Illo Brand

Neuere Theorien der Gravitation und die qualitative Erklärung für einige physikalische Wirkungen der UFOs

Übersicht:

Dieser Aufsatz wendet sich hauptsächlich an den theoretischen Physiker. Es wird der Versuch unternommen, ausgehend von neuen Gravitationstheorien, die extraterrestrische Hypothese zur Erklärung der UFO-Phänomene zu stützen. Zu diesem Zweck werden Gravitationstheorien vorgestellt, die elektromagnetische Begleiterscheinungen der Gravitationswellen vorhersagen, wie solche in der Umgebung von UFOs gesehen worden sind.
Um dem weniger mit der Materie vertrauten Physiker den Zugang zu den neueren Gravitationstheorien zu erleichtern, werden die Entwicklung und die wichtigsten Eigenschaften der Gravitationstheorien kurz dargestellt. Als erstes werden Gravitationstheorien im Minkowski-Raum behandelt, anschließend solche in Riemannschen Räumen. Es folgt eine Diskussion über die Notwendigkeit einer Erweiterung der Einsteinschen Gravitationstheorie. Als Beispiele solcher Erweiterungen werden Skalar-Tensor-Theorien der Gravitation, sowie einheitliche Feldtheorien und einheitliche Quelle-Feld-Beschreibungen behandelt. Auf die Quantisierungs-Versuche wird ausführlich eingegangen, wobei die einheitliche Feldtheorie von Wheeler besonders herausgestellt wird. Es werden einige Forderungen genannt, die von einer konsistenten Quantenfeldtheorie der Materie und Gravitation erfüllt werden müssen.
Diese Übersicht über die Hauptrichtungen in der Gravitationsforschung ist notwendig, damit der theoretische Weg und die Bedeutung der anschließend vorgestellten einheitlichen Quantenfeldtheorie der Materie und Gravitation von Burkhard Heim vom Leser richtig beurteilt werden kann. Heims einheitliche Feldtheorie, deren Publikation vorbereitet wird, ist gegenwärtig die einzige Struktur-Theorie, welche auf eine konsistente Formel für die Massen der Elementarteilchen und Resonanzen sowie für deren Lebensdauer führt, deren Werte exakt wiedergegeben werden. Der Weg der Herleitung der Heimschen Feldtheorie wird kurz skizziert. Zunächst wird Heims Gravitationstheorie, in welcher die Feldmasse der Gravitation mitberücksichtigt wird, im Minkowski-Raum behandelt, danach wird angegeben, daß eine Äquivalenz zwischen Heims einheitlichem Quelle-Feld-Energiedichte-Tensor mit dem Weylschen Strukturtensor besteht. Da die räumlich verteilte Gravitationsfeldenergie in den Gravitationsfeldgleichungen als Feldmasse mitberücksichtigt wird, ergibt sich eine Korrektur des Newtonschen Gravitationsgesetzes, das z.B. die Bildung von Spiralnebel-Nestern zu erklären erlaubt. Der Kanonische Formalismus fordert die Einführung eines "Mesofeldes" und ermöglicht es damit, die Feldgleichungen in eine quantisierte Form zu bringen. Das theoretische Ergebnis einer Überlichtgeschwindigkeit gravitativer Feldstörungen legt das Postulat eines zweiten Relativitätsprinzips und eine Korrektur der Lorentz-Transformationsgruppe der speziellen Re-

Copyright © 1976 by Illo Brand, D-8152 Feldkirchen-Westerham
Alle Rechte vorbehalten

lativitätstheorie nahe. Um die quantenmechanischen Symmetrieforderungen erfüllen zu können, muß der R4-Bereich zu einem R6 erweitert werden. Auf diese Weise kann eine nichtlineare quantisierte hermitesche Strukturtheorie entwickelt werden. Die mathematische Bedingung der Flächenquantisierung erfordert einen neuen mathematischen Kalkül, weil die Limes-Relationen des gewöhnlichen Differential- und Integral-Kalküls nicht mehr anwendbar sind. Die Notwendigkeit der Einführung der Differenzrechnung als Folge metrischer Strukturquanten (Metronen) wird erläutert.
In der Nachbarschaft von elementaren ponderablen Feldquellen wird das Gravitationsfeld extrem stark. Gravitationsfeld und Materiefeld, sowie das Spektrum aller wechselwirkenden Felder werden einheitlich durch energetische Quantenstufen eines Struktur-Tensors beschrieben.
Heims Theorie ermöglicht neue, im Labor experimentell nachprüfbare Erkenntnisse über Wechselwirkungen zwischen elektromagnetischen und gravitativen Feldern. So müßte der "Kontrabarische Effekt" die Erzeugung von Beschleunigungs- oder Gravitationsfeldern bei gleichzeitigem Entstehen von "Gravitationswellen" ermöglichen. Die Eigenschaften dieser in der Natur nicht auftretenden "Wellen" sind äußerst ungewöhnlich.Z.B. müßten diese über den "dynabarischen Effekt" beim Auftreffen auf Materie elektromagnetische Strahlungen, starke magnetische und elektrische Felder sowie Kältewirkungen verursachen etc. Anhand einiger spezieller UFO-Berichte (Bilder und Fotos) werden die Sekundäreffekte qualitativ zu erklären versucht. Schließlich wird gezeigt, wie es nach Heims Theorie prinzipiell möglich ist, daß ein Raumschiff schon bei kleineren Geschwindigkeiten als der des Lichtes auf den Mantel des Lichtkegels gelangen kann. Damit läßt sich die ETH zur Erklärung der UFOs theoretisch begründen.

Neuere Theorien der Gravitation und die qualitative Erklärung für einige physikalische Wirkungen der UFOs

Einleitung

Ausgangspunkt für eine wissenschaftliche Untersuchung der UFO-Phänomene muß das gesamte verfügbare Datenmaterial sein. Man tut gut daran, jeden einzelnen Bericht anzuzweifeln, doch wird durch die gegenseitige Bestätigung vieler gleichlautender Wahrnehmungen die Wahrscheinlichkeit immer größer dafür, daß wir uns einem objektiven Tatbestand gegenüber sehen.

Den heute noch in der wissenschaftlichen Öffentlichkeit bevorzugten Weg der Beschäftigung mit den UFO-Berichten, nämlich zu beweisen, daß es die berichteten Phänomene aus diesen oder jenen Gründen nicht geben könne, und diese Gründe gegen eine vorweggenommene Erklärung, i.a. der extraterrestrischen Hypothese anzuführen, ohne das gesamte Datenmaterial heranzuziehen, halte ich nicht für wissenschaftlich seriös.

Ich bin der Meinung, daß das Studium der etwa 60000 registrierten und z.T. gut geprüften Zeugenaussagen - darunter etwa 1000 Nahesichtungen und 200 Berichte über angebliche Insassen von UFOs - ausreicht, um von der Existenz eines wie auch immer zu erklärenden neuen Phänomens überzeugt zu werden. Doch wer hat schon die Zeit zum Lesen. Es ist einfacher zu urteilen als zu analysieren.

Alle, die wir hier zusammengekommen sind, haben jeder mindestens einige Hundert UFO-Berichte kritisch gelesen und z.T. selber Recherchen angestellt. Daher sollten wir uns bei unseren beschränkten Möglichkeiten des Arbeitens nicht weiter damit aufhalten, Existenzbeweise zu erarbeiten.

Ist einmal genügend Geld für eine staatlich geförderte UFO-Forschung vorhanden, so wird man die Basis ohnehin noch einmal festigen müssen.

Der ernsthafte Forscher kann sich von der Existenz des Phänomens durch die Lektüre der wissenschaftlichen Publikationen, wie sie z.B. in den von uns im Anhang zum MUFON-Tagungsbericht 1974 (MUFON-C.E.S. 1974) genannt sind, überzeugen lassen.

Zu den ernsthaften Forschern zähle ich nicht die "theoretischen Skeptiker", die den Wahrheitswert von a priori Theorien über den Wahrheitsgehalt von Zeugenaussagen stellen, wie z.B. D. Menzel (Menzel, D & L.G. Boyd 1963) und Ph. Klass (Klass,Ph. 1968 und 1975) sowie alle Saduzäer, die nur das glauben bzw. für möglich halten, was sie selber gesehen und erlebt haben.

Es sollte nach nunmehr 30 Jahren weltweit bestätigter, wenn auch nur sporadischer Anwesenheit von unidentifizierbaren Flugobjekten - ich sehe jetzt einmal von den Berichten vor 1945 ab - an der Zeit sein, den Versuch zu wagen, diese Objekte unter Berücksichtigung des gesamten Spektrums der Beobachtungen gemäß unserem gegenwärtigen physikalischen Wissensstand zu erklären.

Ich werde mich darauf beschränken, das Datenmaterial aus dem mittleren Bereich des UFO-Sichtungsspektrums, also die sogenannten physikalischen UFOs für die folgenden Diskussionen heranzuziehen (Brand 1974). Fehlinterpretationen und parapsychologisch beeinflußte Wahrnehmungen bleiben somit mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen.

Mit Erklärungen der UFO-Phänomene meine ich nicht etwa ihre Identifizierung mit bekannten Naturphänomenen oder ihre Erklärung als Schwindelberichte, wie dies Klass (1975) macht.

Denn einerseits können UFOs entsprechend der Definition gerade nicht auf diese Weise erklärt werden, und andererseits konnten Poher und Vallee (1975) zeigen, daß es sich bei den UFOs tatsächlich um reale Objekte am Himmel handelt, die weder halluziniert sein können (aufgrund der Abhängigkeit der Sichtungshäufigkeit von der Zenitdistanz) noch Sichtungsdauern zeigen, die denen bekannter Phänomene entsprechen (welche jeweils Maxima in der Häufigkeitsverteilung bei kurzen und sehr langen Beobachtungsdauern aufweisen, im Gegensatz zu UFO-Sichtungen, die im Mittel 30 Minuten lang gesichtet werden.)

Es sind folgende Hauptfragen des UFO-Problems zu beantworten:

1. Woher kommen die Objekte, denn um solche handelt es sich zweifellos?
2. Was ist die Motivation der Intelligenz hinter den Objekten für ihr Hiersein?
3. Warum vermeiden die Insassen einen direkten Kontakt mit uns?

In der Diskussion dieser Phänomene wird häufig die extraterrestrische Hypothese vorgebracht. Doch muß darauf hingewiesen werden, daß es noch längst nicht sicher gestellt ist, daß diese Hypothese auch die brauchbarste ist.

Wenn sich diese Hypothese auch noch an dem konventionellen Begriff des Raum-Zeit-Kontinuums orientiert, kann sie sehr leicht widerlegt werden.

Andererseits geben die Bücher von Vallee (1970, 1974), Keel (1970a, 1970b, 1971), Barker (1970) und Fort (1957) um nur einige der am besten informierten Forscher zu nennen, viele überzeugende Hinweise auf eine möglicherweise "ultraterrestrische" Herkunft.

Die Berichte über das Verhalten der Objekte und das Aussehen der Insassen erschienen mir persönlich am verständlichsten, wenn die Objekte aus der Zukunft kämen. Doch scheint es hier zu unauflöslichen Paradoxien zu kommen, die eine solche Erklärung ausschließen.

Man darf es sich auch nicht so leicht machen, und die Beantwortung der Fragen aus den gelegentlich berichteten Gesprächen der UFO-Besatzungen mit Augenzeugen holen. Das tun leider viele UFO-Studiengruppen. Wenn es zu Kontakten zwischen den Besatzungen mit Beobachtern angeblich gekommen ist, sind die übermittelten "Botschaften" ohne tieferen Inhalt, ohne Beweiskraft, ohne Konsistenz.

Es wurde bisher in jedem Falle bei den UFO-Insassen darauf geachtet, daß den Zeugen keinerlei Beweismittel in die Hände fielen.

Wenn wir den Berichten über Begegnungen mit UFO-Insassen Glauben schenken dürfen, so sehen wir, daß jene alles daran setzen, um einem offiziellen Kontakt mit uns auszuweichen.

Das ganze Kontaktmanöver macht viel eher den Eindruck einer groß angelegten Komödie, um durch unsinniges Gebaren, widersprüchliche Informationen und absurdes äußerliches Aussehen in einigen Fällen jeden ernsthaften Forscher von vornherein abzustoßen. Diese Taktik hat sich allerdings außerordentlich gut bewährt.

So wie sich uns das Phänomen gegenwärtig präsentiert, können wir keinerlei Aufschlüsse über die wahre Herkunft, die wahren Motive und das Problem des "Nicht-Kontaktes" aus den Zeugenberichten über angebliche Kontakte erwarten.

Also müssen wir uns an die Beobachtungen halten, die eine gewisse Konsistenz aufweisen, nämlich an die Objekte und ihre physikalischen Wechselwirkungen mit der Umgebung.

Zunächst scheint es so, als könnten wir die Wechselwirkungen, sowie die Flugmanöver und den Antrieb nach unserem heutigen physikalischen Wissensstand nicht erklären.

Würden die UFOs lange Feuerschweife hinter sich her ziehen, einen fürchterlichen Triebwerkslärm verursachen und nicht selber leuchten, so wäre ihre Existenz, da sie ins gegenwärtige Paradigma passen würde, weniger umstritten, als sie es wegen der völlig unverständlichen Eigenschaften der Objekte ist.

Es scheint so, daß erst, wenn wir in der Lage sind, die physikalischen Eigenschaften der UFOs zu erklären, auch die drei Grundfragen über das UFO-Phänomen hinreichend beantwortet werden können.

Die Berichte erwecken den Eindruck, als seien die Objekte in der Lage, sich ihre eigenen Gravitationsfelder zu erzeugen. Nimmt man diese Hypothese ernst, so wären die Physiker in der glücklichen Lage, aus den Berichten über UFO-Beobachtungen zusätzlich einiges über die Schwerkraft in Erfahrung zu bringen.

Die Möglichkeit,zusätzliche Informationen über die Gravitation zu erhalten, sollte einem Gravitations-Physiker andererseits den Versuch wert sein, die UFO-Berichte ernst zu nehmen. Denn es ist nicht sehr viel, was wir über die schwächste aller physikalischen Wirkungen - die Gravitation - wissen. Ja, man kann sogar soweit gehen, zu sagen, daß über die Gravitation, verglichen mit anderen Feldern, überhaupt keine gesicherten Kenntnisse existieren.

Ich gehe für die folgenden Diskussionen von der Arbeitshypothese aus, daß UFOs außerirdische Raumschiffe seien, welche von fremden Sternen oder Galaxien kommen und als Antrieb gravitative Beschleunigungsfelder verwenden. Die beobachteten physikalischen

Wechselwirkungen mit der Umgebung wären demnach die Folge der Wechselwirkung von Gravitationswellen mit Materie.

Diese Hypothese klingt zunächst phantastisch. Doch haben jüngste Entdeckungen auf dem Gebiet der allgemeinen Relativitätstheorie bzw. der einheitlichen Quantenfeldtheorie Perspektiven eröffnet, die die aufgestellte Hypothese in allen Punkten wenigstens qualitativ stützen können.

Ich werde zunächst einige der neueren Gravitationstheorien diskutieren und dann untersuchen, inwieweit diese hinreichen, um wenigstens qualitativ die beobachteten Eigenschaften und Wirkungen der UFOs zu erklären.

1. Lorentzinvariante Gravitationstheorien im Minkowski-Raum

Was wir von der Gravitation wissen, ist in folgenden Punkten zusammengefaßt:

1. Die Gravitation wirkt auf alle Energieformen, d.h. auf Materie und Licht, gleichermaßen.
2. Die Reichweite der Gravitation ist sehr groß. Demzufolge ist die Ruhemasse eines entsprechenden Wechselwirkungs-Teilchens sehr klein.
3. Die Wirkung der Gravitation ist immer attraktiv im Gegensatz zur Elektrodynamik, d.h. es gibt nur Quellen und keine Senken des Feldes.
4. Die Bewegungsgleichung von Probekörpern enthält nicht deren Masse.
5. Die 3 Keplerschen Gesetze für die Bewegung der Planeten werden durch das Newtonsche Gravitationsgesetz näherungsweise beschrieben. Die Newtonsche Gravitationstheorie ist allerdings ergänzungsbedürftig, denn sie kann die empirisch bestätigten Tatsachen nicht verstehen:
6. Ein Lichtstrahl wird am Sonnenrand abgelenkt.
7. Der Planet Merkur zeigt eine sehr ausgeprägte Periheldrehung.
8. Die Lichtgeschwindigkeit nimmt (nach radioastronomischen Messungen) beim Vorbeigang an der Sonne im Perihel ab und nicht zu, wie es die Newtonsche Theorie fordern würde.

Die spezielle Relativitätstheorie, welche Einstein 1905 als Folge des negativen Ausgangs des Michelson-Morley-Versuches aufstellte, verlangt, daß alle physikalischen Theorien invariant gegenüber der 10-parametrigen Gruppe der Lorentz-Transformationen sein müsse: +)

$$\bar{x}^1 = (x^1 - vt)\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}, \quad \bar{x}^2 = x^2, \quad \bar{x}^3 = x^3, \quad \bar{t} = -t\frac{vx^1}{c^2}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

bzw.

$$\bar{x}^\nu = a^\nu_\mu x^\mu + b^\nu \quad \text{mit} \quad a^\nu_\mu a^\mu_\lambda = \delta^\nu_\lambda \quad \text{und} \quad x^0 = ict$$

$$b^\nu = const$$

Die Newtonsche Gravitationstheorie und Mechanik ist nicht lorentzinvariant, sondern nur invariant gegenüber der Gruppe der

+) lateinische Indizes laufen von 1 bis 3, griechische von 0 bis 3, es gilt die Summenkonvention, wonach über doppelt auftretende Indizes in Produkten zu summieren ist.

Galilei-Transformationen:

$$\bar{x}^i = x^i - v^i t$$

Erst wenn die Geschwindigkeiten der beobachteten Objekte, oder wenn die als Quadrat der zirkulären Geschwindigkeit aufgefaßten Gravitationspotentiale gegenüber der Lichtgeschwindigkeit groß werden, machen sich die Unterschiede zwischen galileiinvarianten und lorentzinvarianten Theorien bemerkbar.

Die Elektrodynamik genügt allerdings den Prinzipien der speziellen Relativitätstheorie. Man versuchte daher, analog zum Vorgehen in der klassischen Elektrodynamik eine Feldtheorie der Gravitation aufzustellen, die zugleich das Phänomen der Lichtablenkung enthält. Nordström (1914) verwendete anstelle des Laplaceschen Differentialoperators $\Delta = \partial^2/\partial x^i \partial x^k$ (i, k = = 1,2,3) in der Newtonschen Theorie

$$\Delta \varphi = (4\pi\gamma)\rho \qquad \text{mit } \varphi = \frac{\gamma m}{r}$$

(γ = Gravitationskonstante, ρ = Materiedichte, φ = Gravitationspotential)
den lorentzinvarianten d'Alembert-Operator $\Box = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \Delta$

welcher angewendet auf das skalare Gravitationspotential φ der Spur des relativistischen Energie-Impuls-Tensors T proportional sein sollte:

$$\Box \varphi = \varkappa T \qquad \text{mit } \varkappa = \text{const.}$$

$$\text{und } T = T^{\mu\nu}\eta_{\mu\nu}, \quad \text{mit } \eta_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$(\mu, \nu = 0,1,2,3)$$

Da die Spur des elektromagnetischen Energie-Impuls-Tensors Null ist, konnte diese Theorie die Lichtablenkung nicht erklären und lieferte überdies einen falschen Wert für die Periheldrehung.

Der Versuch, anstelle des Skalar-Potentials ein Vektorpotential einzuführen

$$\Box \varphi_\mu = \varkappa T_\mu ,$$

scheiterte an der Forderung, daß die Energie eines solchen Feldes positiv definit +) sein muß, was nur erfüllt sein kann durch das Verschwinden der Ableitungen der Potentialfunktion φ_μ und der Quellfunktion T_μ hinsichtlich x_μ

$$\frac{\partial T_\mu}{\partial x^\nu} = 0$$

+) positiv definit heißt ein Ausdruck, der für reelle Werte bestimmter Variablen immer nur positive Werte annehmen kann.

Es ist nur eine Vierer-Vektorgröße bekannt, welche diese Bedingung erfüllt: das ist der Vierer-Stromvektor. Damit müßte das Gravitationsfeld mit dem elektromagnetischen identisch sein, wogegen jedoch die Beobachtung spricht, daß die Gravitationskraft zwischen zwei Massen immer anziehend ist. Diese reine Vektortheorie der Gravitation, die einem Spin-1-Feld entsprechen würde, ergibt das falsche Vorzeichen für die Wechselwirkung, wohingegen die reine Skalar-Theorie mit dem Spin 0 und die Tensor-Theorie mit dem Spin 2 das richtige Vorzeichen für die Wechselwirkung liefern würden (Robertson, H.P. und Th.W.Noonan 1968).

Um in einer Vektortheorie der Gravitation die attraktiven Kräfte beschreiben zu können, muß man eine negative Kopplungskonstante wählen und erhält damit auch die Bewegungsgleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie (Spieweck 1971).

Birkhoff (1943) ersetzte in den Feldgleichungen das Newtonsche Gravitationspotential φ durch einen Tensor $\varphi_{\mu\nu}$ und setzte den Operatorausdruck dem symmetrischen Energie-Impuls-Tensor der Materie $T_{\mu\nu}$ proportional

$$\Box \varphi_{\mu\nu} = \varkappa T_{\mu\nu}$$

Doch Birkhoffs Gravitationsfeld besaß keine positiv definite Energie und müßte bei Quantisierung zu Teilchen positiver und negativer Energie führen, was zur spontanen Produktion von Teilchen aus dem Vakuum-Zustand führen müßte.

Denn die schon erwähnte Forderung für die Positiv-Definitheit, das Verschwinden der Ableitung des Energie-Impuls-Tensors der Materie $T_{\mu\nu}$ hinsichtlich x_ν allein, kann die Erhaltungsgleichung nicht erfüllen, sondern nur die Summe aus diesem und einem Tensor für das Feld $t_{\mu\nu}$

$$\frac{\partial (T_{\mu\nu} + t_{\mu\nu})}{\partial x^\nu} = 0$$

Wenn die Feldgleichungen aus dem gewöhnlichen Variationsprinzip hergeleitet werden, so muß nach Gupta (1954) die erforderliche Lagrangedichte L eine unendliche Reihe der Gestalt

$$L = L_0 + \varkappa^1 L_1 + \varkappa^2 L_2 + \ldots$$

sein, wobei die Terme in L_n aus einem Produkt von (n+2) Faktoren aus $\varphi_{\nu\mu}$ oder aus deren Ableitungen bestehen.

Diese Theorie ist mit allen Erfahrungen über die Gravitation verträglich. Wir können also schließen,

9. die Quelle des Gravitationsfeldes ist ein Energie-Impuls-Tensor.

Die Tensor-Theorie im ebenen Minkowski-Raum hat ihre Vorzüge vor der Einsteinschen Theorie, auf die ich gleich zu sprechen kommen werde. Sie ermöglicht eine einheitliche Beschreibung der Gravitation und des Elektromagnetismus. Doch vor allen Dingen wird die Ausführung der Feld-Quantisierung, analog zum

elektromagnetischen Felde, möglich (Gupta 1952 und 1957).

Die eben besprochenen Gravitationstheorien versuchen das empirische Wissen über die Gravitation zu deuten ohne die Theorie an den geometrischen Raum unserer Anschauung oder an die anderen physikalischen Felder anbinden zu wollen.

