Da in dem System tensorieller Operatorgleichungen drei Indizierungen unabhängig voneinander die Zahlen der Raumzeitdimensionen durchlaufen, gibt es $4^3 = 64$ solcher diskreten Eigenwertspektren metrischer Strukturstufen. Als Folge der Weyl'schen Raumzeitgeometrie und ihrer Identitäten gibt es aber noch 28 Strukturbeziehungen, welche keinerlei Analoga beispielsweise in der Riemann'schen Geometrie haben. Wir substituierten mit diesen 28 metrischen Strukturbeziehungen in den 64 Eigenwertgleichungen, was zu der Aussage führt, daß 28 dieser Eigenwertspektren grundsätzlich leer bleiben, also niemals irgendwelche Strukturterme enthalten und daher nicht berücksichtigt zu werden brauchen. Es bleiben $64 - 28 = 36$ diskrete Eigenwertspektren, die nichts anderes sind, als die in radikaler Weise geometrisierten Energiestufen des einheitlichen elementaren Feldes eines Mq. Wegen der Invarianz solcher Energiestufen müssen diese nach unserer Auffassung als die Komponenten eines Tensors zweiten Grades angesehen werden. 36 verschiedene Elemente können aber nur dann im quadratischen Matrizenschema eines Tensors untergebracht werden, wenn dieser Tensor sechsreihig ist. Da aber die Reihen eines Tensors Vektoren sind, kann dieser Tensor nur in einem sechsdimensionalen Raum R_6 dargestellt werden. Aus diesem Grunde versuchten wir, als Trägerraum des Hilbert-Raumes einen R_6 so zu konstruieren, daß die Raumzeit R_4 und der kompakte physische Raum R_3 Unterräume des R_6 sind, während die Funktionaldeterminanten zugelassener Koordinatentransformationen im R_6 ihren algebraischen Charakter nicht ändern sollen. Für den R_6 kamen daher nur die beiden Signaturen I $(+ + + - + +)$ und II $(+ + + - - -)$ in Betracht. Da die physische Welt im makromaren Bereich durch stabile Gravitationsbahnen und im mikromaren Bereich durch stabile Grundzustände atomarer Elektronenhülle gekennzeichnet ist, wird nur die Signatur II möglich, d. h., die beiden zusätzlichen Weltdimensionen zählen wie die Lichtzeit imaginär. Während die reellen Dimensionen des kompakten R_3 vertauschbar sind, gilt dies für die imaginären Weltdimensionen nicht. Andererseits kann ein Weyl'scher Tensor als lineare Abbildung eines Bivektorraumes in sich selbst aufgefaßt werden, und solche Bivektoren spannen einen linearen sechsdimensionalen Raum der selben Signatur II auf [5]. Wir versuchten indes, die erwähnten tensoriellen Eigenwertbeziehungen derart in den R_6-Trägerraum zu übertragen, daß die ausgearteten Abbildungen dieser R_6-Strukturen in die Unterräume R_4 bzw. R_3 Elementarstrukturen darstellen, die den empirischen Prinzipien (a) bedingt und (b) bis (d) voll genügen. Es sei bemerkt, daß der Energiedichtetensor im R_6 hermitesch wird und das Prinzip (a) exakt erfüllt.

Man kann durchaus im Sinne der Konsequenz β nach geometrischen Elementargrößen suchen (z. B. Planck'sche Länge usw.), doch haftet derartigen Bemühungen nach unserer Auffassung ein gewisses spekulatives Element an. Aus diesem Grunde versuchten wir die Herleitung einer solchen geometrischen Elementareinheit aus dem oben erwähnten Formalismus im R_6. So wurde die ausgeartete Abbildung einer R_6-Struktur in den R_3 untersucht, die sich im R_3 physikalisch als makromare ponderable Masse aus Mq mit einem Gravitationsfeld manifestiert. Für dieses Gravitationsfeld wurde die zeitliche Konstanz und Kugelsymmetrie gefordert, derart, daß die Feldfunktion nur vom Abstand r vom Feldzentrum abhängt. Als Differentialgleichung der nunmehr als skalar angenommenen Feldfunktion – in Analogie zu (d_1) – ergibt sich dann eine nichtlineare, aber elementar integrierbare Beziehung, deren Integral längs r als Lösungsmannigfaltigkeit eine Schar von β-Funktionen liefert. Ist $\varphi(r)$ diese Skalarfunktion, erregt von der Feldquellenmasse M (zusammengesetzt aus $L \geqq 1$ atomaren Massen m, also $M = L\,m$), und ist r der räumliche Abstand vom Gravitationszentrum, dann gilt mit der Lichtgeschwindigkeit c für φ die Beziehung

$$\left(\frac{\mathrm{d}\varphi}{\mathrm{d}r}\right)^2 + 32\,\frac{c^2}{3}\,F\left(\frac{\mathrm{d}\varphi}{\mathrm{d}r} + F\,\varphi\right) = 0\,,$$

wo die Kürzung definiert ist durch

$$r\,(h^2 - \gamma\,m^3\,r)\,F = h^2 + \gamma\,m^3\,r\,.$$

h und γ sind Wirkungsquant und Newton'sche Gravitationskonstante. Unter Berücksichtigung

$$0 \leqq \varphi < \infty$$

für dieses gravitative Beschleunigungsniveau (Quadrat der zirkulären Geschwindigkeit im Abstand r) erhält man für die Lösung