Zu den weniger gesicherten empirischen Daten über die Gravitation gehören noch zwei weitere Beobachtungen:

10. Rotierende Körper scheinen bei hinreichender Größe bzw. starken Gravitationsfeldern Magnetfelder zu produzieren (Babcock und Blackett 1947).
11. Beobachtungen an Galaxienhaufen legen den Schluß nahe (Zwicky 1959), daß das Newtonsche Gravitationsgesetz seine Gültigkeit in Bereichen größer als etwa 20 Millionen Lichtjahren verliert.

2. Gravitationstheorien mit Riemannscher Geometrie

Die spezielle Relativitätstheorie leugnet die Existenz eines absoluten Raumes ohne jedoch die Annahme einer allgemeinen Relativität der Bewegungen zu rechtfertigen. Einstein versuchte daher, die Aussage der speziellen Relativitätstheorie, daß die physikalischen Gesetze in eine Form gebracht werden können, die ungeändert bleibt, wenn die in ihnen auftretenden Größen einer Lorentz-Transformation unterworfen werden, nicht nur auf gleichmäßig bewegte Systeme, sondern auch auf ungleichmäßig bewegte, also beschleunigte Systeme, auszudehnen.

Das Eötvös-Experiment hatte 1908 ergeben, daß die träge Masse bis auf eine Genauigkeit von $1:10^{11}$ denselben Wert liefert wie die schwere (felderzeugende) Masse, d.h. alle Körper fallen im Gravitationsfeld unabhängig von ihrer Masse gleich schnell in Richtung Zentrum.

Diese Äquivalenz zwischen träger und schwerer Masse wurde zum Ausgangspunkt der Einsteinschen Gravitationstheorie.

Einstein ließ sich von der methodischen Forderung leiten, daß alle in der Theorie auftretenden Bestimmungsstücke eine experimentell verifizierbare Bedeutung haben müssen.

Dies hatte zur Folge, daß es nicht mehr möglich war, in Anwesenheit von Gravitationsfeldern empirisch ein pseudo-euklidisches Raum-Zeit-Kontinuum zu realisieren. Denn es gibt keine als Meßgeräte zu verwendenden Objekte mehr, die nicht vom Gravitationsfeld beeinflußt werden. Auch durch den Vergleich von Bahnen verschieden schwerer Körper lassen sich keine Rückschlüsse mehr auf den euklidischen Raum ziehen, da die Bewegungsgleichungen von Probekörpern die Masse nicht enthalten.

Um den genannten methodischen Grundsatz nicht verletzen zu müssen, bezog Einstein seine Theorie nicht auf die Koordinaten eines pseudo-euklidischen Raum-Zeit-Kontinuums, in welchem die euklidischen Koordinatenachsen unbeobachtbar bleiben, sondern auf die wirklichen Bahnen von Lichtstrahlen und Massenpunkten.

Die von Einstein 1916 postulierten Gravitationsfeldgleichungen verknüpfen eine rein geometrische Größe, und zwar die aus den Bianchi-Identitäten der Riemannschen Geometrie

$$- R_{\mu\nu\lambda\sigma;\rho} - R_{\mu\nu\rho\lambda;\sigma} = -R_{\mu\nu\rho\sigma;\lambda}$$

gewonnene Divergenz des Ricci-Tensors $R_{\mu\nu}$ und des Krümmungsskalars R mit der Divergenz des Energie-Impuls-Tensors der Materie $T_{\mu\nu}$:

$$G_{\mu\nu;\mu} = (R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R)_{;\mu} = - \varkappa T_{\mu\nu;\mu}$$

$$G_{\mu\nu} = - \varkappa T_{\mu\nu}$$

(mit ";" ist die kovariante Ableitung gemeint).

In dieser Theorie ist das Gravitationsfeld ein tensorielles

Feld $g_{\mu\nu}(x^{\lambda})$, welches in den Feldgleichungen quasilineare Differentialformen 2. Ordnung bildet.

Aus den Bewegungsgleichungen

$$\frac{d}{ds}\left(g_{\mu\nu}\frac{dx^{\mu}}{ds} \right) = \frac{1}{2}\Gamma^{\lambda}_{\mu\nu}\frac{dx^{\mu}}{ds}\frac{dx^{\nu}}{ds},$$

$$ds^2 = g_{\mu\nu}dx^{\mu}\,dx^{\nu}$$

mit den Dreiindizes-Symbolen

$$\Gamma^{\lambda}_{\mu\nu} = \frac{1}{2}\, g^{\lambda\tau}\left(-\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x^{\tau}} - \frac{\partial g_{\nu\tau}}{\partial x^{\mu}} + \frac{\partial g_{\tau\mu}}{\partial x^{\nu}} \right) = \left\{ {\lambda \atop \mu\nu} \right\}$$

folgt, daß die kräftefreien Bahnen von Massenpunkten als geodätische Linien in einem Riemannschen Raum aufgefaßt werden können, dessen metrischer Tensor durch $g_{\mu\nu}$ gegeben ist.

Das"Führungsfeld" $\Gamma^{\lambda}_{\mu\nu}$ ist umgekehrt aus den empirischen Bahnen von Massenpunkten und Lichtstrahlen bestimmbar.

Dieses Feld $g_{\mu\nu}$, das empirisch realisierbar ist, wird als metrischer Tensor der Riemannschen Geometrie aufgefaßt. Alle physikalischen Gesetze werden in bezug auf diesen Raum mit Riemannscher Krümmung formuliert, d.h. die Grundgleichungen der Physik müssen als kovariante Gleichung in einem Riemannschen Raum geschrieben werden.

Als Prinzip der allgemeinen Kovarianz bezeichnet man seither die Invarianzforderung gegenüber beliebigen Koordinatentransformationen.

Das Gravitationsfeld wird also durch eine kovariante Differentialgleichung für das Feld $g_{\mu\nu}$ dargestellt. Es ist im Sinne der Feldgleichung das Gravitationsfeld, welches von der Quelle $T_{\mu\nu}$ erzeugt wird, und im Sinne der Bewegungsgleichung das Führungsfeld, entlang deren Feldlinien sich ein Massenpunkt oder auch Lichtstrahlen bewegen müssen.

Die Gleichheit von Gravitation und Führungsfeld bzw. Trägheitskraft ist ein physikalischer Sachverhalt.

Einsteins Interpretation des $g_{\mu\nu}$ -Feldes als metrischer Tensor einer Riemannschen Geometrie und die daraus resultierende Forderung der Kovarianz ist dagegen die Konsequenz der methodischen Forderung, daß eine physikalische Theorie nur beobachtbare Größen enthalten darf.

Dadurch, daß der Geometrie der Welt selbst ein physikalischer Inhalt zugesprochen wurde, ließen sich erstmals globale, d.h. kosmologische Fragen lösen. So konnte Einstein durch Hinzufügen eines skalaren Terms in den Feldgleichungen, was etwas willkürlich geschah, für ein statisches Universum Lösungen ermitteln, die einen Kosmos mit endlicher Materiedichte und Ausdehnung (endlichem Krümmungsradius R) ergaben.

Die Willkür der Einführung dieses kosmologischen Gliedes hatte Einstein selbst mächtig gestört. Erleichtert hat er diesen Versuch wieder aufgegeben, als die Lösung der Einsteinschen Feldgleichungen durch Friedmann bekannt wurde, der die ursprünglichen Feldgleichungen unter der Annahme gelöst hatte, daß das Universum expandiert (zeitabhängiger Weltradius R).

Da Hubble etwa um die gleiche Zeit entdeckt hatte, daß die Rotverschiebung der Spektrallinien von Galaxien umso größer wurde, je weiter diese entfernt waren, paßte Friedmanns Lösung gut mit der als Dopplereffekt deutbaren Rotverschiebung zusammen. Und bisher wird diese kosmologische Theorie, die einen "Urknall" voraussetzt, allgemein anerkannt. D.h. die neuesten astrophysikalischen Beobachtungen bzw. Messungen über die Grenzen des Weltalls (offenes Weltmodell) und die Materiedichte des Universums scheinen einen Zusatzterm in den Feldgleichungen wieder erforderlich zu machen (Weidemann 1975).

So ästhetisch schön Einsteins Theorie ist und auch makrophysikalisch erfolgreich, das Konzept, den Begriff des Kraftfeldes insofern aus der Physik zu eliminieren, als die jeweiligen Bahnen von Massenpunkten Geodäten von Räumen mit geeignet gewählter Metrik sind, hatte einigermaßen katastrophale Folgen für das weitere Verständnis aller physikalischen Zusammenhänge der Gravitation mit mikrophysikalischen Prozessen.

Ich werde darauf noch zu sprechen kommen, doch zunächst einige wesentliche Eigenschaften der Einsteinschen Gravitationstheorie nennen.

Die einfachste Methode der Herleitung invarianter physikalischer Feldgleichungen ist die Anwendung eines invarianten Variantionsprinzips, das die Tatsache verwendet, daß die Wirkungen eines jeden physikalischen Systems ein Minimum darstellen:

$$\delta W = \delta \int (L \sqrt{-g}) \; dx^0 \, dx^1 \, dx^2 \, dx^3 = 0$$

(wenn $L\sqrt{-g}$ die Lagrange-Dichte und $g = \det g_{\mu\nu}$ sind).
Die Invarianz des Variationsprinzips bezüglich einer bestimmten Transformationsgruppe ist nun hinreichend dafür, daß die aus diesem Variationsprinzip hergeleiteten Gleichungen in bezug auf diese Gruppe ebenfalls invariant sind.

Aus der Invarianz eines Wirkungsprinzips gegenüber einer kontinuierlichen Gruppe (z.B. der Lorentz-Gruppe) folgt, nach einem 1918 von Noether bewiesenen Satz der Variationsrechnung, die Existenz von differentiellen Identitäten, deren Anzahl gleich der Parameterzahl der Gruppe ist.

Die Parameterzahl einer Bewegungsgruppe, der sog. Lie-Gruppe, ist gleich der Zahl der unabhängigen Symmetrien des Raumes. So ist die Parameterzahl der Lie-Gruppe in einem symmetrischen R4, weil ein Körper beliebig gedreht und verschoben werden kann, N = 10 (Anzahl der Drehungen $N_D = \frac{1}{2}(n-1)n$, Anzahl der Verschiebungen $N_V = n$, $N = n\left(\frac{n+1}{2}\right)$, d.h. bei 4 Dimensionen n=4 ist N=10).

In der speziellen Relativitätstheorie ergeben sich aus einem Variationsprinzip demnach 10 Differential-Identitäten, welche mathematisch die Erhaltung von 10 Größen in differentieller Form ausdrücken, die in Integralsätze umgeformt werden müssen, wenn man aus ihnen Erhaltungssätze herleiten möchte, also Sätze, die die zeitliche Konstanz von physikalisch meßbaren Größen behaupten.

Die Integrale haben einen physikalischen Sinn, weil ihre Werte unabhängig von der speziell gewählten Darstellung sind. So erhält man in der speziellen Relativitätstheorie Erhaltungssätze für Energie, Impuls, Drehimpuls und Schwerpunkt.

In der allgemeinen Relativitätstheorie werden die Feldgleichungen entsprechend aus einem kovarianten Wirkungsprinzip hergeleitet (Variation hinsichtlich $g_{\mu\nu}$). Die Einsteinschen Gleichungen erhält man aber auch aus einer nur lorentzinvarianten Wirkungsfunktion, d.h. es bestehen in der allgemeinen Relativitätstheorie ebenfalls 10 Differential-Identitäten.

Aus diesen ergeben sich allerdings jetzt keine Erhaltungssätze für physikalische Größen, sondern Ausdrücke, die eine Summe von physikalischen und geometrischen Größen sind.

Dies rührt daher, daß die lorentzinvarianten speziell relativistischen Gleichungen auf allgemein kovariante Formen gebracht werden müssen. Diese Formen enthalten die $g_{\mu\nu}$ explizit. Alle nicht gravitativen Felder beeinflussen daher die Metrik, da sie einen Beitrag zum Materietensor liefern

$$\frac{\delta \mathcal{L}_{mat}}{\delta g_{\mu\nu}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{-g}\, T_{\mu\nu}$$

der seinerseits alle Energie-Komplexe beeinflußt.

Die Erhaltungssätze haben die Form (z.B. Treder, 1968):

$$\frac{d}{dt} \int \left(\sqrt{-g}\, T^{o}_{\mu} + t^{o}_{\mu} \right) dx^1 dx^2 dx^3 = \frac{d}{dt} J_{\mu} = 0$$

$$x^o = \text{const}$$

$$\int_{x^o = \text{const}} \left(\sqrt{-g}\, T^{o}_{\mu} + t^{o}_{\mu} \right) dx^1 dx^2 dx^3 = \oint_{R \to \infty} \frac{x_\nu}{R} \mathfrak{V}^{\nu o}_{\mu} ds$$

Darin ist T^{ν}_{μ} der Energie-Impuls-Tensor der Materie und t^{μ}_{ν} eine unanschauliche geometrische Größe, die den eigentlichen Beitrag des Gravitationsfeldes beschreibt, aber da sie keinen Tensorcharakter hat,auch keinerlei physikalische Bedeutung besitzt. Die Integrale J_{μ} werden als Gesamt-Energie-Impuls eines Systems bezeichnet, doch ist, da der Integrand $\sqrt{-g}\, T^{o}_{\mu} + t^{o}_{\mu}$ keine physikalische Bedeutung hat, die Energie nicht mehr lokalisierbar.

Der zweite der Integralsätze folgt, wenn unterstellt wird, daß die Topologie des gewöhnlichen 3-dimensionalen Raumes so beschaffen ist, daß der Gaußsche Integralsatz anwendbar ist. Sie besagen, daß die Gesamtenergie J_o und der Gesamtimpuls J_i

eines Systems aus Gravitations- und anderen Feldern eindeutig durch die Struktur des Gravitationsfeldes im Unendlichen des 3-dimensionalen Raumes bestimmt sind, ganz im Sinne Machs.

Nach Treder (1968) wäre das ein erster Hinweis darauf, daß es möglich sein könnte, den Materie-Tensor T^{ν}_{μ} aus der Gravitationstheorie ganz zu eliminieren, was bedeuten würde, daß Geometrie und Materie noch enger miteinander zusammen hängen, als in den Einsteinschen Gravitationsgleichungen zunächst vorausgesetzt worden ist.

Die Geometrisierung eines Feldes gelang bisher nur für das Gravitationsfeld überzeugend. Der Versuch, auch die Quellen des Teilchens zu geometrisieren, ist bisher nicht überzeugend gelungen. Über die Versuche dazu werden wir gleich hören.

An dieser Stelle sollten wir uns noch einmal fragen, ob die Grundidee Einsteins, daß die gesamte Wirklichkeit als Dynamik einer Geometrie aufgefaßt werden muß, denknotwendig ist. Könnte nicht Geometrie nur der Hintergrund sein, vor dem etwas anderes abläuft, dessen Quantitätsaspekt zwar geometrisch, dessen Qualität jedoch nicht mehr geometrisch ist?

Die geometrische Beschreibung physikalischer Felder hat zu einem Bruch zwischen Kosmologie und Elementarteilchen-Theorien geführt, der u.U. vermeidbar gewesen wäre. Solange, als man noch sicher gewesen war, die Elementarteilchen in geometrischen Termen beschreiben zu können, hatte es auch Sinn, der Riemannschen Geometrie eine führende Rolle bei der Beschreibung der Gravitationstheorie einzuräumen. Heute sind sich die Gravitations-Physiker nicht mehr so sicher.

Nach Weinberg (1972) sollte die Riemannsche Geometrie nicht als fundamentale Basis der Gravitationstheorie, sondern nur als mathematisches Hilfsmittel angesehen werden, das geeignet ist, das viel grundlegendere Äquivalenzprinzip zu erklären.

Nach Finkelstein (1974) wäre es z.B. auch denkbar, daß die Objekte der Wirklichkeit nicht geometrisch zusammen hingen. Er betrachtet die Welt als Netz von elementaren Ereignissen, die analog zu den Leibnitzschen Monaden allein Realität besitzen. Nicht die Geometrie wäre die Arena für den Weltablauf, sondern die Wechselwirkungen. Längen und Zeiten erscheinen dabei als Zustandsgrößen.

Das Motiv für Machs Forderung der allgemeinen Relativität war die Annahme, daß nur Körper eine objektive Realität besäßen, nicht aber Raumpunkte. Folgerichtig sollten Kräfte zwischen Körpern nur von ihren Relativkoordinaten, nicht aber von ihrem Verhältnis zu einem "absoluten Raum" bestimmt sein.

In dieser Form ist eine Feldtheorie der Raummetrik hinfällig. Im Gegensatz zu Machs Auffassung schrieb Einstein dem Raum nicht nur keine, sondern sogar mehr physikalische Eigenschaften zu als Newton . Jeder Weltpunkt hat ja bei Einstein bestimmte physikalische Eigenschaften.

Die "semantische Konsistenz" würde erfordern, daß man Kenntnis

von der empirischen Bestimmbarkeit der jeweiligen Koordinatenwerte erhält, also weiß, wie sich Maßstäbe und Uhren verhalten, was wegen der Beliebigkeit in der Koordinatenwahl nicht möglich ist. (Semantische Konsistenz i.e.S. ist nach v. Weizsäcker (1974) eine Theorie, deren Verständnis, soweit es von der Theorie selbst erklärt wird, mit dieser Erklärung verträglich ist. Semantisch konsistent i.w.S. heißen Theorien, in der keine semantischen Inkonsistenzen auftreten können.)

Der physikalische Sinn der allgemeinen Kovarianz bleibt somit unklar. Schon 1917 hatte Kretschmann darauf hingewiesen, daß man durch explizite Einführung der Komponenten des metrischen Tensors $g_{\mu\nu}$ in den Feldgleichungen, diese stets allgemein kovariant schreiben kann. Die allgemeine Kovarianz ist dann jedoch keine Forderung an den Inhalt der Naturgesetze, sondern nur an deren Schreibweise.

Einstein blieb jedoch bei seiner Forderung, die Naturgesetze sollten in der allgemein kovarianten Schreibweise einfach sein. Tatsächlich sind seine Feldgleichungen mit kosmologischem Glied die einzigen allgemein kovarianten, die keine höheren als 2. Ableitungen der $g_{\mu\nu}$ enthalten. Ob Naturgesetze, die sich einfach schreiben lassen - wie z.B. die Einstein-Gleichungen - auch gültiger sein müssen als komplizierter formulierte, bleibt eine Vermutung.

Neben den Versuchen zur Geometriesierung der Felder wurde unabhängig davon die Quantenfeldtheorie entwickelt. Ausgehend von der Tatsache, daß jedem Elementarteilchen ein Feld entspricht, hatte man in den dreißiger Jahren damit begonnen, systematisch alle lorentzinvarianten Feldtheorien zu untersuchen.

Den verschiedenen Darstellungen der Lorentz-Gruppe entsprechen verschiedene mögliche Felder. So führen die halbzahligen Darstellungen der Lorentz-Gruppe zu den Spinor-Feldern, welche Teilchen mit halbzahligem Spin entsprechen, für die die Fermi-Statistik gilt (z.B. ist das Elektron ein Fermion mit dem Spin 1/2).

Die ganzzahligen Darstellungen entsprechen Tensorfeldern, die ihrerseits Teilchen mit ganzzahligem Spin entsprechen und der Bose-Statistik genügen (z.B. entspricht das Photon mit dem Spin 1 dem Vektorfeld des elektromagnetischen Feldes).

Diese fundamentale Beziehung zwischen Spin und Statistik und die grundlegende Rolle, welche die Lorentz-Gruppe für diese Zusammenhänge spielt, legt die Frage nahe, ob die Einsteinsche Gravitationstheorie sich nicht ebenfalls in die Systematik der lorentzinvarianten Feldtheorien eingliedern ließe. Dies wurde zunächst von Gupta (1957) versucht, der eine lorentzinvariante Theorie durch Entwicklung der Einsteinschen Gravitationstheorie nach der Gravitationskonstanten $\varkappa$ fand.

Mittelstaedt (1968) verwendete Lagrangefunktionen, die zuerst von Thirring (1961) angegeben worden waren und auf lineare Feldgleichungen führen. Die resultierende lorentzinvariante Gravitationstheorie, die im ebenen Minkowski-Raum definiert ist,

geht in die im Riemannschen Raum formulierte Einsteinsche Theorie über, wenn man sie mit der Forderung Einsteins verbindet, daß alle Bestimmungsstücke der Theorie empirisch realisierbar sein sollen.

Während in bezug auf die unbeobachtbare Metrik des Minkowski-Raumes die Welt unendlich ist, wird sie, im Hinblick auf die Metrik der observablen Geometrie, durch einen 3-dimensionalen Raum konstanter Krümmung mit einem zeitlich veränderlichen Krümmungsradius dargestellt.

Ich möchte an dieser Stelle noch einmal die Hauptunterschiede zwischen der speziellen und der allgemeinen Relativitätstheorie aufzeigen:

In der speziellen Relativitätstheorie haben die Minkowskischen Koordinaten x^i und t eine Doppelfunktion, sie dienen als Kennzeichen und informieren gleichzeitig über Zeitdauern und Raum-Distanzen.

In der allgemeinen Relativitätstheorie muß streng zwischen 2 verschiedenen Arten unterschieden werden, und zwar zwischen der differentiellen Topologie und der metrischen Geometrie. Um vorhersagen zu können, was eine physikalische Uhr anzeigen wird, muß man die Metrik kennen, nicht nur die Kennzeichen, welche zwischen einem Ereignis und einem anderen unterscheiden. Doch die Metrik, die sich entlang einer Weltlinie ändert, beschreibt gleichzeitg auch eine dynamische Variable, d.h. das Gravitationsfeld. Daher ist die Zeit mit der Dynamik vermengt.

Eine "dynamische Größe" kann auf einer raumartigen Hyperfläche (zu einem bestimmten Augenblick) zusammen mit ihrer Änderungsrate frei gewählt werden und wird durch die Bewegungsgleichungen eindeutig bestimmt.

Oder in der Sprache der kanonischen Transformationen ausgedrückt: Dynamische Variablen sind kanonische Koordinaten und Impulse, die anfänglich frei gewählt und anschließend einheitlich durch die Hamiltongleichungen bestimmt werden können. In diesem Sinne ist $g_{\mu\nu}$ keine dynamische Variable, da sie nicht frei wählbar ist. Auch bestimmen die Bewegungsgleichungen diese Größen nicht einheitlich. In der allgemeinen Relativitätstheorie sind also dynamische und "kinematische" Variablen (Raum und Zeit) ununterscheidbar vermischt.

Einsteins Theorie der Gravitation wurde durch drei astronomische Beobachtungen bestätigt: es sind dies die Ablenkung der Lichtstrahlen am Sonnenrand, die Periheldrehung des Merkurs und die Rotverschiebung der Spektrallinien des von der Sonne kommenden Lichtes (als Energieverlust in starken Gravitationsfeldern).

Eine andere Aussage, konnte indessen noch nicht empirisch bestätigt werden. Es handelt sich um die Erzeugung von Gravitationswellen.

Im Grenzübergang $\varkappa \to 0$ bedeuten die Feldgleichungen nicht gravitationsfreie Felder, sondern Gravitation ohne Quellen. Die Va-

kuum-Feldgleichungen lauten dann $R_{\mu\nu} = 0$. Unter diesen "Einstein-Räumen gibt es nun solche, die freien Gravitationswellen entsprechen. Wegen der Nichtlinearität der Feldgleichungen und wegen des Fehlens eines Tensorausdrucks für die Energie des Gravitationsfeldes, können die Fragen nach der Gravitationsstrahlung und der damit verbundenen Energieübertragung nur unzureichend beantwortet werden (Pirani 1962). Nach Infeld (1959) läßt sich sogar immer ein geeignetes Koordinatensystem finden, in dem es keine Gravitationsstrahlung gibt. Man kann den Tensor $g_{\mu\nu}$ näherungsweise durch den Minkowski-Tensor $\eta_{\mu\nu}$ ersetzen und mit einer Störung versehen. Die charakteristischen Eigenschaften sind dann allerdings durch diese Linearisierung zerstört.

Schon Einstein hatte 1916 seine Feldgleichungen in 1. Ordnung mit Hilfe retardierter Potentiale gelöst. Die Feldgleichungen sind lorentzinvariant, d.h. es geht in die Wellengleichung die Lichtgeschwindigkeit als Ausbreitungsgeschwindigkeit der Gravitationsfeldstörung ein.

Ob für die Gravitationsfelder überhaupt die Lorentzgruppe der elektromagnetischen Feldstörungen gefordert werden muß, ist jedoch nicht sicher. Pauli (1963) bemerkte dazu, daß die spezielle Relativitätstheorie wegen der Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit vom Gravitationspotential nur gültig ist bei Abwesenheit von Gravitationsfeldern. Andererseits kann es aber in einem vollständig leeren Raum kein g-Feld geben, und die Lichtausbreitung wäre dann unmöglich.

Dieser Widerspruch kann beseitigt werden, wenn die Gruppe der Lorentztransformationen erweitert wird durch Ersetzen der konstanten Lichtgeschwindigkeit c durch

$$c' = c\left(1 + \frac{2\varphi}{c^*}\right)$$

wobei c die Lichtgeschwindigkeit im Koordinatenursprung und c^* die Lichtgeschwindigkeit in einem Ort mit dem Gravitationspotential φ sind (Einstein & Lorentz 1958).

Das Verfahren der Störungsrechnung wandte auch v.Krzywoblocki (1967) auf ein spezielles Beispiel an, um zu zeigen, daß sich Gravitationsfeldstörungen mit Geschwindigkeiten $\neq c$ ausbreiten und schloß daraus, daß dieses Verfahren nicht geeignet ist, die Ausbreitungsgeschwindigkeit c_g für Gravitationswellen abzuleiten. Er fand für die Ausbreitungsgeschwindigkeit

$$c_g^2 = c^2 \cdot (1 + n^2) \cdot 2/3$$

wobei n^2 eine beliebige Zahl sein kann, d.h. c_g kann jeden Wert annehmen.

Es wurden bisher auch noch keine Gravitationswellen entdeckt, trotz der optimistischen Anfangserfolge Webers auf dem experimentellen Sektor.

Einsteins Theorie zeigt noch eine weitere Eigenschaft:
Von Schwarzschild (1916) stammt die Lösung für Einsteins Feldgleichungen mit einer isotropen homogenen Metrik $g_{\mu\nu}$.

Aus dieser geht hervor, daß aus einem bestimmten sehr kleinen Bereich im Inneren eines Sterns $r_g = \frac{2\gamma}{c^2} \cdot M$ (M=Gesamtmasse, γ = Gravitationskonstante) keine Energie mehr entkommen kann.

Erst in jüngster Zeit sind durch Beobachtungen an Pulsaren diese "Schwarzschild-Löcher" extrem dichter Sterne wieder interessant geworden. Die Schlußfolgerung, daß die gesamte Materie eines degenerierten Neutronen-Sterns in seiner eigenen Gravitationsfeld-Singularität aus der zugänglichen Raum-Zeit verschwindet, oder die Annahme, daß die Materie unter solchen extremen Bedingungen neue Elementarteilchen bilden könnte, sowie die Möglichkeit der Zerstrahlung von Schwarzen Löchern infolge spontaner Paarerzeugung in unmittelbarer Nachbarschaft des Schwarzschild-Radius bleiben Spekulationen, solange es keine einheitliche Feldtheorie der Materie und Gravitation gibt.

3.1 Notwendigkeiten einer Erweiterung der Einstein-Theorie

Alle Versuche, Einsteins Gravitationstheorie nahtlos mit anderen Feldtheorien, z.B. der Quanten-Elektrodynamik in Übereinstimmung zu bringen, sind gescheitert. Es darf angenommen werden, daß die Feldgleichungen noch zu einfach angesetzt worden sind; und es wurden daher viele Versuche unternommen, Einsteins Theorie zu vervollständigen. Man kann für diese Bemühungen ganz roh fünf Richtungen angeben:

1. Erweiterung der Einstein-Theorie
2. Einheitliche Feldtheorien
3. Quelle-Feld-Beschreibungen
4. Quantisierung der Gravitation
5. Einheitliche Quantenfeldtheorie der Materie und Graviation

Die Forttransformierbarkeit des Gravitationsfeldes mit seinen Kräften und Spannungen wird nach wie vor als ein harter Zug der Einstein-Theorie empfunden (v.Laue 1965). Denn man wird zu einer Energiekonzeption geführt, die der sonst in der Physik üblichen Beobachtung radikal entgegensteht, wonach die Energie materiellen Charakter hat. Aus der Unsymmetrie des Pseudotensors $t_{\mu\nu}$ folgt auch, daß der Satz von der Trägheit der Gravitationsenergie nicht mehr gültig ist.

Kohler (1952, 1953) hat deshalb versucht, unter Beibehaltung des Äquivalenzprinzips einen tensoriellen Ausdruck für die Energieimpulsdichte des Gravitationsfeldes zu finden.

Dazu verwendete er zwei verschiedene Maßbestimmungen, wie es schon von Levi-Civatà (1928) vorgeschlagen und in den vierziger Jahren von Rosen (1941), Brand (1942) und Papapetrou (1948) verwendet worden war.

Nicht mehr $g_{\mu\nu}$ ist wie bei Einstein der Ausdruck für das Gravitationsfeld, sondern die Differenz zwischen den $g_{\mu\nu}$ einer Riemannschen Geometrie und den $\overline{g}_{\mu\nu}$ des pseudoeuklidischen

Raumes (mit der Bedingung $\lim_{r \to \infty} g_{\mu\nu} = \bar{g}_{\mu\nu}$). Daß sie sich unterscheiden, wird verursacht durch Ansesenheit von Materie, die den ebenen Raum krümmt. Die Differenz der Affintensoren liefert aber nun echte Tensorkomponenten:

$$\rho_{\mu\nu}^{\varkappa} = \Gamma_{\mu\nu}^{\varkappa} - \bar{\Gamma}_{\mu\nu}^{\varkappa}$$

Der Satz von der Gleichheit von träger und schwerer Masse, der sich in den Geodätengleichungen ausdrückt,

$$m \left(\frac{d^2 x^{\mu}}{d \tau^2} + \left(\bar{\Gamma}_{\varkappa\lambda}^{\mu} + \rho_{\varkappa\lambda}^{\mu} \right) \right) \frac{dx^{\varkappa} \cdot dx^{\lambda}}{ds \cdot ds} = K^{\mu}$$

gilt weiterhin, doch enthält $\Gamma_{\varkappa\lambda}^{\mu}$ jetzt einen Gravitations- und einen Trägheitsanteil (K^{μ} entspricht dem Minkowskischen Kraftvektor).

Die $\bar{\Gamma}_{\varkappa\nu}^{\mu}$ lassen sich forttransoformieren, sie stellen eine Scheinkraft (wie die Zentrifugal- oder Corioliskraft) dar. Aber der zusätzlich auftretende Tensor mit den Komponenten $\rho_{\varkappa\lambda}^{\mu}$ ist ein invarianter Ausdruck für das Schwerefeld, und kann daher nicht forttransformiert werden.

In einem geodätischen Koordinatensystem ist die Wirkung der Schwere durch die Trägheitswirkung zwar kompensiert, d.h. die Differenz der beiden Feldanteile in der Geodätengleichung verschwindet; die Schwerkraft wird aber nicht forttransformiert.

Darin besteht nun der Unterschied zum Einsteinschen Äquivalenzprinzip. Eine weitere Folge von Kohlers Theorie ist die Möglichkeit, mit Hilfe der beiden Metriken einen symmetrischen Energie-Impuls-Tensor für das Gravitationsfeld zu erhalten.

Da die Energie eines Gravitationsfeldes negativ ist, weil sie bei unendlichem Abstand zweier Körper Null sein muß und bei deren Annäherung anneinander Arbeit leistet, hatte man bisher das Vorzeichen auf die Energiedichte übertragen. Dann müßte aber z.B. ein schwingender Körper, der eine Gravitationswelle aussenden würde, negative Energie ausstrahlen, also eine Einstrahlung erfahren, welche seine Amplitude vergrößerte.

Nach Kohler ist aber die Energiedichte des Gravitationsfeldes stets positiv, während längs einer Kraftlinie ein Druck, senkrecht zu ihr ein Zug herrscht (jeweils im Betrag der Energiedichte).

Da jeder Körper schon für sich allein ein Gravitationsfeld mit positiver Energie besitzt, kann die Arbeit bei der Annäherung zweier Körper aus dem Vorrat ihrer Gravitationsenergie genommen werden. Diese Erkenntnis fehlt in der Newtonschen Tehorie und beseitigt den Fehlschluß auf eine negative Energiedichte.

Während die Spur des Energie-Impuls-Tensors im elektromagnetischen Falle verschwindet, ist dies bei Kohlers Energie-Impuls-Tensor des Gravitationsfeldes nicht der Fall wegen des ande-

ren Vorzeichens der Spannungsgrößen im Gravitationsfeld.

Das Verfahren von Rosen und Kohler ist allerdings durch die Bevorzugung der Minkowski-Metrik als Vergleichsmetrik nicht ohne Willkür und läßt sich nicht bei beliebigen Metriken(z.B. nicht bei geschlossenen Weltmodellen) anwenden.

Die Schwierigkeit einer allgemein kovarianten Formulierung des Energieterms des Gravitationsfeldes liegt in der Identifizierung des physikalischen Bezugssystems mit einem rein räumlichen Bezugssystem.

Pirani (1962), Dehnen und Hönl (1964) machten den Versuch, das Bezugssystem vom Koordinatensystem zu lösen und kovariant hinsichtlich beliebiger Koordinatentransformationen zu definieren.

Durch Projektion des metrischen Tensors $g_{\mu\nu}$ in den lokalen Ruheraum der Beobachter gewinnt man die Metrik des 3-dimensionalen, zum Vektorfeld der Vierergeschwindigkeit u^{ν} (x^{ν}) orthogonalen Erfahrungsraumes

$$g_{\underline{\mu}\underline{\nu}} = g_{\mu\nu} - u_{\mu} u_{\nu}$$

Die Beobachter sind mit Uhren, Maßstäben und Massen ausgestattet. Man gelangt zur Formulierung eines allgemein-relativistischen Bewegungsgesetzes für Probemassen im Führungsfeld, welches die Einführung von "Kräften" in die allgemeine Relativitätstheorie gestattet, im Sinne der Newton-Lagrangeschen Dynamik. Dehnen und Hönl erhielten so einen allgemein kovarianten Energie-Impuls-Spannungstensor für das Gravitationsfeld, der wieder vom Beschleunigungszustand des Beobachters abhängt.

Die negative Gravitationsfeld-Energie im Vakuum wird durch positive Feldenergie im Innern der Massenkugel teilweise wieder kompensiert.

3.2 Skalar-Tensor-Theorien der Gravitation

In einem 5-dimensionalen Raum begründete Jordan (1955) seine projektive Relativitätstheorie. Das Gravitationsfeld wird nicht durch 10, sondern durch 11 Komponenten beschrieben. Zu den 10 Komponenten des metrischen Tensors $g_{\mu\nu}$ tritt noch ein zusätzliches skalares Feld φ, das Jordan mit einer zeitlichen Variabilität der Gravitationskonstanten γ in Zusammenhang brachte.

Dicke und Brans (1961) führten ein skalares Zusatzfeld aus astrophysikalischen Gründen in die Einsteinschen Feldgleichungen ein.

In der Riemannschen Geometrie gewinnt man den Krümmungstensor durch Parallelverschieben eines Vektors entlang eines infinitesimalen Parallelogramms. Das Maß, welches angibt, unter welchem Winkel der Vektor gegenüber der Lage im Ausgangspunkt ankommt, wird durch den Krümmungstensor angegeben.

Weyl (1929) erweiterte diese Geometrie durch das Postulat, daß sich auch die Länge des Vektors bei der infinitesimalen Umfah-

rung in einem gekrümmten Raum ändern sollte. Neben den $g_{\mu\nu}$ tritt in der Weylschen Geometrie daher noch eine Eichfunktion φ auf, die skalaren oder vektoriellen Charakter haben kann, je nach Interpretation.

Ross (1972) verwendete Weyls Geometrie, um analoge Ergebnisse wie Jordan, Brans und Dicke zu erhalten. Seine Gleichungen waren allerdings nicht mehr allgemein kovariant. Denn ein großer Mangel der Weylschen Geometrie besteht darin, daß der Raum zwar eine Maßbestimmung trägt, aber ohne jeden metrischen Zusammenhang ist, d.h. die Längen zweier Vektoren, die von zwei beliebigen Punkten aus aufgetragen werden, können nicht direkt verglichen werden.

Im Gegensatz zum Linienelement $ds^2 = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$ der Einsteinschen Theorie wären die Größen $g_{\mu\nu}$ und φ nicht durch direkte Beobachtungen zu ermitteln. Daher lehnte Einstein die Weylsche Theorie ab (Einstein 1920). Es sollte nämlich der Gang einer Uhr nicht nur vom Weltort,an dem sie sich befindet, sondern auch von der Vorgeschichte der Uhr abhängen.

Die Existenz scharfer Spektrallinien beweist jedoch die Metrisierbarkeit der Raum-Zeit, wie sie von Riemann als Grundeigenschaft seiner Mannigfaltigkeit gefordert wurde.

Kürzlich (1973) stellt Dirac trotz dieser Härte eine Gravitationstheorie in der Weyl-Geometrie auf. Durch Einführung zweier verschiedener Linienelemente umging Dirac die Einwände, welche der Weylschen Geometrie von Seiten der Physik entgegen gebracht werden, also die schon erwähnte Nichtintegrabilität der Längenübertragung (d.h. Fehlen eines metrischen Zusammenhangs). Das Intervall ds_E soll zwei benachbarte Punkte verbinden. Es kann nicht direkt gemessen werden, zeigt hingegen seinen Einfluß in den Bewegungsgleichungen, und die Einstein-Gleichungen sollen sich auf dieses Linienelement beziehen.

Das in kernphysikalischen Meßapparaturen registrierte Intervall ds_A bleibt dagegen zeitunabhängig. Das Verhältnis ds_E/ds_A ändert sich mit der Zeit und führt auf die Variation der Gravitationskonstante . Die Feldgleichungen lauten dann wie bei Jordan, Brans und Dicke.

Dirac hielt an der Weylschen Geometrie fest, obwohl seine Theorie damit zu Symmetrieverletzungen (Ladungs- und Zeitumkehr-Invarianz-Verletzung!) führte, aus folgenden Gründen:

Es scheint eins der Prinzipien der Natur zu sein, daß Gleichungen, welche Grundgesetze ausdrücken, invariant gegenüber einer möglichst großen Gruppe von Transformationen sein müssen.

In der Weylschen Geometrie hat man sowohl Transformationen gekrümmter Koordinaten als auch Eichtransformationen, gegenüber welchen Invarianz der Naturgesetze zu fordern ist.

Nun hat aber schon 1951 Lyra in seiner Geometrie die Schwächen der Weylschen Geometrie aufheben können, was Dirac entgangen zu sein scheint. In einer Modifikation der Riemannschen Geometrie ersetzte Lyra das im wesentlichen metrische Eichkonzept

Weyls durch die Einführung einer Eichfunktion in die strukturlose Mannigfaltigkeit.

Im Gegensatz zur Weylschen Geometrie ist die Parallelverschiebung von Längen in der Lyraschen Geometrie, wie in der Riemannschen Geometrie, integrabel, d.h. die Variation $\delta\, ds^2$ verschwindet:

$$\delta\, ds^2 = \delta\,(\mathring{x}^2 \cdot g_{\mu\nu} \cdot dx^\mu dx^\nu) = 0$$

$\mathring{x}$ ist die Lyrasche Eichfunktion.
Man hat Invarianz gegenüber Bezugssystemen, das sind Koordinatensysteme plus Eichung, für alle Naturgesetze zu fordern.

Sen und Dunn (1971) erhielten wiederum gleichlautende Ergebnisse mit den Gravitationstheorien von Jordan, Brans und Dicke, indem sie ein ähnliches Variationsprinzip wie diese ansetzten+). Diese Skalar-Tensor-Theorien der Gravitation behaupten wegen der Interpretation der Skalarfunktion als variable Gravitationskonstante einen anderen Wert für die Periheldrehung und Lichtablenkung als die Einsteinsche Theorie.

Nun zeigten aber neuere Messungen (Counselman 1975) der Ablenkung der Radiostrahlung des Quasars 3C 273B am Sonnenrand, daß Einsteins vorhergesagter Wert mit einer Genauigkeit von (99±3)% gefunden wurde.

Der Wert der relativistischen Periheldrehung des Radiopulsars PSR 1913+16, dessen Wert etwa 600mal größer ist als der des Merkurs, entspricht ebenfalls genau dem von Einstein errechneten Wert (Breuer 1975).

Diese Ergebnisse scheinen gegen die Skalar-Tensor-Theorien zu sprechen. Doch wenden sie sich in erster Linie gegen die Interpretation der Skalarfunktion als einer variablen Gravitationskopplungszahl.

Den Versuch, die Skalarfunktion in der Lyra-Geometrie als Ausdruck der Feldmasse des von einer elementaren Masse ausgehenden Körpers aufzufassen, unternimmt v.Ludwiger (1975). Beide Feldvariablen $g_{\mu\nu}$ und φ zusammen bestimmen in Newtonscher Näherung das Gravitationsfeld ϕ, in welchem nun aber $m = m(r)$ gilt, so daß

$$\frac{c^2}{2}\,(g_{00,r} - \varphi_r) = \phi = \gamma\left(\frac{m}{r^2} - \frac{\partial m}{\partial r}\cdot\frac{1}{r}\right)$$

wird. Diese Theorie führt auf ein modifiziertes Newtongsches Gravitationsgesetz und erklärt die Rotverschiebung im statischen Universum nicht mehr als Dopplereffekt, also als Folge einer Fluchtbewegung entfernter Galaxien, sondern als Energieverlust der Photonen beim Anlaufen gegen die schwach abstoßenden Gravitationsfelder von Galaxienhaufen. Die Anisotropie der

+) $\delta W = \frac{6}{\varkappa}\int (\mathring{x})^4\, \delta\left[R + \frac{1}{2\mathring{x}}\left(\frac{\mathring{x}_{,\nu}}{x^2}\right)_{;\mu} + \frac{\mathring{x}_{,\mu}\,\mathring{x}_{,\nu}}{\mathring{x}^2\,\mathring{x}^2}\right]\sqrt{-g}\; dx^0 dx^1 dx^2 dx^3 = 0$

Hubble-Konstante (Rubin et al. 1975; Jaakkola 1975) könnte dadurch eine Erklärung finden. Diese Theorie sagt die Einsteinschen Werte für die Lichtablenkung und die Periheldrehung (bis auf nicht apparativ nachweisbare Abweichungen von der Einstein-Theorie) voraus.

4. Einheitliche Feldtheorien

Eine andere Richtung in der Gravitationsforschung liegt in dem Bemühen, die Gravitation mit anderen physikalischen Phänomenen in eine einheitliche Feldgleichung fassen zu können. Diese Versuche geben allerdings wenig mehr Einblick in das Wesen der Gravitation, weshalb ich diese Theorien nur kurz streifen werde.

In den Geometrien von Weyl bzw. Lyra kann die Eichfunktion φ_μ auch als Vektorfeld aufgefaßt werden. Da in diesen Feldgleichungen die Rotation des Vektorpotentials ($\varphi_{\mu,\nu} - \varphi_{\nu,\mu}$) auftritt, lag die Interpretation als Vektropotential des elektromagnetischen Feldes nahe.

Der erste Versuch einer einheitlichen Feldtheorie von Elektromagnetismus und Gravitation stammte von Weyl (1918), der wegen der oben erwähnten Bedenken 1950 in Rücksicht auf die Wellenmechanik seine Theorie wieder zurückgenommen hat (1951).

Zu gleichlautenden Ergebnissen mit dieser Theorie, allerdings ohne deren Schwächen, gelangte Sen (1968) unter Verwendung der Lyra-Geometrie.

Lanczos (1957) arbeitete mit der Methode der Lagrangeschen Multiplikatoren im Hamiltonformalismus und schrieb seine Feldgleichungen in kanonischer Form. Die Untersuchung des quadratsichen Wirkungsprinzips zeigte, daß die Riemannsche Geometrie schon ohne zusätzliche Modifikation auf Einstein-Maxwell-Gleichungen führt, die den Weylschen ähnlich sind, wenn Invarianz gegenüber Koordinaten- und Eichtransformation gefordert wird.

In der 5-dimensionalen Riemannschen Geometrie treten 15 unabhängige Komponenten auf. Bezüglich der Raum-Zeit-Welt erscheint ein zusätzliches Vektorfeld $g_{\mu 4}$ mit 4 Komponenten und ein zusätzliches skalares Feld g_{44} .

5-dimensionale Theorien dieser Art wurden von Jordan (1955), Velben (1933), Van Danzig (1932), Bergmann (1948) und Schmutzer (1968) entwickelt.

Einstein hat 1945/46 eine Verallgemeinerung der allgemeinen Relativitätstheorie versucht, indem er den Maßtensor $g_{\mu\nu}$ als komplex ansetzte mit der Einschränkung, daß der imaginäre Anteil im Gegensatz zum reellen symmetrischen Teil antisymmetrisch sein sollte.

Bonnor (1951) fand für den statischen und symmetrischen Fall Lösungen dieser Theorie und ein Feld, welches einem isolierten Magnetpol ohne Masse, aber mit Gravitationswirkungen entsprechen müßte und Felder, in denen nur elektrische Ladungen auf-

treten. Die letzteren lassen aber keine stetige Massenverteilung zu.

1950 hat Einstein dann vorgeschlagen, den Maßtensor $g_{\mu\nu}$ zwar reell aber unsymmetrisch anzusetzen und mit Hlávaty (1952) Lösungen zu finden gesucht. Wegen der außerordentlich komplizierten Struktur dieser Theorie konnte sie nicht auf physikalische Vorgänge angewendet werden. Diese Ansätze griff 1952 B.Heim auf, um seine Quantenfeldtheorie zu entwickeln, worüber ich noch sprechen werde.

Neben den Versuchen zur Geometriesierung des Elektromagnetismus gibt es solche, die zum Ziele haben, die Kernbindungskräfte in die allgemeine Relativitätstheorie mit einzubeziehen.

Hehl und Datta (1971) verwendeten die Riemann-Cartan-Geometrie, in welcher neben der Raum-Krümmung eine Torsion auftritt. Cartans Torsionstensor ist eine Differenz der Dreiindizessymbole:

$$S_{\mu\nu}^{\varkappa} = \frac{1}{2} \cdot \left(\Gamma_{\mu\nu}^{\varkappa} - \Gamma_{\nu\mu}^{\varkappa} \right) \text{ und}$$

$$\Gamma_{\mu\nu}^{\varkappa} = \left\{ {\varkappa \atop \mu\nu} \right\} + S_{\mu\nu}^{\varkappa} - S_{\nu\mu}^{\varkappa} + S_{\varkappa\nu}^{\mu},$$

Der materiefreie Raum wird mit Minkowski-Struktur angenommen. Impuls- und Spin-Drehimpuls-Dichten sind Quellen von metrischen und Torsionsfeldern.