$$r\,q\,e^{-q} = A\,(1 - \gamma\,m^3\,r/h^2)^2$$

mit

$$q = 1 - \sqrt{1 - 3\,\varphi/8\,c^2}\,.$$

Zunächst wurde deutlich, daß sich für hinreichend schwache Felder im Beobachtungsbereich von (d_1) dieses Newton'sche Gravitationsgesetz in sehr guter Näherung nach einer Reihenentwicklung von selbst ergibt, wenn die Integrationskonstante zu $A = 3\,\gamma\,M/16\,c^2$ bestimmt und $\varphi \ll c^2$ gefordert wird. Das auf diese Weise nicht approximierte Gravitationsgesetz zeigt im makromaren Bereich jedoch einen etwas anderen Verlauf als (d_1); denn die Feldfunktion nähert sich nicht asymptotisch dem Wert 0, sondern verschwindet bereits im Endlichen in einem Abstand $r = \varrho < \infty$, der allein vom mittleren Atomgewicht der Feldquelle (reziproker Kubus), nicht aber von ihrer Gesamtmasse abhängt. Es gilt $\varrho = h^2/\gamma\, m^3$. Nur im Fall $r < \varrho$ erscheint das Gravitationsfeld attraktiv, während für $r > \varrho$ eine Feldwirkung nur dann im Sinne einer Abstoßung erscheint, wenn eine Masse der Feldquelle genähert werden soll. Zugleich zeigt eine notwendige Realitätsforderung des Gravitationsgesetzes, daß die Bereiche $r < \varrho$ und $r > \varrho$ durch zwei kritische Distanzen $r_0 \leqq r < \varrho$ und $\varrho < r \leqq R_0$ begrenzt werden. r_0 ist hier als untere Schranke ein Analogon zum Schwarzschildradius mit dem diese Schranke auch numerisch in der Größenordnung übereinstimmt. R_0 dagegen muß auf Grund seiner Größenordnung als Hubble-Radius interpretiert werden. Während r_0 mit der Feldquelle nahezu linear wächst, fällt R_0 mit wachsender Feldquelle ab. Unter Zugrundelegung der Russel-Zusammensetzung galaktischer Materie dürfte ϱ der Galaxien zwischen 10^7 und $2 \cdot 10^7$ Lichtjahren liegen, was die Bildung von Spiralnebelnestern und das Fehlen von Systemen höherer Ordnung verständlich macht. Die Hubble-Konstante der dispersionsfreien kosmologischen Rotverschiebung und ihre Anomalien, sowie gewisse Anisotropien können ohne Hypothese eines Dopplereffektes allein durch das Wirken des Feldes im Bereich $R_0 - \varrho \gg \varrho$ quantitativ richtig wiedergegeben werden. Dies bedeutet aber, daß der Hubble-Radius $R_0 < \infty$ nicht als Radius des R_3, sondern nur als Radius eines optischen Bereiches interpretiert werden muß, innerhalb dessen der Empfang optischer Signale mit endlicher Rotverschiebung möglich ist. Wird nun das elementare Gravitationsfeld eines Mq betrachtet, was in dieser Darstellung durchaus möglich ist, dann folgen aus der Realitätsforderung zwei Extremalprinzipien, von denen das eine die Bestimmung der Ausbreitungsgeschwindigkeit gravitativer Feldstörungen zu 4/3 der Lichtgeschwindigkeit ermöglicht (was in der Lorenz-Matrix der speziellen Relativitätstheorie der Begrenzung der Geschwindigkeit der Mq durch die Lichtgeschwindigkeit nicht ändert); während das andere Extremalprinzip explizit das Produkt von r_0 des Mq mit seiner Compton-Wellenlänge λ liefert. Für den leeren, also feld- und materiefreien R_3 würde wegen $r_0 \rightarrow 0$ und $\lambda \rightarrow \infty$ dieses Produkt uneigentlich, doch führt eine Reihenentwicklung und der Limes zum leeren R_3 zu einer Naturkonstante $\tau > 0$, derart, daß alle physikalisch definierten Flächen ganzzahlige Vielfache von τ sind, so daß τ als Elementarfläche und somit als geometrische Elementargröße im Sinne der Konsequenz β aufzufassen ist. Der numerische Wert liegt bei $6{,}15 \cdot 10^{-70}$ Quadratmetern, und es muß gefordert werden, daß die $\tau > 0$ geodätisch begrenzt sind. Da die geodätischen Netze demnach durch geodätische Gitter wegen $\tau > 0$ zu ersetzen sind [6], ergab sich die Notwendigkeit, in Analogie zur infinitesimalen Analysis Methoden zu entwickeln, welche $\tau > 0$ Rechnung tragen, weil der Limes zum Differential oder Integral nicht mehr möglich ist und die ganzzahligen Vielfachen von τ sich mindestens um ± 1 ändern. Dieses Programm wurde durchgeführt, und der Formalismus so entwickelt, daß sich die Prinzipien der infinitesimalen Analysis für $\tau \rightarrow 0$ ergeben. In diesem Formalismus wird beispielsweise der Operatorbegriff zu einem Selektionsprinzip positiver ganzer Zahlen. Wegen der geodätischen Begrenzung der τ existiert schließlich ein Übergangskriterium, welches einen Übergang von der infinitesimalen Methode $\tau \rightarrow 0$ in die Methode $\tau > 0$ gestattet. Leider kann in diesem Rahmen die Entwicklung dieser „τ-Methodik" und deren vielfältige Kriterien, Identitäten usw. auch nicht auszugsweise dargelegt werden, weil sonst der Rahmen dieser rein informatorischen Schrift weitgehend überschritten würde.