Durch Einführen der Wirkungsfunktion eines Dirac-Teilchens, welches mit einem Gravitationsfeld wechselwirkt, werden Feldgleichungen hergeleitet, die, nach Eliminierung der Verzerrung in der Dirac-Gleichung, auf die nichtlineare Spinorgleichung vom Heisenberg-Pauli-Typ führen.

Die Torsionsterme in der Wirkungsfunktion und damit der nichtlineare Term in der Spinorgleichung werden dahingehend gedeutet, daß diese mit einer universellen Spin-Spin-Kopplungs-Wechselwirkung korrespondieren. Diese universelle Spin-Spin-Wechselwirkung wird als klassisches Modell für die schwache Wechselwirkung angesehen, die neben der Gravitations-Wechselwirkung in den Feldgleichungen auftritt.

5. Einheitliche Quelle-Feld-Beschreibungen

In der Feldtheorie von Born und Infeld (1934) wurden Massen und Ladungen durch die Charakteristika des Feldes bestimmt. Doch konnte diese Theorie z.B. den Spin nicht erklären.

1938 gelang es Einstein, Infeld und Hoffmann, für den einfachen Fall von metrischen Singularitäten (Delta-Funktionsansatz!) und eines außerhalb der Singularitäten schwachen Gravitationsfeldes die Mechanik und Gravitationskräfte zwischen den den Singularitäten entsprechenden Körpern herzuleiten und damit die Gravitationsmechanik auf die Geometrie der Einstein-Räume zurückzuführen.

Es bleibt jedoch das allgemeine Ziel, Elementarteilchen durch einen Einsteinschen Raum mit bestimmten topologischen Singula-

ritäten mathematisch darzustellen.

Während Whiteheads Gravitationstheorie (1922) im Minkowski-Raum aufgestellt wurde, akzeptierten Hoyle und Narlikar (1963) die Riemannsche Raum-Zeit als geometrischen Ereignisraum. Die Wirkungsfunktion, von welcher sie ausgehen, ist unüblich:

$$\delta W = \frac{1}{16\pi\gamma} \delta \int R \sqrt{-g}\, d\tau - \sum_a m_a \delta \int da$$

Ein Volumen-Integral für die Feldvariablen liefert den Strukturteil analog demjenigen in den Einsteinschen Feldgleichungen, und ein Linienintegral wird für die Teilchen-Variablen verwendet, aus dem der Energie-Impuls-Tensor konstruiert wird.

Diese beiden Terme werden in ein doppeltes Linienintegral fusioniert durch Hinzunahme des Machschen Prinzips, nämlich daß die Masse m_a eines Teilchens "a" sich aus allen anderen im Universum befindlichen Massen ergeben soll. Eine Einzelmasse wird durch eine symmetrische skalare Green-Funktion dargestellt.

Die Masse m_a hängt von dem Ort ab und ist keine konstante mehr. Makroskopisch bleiben Einsteins Gleichungen erhalten. Die Weltlinien der Teilchen sind i.a. keine Geodäten:

$$\frac{d}{da} \left(m_a \frac{da^\mu}{da} \right) + m_a \Gamma^\mu_{\alpha\beta} = g^{\mu\alpha} \cdot \frac{\partial m_a}{\partial a^\alpha}$$

Eine topologisch fundierte Geometrodynamik wurde von Wheeler (1962) entwickelt.

Durch diese soll versucht werden, den Dualismus zwischen Geometrie und den nicht geometrischen Feldern und Teilchen schon auf der Basis der allgemeinen Relativitätstheorie aufzuheben.

In dieser Beschreibung erlangen die Quanten des Gravitationsfeldes eine besondere Bedeutung. Die Quantelung des Gravitationsfeldes bedeutet die Quantelung von Raum und Zeit. Diese sollte nach Einstein notwendig aus der Relativitätstheorie folgen. Nun muß nach Arbeiten von Peres und Rosen (1960) zur Quantentheorie des Gravitationsfeldes die Feldstärke des Gravitationsfeldes in infinitesimalen Bereichen notwendig sehr große Feldstärken annehmen.

Aufgrund der Heisenbergschen Unschärfe-Relation erhält man für das Gravitationsfeld die Bedingung:

$$\Delta\Gamma (\Delta L)^3 \geqslant \frac{h\gamma}{c^3}$$

wobei $\Delta\Gamma$ die Schwankungen des Gravitationsfeldes $\Gamma^\pi_{\mu\nu}$ und ΔL die Unschärfe der Längenmessungen bezeichnen. Wheeler (1957) leitete aus dem Feynmanschen Phasenintegral für die Einsteinschen Gleichungen eine analoge Beziehung ab:

$$\Delta g \; (\Delta L)^2 \geqslant \frac{h\gamma}{c^3}$$

Abstände kleiner als eine Länge $l_0 = \frac{h\gamma}{c^3} \approx 10^{-33}$ cm (Plancksche Länge) sind nicht mehr meßbar, da der Einfluß des Maßstabs so stark wird, daß die dadurch bedingte Störung der Metrik die übliche Lorentz-Minkowski-Signatur der Raum-Zeit zerstört.

In Schwingers Gravitationstheorie (1968) wird eine Quellenbeschreibung durch eine numerische Feldtheorie, die durch ein Wirkungsprinzip charakterisiert ist, beschrieben. Ein Graviton wird als ein masseloses Spin-2-Teilchen aufgefaßt.

Die Theorie der Quellen definiert Teilchen durch Streuprozesse, in welchen sie erzeugt oder vernichtet werden. Die quantenmechanische Charakterisierung eines vollständigen Prozesses, der mit einem Vakuum-Zustand beginnt und endet, wird beschrieben durch

$$\langle 0_+ \mid 0_- \rangle = e^{iW}$$

Schwinger führte eine symmetrische Quellenfunktion $T_{\mu\nu}(x)$ in die Wirkungsfunktion W ein:

$$W = \frac{1}{2}\int\left[T^{\mu\nu}(x)\cdot D_+(x-x')\cdot T_{\mu\nu}(x') - \frac{1}{2}\cdot T(x)D_+(x-x')T(x')\right]dx^{\mu}dx^{\mu'}$$

mit $D_+(x-x') = i\int d\omega_k \cdot e^{ik(x-x')}$

und $d\omega_k = \frac{d^4k}{(2\pi)^3\cdot 2|k|}$

Eine Tensor-Tensor-Theorie der Gravitation wurde 1971 von Isham, Salam und Strathdee (1971) in der Absicht angesetzt, die Quellen der Gravitation durch stark wechselwirkende Gravitationsfelder zu beschreiben. In dieser Theorie tritt neben dem gewöhnlichen $g_{\mu\nu}$ - Feld ein zweiter metrischer Tensor $f_{\mu\nu}$ auf, welcher das massive Mesonenfeld mit dem Spin 2 beschreiben soll. Das $g_{\mu\nu}$ - Feld soll nur an leptonische, das $f_{\mu\nu}$ - Feld nur an hadronische Materie gekoppelt sein.

Ein Mischungsterm zwischen f und g bewirkt, daß das g - Feld direkt über das f - Feld mit hadronischer Materie wechselwirkt. Die Kopplungskonstante des f - Feldes ist 10^{38} mal so groß wie die Newtonsche Gravitationskonstante. Die Theorie ist allgemein kovariant.

Exakte Lösungen dieser f-g Theorie wurden von Aichelburg und Urbantke (1972) angegeben.

In Analogie zur Dirac-Schwinger Quantisierungsprozedur ($\frac{e\mathfrak{m}}{c} = \hbar$, wenn e die Elementarladung und $\mathfrak{m}$ die "magnetische Ladung" bedeuten) können in der f-g Theorie Ladungsquanten der Gravitation gefunden werden

$$\left(\frac{\gamma m^2}{c} = \hbar\right).$$

Sivaram und Sinha (1974) konnten mit der f-g Theorie die Quantenzahlen Spin, Baryonen-Zahl, Strangeness und Isospin sowie einige

Elementarteilchenmassen berechnen.

Sie verwendeten zur Lösung der f-Feldgleichungen die Kerr-Metrik, die das Gravitationsfeld eines rotierenden Körpers beschreibt (Kerr 1963), und die Carter-Metrik, welche für das Feld eines rotierenden elektrisch geladenen Körpers gilt(Carter 1968).

Ein Massenquant wird hergeleitet durch Gleichsetzen der Gravitationsenergie $\gamma m^2/R$ mit der Strahlungsenergie $h\nu \sim \frac{c\nu}{\lambda}$ und Gleichsetzen der De-Brogliewellenlänge λ dieser Masse m mit der Reichweite R der Gravitationswirkung.

Daraus ergibt sich ein Wert für $m = \sqrt{\hbar c / \gamma_N} \sim 2{,}2 \cdot 10^{-5}$ g. Dieses schon von anderen Autoren vielfach verwendete Massenelement ist riesig groß. Doch erhält es nun die richtige Grösse, wenn anstelle von γ(Newton) die neue Kopplungskonstante γ_f für das f-Feld verwendet wird. So wird das sog. Om erhalten, mit der Masse $m(f) \sim 2{,}2 \cdot 10^{-24}$ g. Das ist die Masse des Protons.

Es wird postuliert, daß Mesonen aus zwei "diomischen" Teilchen und Baryonen aus "triomischen" Teilchen aufgebaut werden. Es hat große Ähnlichkeit mit dem Quark-Modell für das Massenspektrum der Elementarteilchen, nur mit dem Unterschied, daß Sivaram und Sinha Gravitationsladungen $m\sqrt{\gamma_f}$ an die Stelle von elektrischen Ladungen setzen. Diese Gravitationsladungen werden durch die superstarken Kräfte des f-Feldes zusammen gehalten.

Die Ausdehnung der Elementarmasse wird durch den Schwarzschildradius r_g dieser Masse und deren geometrisierten Drehimpuls a:

$$a = \frac{n \cdot \hbar}{mc}$$

gegeben und als "schweres schwarzes Quanten-Loch" bezeichnet. Die Reichweite der f-Gravitation ist extrem kurz ($\sim 10^{-14}$cm), wie aus der Masse des f-Mesons gefolgert werden kann.

Wird der Ausdruck für die geometrisierte Elementarladung des Elektrons verwendet:

$$Q^2 = \frac{\gamma e^2}{c^4}$$

so kann postuliert werden, daß Mesonen aus 2 Gravitationsladungen $e/\sqrt{\alpha}$ und Baryonen aus 2 $e/\sqrt{\alpha}$ - und aus einer e/α -Ladung bestehen (wenn α die Sommerfeldsche Feinstrukturkonstante bedeutet: $\alpha = \hbar c/e^2$)

Dieses Beispiel zeigt, daß es möglich ist, aus einer Strukturtheorie Elementarteilchen herzuleiten. Allerdings bleibt in der oben zitierten Theorie der Wert der Feinstrukturkonstante auch weiterhin unverstanden. Nach Dirac (1964) besitzt eine einheitliche Feldtheorie der Materie und Gravitation nur dann Aussicht auf Gültigkeit, wenn sie u.a. in der Lage ist, den Wert α als reine Zahl darzustellen.

Es gibt auch Versuche, Heisenbergs Elementarteilchen-Theorie mit der Strukturtheorie in Übereinstimmung zu bringen. Von Rodichev (1961), Braunss (1964, 1965) und Schmutzer (1968) stammen die ersten Versuche, den nichtlinearen Term der Heisenbergschen Spinor-Gleichung aus der Torsion des Minkowski-Raumes (Cartan-Raum!) herzuleiten.

Ulmer konnte zeigen (1975), daß Feynmans relativistische Partonen-Theorie mit einem quantisierten deSitter-Raum hergeleitet werden kann. Er formulierte eine nicht-lineare Spinorgleichung, welche die Partonen-Theorie und den nichtlinearen Term der Heisenberg-Gleichung als verschiedene Annäherungen in der Theorie der Elementarteilchen enthält.

Dadurch wird verständlich, warum die Heisenberg-Gleichung keinerlei Zusammenhang mit den phänomenologischen Theorien in der Hochenergiephysik, wie das Partonen- oder Quark-Modell, hat. Es war jedoch noch nicht möglich, nichttriviale Lösungen zu finden.

6. Quantisierung des Gravitationsfeldes

Wohl die wichtigste Richtung in der Gravitationsforschung besteht in den Versuchen, das Gravitationsfeld, d.h. die Raum-Zeit, wie die anderen physikalischen Felder zu quantisieren.

Seit den frühen Tagen der Quantenmechanik haben die Physiker gefühlt, daß eine vollständige Quantenfeldtheorie der Materie die Gravitation mit einschließen müßte. Einstein war da ganz anderer Meinung. Er wehrte sich zeitlebens gegen die Quantentheorie mit allen ihren Konsequenzen.

Die Quantisierung wurde über zwei allgemeine Näherungsmethoden versucht:

a) Durch Voraussetzung eines nahezu ungekrümmten Raum-Zeit-Kontinuums,

b) durch geometrische oder kovariante Annäherung.

Im ersten Fall werden die Abweichungen von der ebenen Raum-Zeit als so klein vorausgesetzt, daß die Gravitationsgleichungen linearisiert werden können.

Die zweite Annäherung behandelt die Feldgleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie in ihrer vollen kovarianten nichtlinearen Gestalt. Die Bemühungen um eine Quantisierung der kovarianten Theorie gehen von folgenden Formalismen aus:

b) 1. Kanonischer Formalismus und Hamiltonquantisierung.

2. Schwinger-Lagrangefunktion-Formalismus.

3. Feynman 's-Methode mit Summen-über-Geschichte.

4. Formalismus mit invarianten Kommutatoren.

5. Quantisierung mit Vierbeiformalismus.

6. Twistor Theorie von Penrose (Penrose 1975)

a) Die ersten Arbeiten zur Quantisierung der Gravitationsfeldgleichungen in einer ebenen Raum-Zeit-Annäherung gehen auf Rosenfeld auf das Jahr 1930 zurück. Rosenfeld errechnete die Gravitationsselbstenergie des Photons mit einer Störungsrechnung erster Näherung und erhielt ein quadratisch divergentes Ergebnis.
De Witt wandelte diese Selbstenergieberechnungen 1950 in eine manifest kovariante und eichinvariante Weise um, angeregt durch die Renormierungsmethode von Tomanaga, Schwinger und Feynman. Die Rechnungen wurden wieder mit der Störungstheorie in erster Näherung durchgeführt. Es zeigte sich, daß neben der gewöhnlichen elektromagnetischen Eichgruppe gleichzeitig auch eine mit der Gravitation gekoppelte Gruppe erfüllt werden muß, daß also bei fester Wahl der Eichung jede Koordinatentransformation von einer elektromagnetischen Eichtransformation begleitet sein muß.
Auf die Lagrangefunktion der klassischen Theorie wendete Gupta (1952) ebenfalls in ebener Raum-Zeit-Näherung die Quantisierungsmethode an, wobei er die Koeffizienten des Fundamentaltensors als gewöhnliche Variable behandelte, die keinerlei Zusammenhang mit der Metrik haben.
Auch Feynman setzte in seiner Theorie ein ebenes Raum-Zeit-Kontinuum voraus (1962). Neben einem linearen Feldanteil tritt in seiner Theorie ein nichtlinearer Anteil auf, der als effektive Selbstwechselwirkung fungiert.

b1. Das Quantisierungsprogramm (das 1949 von Bergmann durchgeführt wurde), sieht folgendermaßen aus:
Man versucht auf dem klassischen kanonischen Weg eine Hamiltonfunktion zu finden. Der Rahmen einer allgemeinen Hamiltontheorie, die auf jedes System, das durch eine Wirkungsfunktion beschrieben wird, anwendbar ist, wurde 1950 von Dirac angegeben.

Des weiteren bemüht man sich, Kommutatorbeziehungen für Lage und Impuls der Partikel allein definiert durch die Feldvariablen zu erhalten. Um eine Art Dirac-Gleichung zu bekommen, muß der Spin eingeführt und die Fermistatistik aus der Bose-Statistik, die dem Gravitationsfeld gehorcht, extrahiert werden. Damit Paarbildung und Vakuumspolarisation wie in der Quanten-Elektrodynamik errechnet werden können, muß die Asymmetrie zwischen Feld und Teilchen beseitigt werden. Durch Beschränkungsgleichungen schließt man die Zeit aus. Dann sind die Probleme zu lösen, die daraus folgen, daß die Koordinaten-Transformationsgruppe als Invarianzgruppe auftritt.

Einige Feldvariablen besitzen keine konjugierten Impulse, und die Impulskonjugierten der restlichen Feldvariablen sind nicht alle dynamisch unabhängig. Das Cauchy-Problem wird noch komplizierter durch das Fehlen der zweiten Zeitableitungen bei einigen Feldgleichungen. 1950 wendeten Pirani und Schild die Hamiltontheorie nach Dirac auf die Quantisierung der Gravitation an. Die Kompliziertheit der resultierenden

Algebra verwehrte es ihnen aber, die "primären Beschränkungen" (d.h. Eich-, Vierbein- und Koordinaten-Beschränkungen) abzuleiten. Nach De Witt (1960) lassen sich die"primären Beschränkungen" in reine Impulse ändern. Die Zustandsfunktionen für die Gravitation muß demnach unabhängig von den Komponenten des metrischen Tensors sein. Die "sekundären Beschränkungen" (d.h. die dynamischen Beschränkungen) sind nach Higgs (1958, 1959) die Erzeugenden der infinitesimalen Transformationen der räumlichen Koordinaten. Die Zustandsfunktion muß dann koordinatenunabhängig sein und kann daher nicht als willkürliches Funktional der 3 räumlichen metrischen Komponenten angenommen werden.

b2. Mandelstam (1964) führte 1962 den Riemanntensor direkt als dynamische Variable ein und erhielt lokale Kommutator-Beziehungen und Bewegungsgleichungen für die Variablen, die zusammen mit den wegabhängigen Gleichungen eine quantisierte Beschreibung des Gravitationsfeldes liefern. Es bleibt noch zu klären, ob nicht zunächst der Riemanntensor bekannt sein muß, bevor das "System von Wegen" verwendet werden darf.

Mit dem kovarianten Formalismus wird die nichtkommutative Algebra der Operatoren, speziell des Hamiltonoperators, in der Weise untersucht, daß Eigenwerte und Übergangswahrscheinlichkeiten abgeleitet werden können (Bergmann 1956; Belinfante 1957). Die Feldvariablen werden durch Definition von Poisson- oder Dirac-Klammern (1951) in eine Lagrange-Fassung gebracht, die eine Darstellung durch lineare Operatoren im Hilbertraum zuläßt. Im Hilbertraum werden die Klammern durch Kommutatoren dargestellt. Es gilt dann, das Problem durch eine geeignete Operatordarstellung zu lösen.

2. Arnowitt, Misner und Deser (1959) verfuhren nach dem Schwingerschen Variationsprinzip, welches charakterisiert ist durch die Angabe einer Differentialgleichung für die Green - sche oder Propagatorfunktion und durch die Möglichkeit, kovariante Größen anzugeben.

3. Von der Lorentzinvarianz der S-Matrix ging Weinberg (1965) aus. Er stellte in einer Störungsrechnung die S-Matrix für Photonen und Gravitonenprozesse auf und führe nichtkovariante Potentiale in die Wechselwirkung ein, um die Maxwell - schen und Einsteinschen Gleichungen zu bekommen.

4. Bergmann und Komar (1962) und De Witt (1962) konstruierten invariante Kommutatoren, um mit diesen eine Operatordarstellung zu erhalten, welche die klassische Kommutatordarstellung für die Invarianten angibt. De Witt verallgemeinerte die von Peierls (1952) entwickelte Methode der Konstruktion von Kommutatoren, während Bergmann und Komar infinitesimale kanonische Tranformationen verwendeten.

Von Komar wurden mehrere Verfahren zur Auswahl geeigneter Observablen für ein Quantisierungsprogramm der Gravitationstheorie untersucht. Zunächst führte er die Bondi-Metzner-Sachs-Raum-Zeit-Gruppe in die Theorie ein (1964), um für

die Lösungen der Einsteinschen Feldgleichungen asymptotisch ebene Grenzbedingungen im Unendlichen zu bekommen. Es tauchen problematische Faktor-ordnende Zweideutigkeiten auf, wenn man versucht, die Operatorbeziehungen aus dem Unendlichen in endliche Bereiche fortzusetzen.

In einem zweiten Verfahren wendete Komar (1967) den Robinson-Bel-Tensor an, um mit dessen Hilfe einen kovarianten Anteil der Raum-Zeit-Translationsgruppe für eine lokale Quantisierung der Einsteintheorie abzusondern.

In einem weiteren Verfahren untersuchte Komar (1968) die allgemein-relativistische Hamilton-Jakobi-Theorie mit dem Ziel, die Merkmale des Quantenzustandsvektors zu bestimmen, der die Hamilton-Jakobi-Funktion auf die WKB-Näherung +) reduziert.

Die Feldvariablen

$$g_{mn}(x^5) \quad , \; p^{ms}(x^5)$$

wurden aus der Quantentheorie eliminiert.

Damit entfällt die schwierige Entscheidung, welche dieser Feldvariablen und der aus ihnen zusammengesetzten Terme als Basisvariable für die Quantisierung in Frage kommen, im Unterschied zu Wheeler und De Witt. Über das Äquivalenzprinzip wird der Satz von Klassischen Variablen durch Äquivalenzklassen räumlicher Geometrien und deren Raum-Zeit-Darstellungen ausgedrückt. Die Theorie ist aber nicht in der Lage, explizit Observable zur Berechnung der Eichnormalform der räumlichen Metrik und unfähig, meßbare Eigenschaften anzugeben.

5. Um die gravitative Wechselwirkung mit Spinorfeldern beschreiben zu können, müssen metrische Spinorfelder oder Tetradenfelder in die allgemeine Relativitätstheorie eingeführt werden.

Sciama (1962) nahm den Vierbeinformalismus nach Weyl und führte differenzierbare Spinorfelder im Raum ein, die durch Terme von Lorentztransformationen des Vierbeins darstellbar sind.

Schwinger (1963) untersuchte die Quantisierung der konventionellen Theorie in Vierbeinform. Unter Verwendung dieses Formalismus errechnete Lanzcos (1964), daß das extrem starke Gravitationsfeld einer mikroskopischen Raum-Zeit-Struktur periodisch von den Koordinaten abhängt. Das allgemeine Relativitätsprinzip verliert in diesen Bereichen wegen eines bis auf globale Lorentztransformationen fixierten Tetradenfeldes seine Gültigkeit. Der durch ein Tetradenfeld definierte Fernparallelismus erlaubt die Existenz eines eindeutigen Vakuums in der allgemein relativistischen Quantenfeldtheorie. Treder (1967) leitete die Spinvektortheorie der Gravitation direkt aus der Gültigkeit des Äquivalenzprinzips für

+) WKB: Wentzel-Kramer-Brillouin Verfahren zur Beschreibung dynamischer mechanischer Größen durch Wellenfunktionen.

Spinorfelder her. Als Folge der potentialartigen Kopplung der Spinvektorfelder mit dem Materietensor kommt es zu "Gravitations-Abschirmeffekten", die bei sehr großen und dichten Massenanhäufungen einen Gravitationskollaps verhindern sollen. (Die Gravitationsfeldstärke wäre demnach kleiner als die nach Newton oder Einstein). Kaspar und Treder konnten mit der Tetradentheorie der Gravitation auch nachweisen, daß das Riemannsche Raum-Zeit Kontinuum keine befriedigende Beschreibung der Beziehungen zwischen Gravitationsfeld und Fermi-Feldern zuläßt (1969).