Die Synthesis der Konsequenzen α und β besteht allein in der Erfüllung dieses Übergangskriteriums, so daß die im kontinuierlichen R_6 beschriebene infinitesimale tensorielle Eigenwertbeziehung metrischer Strukturstufen in einen nicht kontinuierlichen R_6 mit $\tau > 0$ übertragen wird. Hierbei müssen allerdings die zugelassenen Koordinationstransformationen durch die Forderung einer Art Isometrie eingeschränkt werden, welche in einem momentanen R_3 den Flächeninhalt von τ invariant läßt. Diese Isometrie gilt jedoch nicht in der Folge der später liegenden Streckenräume; denn τ erscheint uns kosmologisch als eine sehr langsam abfallende Skalarfunktion des Weltalters. Dieser Abfall ist jedoch wesentlich schwächer als der von Jordan und Dirac [7] konzipierte Abfall der Newton'schen Gravitationskonstante mit dem Weltalter.

Das entstehende tensorielle System ist tatsächlich lösbar und liefert unter Beachtung der Proportionalität der Strukturstufen zu Energiestufen mit dem Energiematerieäquivalent ein Massenspektrum. Ist $N \geqq 1$ die Folge natürlicher ganzer Zahlen, dann gilt für dieses Massenspektrum

$$m = \frac{a\, \sqrt[4]{2\, N}}{\sqrt{2\, N - 1}}\, \eta_q$$

mit der Konstanten $a = \sqrt{c\,h/\gamma}$ und den Kürzungen

$$\eta_q = (1 + y \sin^2 x)^{-1/4},$$

$$y = 4\,\pi^2\,(4/3\,\pi\,Q_\pm)^4\,(R/\vartheta\,h)^2$$

und

$$x = 2/3\,\pi^3\,q_\pm\,\sqrt{\pi\,R/\vartheta\,h}\,.$$

Hierin ist $R = \sqrt{\mu_0/\varepsilon_0}$ der elektromagnetische Wellenwiderstand des leeren Raumes und ϑ eine durch $\vartheta = 5\,\eta + 2\,\sqrt{\eta} + 1$ mit $\eta\,\sqrt[4]{4 + \pi^4} = \pi$ definierte reine Zahl. $Q_\pm$ ist eine mögliche elektrische Ladung von m und $q_\pm$ eine evtl. elektrische Elementarladung. Die einzelnen Terme $m(N)$ liegen überaus dicht und nähern praktisch ein Streckenspektrum an. Dies liegt daran, daß von diesem Spektrum alle überhaupt möglichen Energien, also auch diejenigen imponderabler Mq erfaßt werden. Man kann daher über die ponderablen Mq – also die Elementarteilchen – nur so viel aussagen, daß ihr diskretes Punktspektrum irgendwie in diesem Pseudokontinuum liegt, zumal der Faktor η_q das Spektrum mitbestimmt, der ein mögliches Ladungsfeld $Q_\pm$ enthält.

Wenn nun wegen dieses Sachverhaltes unterstellt wird, daß m als Pseudokontinuum möglicher imponderabler Feldmassen auch das diskrete Spektrum ponderabler Mq (mit Ruhemasse) enthält, dann würde η_q deren mögliche elektrische Ladungszustände kennzeichnen. Dies ist aber nur dann möglich, wenn es eine elektrische Kleinstladung $q_\pm \neq 0$ als Elementarladung $q_\pm = e_\pm$ gibt, und wenn diese Elementarladung so beschaffen ist, daß η_q zum Minimum wird, weil auch für die Terme m das Prinzip (b) gelten muß. η_q wird aber nur dann zum Minimum, wenn $\sin^2 x = 1$, also $x = \pm\pi/2$ wird. Daraus folgt aber für die Elementarladung $q_\pm = e_\pm = \pm\,(3/4\,\pi^2)\,\sqrt{2\,\vartheta\,\hbar/R}$ mit $2\,\pi\,\hbar = h$; so daß mit den ganzen Zahlen $q_e \geqq 0$ eine Ladung $Q_\pm = q_e\,e_\pm$ ein Vielfaches von $e_\pm$ wird, was $y = 4\,(q_e/\pi)^4$, und somit $\eta_q\,\sqrt[4]{4\,q_e^4 + \pi^4} = \pi$ liefert. Auch kann die Frage geklärt werden, wo im Massenspektrum der minimale ponderable Massenterm liegt, der als untere Schranke ponderabler Masse ein derartiges elementares Ladungsfeld $e_\pm$ tragen kann.

Im ungestörten statischen Fall können die Niveauflächen eines ponderablen Mq stets als kugelsymmetrisch beschrieben werden. Wegen $\tau > 0$ sind aber nur solche sphärischen Flächen erlaubt, die ganzzahlige Vielfache von τ sind, derart, daß die Elemente τ geodätisch begrenzt werden. Wird nun aus $m(N)$ die m kennzeichnende Ziffer N eliminiert, und mit $\gamma\,m^3\,\varrho = h^2$ das Verhältnis $\varepsilon = \varrho/N$ gebildet, dann zeigt sich, daß die Distanz ε als radialer Abstand zwischen zwei benachbarten erlaubten konzentrischen Niveauflächen interpretiert ist. Damit ist aber das geodätische R_3-Gitter gegeben, welches die R_3-Struktur des betreffenden Mq charakterisiert. Nunmehr können die Theoreme und Identitäten der nur kurz angedeuteten „τ-Methodik" angewendet werden, was eine Abschätzung der unteren Schranke $m_{\min}$ des in $m(N)$ enthaltenen Spektrums ponderabler Mq ermöglicht, wenn $m_{\min}$ in der Lage sein soll den Zustand eines elementaren Ladungsfeldes $e_\pm$ zu realisieren. Beide Daten $m_{\min}$ und $e_\pm$ können durch elementare Naturkonstanten und die Zahl π ausgedrückt werden. Die verhältnismäßig einfache numerische Rechnung lieferte zu unserer Überraschung als elektrische Elementarladung die empirische Ladung des Elektrons und als zugehörige Mindestmasse $m_{\min}$ die Elektronenmasse $m_e = m_{\min}$ mit verblüffender Genauigkeit.