Es sind im wesentlichen zwei Eigenschaften des Gravitationsfeldes, welche die Quantisierungsmethode von der für andere Felder unterscheidet: die Nichtlinearität und die Invarianz hinsichtlich einer unendlich-dimensionalen Gruppe.

Natürlich ist jede Theorie wechselwirkender Felder nichtlinear. Aber diese Nichtlinearitäten werden gewöhnlich auf einem äußerst phänomenologischen Weg eingeführt, indem einige Kopplungsglieder in die Lagrangefunktion für das freie Feld eingesetzt werden.

Dagegen wird die Selbstkopplung des Gravitationsfeldes in fundamentaler Weise von geometrischen Beschreibungsprinzipien diktiert. Es läßt sich keine Kopplungskonstante auf der linken Seite der Einsteinschen Feldgleichungen finden, obgleich Newtons Gravitationskonstante die Gravitation mit anderen Feldern koppelt.

Jeder Versuch, die reine Gravitationswirkung in zwei Terme aufzuspalten, in einen der das freie Gravitationsfeld und in einen, der die Wechselwirkung des Feldes mit sich selbst beschreibt, scheint unnatürlich zu sein.

Kuchař (1973) fordert, daß man das Gravitationsfeld als eine einzige Einheit behandeln müsse, und es nicht in einen Hintergrund, der klassisch bleiben sollte, und in etwas vom Hintergrund Abgelöstes, das zu quantisieren wäre, trennen dürfe.

Eine unendlich dimensionale Eichgruppe stört besonders bei der kanonischen Quantisierung. Sie impliziert, daß die Theorie mehr Variable enthält als zur Beschreibung des physikalischen Zustandes erforderlich ist. Bei der Gravitation weiß man nicht, wie die eichinvarianten Variablen von den überflüssigen (nicht eichinvarianten) auf einfache Weise zu separieren wären. Man ist gezwungen, redundante Variable als kanonische Koordinaten zu verwenden. Doch wenn sie verwendet werden, führt dies zu Beschränkungs-Bedingungen für die kanonischen Impulse.

Bei allen Untersuchungen zu einer einheitlichen quantisierten Feldtheorie treten mehr oder weniger folgende Probleme auf:

1. Als Folge der Nichtlinearität der Theorie wird der Lichtkegel selbst verschoben, was zu Divergenzen führt, die wesentlich anders aussehen als solche in anderen Feldtheorien.

2. Wie sind raumartige Oberflächen einer quantisierten Metrik zu identifizieren?

3. Die asymmetrische Behandlung von Raum und Zeit durch den kanonischen Formalismus führt zur Verletzung der Invarianzgruppe.

4. Die Eichung der metrischen Komponenten ist willkürlich.

5. Die Existenz der Koordinaten-Invarianzgruppe gibt Anlaß zu Beschränkungsgleichungen, sog. constraints, welche die Anfangswerte befriedigen, welche die individuellen Lösungen der dynamischen Gleichungen charakterisieren.

6. Die Bestimmung der wirklichen physikalischen Observablen ist recht unsicher.

Ein wichtiger Schluß kann aus der Quantentheorie der Gravitation gezogen werden (Weinberg, 1972): Es läßt sich keine lorentzinvariante Quantentheorie von Teilchen mit der Masse Null und mit der Helizität ± 2 konstruieren, ohne irgendeine Art von Eichinvarianz in die Theorie einzubauen, da nur auf diese Weise die Wechselwirkung eines nicht tensoriellen Feldes $h_{\mu\nu}$ Übergangsamplituden erzeugt. Die Theorie der Gravitationsstrahlung ist eichinvariant, da die allgemeine Relativitätstheorie allgemein kovariant ist. Die allgemeine Kovarianz ist der mathematische Ausdruck für das Äquivalenzprinzip. Das Äquivalenzprinzip, auf dem die gesamte klassische allgemeine Relativitätstheorie basiert, scheint somit eine Konsequenz der Forderung zu sein, daß die Quantentheorie der Gravitation lorentzinvariant sein soll.

7. Einheitliche quantisierte Feldtheorie nach Wheeler

Misner (1957) und Wheeler (1957) wendeten das Feynman -Dyson-Quantisierungsschema an.

Die S-Matrix beschreibt allgemein die Wahrscheinlichkeitsamplitude für den Endzustand eines Systems für einen gegebenen Anfangszustand. In der Geometrodynamik werden die Endzustände beschrieben durch innere 3-Geometrien (d.h. 3-Topologien und 3-Metriken) der räumlichen Anfangs- und Endoberflächen. Die exakte Definition des Summierungsprozesses hängt davon ab, wie eine Messung im "Geschichtsraum" definiert ist. Man hat in der Geometrodynamik über alle möglichen Topologien zu summieren.

In der realen Welt der Quantenphysik kann man nicht gleichzeitig eine dynamische Variable und die Rate ihrer zeitlichen Änderung angeben. Das ist die Folge des Unschärfe-Prinzips. Wheeler schloß daraus, daß das Objekt einer 4-dimensionalen Raum-Zeit nur eine klassische Annäherung ist, aber in Wirklichkeit nicht existieren kann und entwickelte das Konzept eines "Superraumes" (Wheeler 1964).

Im Gegensatz zu den Ereignispunkten der Raumzeit liegen bei Wheeler die Ereignisse auf Kreuzungen von raumartigen 3-Geometrien, die zeitlich auf andere 3-Geometrien ($^{(3)}g$) bezogen sind, welche wiederum von den Durchkreuzungen aller anderen 3-Geometrien abhängen.

Für das "Vorhersageblatt" eines zukünftigen Ereignisablaufs

wird eine Wahrscheinlichkeitsamplitude $\Psi = \Psi({}^{(3)}\mathcal{G})$ eingeführt, welche das Vorhersageblatt "verschmiert". Die Lösung der Wellengleichung ergibt dann nicht eine einzige Spur, sondern die Wahrscheinlichkeitsamplituden-Funktion ist über den ganzen Superraum verschmiert.

Eine glatte geschlossene 3-Geometrie kann durch ein Skelett aus 3-Geometrien, die aus Tetraedern aufgebaut sind, angenähert werden. Die n Seitenlängen lokalisieren einen einzigen Punkt in einem Raum mit n Dimensionen. Diese n-dimensionale Mannigfaltigkeit geht in den Superraum über, wenn n über alle Grenzen wächst (DeWitt 1967), (Fischer 1970).

Viele Wahrscheinlichkeitsamplituden überlagern sich zu einem lokalisierbaren Wellenpaket. Wenn die Phasen von verschiedenen einzelnen Wellen so interferieren, daß ihre Hamilton-Jacobi-Funktionen $S_1({}^{(3)}\mathcal{G}) = S_2({}^{(3)}\mathcal{G}) = \ldots$ gleich sind, so liegt nach Wheeler die Bedingung dafür vor, von einer "Yes-3-Geometrie" zu sprechen, denn diese liegen im Gegensatz zu "No-3-Geometrien" auf einem "Geschichtsblatt".

Die Wahrscheinlichkeitsamplituden besitzen für einen ganzen Bereich von 3-Geometrien innerhalb der Grenzen $\delta g \sim L/l$ mit $L = \sqrt{\hbar\gamma/c^3} = 1{,}6 \cdot 10^{-33}$ cm einer jeden Seite der klassischen Hülle des Superraumes vergleichbare Größen.

Die Fluktuationen im Mikrobereich bewirken nach Wheeler allerorts und jederzeit etwas ähnliches wie einen Gravitationskollaps.

Wheelers Geometrodynamik kann z.B. elektromagnetische Feldlinien durch nichtzusammenhängende topologische Räume erklären, jedoch nicht die Existenz des Spin-1/2 und die von Neutrinos.

Arnowitt, Deser und Misner (1962) wendeten den kanonischen Formalismus an, um in klassischer Weise eine Interpretation für Energie und Gravitationsstrahlung zu bekommen. Wheeler übernahm 1964 diesen Formalismus und behandelte ihn quantenmechanisch. Eine Deutung der Bereichsmannigfaltigkeiten für das quantenmechanische Zustandsfunktional gab De Witt 1967.

Die kanonische Theorie beschreibt das Quantenverhalten der 3-Räume, die als zeitveränderliches geometrisches Objekt angesehen werden. Dabei bleibt unklar, was man unter den Amplituden für 3-Geometrien oder unter der Wellenfunktion des Universums zu verstehen hat.

Die manifest kovariante Theorie De-Witts beschreibt das Verhalten von reellen und virtuellen Gravitonen, die sich in den 3-Geometrien ausbreiten, und untersucht u.a. Streuung und Vakuumpolarisation.

Diese Methode erlaubt Störungsrechnungen jeder Ordnung, die vollständig invariant und zweideutig sind. Ausgangspunkt ist die WKB-Approximationsmethode und die Hamilton-Jacobi-Theorie. Ein Netzwerk von Uhren bestimmt die Punkte im gekrümmten Raum-Zeit-Kontinuum. Untersucht wird die gravitative Wechselwirkung mit einem steifen Medium.

Um die Wellenfunktion des "Universums-mit-Uhr" normalisieren zu können, müssen die Perioden dieses Universums kommensurabel gemacht werden. Der hochenergetische "cutoff", der eingeführt werden muß, um die divergenten Integrale endlich zu machen, wird willkürlich angegeben.

Wheeler sieht in der mathematischen Möglichkeit der Existenz des Gravitationskollaps die größte Krise in der Physik aller Zeiten (Wheeler 1973). Meiner Meinung nach ist dies aber nur eine Krise für falsche Theorien, nicht aber für die Physik. Denn empirisch ist keineswegs bewiesen, daß neben Neutronensternen auch "schwarze Löcher" existieren.

Wheeler erkennt zwar die Existenz einer kleinsten geometrischen Größe L, doch untersucht er nur die geometrischen Schwankungen, welche durch sie verursacht werden, ohne jedoch einen Schritt weiter zu gehen, und seinen mathematischen Formalismus auf dieser kleinsten Länge aufzubauen und anstelle der Differentialeine Differenzenrechnung zu verwenden.

Abgesehen von den großen mathematischen Erfolgen bei der Behandlung einer einheitlichen quantisierten Feldtheorie, wie sie oben kurz erwähnt wurden, bleiben noch einige grundsätzliche Fragen offen: Die Wirkung der Gravitation darf nicht als bloße Störung behandelt werden; die Rechnungen mit Impuls- und Phasenräumen sind recht grobe Konstruktionen, und physikalische Aussagen sind daraus schwer zu bekommen; mit der Feynmann'schen Graphentheorie lassen sich die inneren Strukturprozesse nicht wirklich verstehen; die Gruppentheorie SU 3 und SU 6 sind rein phänomenologische Klassifikationen; die Renomierungstheorie hat bisher keine mathematische Rechtfertigung finden können. Dies alles legt es nahe, eine völlig neue Methode zur Entwicklung einer einheitlichen quantisierten Feldtheorie zu versuchen.

Diesen Weg schlug B.Heim in seiner einheitlichen Feldtheorie ein. Seine Theorie ist frei von sowohl zeitlichen als auch räumlichen Singularitäten (kein Urknall, kein Gravitationskollaps). Heim kommt auch ohne Störungsrechnungen aus.

Ich habe bis jetzt versucht, die m.E. bedeutendsten Richtungen in der Gravitationsforschung soweit aufzuzeigen, als sie für die folgende Präsentation dieser neuen Gravitationstheorie wesentlich sind, damit die von anderen Theorien abweichenden Ausgangspunkte und neuen Ergebnisse besser beurteilt werden können.

Einige Punkte möchte ich noch einmal erwähnen:

Eine Schwäche der lorentzinvarianten Tensor-Theorien war, daß kein geeigneter Tensor für das Gravitationsfeld gefunden werden konnte. Aber auch in den kovarianten Feldtheorien der Gravitation gelang die Einführung der Masse in die Feldgleichungen nicht überzeugend.

Einstein hatte nur das reine Gravitationsfeld geometrisiert. Quellen existierten bei ihm nicht und damit auch keine Gravitationsladungen. Es ist eine offene Frage, ob man nicht vor einer Geometriesierung versuchen sollte, eine Tensortheorie der Quellen und Felder analog zur Elektrodynamik zu entwickeln.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit gravitativer Feldstörungen ist unbekannt. Man kann sie nicht wie in der Elektrodynamik aus Materialkonstanten ableiten (d.h. $c^2 = 1/\varepsilon_0\mu_0$ mit der Dielektrizitätskonstanten ε_0 und der Permiabilitätskonstante μ_0)

Aus der Einsteinschen Gleichung für ein freies Gravitationsfeld $R_{\mu\nu} = 0$ erhält man in der Näherung für schwache Felder $\Box \eta_{\mu\nu}=0$ also einen Wellenausdruck für das Gravitationsfeld $\eta_{\mu\nu}$ im ebenen Raum. Im d'Alembertoperator $\Box$ steckt die hypothetische Ausbreitungsgeschwindigkeit für die Gravitationswellen, die identisch ist mit der Lichtgeschwindigkeit, wenn man unterstellt, daß für die Gravitationsfeldstörungen auch die Lorzentzgruppe gelten soll, was bisher nur für die elektromagnetischen Feldstörungen experimentell bestätigt ist.

Seit der Begründung der speziellen Relativitätstheorie wissen wir, daß die Welt mindestens 4 Dimensionen hat. Ob sie darüberhinaus noch weitere, und wenn ja, etwa reelle oder imaginäre Ausdehnungen besitzen muß, wurde bisher noch nicht untersucht (In den Theorien mit mehr als 4 Dimensionen sind diese zusätzlichen Dimensionen mehr als mathematische Tricks anzusehen.)

Es bleibt fraglich, ob man eine einheitliche Feldtheorie der Materie begründen kann unter Ausklammerung der Gravitation. Diese zeigt wohl eine vernachlässigbare Stärke in der Wechselwirkung. Die Strukturschwankungen werden jedoch im mikrophysikalischen Bereich so groß, daß ihr Einfluß z.B. auf die Partonen, die Zentren der Elementarteilchen, wesentlich werden kann.

8. Einheitliche Quantenfeldtheorie nach Heim

8.1. Heims Gravitationstheorie im Minkowski-Raum

1952 hörte man zum erstenmal von einer Gravitationstheorie, deren Ergebnisse angeblich im Labor experimentell überprüfbar sein sollten. Der blinde, fast taube und armlose Dipl.-Physiker Burkhart Heim trug seine Theorie, welche die Möglichkeit eines Feldantriebs für die Raumfahrt in sich schloß, zur unrechten Zeit und vor einem falschen Publikum vor, nämlich auf dem 2. Internationalen Astronautischen Kongreß in Innsbruck. (Heim 1952).

Astronautik galt damals als so unseriös wie heute die Beschäftigung mit UFOs. Leider ist Heim seiner Absichtserklärung bis heute treu geblieben. Er sagte damals:

> "Ich werde voraussichtlich erst dann eine Veröffentlichung des mathematischen Formalismus und der Einzelheiten in extenso vornehmen, wenn auch der 2. Hauptteil meiner theoretischen Untersuchungen zum Abschluß gebracht und das hieraus resultierende Versuchsprogramm durchgeführt worden ist."

Inzwischen ist der zweite theoretische Hauptteil - die Herleitung einer einheitlichen Theorie der Elementarteilchen - im wesentlichen fertiggestellt, allerdings ist das Versuchsprogramm noch nicht durchgeführt worden.

Ich kann daher im folgenden nur andeuten, was inzwischen aus Kongreßvorträgen, internen Institutsmitteilungen, zur Publikation vorbereiteten Arbeiten und aus Diskussionen von Heims Arbeiten bekannt geworden ist.

Heim entwickelte zunächst 1951 (damals am MPI für Astrophysik in Göttingen tätig) eine speziell-relativistische Gravitationstheorie unter der Annahme, daß die Feldmasse des Gravitationsfeldes ebenfalls zum Gravitationsfeld beiträgt.

Der Feldvektor wird im statischen Fall beschrieben durch $\Gamma = \text{grad}\,\tilde{\varphi}$, wobei $\tilde{\varphi} \neq \varphi$ (Newton) ist, wegen $m = m(r)$, d.h. $\tilde{\varphi} = \gamma \cdot m(r)/r$. Für die Quelle des Feldvektors gilt (Heim 1969)

$$\alpha\,\text{div}\,\tilde{\Gamma} = \rho(r), \qquad \alpha = 1/4\pi\gamma$$

Die Dichte $\rho(r)$ bezieht sich auf $m(r)$. Ist $\mathfrak{a}$ ein Vektorfeld, dessen Quelle die Dichte der gravitativen Feldmasse ist, so daß mit

$$\text{div}\,\mathfrak{a} = \rho_0 - \rho(r)$$

die unbekannte Ortsfunktion $\rho(r)$ durch $\mathfrak{a}$ substituiert werden kann:

$$\text{div}(\alpha\tilde{\Gamma} + \mathfrak{a}) = \rho_0, \text{ mit } \rho_0 = \rho(r_0),$$

dann gilt mit der Kürzung

$$\mathfrak{g} = \tilde{\Gamma} + \frac{\mathfrak{a}}{\alpha}$$

die Quellengleichung für die Dichte ρ_0:

$$\alpha\,\text{div}\,\mathfrak{g} = \rho_0$$

Wird an das Gravitationsfeld einer inhomogenen Massenverteilung, deren Dichteinhomogenitäten sich zeitlich ändern:

$$\alpha\,\text{div}\,\dot{\mathfrak{g}} = \dot{\rho}_0$$

die Forderung gestellt, daß die felderregende Masse durch ein endliches Volumen begrenzt wird, durch dessen geschlossene Oberfläche keine Masse in den Außenraum tritt, so verschwindet, bezogen auf das Volumen, die totale Zeitableitung

$$\dot{\rho}_0 = \frac{d\rho_0}{dt} = 0$$

so daß

$$\dot{\rho}_0 = \frac{\partial\rho_0}{\partial t} + \mathfrak{w}\,\text{grad}\,\rho_0 = \frac{\partial\rho_0}{\partial t} + \text{div}\,(\rho_0\mathfrak{w}) = 0$$

geschrieben werden kann. Die Quellenfreiheit

$$\text{div}\,(\alpha\dot{\mathfrak{g}} + \rho_0\mathfrak{w}) = 0,$$

kann erfüllt werden, wenn $\alpha\dot{\mathfrak{g}} + \rho_0\mathfrak{w}$ als Rotation eines zusätzlichen Vektorfeldes μ aufgefaßt wird:

$$\mathrm{rot}\,\mu = \alpha\,\dot{\mathfrak{g}} + \rho_0 \mathfrak{v}$$

Die Kontermasse einer Quelle mit der Ladung m_0 ist nicht (wie in der Elektrodynamik) eine andere Quelle mit entgegengesetzter Ladung, sondern die Feldmasse. Die Quelle möge mit einem beliebigen Aufpunkt A des Feldes in Wechselwirkung stehen, dann ist die ponderomotorische Wirkung, welche den Aufpunkt beeinflußt,

$$\mathfrak{K}_A = m_A\,\mathfrak{g}$$

und die Kraftdichte am Aufpunkt ist

$$\frac{d\mathfrak{K}_A}{dV_A} = \rho_{0A}\,\mathfrak{g} = (\pm)\,\alpha\,\mathfrak{g}\ \mathrm{div}\,\mathfrak{g}_A$$

Nach Heim ist die attraktive Wirkung des Gravitationsfeldes darauf zurückzuführen, daß es innerhalb des Raumes zwischen zwei Massen zu einer Schwächung und außerhalb zu einer Verstärkung der Kraftdichten kommt.

Da die Feldlinien das Bestreben haben, eine isotrope Verteilung, also diejenige maximaler Entropie einzustellen, kommt es zu einer Bewegung der Massen aufeinander zu, wenn diese nicht an feste Ruhelagen gebunden sind, um die isotrope Feldlinien-Verteilung einstellen zu können.

Das Gravitationsfeld $\mathfrak{g}$ und das Orthogonaltrajektorienfeld μ, welches Heim das Mesofeld nennt, ergänzen sich wie in der Elektrodynamik das elektrische Feld und die magnetische Feldstärke $\mathfrak{E}$ $\mathfrak{H}$.

Ein zeitlich veränderliches Gravitationsfeld muß gravitative Feldstörungen erfahren, die sich mit einer unbekannten Geschwindigkeit fortpflanzen. Für ein schwaches $\mathfrak{g}$-Feld und in der Näherung ρ_0 und $\rho \approx 0$ kann der kanonische Formalismus entwickelt werden.

Für die allgemeine Feldfunktion ψ muß Eichinvarianz und die Symmetrie $\psi = \psi^*$, wegen des empirisch unpolaren Charakters des Gravitationsfeldes gelten, was auch für das kanonisch konjugierte Feld gilt.

Heim erhält die ergänzenden Aussagen $\mathfrak{a} = \mu/\omega$ und $\mathrm{rot}\,\mathfrak{g} = \beta\,\dot{\mu}$ mit $\beta = 9\pi\gamma/4c^2$.

Der kanonische Formalismus liefert

$$\frac{\ddot{\psi}}{\omega^2} + \mathrm{div\ grad}\,\psi = 0$$

für die Feldstörungen im Vakuum. Wegen der Summe ist dieser Ausdruck keine Wellengleichung (entsprechend $\Box\psi = \frac{1}{c_1}\ddot{\psi}$ -div grad ψ), sondern eine raumzeitliche Potentialgleichung für ein Potential, das sich mit der Geschwindigkeit ω ausbreitet. Aus den Bestimmungsgleichungen für $\psi = \mu$ bzw. $\psi = \mathfrak{g}$ ergibt sich

$$\alpha\,\beta\,\ddot{\psi} + \mathrm{div\ grad}\,\psi = 0$$

Durch Vergleich beider Gleichungen erhält man mit $\alpha = 1/4\pi\gamma$ und $\beta = 9\pi\gamma/4c^2$

$$\omega^2 = \frac{1}{\alpha\beta} = \left(\frac{4}{3}c\right)^2,$$

d.h. es gilt für gravitative Feldstörungen ein anderes Relativitätsprinzip als für die elektromagnetischen. $\omega > c$ bildet indessen keinen Widerspruch um elektromagnetischen Relativitätsprinzip bzw. zur Lorentzgruppe $\hat{A}$.

Das Gravitationspotential φ ist als Beschleunigungsniveau als Quadrat der Geschwindigkeit aufzufassen. In der Lorentzmatrix $\hat{A}$ für parallel mit der Geschwindigkeit v bewegte positive Koordinaten muß eine Korrektur vorgenommen werden, wenn die Koordinatensysteme auf reale relativ bewegte Materie ($\varphi > 0$) bezogen sind.

Die Elemente $\hat{A}_{11}$, $\hat{A}_{10}$, $\hat{A}_{01}$ und $\hat{A}_{00}$ müssen mit dem zusätzlichen Faktor $J = (1+\varphi/\omega^2)^{-1/2}$ multipliziert werden. Da die Gravitationsfelder im allgemeinen $\varphi \ll \omega^2$ sind, weicht der Faktor J in keinem beobachtbaren Fall von 1 ab, so daß die Aussage der speziellen Relativitätstheorie $v < c$ ungeändert bleibt.

Die Divergenz eines möglichen Strahlungsvektors erweist sich als direkt proportional dem Kosinus des Winkels,der die Feldvektoren Γ und μ einschließt. Da im Fall ponderabler Materie Γ der Orthogonaltrajektor von μ ist, muß das Analogon zum elektromagnetischen Strahlungsvektor verschwinden.