Es mußte uns nunmehr darauf ankommen, ein Auswahlprinzip zu finden, mit dessen Hilfe das diskrete Punktspektrum ponderabler Mq vom allgemeinen Pseudokontinuum überhaupt möglicher Energien getrennt werden kann; denn mit diesem Pseudokontinuum allein kann über die Natur elementarer Ruhemassen nur soviel ausgesagt werden, daß die Elektronenmasse die untere Schranke dieses diskreten Spektrums sein wird. Zu diesem Zweck wurde zunächst berücksichtigt, daß in dem zur β-Funktion erweiterten Gravitationsgesetz die Realitätsschranke R_0 mit wachsender Feldquellenmasse abfällt, so daß sich für die kleinstmögliche ponderable Masse (untere Schranke des Spektrums) ein Maximalwert $R_{\max}$ ergibt, der über allen übrigen R_0-Werten liegt und eine größtmögliche Distanz $D = 2\,R_{\max}$ im R_3 definiert und allein von der unteren Schranke des Spektrums ponderabler Mq bestimmt wird. Substituiert man nun in D mit dieser durch allgemeine Naturkonstanten explizit ausgedrückten Minimalmasse, und berücksichtigt man dabei die explizite Darstellung von τ (ebenfalls durch derartige Naturkonstante), dann entsteht eine kosmologische Beziehung $D(\tau)$, nämlich

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

mit $f\,\sqrt{C - 1} = \sqrt[4]{C}$ und $C = e\,D\,\sqrt{\tau}/\pi\,E > 1$, in welcher D mit τ algebraisch nur durch einfache Zahlen, sowie π und e (Basis natürlicher Logarithmen) verknüpft wird. Hier ist E die Einheitsfläche. Eine Zeitdifferentiation zeigt, daß D als Skalarfunktion des Weltalters sehr schwach ansteigt, weil τ mit dem Weltalter abfällt. Der R_3 expandiert demnach gegenwärtig sehr langsam bei fallendem τ, woraus folgt, daß in früheren Epochen D kleiner, aber τ größer gewesen sein muß. Im frühesten Zustand (als zeitlicher Weltanfang interpretiert), muß $D = D_0 > 0$ gewesen sein, während $\tau = \tau_0$ (bezogen auf die gegenwärtigen Maßstäbe) das ganze Protouniversum D_0 umschloß. Wir nahmen $\tau(D_0)$ sphärisch an und substituierten in der kosmologischen Beziehung $D(\tau)$ für den Zeitpunkt O der Welt mit $\tau_0 = \pi D_0{}^2$ und erhielten eine algebraische Bestimmungsgleichung 7. Grades für D_0, von welcher nur die reellen Lösungen verwendbar sind. Die graphische Analyse dieser Beziehung lieferte drei reelle Lösungen, die nach ihrer zeitlichen Aktualisierung, also der initialen Auslösung der R_3-Expansion in einem wesentlich später liegenden R_4-Bereich drei verschiedene tensorielle Struktureinheiten ausbildeten. Diese von uns als „Struktureinheiten" bezeichneten Tensoren sind die Kerne von Analogien ($\tau > 0$) der Integraloperatoren und definieren vier Komplexe von metrischen Fundamentaltensoren. Werden diese tensoriellen Struktureinheiten durch $\varkappa_{ml}^{(\lambda)} \neq \varkappa_{lm}^{(\lambda)}$ bezeichnet, dann hängen $\lambda = 1$ und $\lambda = 2$ von den imaginären, aber $\lambda = 3$ von den reellen R_6-Koordinaten ab. Die Fundamentaltensoren wiederum werden dargestellt durch

$$\gamma_{ik}^{(\mu\gamma)} = \sum_{m=1}^{6} \varkappa_{im}^{(\mu)} \varkappa_{mk}^{(\gamma)},$$

so daß allgemein $\gamma_{ik}^{(\mu\gamma)} \neq \gamma_{ki}^{(\mu\gamma)}$, aber auch $\gamma_{ik}^{(\mu\gamma)} \neq \gamma_{ik}^{(\gamma\mu)}$ bleibt. Diese insgesamt neun Analogien ($\tau > 0$) zu Fundamentaltensoren bilden die vier metrischen Komplexe, wenn $\varkappa_{lm}^{(\lambda)} \rightarrow \delta_{lm}$ für $\lambda = 2$ oder (und) $\lambda = 3$ pseudoeuklidisch wird bzw. wenn $\varkappa_{lm}^{(\lambda)} \neq \delta_{lm}$ für alle λ ist. Ein derartiger Komplex ist polymetrischer Art; denn seine metrischen Fundamentaltensoren sind sozusagen Partialstrukturen des R_6, welche offensichtlich in wechselseitigen Korrelationen zueinander stehen. Betrachtet man nun die Parallelverschiebungen eines Vektorfeldes in den einzelnen metrischen Strukturen, so gelangt man zu dem einzig möglichen Kompositionsgesetz der Partialstrukturen eines Komplexes, mit dessen Hilfe die Zustandsfunktion und der Zustandsoperator (für $\tau > 0$) aus der Synthesis von α und β in die Partialstrukturen gespalten werden kann. Auf diese Weise entsteht für jeden der vier polymetrischen Komplexe ein ganzes System von Operatorbeziehungen ($\tau > 0$), derart, daß für jede dieser Beziehungen ein Hilbertscher Funktionenraum existiert. Die Lösung aller dieser Beziehungen läuft im Prinzip immer darauf hinaus, daß ein strukturelles Maximum (metrischer Abweichung von pseudoeuklidischer Metrik) als externes Kopplungsmaximum von zwei Partialstrukturen in zeitlich periodischen Austauschprozessen stehen. Diese strukturellen Maxima müssen als die abstrakten Quantenstufen der metrischen Partialstrukturen (μ, γ) aufgefaßt werden. Diese abstrakten „Strukturstufen" verhalten sich nun aber i. B. auf die Zeitkoordinate des R_6 so, daß sie sich – metaphorisch gesagt – in einer Art „dynamischen Gleichgewichtszustand" über die Strukturminima zyklisch konjugieren und so interne Korrelationszustände ausbilden. Ein polymetrischer Komplex erscheint somit als ein vernetztes System zeitlich periodischer Konjugationen der abstrakten „Strukturstufen" metrischer Partialstrukturen. Auf diese Weise muß also die interne Korrelation der Partialstrukturen zu der kompositiven R_6-Struktur eines Terms des Pseudokontinuums als ein zeitlich dynamischer Korrelationsprozeß durch Systeme zyklischer Austauschvorgänge verstanden werden.

Für die vier genannten polymetrischen Komplexe ergab sich aus den drei möglichen Struktureinheiten: Ein bimetrischer Komplex (A), sowie ein zeitartig hexametrischer Komplex (B), ferner ein raumartig hexametrischer Komplex (C), und ein raumzeitlicher enneametrischer Komplex (D).

Nunmehr ist die Möglichkeit gegeben, das gewünschte Selektionsprinzip zu entwickeln, also das diskrete Punktspektrum ponderabler Terme vom Pseudokontinuum imponderabler Zustände zu trennen. Fordert man, daß die Weltlinien der Terme keine geodätischen Nullinien sein dürfen (was der Ponderabilitätsforderung äquivalent sein dürfte), dann zeigt sich, daß (A) und (B) nur imponderable Terme des Pseudokontinuums sein können, während (C) und (D) ponderable Terme beschreiben. Hier wäre anzumerken, daß (A) als Graviton einer gravitativen Feldstörung und (B) als Photon interpretierbar ist, während (C) als elektrisch neutrale ponderable Struktur erscheint und (D) als ponderable Struktur in einem dem elektrischen Ladungsfeld entsprechenden Strukturzustand zu interpretieren ist.

Das Spektrum aus (C, D) ist zwar ein diskretes Punktspektrum, doch liegen seine Terme immer noch viel zu dicht, was darauf zurückgeht, daß alle logisch überhaupt möglichen Terme ohne Rücksicht auf die

Existenz einer zeitlichen Erstreckung wiedergegeben werden. Tatsächlich entsteht ein Term (C) oder (D) aus einem Strukturgefüge zeitlich periodischer, also zyklischer Austauschvorgänge metrischer Extrema, die durch interne Korrelationen miteinander verknüpft sind. Da diese Gefüge aus einer begrenzten, also überschaubaren Zahl zyklischer Elemente bestehen, kann der Versuch einer „Flußalgebra" unternommen werden. Hier wird unter der Metapher „Flußalgebra" der Versuch verstanden, die zeitliche Bewegung der konjugierenden Strukturextrema innerhalb des internen Korrelationsgefüges zu beschreiben. Wir definieren nur einen ponderablen Term als raumzeitlich existent, wenn mindestens einmal der Anfangszustand des gesamten Gefüges wieder hergestellt wird, und definieren das Vielfache dieser Mindestexistenzzeit einer Periode als Existenzdauer des ponderablen Terms. Nach Ablauf dieser Existenzdauer wird der Anfangszustand nicht wieder hergestellt (was durch den internen Bau des Gefüges bedingt wird) und der ponderable Term erfährt einen radioaktiven Zerfall in Terme tieferer Energie (evtl. von (B)-Emission begleitet). Somit erscheint uns die Lebensdauer von Elementarkorpuskeln durch die Natur ihrer internen Gefüge bedingt. Durch diese Definition zeitlicher Existenz wird die große Zahl ponderabler Terme überaus drastisch eingeschränkt. Bei der Betrachtung des internen Strukturgefüges ergibt sich die Notwendigkeit, einen allgemeinen Spinbegriff im R_6 zu formulieren, weil das gesamte Gefüge eine Vernetzung periodischer Strukturelemente im R_6 darstellt. Wiederum kann aus der Natur dieser Vernetzung auf den allgemeinen integralen Spin dieses Gefüges (also des ponderablen Terms) geschlossen werden. Wir erhielten für diesen Gesamtspin das um einen Zahlenfaktor (integrale Spinquantenzahl σ) vervielfachte Wirkungsquant $\hbar$. Diese integrale Spinquantenzahl entspricht einer imaginären Quantenzahl s (ganz- oder halbzahlig), die sich auf den Unterraum nicht austauschbarer imaginärer Dimensionen des R_6 bezieht, und einer hierzu addierten imaginären Drehimpulszahl J multipliziert mit dem Faktor (-1) in der Potenz dieser Drehimpulszahl (ganz- oder halbzahlig), die sich auf die reellen Dimensionen des kompakten R_3 bezieht. Für diese integrale Spinquantenzahl kann also formal $\sigma = i\left(s + J(-1)^J\right)$ mit $s = P/2$ und $J = Q/2$ geschrieben werden, wenn P und Q positive ganze Zahlen sind. Wir interpretieren den ersten imaginären Summanden als Isospin, weil er den Isomorphismus einer zusammenhängenden Termfamilie als Folge der ausgearteten Abbildung einer elementaren R_6-Struktur in den R_3 (Isospinmultiplett in R_3) beschreibt. Der zweite Term hängt in seinem algebraischen Verhalten wegen des Faktors der auf die Phasenziffer bezogenen Parität von der Ganz- oder Halbzahligkeit der Drehimpulszahl (Spin) ab. Beim ganzzahligen Spin des Tensorterms verhält sich der Summand imaginär wie der Isospin, doch wird er im Fall des halbzahligen Spinorterms reell. Wir neigen zu der Annahme, daß dieser Sachverhalt möglicherweise das verschiedenartige Verhalten (beispielsweise i. B. auf Ausschlußprinzipien) von Bosonen und Fermionen in der Quantenstatistik verständlich macht. Durch diese Natur der Spinoterme erscheint möglicherweise der Begriff des Gegenständlichen im R_3.