Wenn es in Heims Theorie auch nicht zu einer Ausstrahlung von Gravitationswellen schwingender oder rotierender ponderabler Materie kommen kann, so kommt es doch zu einer Abstrahlung von Wellen mit einer regelrechten Abstrahlung von Gravitations-Energie, wenn die zeitliche Änderung des Gravitationsfeldes von Feldenergien, deren Feldlinien geodätische Nullinien sind, auch eine Richtungsänderung mit sich bringt, denn dann ist

$$\operatorname{div}(\Gamma \times \mu) = \alpha g \dot{g} - \beta \mu \dot{\mu} = 0$$

Da das Matritzenprodukt beider Transformationsgruppen $\hat{A}$ und $\hat{A}'$ ($\hat{A}'$ = Relativitätsprinzip für gravitative Feldstörungen) kommutiert, lassen sie sich als Gruppen einer übergeordneten Gruppe raumzeitlicher Inertialsysteme darstellen.

Mit den Bestimmungsgleichungen für g, Γ, μ und α lassen sich in formaler Analogie zur Tensorkomposition in der Elektrodynamik raumzeitliche divergenzfreie antisymmetrische Feldstärke-Tensoren des Gravitationsfeldes in bezug auf Lorentztransformationen aufbauen, deren Transformationsmatrix orthogonal ist, im Gegensatz zur unitären Lorentzmatrix des elektromagnetischen Relativitätsprinzips.

Die Iteration zweiten Grades führt zu einem symmetrischen Energiedichtetensor $T^{(f)}_{\mu\nu}$ für das Gravitationsfeld, dessen Spur positiv ist.

Somit hat Heim einen raum-zeitlichen Tensor im Minkowskiraum für das Gravitationsfeld, den Birkhoff (1943) vergeblich gesucht hatte.

Mit diesem phänomenologischen Tensor hätte Heim unmittelbar eine Strukturtheorie analog zum Einsteinschen Weg entwickeln können, die allerdings wegen der Berücksichtigung der gravitativen Feldmasse zu Schwierigkeiten bezüglich der Metrik hätte führen müssen.

Heim versuchte jedoch als nächstes, im Minkowskiraum eine Synthesis der gravitativen und elektromagnetischen Feldtensoren zu einem einheitlichen Feldtensor zu gewinnen.

Dieser Weg erwies sich zunächst als vieldeutig. Da sich die empirischen Gesetze für die Gravitation nach Newton und die elektromagnetische Induktion nach Maxwell als Approximation aus dem tensoranalytischen Formalismus ergeben müssen, reduzierte sich die Vieldeutigkeit auf eine Zweideutigkeit.

Ein Vergleich beider Aussagen mit den empirischen Erhaltungssätzen für Energie, Impuls und elektrische Ladung sowie dem Entropieprinzip zeigte, daß ein logisch möglicher Weg ausgeschlossen werden mußte. Denn dieser hätte ergeben, daß rotierende Himmelskörper gewaltige elektrische Felder erzeugen müßten, welche in der Natur nicht beobachtet werden.

Die Iteration 2. Grades des nunmehr eindeutig aufgebauten Feldtensors führte zu einem einheitlichen nicht hermiteschen Energiedichtetensor.

Darin erscheint die gravitative Feldquelle und das von ihr erregte Gravitationsfeld als eine Einheit als Folge der antihermetischen Tensoranteile.

In der allgemeinen Relativitätstheorie erregt der Energiedichtetensor als Quelle das metrische Strukturfeld der Gravitation. In Heims Theorie beschreibt dagegen der nichthermitesche Energiedichtetensor Feld und Quelle einheitlich.

8.2 Heims Gravitationstheorie mit ~~Weylscher~~ Cartan-Geometrie

Einsteins Versuchen der Geometriesierung physikalischer Felder folgend, setzte Heim den Energiedichtetensor einem Strukturanteil proportional. Allerdings enthält nach Heim dieser Strukturtensor nicht das Gravitationspotential in der Form des Fundamentaltensors.

Heims Gleichungen sind daher eher als ein Äquivalenzprinzip denn als Gleichheit von Geometrie und physikalischen Größen zu interpretieren.

Heim ließ zunächst offen, welche physikalische Bedeutung den $g_{\mu\nu}$ zukommt und untersuchte die Wechselwirkungen in einer polymetrischen Strukturtheorie ganz allgemein.

Einstein (1950) hatte in seiner einheitlichen Feldtheorie gehofft, das elektromagnetische Feld mitzuerfassen, indem er die $g_{\mu\nu}$ nichthermitesch machte und hatte den phänomenologischen Anteil gestrichen.

Jordan (1955) ließ in seiner projektiven Feldtheorie den phä-

nomenologischen Anteil ebenfalls in den Feldgleichungen fort. Jordan nahm, im Gegensatz zu Einstein, die $g_{\mu\nu}$ symmetrisch an, doch durch die Eigenart der projektiven Geometrie erhielt er nichthermitesche Größen, ähnlich wie in der Weylschen einheitlichen Feldtheorie, die er mit dem elektromagnetischen Feld identifizierte.

Nach Heim ist es nicht zulässig, den phänomenologischen Anteil zu streichen. Wenn der antihermitesche Energiedichtetensor als phänomenologischer Tensor beibehalten wird, lassen sich zusammen mit dem Strukturtensor auch andere Wechselwirkungen erfassen, wenn beide Tensoren verschieden interpretiert werden.

Der antihermitesche Anteil sollte die Quellverteilung eines Spinorfeldes bilden. Damit läßt sich der Spin einführen und eine Quantisierung ermöglichen. Heim fand eine geeignete Schreibweise, in welcher die rein geometrische Formulierung auf ein Eigenwertproblem führt, für das Massen als Eigenwerte darstellbar wurden.

Einsteins und Hlávatys (1952) Bemühungen blieben möglicherweise daher erfolglos, weil sich nicht, wie Heim, gewisse Identitäten der Weylschen Geometrie gefunden hatten, mit denen sie hätten substituieren können, um nur genauso viele Energiespektren zu bekommen, mit denen sich ein höher dimensionaler Raum hätte aufbauen lassen, womit sich das Problem stark vereinfacht hätte.

Heim setzte seinen phänomenologischen einheitlichen Energiedichtetensor dem nicht mermiteschen Ricci-Tensor der ~~Weylschen~~ Cartan Geometrie proportional.

Der symmetrische Fundamentaltensor $g_{+\mu\nu}$ wird durch einen antihermiteschen Anteil $g_{-\mu\nu}$ zum nichthermiteschen Fundamentaltensor der Weylschen Geometrie ergänzt, also

$$g_{\mu\nu} = g_{+\mu\nu} + g_{-\mu\nu} \quad \text{mit } g_{+\mu\nu} = g_{+\nu\mu}$$

und

$$g_{-\mu\nu} = - g_{-\nu\mu}$$

In der Metrik kompensieren sich wegen des Summationsvorgangs die antihermiteschen Tensorkomponenten, so daß die Metrik einer Riemannschen Geometrie erscheint. Doch sind die Affintensoren $\Gamma^{\lambda}_{\mu\nu}$ in ihren Kovarianten spaltbar und es kommt zu keiner Kompensation antihermitescher Anteile. Somit kann der Krümmungstensor in einen hermiteschen und in einen antihermiteschen Anteil aufgespalten werden.

Durch die Geodätengleichung wird in der allgemeinen Relativitätstheorie die Gleichheit der $g_{\mu\nu}$ mit einem tensoriellen Gravitationspotential physikalisch postuliert.

In Heims Analogon zur Geodätengleichung wird dagegen der nichthermitesche Fundamentaltensor $g_{\mu\nu}$ als ein tensorielles Wirkungspotential ganz allgemein aufgefaßt.

8.3 Quantisierung der Gravitation in Heims Theorie

Aus dem phänomenologischen Energiedichtetensor läßt sich (Zeitableitung!) ein Wirkungsdichtetensor herleiten. Das bedeutet, daß auch ein äquivaltenter metrischer Strukturausdruck der Weylschen Geometrie existieren muß, so daß ein 4-dimensionales Gebietsintegral eines Raumbereichs über diese Tensorgleichung erstreckt werden kann.

Nach dem Hamiltonschen Quantisierungsprinzip lassen sich nun alle Tensorkomponenten als Vielfache des Planckschen Wirkungsquants h schreiben, d.h. sie werden zu komplexen Zahlen mit ganzzahligem Real- und Imaginärteil.

Der Quantisierungsprozeß gestaltete sich deshalb als eindeutig durchführbar, weil bei Heim, im Gegensatz zur Situation in der allgemeinen Relativitätstheorie, nicht geometrische mit physikalischen Größen vermengt sind.

Als Folge der Quantisierung des einheitlichen Feldes muß ein hermitescher Operator mit nichtlinearem Anteil existieren, der als Funktionaloperator aus den metrischen Größen der ~~Weylschen~~ Cartan Geometrie aufgebaut ist.

Aus einem Variationsprinzip und mit der Interpretation der $\Gamma^{\mu\nu}_{\lambda}$ durch die Geodätengleichung fand Heim eine konvergente aus $\Gamma^{\mu\nu}_{\lambda}$ aufgebaute normierbare Funktion $\psi^{\lambda}_{\mu\nu}$ und einen hermiteschen Funktionaloperator $C_{(m)}$, der auf diese so einwirkt, daß der metrische Strukturanteil in der Weylschen Geometrie in der Tensorgleichung entsteht. Es existiert ein Hilbertscher Funktionenraum, das bedeutet, daß der Funktionaloperator ein Zustandsoperator des metrischen Raum-Zeit-Zustandes ist.

Als (geometrischer) Zustandsoperator der Raumzeit wirkt er auf eine invariante Strukturfunktion wegen des Eigenwertcharakters in der Weise ein, daß ein diskretes Punktspektrum von Eigenwerten entsteht, was dem Gebietsintegral der Tensorgleichung im nichtquantisierten Fall entspricht.

Da Real- und Imaginärteil der Tensorkomponenten ganzzahlig sind, können minimale Raum-Zeit-Volumina der Gebietsintegration nicht unterschritten werden. Dieser Sachverhalt legte die Einführung geometrischer Elementargrößen nahe.

In den Systemen tensorieller Operatorgleichungen durchlaufen 3 Indizierungen λ, μ, ν unabhängig voneinander die Raumzeit-Dimensionen, daher existieren $4^3 = 64$ solcher diskreter Eigenwertspektren metrischer Strukturstufen. Wegen der Theoreme der Weylschen Geometrie bleiben von den $\Gamma^{\lambda}_{\mu\nu}$ 28 Beziehungen leer. Nach der Substitution mit diesen in den Feldgleichungen, bleiben nur 36 übrig, welche ebensoviele Punktspektren von Strukturstufen des R4 beschreiben.

Die allgemeine Kovarianz fordert, daß die 36 Energiebänder Tensorkomponenten sind. Diese Komponenten können in einem 6-reihigen Tensor untergebracht werden, d.h. in einem Raum mit 6 Dimensionen definiert werden. Aus empirischen Gründen muß dieser Raum die Signatur (+1,+1,+1,-1,-1,-1) haben

(Heim 1974).

In Ahner und Andersons 6-dimensionaler Feldtheorie (1971) hat der Raum die Signatur (+1,+1,+1,-1,+1,+1). Beide Autoren finden ebenfalls eine kleinste Länge von der Größenordnung der Wurzel aus dem Heimschen Metron, nämlich $13{,}02 \cdot 10^{-33}$cm, ohne jedoch als Konsequenz eine Quantisierung der Raumstruktur in den Formalismus miteinzubeziehen.

Nun konnte das allgemeinste System aller überhaupt möglichen Wechselwirkungen zwischen beliebigen Feldquanten von Heim aufgestellt werden.

Sind a und a' zwei Systeme, die über die tensoriellen Feldstrukturen $\psi^{\lambda}_{\mu\nu}$ und $\psi'^{\lambda}_{\mu\nu}$ miteinander in Wechselwirkung stehen, dann kann diese mit dem Strukturoperator C durch das nichtlineare System

$$\begin{aligned}
\Gamma_{(p)}\Gamma'_{(pq)}C \quad (\psi^{\lambda}_{\mu\nu} + \psi'^{\lambda}_{\mu\nu}) &= 0 \\
\Gamma_{(q)}\Gamma'_{(pq)}C' \quad (\psi^{\lambda}_{\mu\nu} + \psi'^{\lambda}_{\mu\nu}) &= 0 \\
\Gamma'_{(p)}\Gamma_{(pq)}C \quad (\psi^{\lambda}_{\mu\nu} + \psi'^{\lambda}_{\mu\nu}) &= 0 \\
\Gamma'_{(q)}\Gamma_{(pq)}C' \quad (\psi^{\lambda}_{\mu\nu} + \psi'^{\lambda}_{\mu\nu}) &= 0
\end{aligned}$$

Beschrieben werden. Darin sind die Γ tensoranalytische Differentialoperatoren in einem metrischen Strukturfeld und die Induzierungen p bzw. q stehen für die Werte 1 und 2. Die Γ-Operatoren sind je nach ihrer Indizierung als Funktionaloperatoren von ganzzahligen Indizes n_j $(1 \leqslant j \leqslant 6)$ und von den $\psi^{\lambda}_{\mu\nu}$ (bzw. $\psi'^{\lambda}_{\mu\nu}=0$ für Γ') abhängig. Das System ist daher nichtlinear.

Dieses System von Operatorgleichungen beschreibt nun die allgemeine Wechselbeziehung zwischen Materiefeldquanten.

Liegt ein ungestörtes Feld $\psi^{\lambda}_{\mu\nu}$ ohne Wechselwirkung vor ($\psi'^{\lambda}_{\mu\nu}=0$), d.h.

$$C_{(m)}\,\psi^{(m)}_{\mu\nu} = \lambda_{(m)}\,\psi^{(m)}_{\mu\nu}$$

(m) bedeutet darin, daß die Summenkonvention hier aufgehoben ist, so läßt sich das System lösen, doch liegen die Energieterme derart dicht, daß praktisch die Kontinuität eines Pseudospektrums angenähert wird.

Es mußten daher Auswahlprinzipien gefunden werden, womit das diskrete Punktspektrum ponderabler Materiefeldquanten vom allgemeinen Pseudokontinuum aller überhaupt möglichen Energien abgelöst werden kann.

Dazu war es nötig, die kosmologische Evolution der metrischen Struktureinheiten zu verfolgen.

8.4 Metronen - die metrischen Strukturquanten in Heims Theorie

Zur Herleitung einer geometrischen Elementargröße wurde die ausgeartete Abbildung einer R6-Struktur in den R3 untersucht, die sich im Raum physikalisch als makroskopische ponderable Masse aus elementaren Materiefeldquanten mit Gravitationsfeldern manifestiert.

Die Notwendigkeit zur Quantisierung der geometrischen Einheiten war eine Konsequenz der Berücksichtigung der Feldmasse des Gravitationsfeldes, was im folgenden kurz angedeutet werden soll:

Aus der konservativen Gesamtenergie E_m des statischen Feldes eines Materiequants

$$E_m = mc^2 + \frac{3}{64\pi\gamma}\int \frac{\tilde{\Gamma}^2}{2}\, dV = \text{const}, \text{ mit } \tilde{\Gamma} = \gamma\left(\frac{m}{r^2} - \frac{\partial m}{\partial r}\frac{1}{r}\right)$$

läßt sich der Feldverlauf der Funktion $m = m(r)$ bestimmen. Die Lösung ist

$$rqe^{-q} = r_o q_o e^{-q_o} \qquad \text{mit } q = 1 \pm \sqrt{1 - 4a\frac{m}{r}}$$

$$q_o = 1 - \sqrt{1 - 4a\frac{m_o}{r}}$$

$$\text{und } a = 3\gamma/32c^2$$

Daraus folgt:

$$m(r) = \frac{r}{2a}\left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{4\alpha\alpha}{r}}\right) \text{ mit } \alpha = m_o\left(1 - \frac{a\, m_o}{r_o}\right)$$

Arnowitt, Deser und Misner (1962) erhielten einen ähnlichen Ausdruck, doch steht anstelle von γ bei Heim $3\gamma/64\pi$ und $-r$ anstelle von $+r$. Letzteres ist wesentlich! Denn Heim muß gewisse Realitätsforderungen stellen, damit die in der Lösung auftretende Wurzel reell bleibt, d.h. es gilt die Ungleichung

$$1 - 4am/r > 0$$

aus welcher für die Gleichheit folgt (Heim 1959):

$$1 - \frac{3}{8}\left(\frac{\gamma\, m}{c^2 r}\right)_{max} = 0$$

Bewegt sich eine Masse m' relativ zu einem ruhenden System, in dem diese Massen den Wert m'_o hat, so gilt nach dem Relativitätsprinzip

$$m' = m'_o \cdot \left(1 - \frac{v'^2}{c^2}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

Wird weiterhin m' vom Gravitationsfeld der Masse m beeinflußt, so gilt für die kinetische Energie die Beziehung

$$E_k = \frac{\gamma \cdot m \cdot m'_o}{r\sqrt{1 - \beta'^2}} \qquad \text{mit } \beta' = \frac{v'}{c}$$

Die kinetische Energie ist andererseits definiert durch $E_k = m' \cdot c^2 - m'_o \cdot c^2$. Vergleich mit den letzten beiden Gleichungen

liefert

$$\frac{\gamma \cdot m}{c^2 \cdot \varkappa} = 1 - \sqrt{1 - \beta'^2}$$

Wird nach der unbekannten Ausbreitungsgeschwindigkeit für gravitative Feldstörungen $v_{max} = c'$, ($\beta'_{max} = c'/c$) aufgelöst, indem $(m/r)_{max}$ durch Einsetzen in die Extremalforderung eliminiert wird, so folgt aus

$$1 - \frac{3}{8} \left(1 - \sqrt{1-\beta'^2_{max}} \right) = 0$$

für die Ausbreitungsgeschwindigkeit gravitativer Feldstörungen $c' = ic4/3$ oder mit $c' = i\omega$ die reelle Aussage $\omega = \frac{4}{3}$ c.

Aus der Ungleichung folgt mit dem Prinzip der Energiequantisierung eine Aussage über die Struktur des physikalischen Raumes R_3:

$$\varkappa > 4am = 4a\frac{E}{c^2} = 4a \frac{nh}{c\lambda} \text{ , wegen } E = nh\nu = nh \frac{c}{\lambda}$$

(λ ist die Wellenlänge der Energiequanten, n ist eine ganze Zahl) Durch das Gravitationsfeld wird damit eine Minimalfläche n τ bestimmt, die ein ganzzahliges Vielfaches n eines elementaren Flächenquants

$$\varkappa\lambda = \frac{3}{8} \cdot \frac{\gamma \cdot h}{c^3} = \tau \approx 10^{-70} m^2$$

ist. Das Flächenquant hat etwa den Wert des Quadrates der Planckschen Elementarlänge. Die Flächenquanten werden von Heim Metronen genannt.

Wegen der Existenz dieser Metronen mußte Heim eine Revision der infinitesimalen Analysis vornehmen und alle weiteren Operationen durch die komplizierteren Differenzenrechnungen ersetzen.

Der Operatorbegriff wird in Heims Formalismus zu einem Selektionsprinzip positiver ganzer Zahlen. Ex existiert wegen der geodätischen Begrenzung der Metronen ein Übergangskriterium, welches einen Übergang von der Infinitesimalrechnung ($\tau \rightarrow 0$) in die Metronenrechnung $\tau > 0$ erlaubt.

Wird dieses Übergangskriterium erfüllt, so kann die im kontinuierlichen R6 beschriebene infinitesimale tensorielle Eigenwertbeziehung metrischer Strukturstufen in einen nicht kontinuierlichen R6 ($\tau^3 > 0$) übertragen werden.

Es sind nur solche Koordinatentransformationen zugelassen, welche den Flächeninhalt von τ invariant lassen (Isometrieforderung).

In der Folge der später liegenden Streckenräume gilt diese Isometrie nicht, weil τ als eine sehr langsam abfallende Skalarfunktion des Weltalters^T erscheint. τ(T) muß mit der Ausdehnung des Universums^R zusammenhängen, und dieser Weltradius muß aus dem Gravitationsgesetz in Newtonscher Näherung hervorge-

hen.

Um die Auswahlregel für das diskrete Punktspektrum ponderabler Materiefeldquanten aufzusuchen, mußte Heim den Metronenzustand zum Zeitnullpunkt des Universums $T_0 = 0$, $\tau = \tau(T_0) = \tau_0 > 0$ und $R(T_0) = R_0$ mit der Identität $\tau = \pi R_0^2$ aufsuchen, um die Struktureinheiten und ihre später einsetzenden möglichen Wechselwirkungen analysieren zu können.

Aus dem Gravitationsgesetz kann eine Grenze für die Ausdehnung des Universums abgeschätzt werden (Heim 1959b), ohne daß es nötig wäre, dies aus beobachtbaren Daten, wie z.B. der Materiedichte des Universums oder aus der optischen Begrenzung des sichtbaren Ausschnitts des Universums, wie es heute in der Kosmologie allgemein üblich ist, zusammensetzen zu müssen.

Da wir in erster Linie an der Aussage über das Gravitationsgesetz interessiert sind, möchte ich noch speziell darauf eingehen, wie das Newtonsche Gravitationsgesetz nach Heim modifiziert werden muß (Heim 1969).

In der tensoriellen Operatorgleichung $C\,\psi = \lambda\psi$ steckt auch das neue Gravitationsgesetz. Wird das Matrizenspektrum $\mathrm{sp}\, C\psi = \lambda\psi$ gebildet und ist φ das Gravitationspotential, dann wird $\psi = A\varphi$ (A=const) möglich. Wird in diesem Fall $\mathrm{sp}\, C = K$ gesetzt, so deutet $K\varphi = \lambda\varphi$ trotz dieser stark approximativen Fassung eine Revision des Newtonschen Gravitationsgesetzes an.

Unter gegebenen Approximationsbedingungen muß $\varphi \to \frac{\gamma M_0}{r} = \varphi_N$, mit $\varphi_N = \varphi$(Newton) gelten. Unter der Annahme, daß φ zeitlich konstant und kugelsymmetrisch ist: $\varphi = \varphi(r)$, und daß nach dem Korrespondenzprinzip ein makroskopischer kontinuierlicher Feldverlauf gegeben ist, kann $\lambda\varphi = A\rho$ der Massendichte ρ der Feldquelle proportional gesetzt werden.

Wegen $g_{ik} = \delta_{ik}$ gilt im R_3 nach Heim die Darstellung des Operators

$$K = \mathrm{div}\,\mathrm{grad}\,(\ldots) + \mathrm{grad}\,\varphi\,\mathrm{grad}\,(\ldots) + 4c^2\,(\mathcal{N}\,\mathrm{grad}\,(\ldots) + \mathcal{N}^2(\ldots))$$

mit
$$\mathcal{N} = \frac{r_0}{r}\left(\frac{h^2 + \gamma m^3 r}{h^2 - \gamma m^3 r}\right)$$

also
$$\mathrm{div}\,\mathrm{grad}\,\varphi + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial r}\right)^2 + 4c^2\,\mathcal{N}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial r} + \mathcal{N}\varphi\right) = A\rho$$

oder wegen $\mathrm{div}\,\mathrm{grad}\,\varphi = A\rho$

$$\left(\frac{d\varphi}{dr}\right)^2 + 4c^2\,\mathcal{N}\left(\frac{d\varphi}{dr} + \mathcal{N}\varphi\right) = 0$$

Die Lösung dieser Differentialgleichung ergibt in Newtonscher Näherung für die Fallbeschleunigung $g(r) = d\varphi/dr$

$$g(r) = -e^{q}\cdot\frac{\gamma\cdot M_0}{r^2}\cdot\left(1 - \frac{r^2}{\mathfrak{D}^2}\right)$$

mit $$q = 1 - \sqrt{1 - \mathcal{D}/c^2}$$

und der kritischen Distanz

$$\mathcal{D} = \frac{h^2}{\gamma m^3} \quad ,$$

wenn $m = A_t m_n$ bedeutet (A_t=Atomgewicht, m_n=Nuklonenmasse)

für $r < \mathcal{D}$ bleibt $g < 0$, d.h. die Beschleunigungswirkung ist attraktiv. Für $r > \mathcal{D}$ wechselt g das Vorzeichen und es kommt zu einer abstoßenden Beschleunigung. Diese Distanz liegt für das Atomgewicht 1 bei etwa 46 Mpc und ist mit der empirischen Tatsache verträglich, daß Haufen von Spiralnebeln keinen größeren Radius als $\mathcal{D}$ aufweisen.