Bei dieser Spinanalyse eines internen Korrelationsgefüges der Art (C) oder (D) stellte sich heraus, daß ein solches Gefüge keineswegs konturlos ist, vielmehr weist die ausgeartete Abbildung der R_6-Struktur in dem R_3 eine vierfache Konturierung im Sinne von vier konzentrischen Zonen auf, von denen ein Zentralbereich praktisch undurchdringlich ist, während die Durchdringbarkeit der übrigen Zonen nach außen zunimmt. Von den vielfältigen Besetzungsmöglichkeiten dieser Zonen mit Strukturelementen kann es jedoch nur zwei zeitlich stabile Möglichkeiten geben, die wir durch eine Quantenzahl k kennzeichneten, die demnach nur die Werte $k=1$ oder $k=2$ annehmen kann. Alle $k>2$ müssen aus metrischen Gründen ausgeschlossen werden.

Aus der Notwendigkeit von k, sowie aus den Eigenschaften des Spingefüges, nämlich dem doppelten Isospin P und dem doppelten Spin Q folgt wiederum die Existenz einer Quantenzahl, welche die Verteilung der Strukturen (C) und (D) in einem Multiplett bestimmt, und von uns als „konfigurativer Distributor" S bezeichnet wurde; jedoch setzt S die Definition einer weiteren Quantenzahl $\varkappa$ voraus, für welche im allgemeinen $\varkappa = 0$ gilt, die aber im Fall eines Doubletts zu $\varkappa = 1$ werden kann, was allein von k abhängt. Von uns wurde diese Quantenzahl daher als Doublettziffer bezeichnet. Jedes dieser Spingefüge des R_6 ist ein Korrelationssystem zeitlich periodischer Elemente, dessen integraler Umlaufsinn im R_6 auf die nicht vertauschbaren imaginären Dimensionen bezogen werden muß. Dies bedeutet aber, daß es zu jedem derartigen Gefüge eine enantiostereoisomere R_6-Struktur geben muß, die im R_6 als ein spiegelsymmetrischer Antiterm erscheint.

Derartige Antikorpuskeln ($\overline{\mathbf{C}}$) und ($\overline{\mathrm{D}}$) kennzeichnen wir durch die Kennziffer $\varepsilon = -1$ im Gegensatz zu $\varepsilon = +1$ der Terme (C) und (D); so daß $\varepsilon = \pm 1$ angibt ob es sich um eine Korpuskel oder Antikorpuskel handelt.

Mit den vier fundamentalen Quantenzahlen $(k\,P\,Q\,\varkappa)$ und ε eines ponderablen Multipletts kann der Distributor S dargestellt werden, und dieser wiederum liefert die Verteilung der elektrischen Ladungsquantenzahlen q_x (Komponente x des Multipletts mit Ladungsvorzeichen) im betreffenden Isospinmultiplett als q_x-faches der oben erwähnten Elementarladung. $q_x \neq 0$ kennzeichnet dabei (D) und $q_x = 0$ dagegen (C). Wir erhielten für den „konfigurativen Distributor" S die Darstellung

$$k(1+\varkappa)S = 2\,(P\,\varepsilon_P + Q\,\varepsilon_Q)\;(k-1+\varkappa)$$

mit den Kürzungen

$$\varepsilon_P = \varepsilon\cos\pi\,Q[\varkappa + \tbinom{P}{2}] \quad \text{und}$$

$$\varepsilon_Q = \varepsilon\cos\pi\,Q[Q + \tbinom{P}{2}]\,,$$

während für die elektrischen Ladungsquantenzahlen (mit Vorzeichen) der Multiplettkomponenten

$$2\,q_x = [P+2(1-x)]\,[1-\varkappa\,Q(2-k)] + \varepsilon[k-1-(1+\varkappa)Q\;(2-k)] + S$$

gilt, wenn x die laufende Ziffer dieser Multiplettkomponenten ist. Allerdings muß diese Beziehung noch durch eine Auswahlregel ergänzt werden. Ist nämlich S_k die Summe der q_x aller für k möglichen Multipletts, dann muß stets $S_k = (-1)^k$ sein. Andererseits existiert eine überaus einfache Auswahlregel für P; denn das für eine Klasse k zulässige Isospinintervall wird durch 0 und $2\,k$ begrenzt, während jedem zugelassenen P ein Spin Q und ein Wert $\varkappa$ durch jeweils eine Auswahlregel zugewiesen wird, die wiederum sowohl für Q als auch für $\varkappa$ nur von k abhängt. Für diese Regel gilt zunächst als Intervall möglicher Isospine $0 \leqq P \leqq 2\,k$, während die λ möglichen Doublettziffern durch $\varkappa(\lambda) = (1-\delta_{1,\lambda})\,\delta_{1,P}$ gegeben sind, wobei λ das Intervall $1 \leqq \lambda \leqq \lambda_k = k+1-(-1)^k$ gilt. Die zugehörigen Spinziffern sind gegeben durch $Q = k-1$, doch kann Q durch $\Delta Q = k$ auf $\mathbf{Q}(\underline{\mathbf{P}}) = Q + \Delta Q = 2\,k-1$ additiv erhöht werden, und zwar bei den Isospinen

$$\underline{\mathbf{P}}^2 - \underline{\mathbf{P}}(k+1) + 5\,k = 2\,(k^2+1)\,,$$

also $\underline{\mathbf{P}}_{(1)} = 2-k$ und $\underline{\mathbf{P}}_{(2)} = 2\,k-1$. Nunmehr erschien es uns sinnvoll, für die beiden k-Werte die Eigenschaften der zugelassenen Multipletts, nämlich $P, Q, \varkappa$, sowie S und die q_x-Verteilung zu ermitteln. Hierbei zeigt sich, daß 5 Multipletts von $k=1$ und 8 Multipletts von $k=2$ erzeugt werden, derart, daß $k=1$ alle Mesonen- und $k=2$ alle Barionenmultipletts umfaßt. Aus diesem Grunde interpretieren wir $k-1$ als die aus empirischen Gründen eingeführte Barionenziffer, während der konfigurative Distributor S eindeutig mit der ebenfalls aus empirischen Gründen eingeführten „Seltsamkeitsquantenzahl" identisch ist. Nebenbei sei bemerkt, daß sich die Barionenmultipletts wegen der Auswahlregel S_k auf 6 vermindern, weil ein Quartett und ein Quintett ausgeschlossen werden müssen.

Eine für die ponderablen Massenterme unmittelbar relevante Auswahlregel ergibt sich schließlich noch, wenn man die Minimaländerung der allgemeinen Besetzung der vier konfigurativen Zonen eines ponderablen Terms im R_3 mit einer Änderung der Quantenzahlen $(P\,Q\,\varkappa\,S\,q_x)$, also einer Verschiebung im Spektrum untersucht. Bezeichnen n, m, p und σ die über den durch k festgelegten zeitlich stabilen Zustand hinausgehenden Besetzungen des Zentralbereiches (n) und der folgenden Zonen $(m,\ p$ und $\sigma)$, dann erscheint eine eindeutige Funktion $f(n, m, p, \sigma)$ direkt ausgedrückt durch $(k, P, Q, \varkappa, S, q_x, \varepsilon)$ und die Folge positiver ganzer Zahlen $N \geqq 0$; denn die durch $(k, P, Q, \varkappa)$ erlaubten Multipletts (von uns durch $N=0$ gekennzeichnet), können gemäß (c) in angeregte Zustände $N>0$ gehoben werden, so daß es zu $N=0$ eine ganze Serie von Parallelspektren angeregter Zustände $N>0$ zu $N=0$ geben muß. In den Beziehungen $Q(k)$ aber auch in S und q_x ist Q für $N=0$ gültig.

Nunmehr ist die Trennung des diskreten Punktspektrums ponderabler Terme (und ihrer Antistrukturen) vom Pseudokontinuum vollzogen, was uns zu einer einheitlichen Massengleichung der Elementarkorpuskeln führte. Dieses Spektrum der Massen ist aber mit einer ebenfalls einheitlichen Beziehung der Existenzzeiten dieser Elementarkorpuskeln gekoppelt. Mit Hilfe dieser einheitlichen gekoppelten Beziehungen wird es nun möglich, die Massen der Komponenten aus den 11 zugelassenen Multipletts und ihre Existenzzeiten für $N=0$ numerisch zu ermitteln, wobei sich zeigte, daß diese theoretischen Werte sich sehr gut mit den empirischen Werten decken. Für $N>0$ werden auch die Massen aller zur Zeit vermessenen Resonanzen richtig wiedergegeben, jedoch liegen die theoretischen Terme zu dicht, weil augenblicklich noch eine Auswahlregel der N fehlt. Auch war es noch nicht möglich, die Abhängigkeit des Spins von N zu erkennen, und es fehlt noch eine einheitliche Beziehung für die sehr kurzfristigen Existenzzeiten der Terme $N>0$. Auf jeden Fall werden aber die Verhältnisse im Spektrum der stabilen und metastabilen Terme bei $N=0$ völlig exakt wiedergegeben. In bezug auf $\varepsilon = \pm 1$ zeigt sich, daß sich die Massen der $N \geqq 0$ symmetrisch, aber S und q_x, also Seltsamkeit und Ladungsquantenzahl mit Vorzeichen antisymmetrisch verhalten. Auch scheint das π-Triplett zu sich selbst das Antitriplett zu bilden. Im Fall der Existenzzeiten der $N=0$ ist im Allgemeinen auch eine Symmetrie hinsichtlich ε festzustellen, die jedoch beim K^0-Meson durchbrochen wird, was die beiden empirisch aufgefundenen neutralen Komponenten $K_S{}^0$ und $K_L{}^0$ verständlich macht.