Da mit zunehmendem Atomgewicht die Grenze der attraktiven Gravitationswirkung umgekehrt zur 3. Potenz abnimmt, könnten Supernovaexplosionen erklärt werden durch den Vorgang, daß die Gravitationsgrenze unter die Oberfläche eines Sterns zusammenschrumpft, wenn im Sterninnern Kerne mit großen Atomgewichten aufgebaut werden würden.

Mit wachsender Feldmasse fällt die Realitätsschranke D gemäß Heims Gravitationsgesetz ab. Für die kleinstmögliche ponderable Masse ergibt sich eine größtmögliche Distanz D_{max}, die eine maximale Distanz $D' = 2\, D_{max}$ im R3 bestimmt. Heim substituierte mit der durch allgemeine Naturkonstanten explizit ausgedrückten Elektronenmasse und ersetzte diese durch τ . Er erhielt damit eine Beziehung $D = D(\tau)$ (Heim 1974):

$$\left(\frac{\sqrt{C-1}}{\sqrt[4]{C}}\right)^{-1}\left(\frac{D(C-1)^{3/2}\sqrt{3}}{4 \cdot C^{3/4}\sqrt{2\tau}} - 1\right)^2 \sqrt{3\tau} - D\sqrt{2} = 0$$

$$\text{mit } C = \frac{e}{\pi\,[E]}\, D\sqrt{\tau} \quad , \quad [E] = 1\ m^2 \quad , \quad e = 2{,}71\ \ldots$$

Heim nahm $\tau(T_o) = \tau_o(D_o)$ sphärisch an und substituierte in dieser kosmologischen Beziehung für den Zeitnullpunkt des Universums. Die algebraische Bestimmungsgleichung 7. Grades für D_o lieferte 3 reelle Lösungen, welche nach ihrer zeitlichen Aktualisierung, d.h. der initialen Auslösung der R3-Expansion in einem später liegenden R4-Bereich 3 verschiedene tensorielle "Struktureinheiten"ausbildete.

Eine etwa 3,6 m Durchmesser große Kugelfläche, die "Protosphäre" umschließt eine "Mesosphäre" von ca. 1 m Durchmesser und diese enthält die "Fundamentalspähre" mit 0,91 m Durchmesser. Diese Spärentrinität ist kein Widerspruch zur Metronenbedingung, denn nur die Protosphäre liegt völlig im R3, während die beiden kleineren Spären nur zum Teil im R3 liegen, d.h. ihre Projektionen in den Raum sind 5-dimensionale Nullpunktsflächen (die 4. Koordinate, die Zeit, ist noch nicht aktiviert!), die z.T. im R3 und z.T. außerhalb des R3 existieren.

Diese 3 tensoriellen Struktureinheiten sind die Kerne von Analogien ($\tau > 0$) der Integraloperatoren und definieren 4 Komplexe von metrischen Fundamentaltensoren. Jeder dieser Komplexe ist polymetrischer Art, denn die zugehörigen Fundamentaltensoren $g_{\mu\nu}$ sind Partialstrukturen des R6, die in Wechselwirkungen

oder "wechselseitigen Korrelationen zueinander" stehen.

Die Partialstruktur für sich alleine hat keine physikalische Bedeutung, sie ist lediglich eine metrische Abweichung des metronisierten R6 vom euklidischen äquidistanten Rastergrad eines geodätischen Gitters.

Die Produkte verschiedener Fundamentaltensoren $f_{\mu\nu}$ und $g_{\mu\nu}$ in der polymetrischen Theorie liefern - im Gegensatz zu den Produkten $g_{\mu\nu}\, g^{\mu\nu} = \delta^{\nu}_{\mu}$ - nicht das Kroneckerelement δ^{ν}_{μ} (mit 1 für $\mu = \nu$ und 0 für $\mu \neq \nu$), sondern einen vieldeutigen Tensor, den Heim den "Korrelationstensor" nennt, in welchem alle Wechselwirkungsmöglichkeiten aller denkbaren physikalischen Felder enthalten sind.

Für die Struktureinheiten gilt $g^{(\lambda)}_{\mu\nu} \neq g^{(\lambda)}_{\nu\mu}$, wobei $\lambda = 1$ und $\lambda = 2$ von den imaginären und $\lambda = 3$ von den reellen R6-Koordinaten abhängen. Die Fundamentaltensoren $\gamma^{(\lambda\rho)}_{\mu\nu}$ werden in folgender Form dargestellt:

$$\gamma^{(\lambda\rho)}_{\mu\nu} = \sum_{\varkappa=1}^{6} g^{(\lambda)}_{\varkappa\mu}\, g^{(\rho)}_{\mu\varkappa}$$

mit

$$\gamma^{(\lambda\rho)}_{\mu\nu} \neq \gamma^{(\lambda\rho)}_{\nu\mu} \quad \text{und} \quad \gamma^{(\lambda\rho)}_{\mu\nu} \neq \gamma^{(\rho\lambda)}_{\mu\nu}$$

Diese 9 Analogien ($\tau > 0$) zu den üblichen Fundamentaltensoren bilden im Falle eines pseudoeuklidischen Raumes, d.h. wenn $g^{(\lambda)}_{\mu\nu} \rightarrow \delta_{\mu\nu}$ für $\lambda = 2$ oder $\lambda = 3$ wird, vier metrische Komplexe.

Die Theorie ist nicht mehr überschiebungsinvariant, es sei denn, man setzte bei jedem Prozeß den Korrelationstensor. Heim ließ dessen physikalische Bedeutung zunächst offen und führte ihn als noch unbekannte Größe interner Korrelationen oder Wechselwirkungen mit.

Heim unterscheidet zwischen Struktureinheiten und Fundamentaltensoren, die jedoch wegen der Quantisierung des Raumes keine Tensoren in diesem Sinne mehr sind. Sie sind "Selektoren", Auswähler aus Auswahlregeln ganzzahliger Vielfacher der Flächenquanten τ . Die Struktureinheiten τ werden durch den Weltenursprung selbst definiert und stehen im Sinne von Interaktionen in Wechselbeziehungen.

Die Deformation des geodätischen Gitters würde bezogen auf das leere Gitter, wegen der Konstanz der Flächenelemente, infolge der Projektion als Verdichtung kleinerer Flächenelemente erscheinen. Da die tensorielle Zustandsfunktion diesen Verdichtungs-Prozeß beschreibt, nennt Heim sie den Kondensationsoperator oder "Kondensor". Das Kondensieren kann wegen der 9 möglichen Fundamentaltensoren in neunfacher Weise geschehen.

Die Analogien zu den metrischen Fundamentaltensoren erhält man im Grenzübergang für $\tau \rightarrow 0$. Die 9 Fundamentaltensoren, die wiederum in Wechselwirkungen treten, bilden ein sogenanntes Kompositionsfeld.

Das einzig mögliche Kompositionsgesetz der Partialstrukturen eines Komplexes erhält man durch die Ermittlung der Parallelverschiebungen eines Vektorfeldes in den einzelnen metrischen Strukturen. Mit diesem Kompositionsgesetz kann die Zustandsfunktion ψ und der Zustandsoperator C (für $\tau > 0$) in die Partialstrukturen gespalten werden.

Es lassen sich Parallelverschiebungen ausführen und geodätische Systeme finden, jedoch nur bezogen jeweils auf einen der neun Fundamentaltensoren. Bezogen auf die anderen acht ist das System nicht geodätisch.

Die Gesamtheit der Wechselwirkungsfelder ist invariant, die einzelnen Komponenten haben dagegen keine Tensoreigenschaften.

Das "Kompositionsfeld" würde im Grenzübergang $\tau \to 0$ der Gesamtheit der Γ-Symbole entsprechen und zwar in den kovarianten hermiteschen Tensoren, im Gegensatz zu den üblichen Γ-Symbolen in der allgemeinen Relativitätstheorie, die nur bezogen auf reguläre Affinitäten *) invariante Tensoren 3. Grades sind.

Wegen der Invarianz des Γ-Kompositionsfeldes, kann Heim dieses als Zustandsfunktion für den leeren Raum verwenden.

Im Fall des Leerraumes wird das geodätische Gitter und die geodätische Begrenzung der Kleinstflächen gradlinig und quadratisch.

Da die Metronen τ auch einen Umlaufsinn ("Metronenspin") besitzen, entsteht auch in Bezug auf diesen eine völlige Isotropie. Die Struktur des Leerraumes ist schon "präformiert" bezüglich später möglich werdender Ereignisse.

Die Metronenspine können umklappen, wegen der nichthermiteschen Strukturanteile (in der Zustandsfunktion kürzen sich die nichthermiteschen Anteile weg). Es entstehen orientierte Zustände, welche die Isotropie stören, d.h. es kommt zur "Feldaktivierung" bzw. "Präformation".

Wie in der Twistor-Theorie von Penrose (Isham, Penrose und Sciama, 1975) ist also auch in Heims Theorie das komplexe quantenmechanische Kontinuum mit der Geometrie verwoben. Während jedoch Penrose vom Modell der Spinnetzwerke ausgeht, welches das Bild der durch affin zusammenhängende Raum-Zeit-Punktmannigfaltigkeit aufgebauten "physikalischen Welt" ersetzt, und diesen aus rein kombinatorischen Regeln zur Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für die verschiedenen Spinwerte, welche am Rand des Gitternetzwerkes auftreten können, bestimmt, entfällt nach Heim die Entscheidung, ob man von der Geometrie oder von Spinstrukturen ausgehen müsse. Denn das Primäre ist die Kombination beider: ein geometrisches Gitter mit Spinstrukturen.

Betrachtet man in Heims Theorie nur die elementaren selbstgekoppelten polymetrischen Strukturen, dann tritt als Folge der Selbstkopplung im kompakten reellen Unterraum R_3 des 6-dimensionalen Hilbertschen Funktionsraumes als Unstetigkeit ein

*) das sind reguläre affine Transformationen, wobei regulär bedeutet, daß der Matritzendefekt Null ist.

singulärer Bereich auf, der Analogien zu den Diskontinuitäten der materiellen Elementarstrukturen zeigt.

Werden überdies an die polymetrischen Strukturen gewisse geometrische Forderungen gestellt, die dem Spezialfall völliger Wechselwirkungsfreiheit entsprechen, resultiert daraus eine hermitesche Symmetrie, die im physikalischen Raum als dasjenige System statischer Eigenschaften erscheint, welche den Elementarteilchen im Falle völliger Wechselwirkungsfreiheit zugeordnet werden müßte.

Heim schloß somit, daß die Klasse elementarer polymetrischer Strukturen als Spektrum der ponderablen (wägbaren) Elementarteilchen aufzufassen ist, wenn ihre Projektionen in den Unterraum R_3 betrachtet werden.

Die interne Korrelation der Partialstrukturen in der zusammengesetzten R6-Struktur eines Terms des Pseudokontinuums muß daher als ein zeitlich dynamischer Korrelationsprozeß durch Systeme zyklischer Austauschprozesse aufgefaßt werden.

Die sich aus den 3 möglichen Struktureinheiten ergebenden polymetrischen Komplexe sind:

a) ein bi (2)metrischer Komplex
b) ein zeitartiger hexa(6)metrischer Komplex,
c) ein raumartiger hexa(6)metrischer Komplex,
d) ein raum-zeitartiger ennea(9)metrischer Komplex.

Erst durch diese metronische Analyse gelang es Heim erstmals, die physikalische Bedeutung der Wechselwirkungspotentiale $g_{\mu\nu}$ in konsistenter Weise zu begründen. Auch ergab sich nun mit den polymetrischen Komplexen die Möglichkeit, das gewünschte Selektionsprinzip zu entwickeln mit Hilfe dessen das diskrete Punktspektrum ponderabler Terme vom Pseudo-Kontinuum imponderabler Zustände getrennt werden konnte.

Die Ponderabilitätsforderung, d.h. die Forderung, daß die Weltlinie der Terme keine geodätischen Nullinien sein dürfen, ergibt, daß der bimetrische und der zeitartige hexametrische Komplex nur imponderable Terme des Pseudo-Kontinuums (Gravitation und Photon) sein können.

Der raumartige hexametrische und der raum-zeitliche enneametrische Komplex beschreiben ponderable Terme (neutrale und elektrisch geladene Elementarteilchen).

8.5 Die Flußalgebra nach Heim

Die Terme der Komplexe c) und d) würden viel zu dicht liegen, wenn die Existenz einer zeitlichen Erstreckung unberücksichtigt bliebe. Doch bestehen nach Heim diese beiden Komplexe aus einem Strukturgefüge zeitlicher periodischer (zyklischer) Austauschprozesse metrischer Extrema, d.h. maximaler oder minimaler Ab-

weichungen von der pseudoeuklidischen Struktur, die durch interne Korrelationen miteinander verknüpft sind.

Für jeden der 4 möglichen Wechselwirkungskomplexe gibt es ein System von Operatorbeziehungen, für welche jeweils ein Hilbertscher Funktionsraum existiert.

Die multiplikative Wechselbeziehung z.B. zwischen zwei solchen verschiedenen Geometrien wird von Heim als Fremdfeld aufgefaßt. Nach Auflösung der Feldgleichungen und Einsetzen der benachbarten geometrischen Strukturen als Fremdfeld wird eine Differentialgleichung erhalten, welche periodische Maxima und Minima besitzt. Die Maxima und Minima zweier solcher metrischer Strukturen tauschen sich zeitlich gesehen wechselseitig aus. Das Maximum einer internen Korrelation ist jeweils ein kleiner pseudoeuklidischer Bereich. Die stärkste nicht euklidische Abweichung bildet das Korreltationsminimum. Dem entspricht ein nach außen greifendes Maximum einer "Korrespondenz". Diese Korrespondenzmaxima sind gleichzeitig die Maxima von Führungsfeldern (welche im Falle $\tau \to 0$, und wenn alle i Partialstrukturen $g_{\mu\nu}^{(\lambda)}$ (identisch angenommen werden, in die Christoffelsymbole $\Gamma_{\mu\nu}^{\rho}$ übergingen und nach der Geodätengleichung als Wechselwirkungspotentiale ausgedeutet werden könnten).

Die Korrespondenzmaxima einer binären Korrelation können sich wiederum umstellen als interne Korrelationsmaxima. Die strukturellen Maxima werden von Heim als die abstrakten Quantenstufen der metrischen Partialstrukturen (λ, ρ) interpretiert. Mehrere solcher Korrelationen zusammen bilden einen "Komplex". Diese elementaren Strukturen, die entweder fließen oder statische metrische Felder bilden können, nennt Heim "Prototrope" (d.h. Urgestalten). Ein solcher elementarer zyklischer Fluß ist umgeben von einem statischen metrischen Strukturfeld (wie das in der allgemeinen Relativitätstheorie, nur daß dieses Strukturfeld hier quantisiert ist). Prototrope, die einen periodischen Prozeß durchlaufen, heißen "Fluktonen" und ein solches umhüllender Feldzustand "Schirmfeld". Flukton und Schirmfeld zusammen bilden ein ureinfachstes Gebilde, den "Protosimplex" (der etwa dem v. Weizsäckerschen "Ur" entsprechen würde).

Kein Protosimplex existiert allein für sich, weil jeder um den Fluktonenprozeß durchführen zu können, den anderen braucht. Denn ohne Gegensatz sind diese Prozesse nicht möglich.

Es existieren maximal (wegen der Abhängigkeit von den sechs Koordinaten) sechs verschiedene Protosimplexe, die in interne Korrelationen treten und "Grundflußverläufe" bilden können. Verschiedene Grundflüsse können Ketten bilden, die sich wieder schließen.

Es kommt zu Verbindungsoperationen, je nachdem welche der Protosimplexe mit welcher in eine Wechselbeziehung tritt. Diese Verbindungs-Operatoren beschreibt Heim durch eine "Flußalgebra" und nennt sie "Konjunktive". Es gibt je nach der Abhängigkeit der Weltdimensionen, in denen sie wirken, die verschiedensten Formen von Konjunktiven. Das Operationsgesetz, welches bestimmt, über welche Konjunktive die Austauschprozesse zyklischer Art laufen, wird von Heim "Konjunktorgesetz" genannt.

Für eine gesamte geschlossene Struktur solcher Protosimplexe, die nach außen hin verschieden starke Korrespondenzfelder besitzen, kann insgesamt ein Konjunktorgefüge für die verschiedensten Isomerien entwickelt werden. Es treten Enantio-Stereo-Isomerien der Struktur bezogen auf den R6 auf und damit die Möglichkeit des Auftretens von spiegelsymmetrisch zu jeder Elementarstruktur auftretenden Antistruktur (bzw. Antiteilchen). Es gibt Isomerien bezogen auf die Signatur der kontra- und kovarianten Wirkungssignatur der einzelnen Flußgruppen (die in kontra- und kovarianter Stellung auftreten können).

Weiter existiert z.B. auch eine Konjunktorisomerie, da die Spinvektoren parallel oder antiparallel stehen können. Aus diesem Konjunktorgefüge aus den Fluktonen der Grundflußaggregate kann ein integraler Spin hergeleitet werden. Der Isospin erscheint als Isomorphismus.

Ein ponderabler Term ist räumlich existent, wenn in diesen zyklischen Austauschprozessen mindestens einmal der Anfangszustand wiederhergestellt wird. Die Lebensdauer der Terme wird als Vielfaches dieser Mindest-Existenzzeit einer Periode definiert.

Ein Term zerfällt in solche niedrigerer Energie (radioaktiver Zerfall), wenn nach Ablauf der durch den internen Bau des Gefüges bedingten Existenzdauer der Anfangszustand nicht wieder hergestellt wird. Diese Definition der Existenzdauern schränkt wiederum die große Zahl ponderabler Terme weiter ein.

Die Spinuntersuchungen der internen Korrelationsgefüge c) und d) zeigten, daß Gefüge dieser Art eine ausgeprägte Struktur besitzen, wenn die ausgeartete Abbildung der R6-Struktur in den R3 projiziert wird. Es existiert eine vierfache Konturierung im Sinne von 4 konzentrischen Zonen.

Die vier strukturellen Konfigurationszonen (n), (m),(p) und (σ) sind unterschiedlich stark mit korrelierenden Strukturelementen besetzt. Der Zentralbereich (n) ist wegen seiner sehr großen Dichte undurchdringbar. Die anschließenden Zonen (m) und (p) nehmen nach außen hin in ihrer Dichte ab. Die Externzone (σ) bedingt den Übergang zu den äußeren Wechselwirkungsfeldern und zur allgemeinen Gravitation.

Die Größe der Besetzungszahlen n, m, p, σ bedingt eine Störung der zeitlichen Periodizität und damit ein endliches zeitliches Stabilitätsintervall. Es ist nicht jedes Zahlenquadrupel erlaubt. Die erlaubten Besetzungen hängen allein vom Spingefüge ab. Daher konnte Heim eine einheitliche mathematische Beziehung entwickeln, in welcher sämtliche statischen Eigenschaften aller überhaupt möglichen Elementarteilchen beschrieben werden.

Da es sich bei den Korrelationsvorgängen um zyklische Austauschprozesse handelt, ist eine Analogie zu einem Rotationsvektor gegeben. Die Spinvektoren laufen den geometrischen Eigenwertvektoren parallel, und diese verlaufen zur Weltgeschwindigkeit normal. Das bedeutet, daß wenn ein Körper im R3 beschleunigt bewegt wird, was bezogen auf den R4-Unterraum als eine imaginäre Drehung aufgefaßt werden kann, versucht wird, diese Vektoren aus der Normalität herauszudrehen. Das bewegte System leistet gegen die drehende Ursache Widerstand - Trägheitswiderstand.

Weil in den polymetrischen Strukturen die erste Transstruktur mitkondensiert - jede dieser Strukturen besitzt eine entelechale und organisatorische Bedeutung - erscheint im R4 das Gravitationsfeld. Dem völlig konform läuft gleichzeitig der Begriff der Trägheit. Sie sind zwar mikroskopisch nicht ein und dasselbe, treten aber makroskopisch immer als gleiche Wirkung auf.

8.6 Experimentelle Bestätigungen der Heimschen Theorie

Die quantitativen Ergebnisse der Heimschen Theorie, z.B. die durch reine Zahlen dargestellten Wechselwirkungskonstanten, die Massenwerte und Lebensdauern der Elementarteilchen und Resonanzen, weichen in keinem Fall von den empirisch ermittelten Werten ab (Heim 1974).

Die Massenwerte werden durch 12 Quantenzahlen bestimmt, die algebraisch auf eine einzige Quantenzahl reduziert werden können, welche nur die Werte 1 oder 2 haben kann.

Derzeit fehlt noch eine einheitliche Beziehung für die sehr kurzlebigen Resonanzen. Auch liegen diese Terme noch zu dicht, so daß noch nach einer weiteren Auswahlregel gesucht werden muß.

Im Gegensatz zur allgemein üblichen Vorgehensweise in der Elementarteilchenphysik, aus Experimenten Aufschlüsse über die möglichen Massen und deren Wechselwirkungen zu erhalten, faßt Heim die Untersuchung der Wechselwirkungen bzw. die Berechnung der Wechselwirkungsquerschnitte als den logisch zweiten Schritt nach der Bestimmung der Eigenschaften der Elementarteilchen im ungestörten Fall auf.

Elementarteilchen sind nach Heim Ausdruck der Wechselwirkungen polymetrischer Strukturen einer 6-dimensionalen Welt-Struktur, deren Eigenschaften aus der Innenstruktur gefolgert werden können.

Zusammengefaßt kann die Entwicklung der Heimschen Feldtheorie in folgende Abschnitte eingeteilt werden:

1. Einführung der Feldmasse in die vektorielle Beschreibung der Gravitation, daraus folgend die Ausbreitungsgeschwindigkeit für gravitative Feldstörungen und die Existenz von 2-dimensionalen Struktuquanten; Existenz eines Relativitätsprinzips für gravitative Feldstörungen; Komposition eines Energiedichte-Tensors des Gravitationsfeldes im Minkowski-Raum und Ableitung eines neuen Gravitationsgesetzes in Newtonscher Näherung.

2. Einheitliche Beschreibung von Feld und Quelle der Gravitation; Komposition eines einheitlichen elektromagnetischen-gravitativen Energie-Impulsdichte-Tensors; Herleitung eines kontrabarischen Gesetzes als Transformationsgesetz von elektromagnetischer in gravitative Energie.

3. Hamilton-Quantisierung des einheitlichen Energiedichte-Tensors im Minkowski-Raum.

4. Geometrisierung des einheitlichen Feldes; Äquivalenzprinzip zwischen phänomenologischem Feld und Strukturkomplex, beschrieben in der ~~Weylschen~~ Cartan Geometrie.