Das einheitliche Massenspektrum für $N=0$ erscheint in unserer Version so, daß selbst dann, wenn alle Besetzungen im R_3 verschwinden, trotzdem einige elektrisch neutrale Zustände mit sehr geringer Masse verbleiben, die nur von $(k, P, Q, \varkappa)$ und ε abhängen. Da es sich hierbei aber weder um wirkliche ponderable Terme, noch um imponderable Strukturen (A) oder (B) handeln kann, sondern vielmehr eine Art „feldkatalytische" Zustände vorliegen, die dem Prinzip (a) entsprechend Spin übertragen und Reaktionen von Elementarkorpuskeln verursachen, interpretierten wir diese Strukturen als Neutrino- bzw. Antineutrinozustände, deren Trägheitsmassen ebenfalls numerisch ermittelt werden können und den empirischen Abschätzungen durchaus entsprechen.

In bezug auf Quantenzahlen, welche die Eigenschaften der Elementarkorpuskeln beschreiben, kommt man zusammenfassend zu folgendem Schluß: Die von uns untersuchten Korpuskeleigenschaften (insbesondere Masse und Existenzzeit) der Mesonen, Barionen und Neutrinos, sowie der sehr kurzlebigen Resonanzen werden von 12 ganzzahligen Parametern $(k, P, Q, \varkappa, n, m, p, \sigma, S, q_x, N, \varepsilon)$ bestimmt. Durch eine wesentliche Auswahlregel werden dabei die zeitabhängigen Zonenbesetzungen (n, m, p, σ) reduziert auf $(k, P, Q, \varkappa, S, q_x, N, \varepsilon)$ und (S, q_x) auf $(k, P, Q, \varkappa, \varepsilon)$. Schließlich werden durch die Spinauswahl $(P, Q, \varkappa)$ allein durch k ausgedrückt. Demnach geht algebraisch die Gesamtheit der Elementarkorpuskeln im wesentlichen auf die Quantenzahl k zurück, für welche es aber nur die Werte $k=1$ und $k=2$ gibt. Darüber hinaus liegt noch eine Abhängigkeit von der Folge positiver ganzer Zahlen $N \geqq 0$ und die Entscheidung $\varepsilon = \pm 1$ in bezug auf die Antikorpuskeln vor.

Nach unserer oben kurz skizzierten Auffassung kann es auf keinen Fall irgendwelche ponderablen materiellen Baueinheiten geben, die sozusagen als Unterpartikel die Elementarkorpuskeln zusammensetzen, weil die metrische Abweichung eines Raumgebietes von der pseudoeuklidischen Metrik allein noch keine Materie ist. Andererseits erscheinen uns die Elementarkorpuskeln keineswegs als elementar im absoluten Sinn, vielmehr muß der Begriff des Elementaren relativiert werden. Bezogen auf die Eigenschaft ponderable Materie zu sein, sind diese Korpuskeln tatsächlich elementar, so daß nach W. Heisenberg Aussagen wie „besteht aus" oder „teilbar in" in bezug auf ponderable Letzteinheiten unmöglich sind. Trotzdem erschien es uns notwendig, nach dem internen Strukturzustand der Elementarkorpuskeln und seinen möglichen zeitlichen Änderungen (Existenzzeit und Zerfall) zu fragen.

Die vorliegende Schrift ist ein verbal gehaltener Überblick über eine umfangreiche formale feldphysikalische Studie, welche auf diesem Wege der Öffentlichkeit vorgestellt werden soll. Interessenten können sich an den Autor wenden. Ein verdichteter mathematisch-physikalischer Auszug wird bereitgestellt und kann gegebenenfalls Interessenten ausgehändigt werden.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. H. P. Dürr für gute Ratschläge und für die wertvolle Hilfeleistung bei der Abfassung des Manuskriptes.

Auch danke ich Herrn Dr. L. Bölkow für die gewährte tatkräftige Unterstützung meiner Arbeit, und Herrn Dipl.-Phys. I. v. Ludwiger für die mühevolle Sichtung des umfangreichen fachlichen Zeitschriftenmaterials und sonstigen Schrifttums.

[1] A. Einstein, The meaning of Relativity, Princeton Univ. Preß, Princeton, New Jersey 1950.
[2] H. J. Treder, Physikertagung 1965, Hoechst.
[3] M. v. Laue, Relativitätstheorie Bd. I und Bd. II, Vieweg, Braunschweig 1956.
[4] H. J. Treder, Die Relativität der Trägheit, Akademie-Verlag, Berlin 1972.
[5] J. Ehlers u. W. Kundt, Exact Solutions of the Gravitational Field Equations, Sammelband Gravitation: an Introduction Current Research, ed by L. Witten, Wiley & Sons, Inc, New York 1962.
[6] G. Lyra, Mündlich gegebener Rat anläßlich eines Gespräches.
[7] P. Jordan, Schwerkraft und Weltall, Vieweg, Braunschweig 1955.