5. Konstruktion eines hermiteschen Fundamentaloperators aus den metrischen Größen der ~~Weyl~~-Geometrie als Zustandsoperator des metrischen Raumzustandes. Nichtlineares System von Operatorgleichungen als Beschreibung der allgemeinen Wechselwirkungen in 6-dimensionaler Welt, Eigenwerte als Lösungen liegen zu dicht: Forderung nach Auswahlprinzipien.

6. Entwicklung eines mathematischen Metronen-Formalismus als Folge der Existenz kleinster Flächenelemente; Untersuchung der zeitabhängigen Weltausdehnung als Funktion der kleinsten Fläche; Lösung für den Zeitursprung bei minimaler Weltausdehnung gleich maximalem Elementarflächen-Krümmungsradius; Existenz einer Sphärentrinität am Zeitanfang.

7. Polymetrische Strukturkomplexe mit den zugehörigen Fundamentaltensoren als Partialstrukturen des R6, die in wechselseitigen Korrelationen (zyklische Austauschprozesse) zueinander stehen; 4 Komplexe polymetrischer Strukturen beschrieben durch die 4 verschiedenen physikalischen Erscheinungsformen der Energie :Gravitonen, Photonen, ungeladene und geladene ponderable Materie.

8. Entwicklung einer einheitlichen Massenformel des Spektrums der Elementarteilchen und Resonanzen; Aufsuchen von Auswahlregeln.

An der Durchführung dieses Programms arbeitete Heim 25 Jahre lang, ohne etwas davon zu publizieren. Doch wird nun eine Ver-

öffentlichung vorbereitet. Allein aus den Punkten 1 und 2 erfuhr die Öffentlichkeit etwas aus Heims Vorträgen auf Kongressen 1952 und 1957.

Da in Heims Feldtheorie die Gravitationsfeldenergie lokalisiert werden kann, im Gegensatz zur allgemeinen Relativitätstheorie, und da die elektromagnetischen in gravitative Feldenergien transformiert werden können, ist Heims Feldtheorie von großem praktischen Interesse.

Jedenfalls wird ein Vergleich zwischen der in Kürze veröffentlichten Heimschen Theorie mit anderen Theorien der Gravitation, wie ich ihn jetzt schon vorweg genommen habe, zeigen, daß die Heimsche Theorie die in sich geschlossenste und erfolgreichste von allen einheitlichen Quantenfeldtheorien ist.

Daher werden wir aus denkökonomischen Gründen versuchen, hauptsächlich diese Theorie und ihre Konsequenzen speziell für die Raumfahrt und in der UFO-Forschung heranzuziehen.

9. Die Erklärung der beobachteten physikalischen UFO-Eigenschaften und -Effekte

9.1 Antrieb durch effektive Beschleunigungsfelder (Kontrabarischer Effekt)

Im folgenden sollen die Hinweise aus der Heimschen Feldtheorie versuchsweise dazu verwendet werden, Argumente zur Stützung der Hypothese zu liefern, daß es sich bei UFOs um Fahrzeuge handelt, durch deren Antriebsart physikalische Effekte erzeugt werden, wie diese im Aufsatz von Herrn Schneider zusammengestellt worden sind.

Wir können diese Effekte höchstens qualitativ zu klären versuchen, da zu einer quantitativen Beschreibung die Erzeugung der theoretisch erwarteten Effekte im Experiment gehören würde, welche noch nicht durchgeführt worden ist.

Nach Heim wären folgende Effekte und Eigenschaften der UFOs unter Laborbedingungen nachvollziehbar, wenn es gelänge, die "Kontrabarischen" und "dynabarischen" Effekte (von denen wir gleich hören werden) experimentell zu realisieren (Heim 1959):

1. Antrieb durch effektive Beschleunigungsfelder (kontrabarischer Effekt).
2. Gravitative Wirbelfelder.
3. Abstrahlung von Gravitationswellen, welche über den dynabarischen Effekt elektromagnetische Strahlungsfelder induzieren.
4. Kälteeffekte.
5. Induktion starker magnetischer und elektrischer Felder.
6. Emission gekrümmter Lichtstrahlen.

Auch das Auftreten einiger psychischer Phänomene in der Umgebung von UFOs kann zumindest qualitativ mit dieser Theorie erklärt werden. Doch soll auf diese Wirkungen und deren theoretisches Verständnis hier nicht weiter eingegangen werden.

Das Phänomen der völlig wirbelfreien Fortbewegungen bzw. das Fehlen der Ausbildung Machscher Kegel bei Überschallflügen der UFOs bleibt auch nach Heims Theorie noch unverstanden. Wenn die oben genannten Effekte theoretisch verstanden werden können, kann die Hypothese: "UFOs sind Fahrzeuge" begründet werden. Kann darüber hinaus noch der Beweis geführt werden, daß sich nach der Heimschen Theorie ein Fahrzeug theoretisch schon bei Geschwindigkeiten, die kleiner sind als die Lichtgeschwindigkeit, auf dem Mantel des Lichtkegels bewegen muß, so fände auch die Hypothese "UFOs sind extraterrestrische Fahrzeuge" eine Begründung!

Die Begründung dieser Hypothese kann natürlich hier nur angedeutet werden. Sie vollständig und konsistent durchzuführen, wäre zwar möglich, würde aber ein Forschungsprogramm erforderlich machen. Immerhin lassen sich folgende qualitative Feststellungen treffen:

Zu 1: Nach Heim (1959) sollten sich Beschleunigungsfelder durch eine praktische Realisierung der "kontrabarischen Gleichung" generieren lassen. Da nun Heim bewiesen hat, daß seine einheitliche Feldtheorie in der Lage ist, das Spektrum der Elementarteilchen richtig wiederzugeben, dürfen wir auch zuverlässig damit rechnen, daß die jener zugrunde gelegten Gravitationstheorie gültig ist, und daß die experimentellen Forderungen der kontrabarischen Gleichung prinzipiell erfüllt werden können.

Dieser kontrabarische Effekt ist allein eine Folge von m=m(r), d.h. der Tatsache , daß jede Trägheitswirkung in relativer Ruhe ortsabhängig erscheint.

Ich erspare mir die ausführliche Herleitung der kontrabarischen Gleichung, wie sie Heim 1957 auf dem Kongreß der Gesellschaft für Weltraumforschung in Frankfurt (Heim 1957) vorgeführt hat und deute nur den Weg kurz an.

Die Feldenergie E_e einer elektrischen Ladung e, ändert sich entsprechend der konservativen Energie einer differentiellen Masse dm. Es gilt das totale Differential

$$dE_e = \frac{\partial Ee}{\partial r} \cdot dr + \frac{\partial Ee}{\partial e} \cdot de = dE$$

darin sind

$$E_e = \pm \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{e^2}{r}$$

und $E = mc^2$ (mit ε_0 = Influenzkonstante).

Mit der Kürzung $b = 4\pi\varepsilon_0 c^2$ wird daraus:

$$dE_e = \pm \frac{c^2}{b} \left(- \frac{e^2}{r^2} dr + 2e \frac{de}{r} \right) = c^2 dm$$

Nach dieser Beziehung läßt sich die Elemtarladung e $\pm$ als Funktion der Masse ausdrücken:

$$e = \pm 2\sqrt{\pi\varepsilon_0 r(\beta + mc^2)} \quad \text{mit} \quad \beta = \frac{e_0^2}{4\pi\varepsilon_0 r_0} - m_0 c^2$$

$$m_0 = m(r_0)$$

Somit ist auch das elektrische Potential Ø als Funktion der Masse ausdrückbar, mithin auch die Feldenergie des elektrischen

Feldes $\mathcal{E}$ = grad $\emptyset$.
Die Quelle des elektrischen Feldes div $\mathcal{E}$ wird schließlich durch Vektorfunktionen des Gravitationspotentials darstellbar.
Wird weiter für die Energie des Gravitationsfeldes E_g, welches 2 gleichgroße Massen m zwischen sich im Raume aufbauen: $E_g = \gamma \frac{m^2}{r}$ durch die konservative Energie $E = mc^2$ ausgedrückt: $E_g = \frac{\gamma}{c^4} \cdot \frac{E^2}{r}$, so folgt aus dem totalen Differential

$$dE_g = \left(\frac{\partial E_g}{\partial r} dr + 2 \frac{\partial E_g}{\partial E} dE \right) = c^2 dm$$

Die konservative Energie für die Quelle und Feldmasse eines elementaren Massenquants ist damit

$$E = \pm \sqrt{r\left(\frac{c^6}{\gamma} \cdot m + k\right)} \quad \text{mit } k = \frac{E_{g0}^2}{r_0} - \frac{c^6}{\gamma} m_0$$

Die Energiedichte $\eta = dE/dV$ kann als Funktion des Gravitationspotentials ausgedrückt werden. Ihre zeitliche Änderung kann dem elektromagnetischen Strahlungsvektor $\dot{\eta} = \text{div}\,(\mathcal{E} \times \mathcal{H})$ gleich gesetzt werden.

Der elektromagnetischen Leistungsdichte entspricht dann eine zeitliche Änderung der gravitativen Kraftdichte $\mathfrak{f} = dK/dV$. Der Ausdruck, der das elektromagnetische Strahlungsfeld direkt mit Funktionen des Gravitationspotentials verkoppelt, wird von Heim als kontrabarische Gleichung bezeichnet. (Aus $\mathfrak{f} = \text{grad}\,\dot{\eta} = \text{grad div}\,(\mathcal{E} \times \mathcal{H})$ herleitbar!)

Wie diese Gleichung experimentell untersucht werden kann, hat Heim in der Zeitschrift "Flugkörper" 1959 angegeben. Der Zeitverlauf des kontrabarischen Effektes, d.h. des induzierten Beschleunigungsfeldes b(x) hat die Gestalt

$$b(x) = c\left[e^{-x} - e^{x/2} \left(\cos x\sqrt{3} - \frac{1}{2}\sqrt{3} \cdot \sin x \cdot \sqrt{3}\right)\right.$$

Darin bedeutet die Kürzung $x = k \cdot D \cdot t$ mit $0 = D = 1$ und

$$k = \sqrt[3]{2\pi \frac{r \cdot L}{M_0 \cdot V} \cdot \varepsilon(t)}$$

$\varepsilon(t)$ ist der Wirkungsgrad des Transformatormodells,
V das Volumen, in dem die elektrische Leistung transformiert wird, M_0 = Masse des Modells, c = Integrationskonstante
L ist die eingestrahlte Leistung.

Würde es gelingen, die harmonischen Anteile aus der Gleichung zu synchronisieren, so sollte es zu einer effektiven kontrabarischen Beschleunigung kommen können.

Dieses Versuchsprogramm wird noch bearbeitet. Die Erzeugung von Beschleunigungsfeldern geht entsprechend der kontrabarischen Gleichung mit der Abstrahlung von sägezahnförmigen Gravitationswellen einher.

Nach der Gravitationstheorie von Heim hat man also folgendes zu erwarten:

Eine Apparatur , in welcher die Transformation elektromagnetischer Strahlungsenergie in gravitative Kraftwirkungen erfolgen soll, muß neben anderen Bedingungen, die erfüllt werden müssen, groß-

flächig sein (z.B. eine Scheibe), denn der Radius r der ebenen Transformatorfläche ist proportional der zeitlichen Ableitung des Rucks $\dddot{b}$:

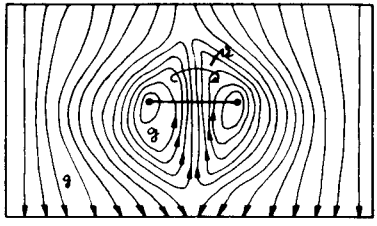
$$\ddot{b} = - \frac{2\pi L}{m_0 V} r \int b \, dt$$

Die effektiven Beschleunigungsfelder bewegen die Transformatorapparatur andruckfrei, da diese als Führungsfelder für alle in der Nähe des Beschleunigungszentrums befindlichen Massen gleichermaßen wirken. Die effektive Beschleunigungsrichtung wird durch "Gleichrichtung" des harmonisch veränderlichen Gravitationsfeldstärkevektors Γ erhalten.

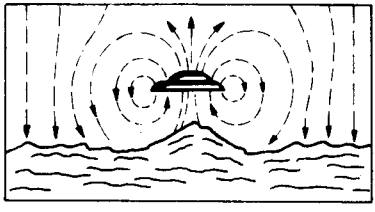
9.2 Gravitative Wirbelfelder

Dabei wird, wegen $\dot{\mu} = \alpha \, \mathrm{rot} \, \Gamma$, ein harmonisch veränderliches Orthogonaltrajektorienfeld Γ induziert und umgekehrt.

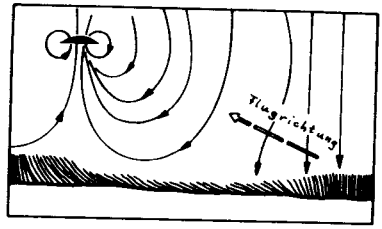
Das Gravitationsfeld um eine als kontrabarischer Generator wirkende Scheibe, eingebettet in das irdische Gravitationsfeld, hat wegen des in der Scheibe durch den kontrabarischen Effekt erzeugten Mesofeldes und wegen $\dot{\mu} = \alpha \, \mathrm{rot} \Gamma$ folgendes Aussehen:



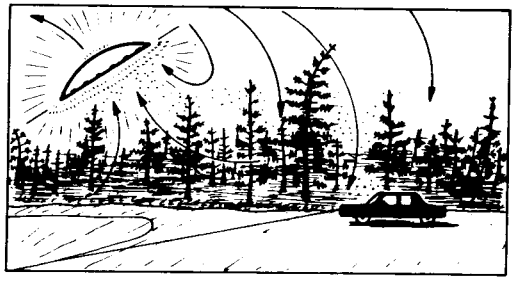
Direkt unterhalb der Scheibe entsteht eine Kraftwirkung senkrecht nach oben. So wäre zu verstehen, weshalb Wasser unterhalb des UFOs im Fall: (Cramp 1966, siehe auch die Ausführungen von Herrn Schneider in diesem Heft) sich auftürmen mußte:



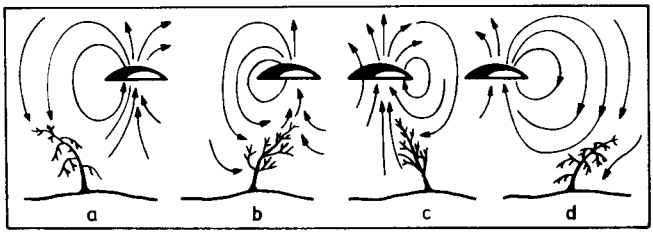
An den Rändern unterhalb der Scheibe müßte sich die Gravitationswirkung verstärken. Als Beispiel für einen solchen Fall sei die Beobachtung der Mme. Leboeuf aus Valence, die im September 1954 eine Begegnung mit einem gelandeten UFO hatte (Cramp 1966). Nachdem das Objekt fortgeflogen war, wurde eine etwa 3,50 m Ø große Kreisfläche entdeckt, in welcher sämtliche Büsche und Gräser ausgerissen waren. Am Rand dieses Gebietes standen Akazien. Von einem der Bäume war durch einen starken Druck von oben ein etwa 9 cm dicker Ast abgebrochen, während ein benachbarter Ast alle Blätter verloren hatte. Entlang des Weges den das Objekt in der Luft genommen hatte, waren auf den ersten Metern die Weizenhalme strahlenförmig niedergedrückt.



Je nach Aufenthaltsort der Zeugen müßten Levitations- oder Andruck-Empfindungen verspürt werden. Als Beispiel für die gleichzeitige Wahrnehmung von Attraktion und Repulsion in UFO-Nähe sei der Fall Ronald Wildman (FSR, Vol.8, Nr.2, März/ April 1962, S.18 und Cramp 1966) genannt.
Ein flacher Diskus erschien am 9. Februar 1962 über der Straße von Ashton Clinton auf der Mr. Wildman in seinem Wagen fuhr. Es war gegen 3 Uhr früh. Als der Wagen etwa 7 m von dem über der Straße schwebenden Objekt entfernt war, wurde der Motor abgedrosselt, obgleich die Scheinwerfer weiterhin brannten. Bemerkenswert war nun, daß von den Zweigen der am Straßenrand stehenden Bäume Reifpartikel einerseits gegen die Windschutzscheibe des Wagens geschleudert wurden und andererseits auf das Objekt zuflogen, wo sie einen Halo um den Rand des Diskus bildeten. Das kann nun mit dem Rotationsfeld um das UFO erklärt werden:



Beim niedrigen Flug eines "Kontrabators" über Baumwipfel müßten diese wie vom Sturm hin- und hergerissen werden:



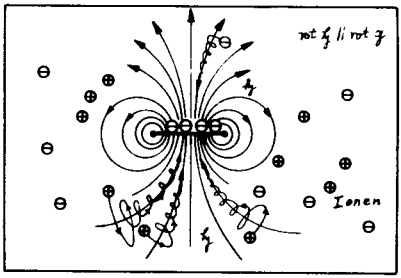
9.3 Abstrahlung von Gravitationswellen, welche über den dynabarischen Effekt elektromagnetische Strahlungsfelder induzieren

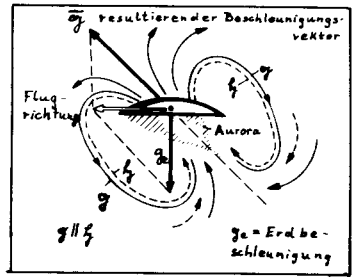
Die Wirkung der abgestrahlten Gravitationswellen richtet sich nach den erzeugten Frequenzen und Amplituden. Bei der Erzeugung von Gravitationswellen im Heimschen Sinne wird das Gravitationsfeld des materiellen Systems, auf welches die Strahlung trifft, zerstört und dessen Feldmasse nach der "dynabarischen Gleichung" in elektro-magnetische Energie verwandelt. Da das materielle System ohne Gravitationsfeld nicht definiert ist, muß dieses sofort nachgebaut werden. Die dazu erforderliche Energie kann am schnellsten aus der Umgebungswärme nachgeliefert werden.

Man hat demnach zweierlei Wirkungen der Gravitationsstrahlung zu erwarten: Gravitationswellen erzeugen elektromagnetische Strahlung durch Entzug der Feldenergie der Gravitationsfelder von Materie-Feldquanten. Diese primäre Strahlung kann entweder direkt als Photonen-Strahlung in Erscheinung treten oder die Luftmoleküle ionisieren. Die Ionen wiederum können sekundär von den Gravitationswellen zu Gruppen-Schwingungen angeregt werden, was zu einer Klystronstrahlung im Mikrowellenbereich führen müßte.

Die Energien der abgestrahlten impulsartigen Gravitationspotential-Störungen reagieren überaus stark mit Materie. Es muß erwartet werden, daß bei genügend kurzwelligen Feldstörungen die das Gerät umgebende Luft ionisiert wird.
Einige Fotos von UFOs dokumentieren diesen Sachverhalt.
Der Beweis für die Echtheit der folgenden Fotos ist im wissenschaftlichen Sinne nicht erbracht worden, dennoch sollen sie zur Veranschaulichung der Effekte hier angeführt werden, denn die Lichterscheinungen, die sie zeigen, wären in der Tat um Kontrabatoren zu erwarten.
Bei den leuchtenden "Kondensstreifen" handelt es sich möglicherweise um Rekombinationsleuchten der von UFOs ionisierten Luft. Daß starke Magnetfelder von den UFOs erzeugt werden und

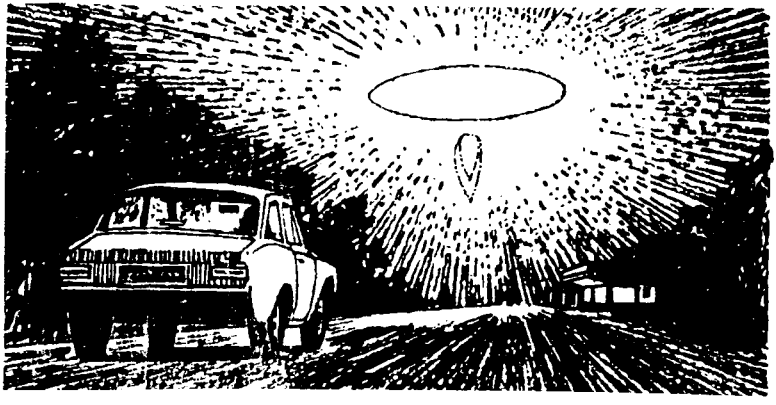
wie deren Feldlinien verlaufen, kann ebenfalls durch einige Fotos dokumentiert werden. Die Ionen laufen in Spiralen um die Magnetfeldlinien auf die elektrostatisch aufgeladene Oberfläche der Objekte zu. Im Gebiet der größten Feldliniendichte prallen sie aufeinander und erzeugen einen Aurora-Effekt.





Die Magnetfeldlinien verlaufen offenbar parallel zu den vom Kontrabator erzeugten Gravitationsfeldlinien. Da ihr Entstehen die verschiedensten Ursachen haben kann, lassen wir offen, wodurch sie induziert werden. Der Feldlinien-Verlauf läßt sich anhand z.B. des folgenden Fotos dokumentieren, auf dem die Bahnen der leuchtenden Ionen den Feldverlauf zu kennzeichnen scheinen. Die folgende Aufnahme wurde von Sr. Ibrahim Rodrigues am 4. Juli 1968 in der Nähe des Ortes Itapeva im Brasilianischen Staat Sao Paulo nachts gegen 1 Uhr aufgenommen. (FSR, Vol.16, Nr. 2, März/April 197o, S.2o) Bild Nr. 30

An der relativen Stellung des Aurora-Scheins zum Objekt kann der Feldlinienverlauf der Gravitation (parallel zu den Magnetfeldlinien) abgelesen werden. Die Ausrichtung der Aurora-Erscheinung erfolgt in Richtung des resultierenden Gravitationsfeldstärkevektors.



Geldard (1973) berichtete über ein schwebendes Objekt mit einer vertikal ausgerichteten Aurora-Lichterscheinung. Bild Seite 208.

Auf eine langsame Flugbewegung lassen die Stellungen der Aurora-Erscheinungen unterhalb der Objekte schließen, die in den Büchern von Green, 1967 (Tagesaufnahme) und bei Condon (1969) (Nachtaufnahme) wiedergegeben sind: Bild Nr. 31 und 32.

9.4 Kälteeffekte

Wegen des Energie-Entzugs der bestrahlten Materie muß es gleichzeitig zu einer Abkühlung der Umgebung kommen, was jedoch nicht zu einer Verletzung des. 2.thermodynamischen Hauptsatzes führen würde, denn zum Abbau der Gravitations-Feldmasse der Moleküle mußte ja Energie (der Gravitations-Strahlung) aufgewendet werden.
Man hat beobachtet, daß in der Umgebung von UFOs gelegentlich ein weißer Nebel entsteht. Es könnte sich dabei um kondensierten Wasserdampf handeln.

Wenn die zum Aufbau bzw. Wiederaufbau der Gravitationsfeldmasse erorderliche Energie nicht mehr durch die thermische Energie der Umgebung gedeckt werden kann, sollte die Energie durch Kernzerfall (im extremen Fall bis hinunter zu Protonen) aus der frei werdenden Bindungsenergie nachgeliefert werden können.

Wie Herr Schneider berichtet hat, sind alle diese physikalischen Erscheinungen registriert worden. Einerseits sprechen die Berichte wegen der theoretischen Forderung für die Glaubwürdigkeit der Zeugen (die ja nicht wissen konnten, was möglich sein sollte), doch andererseits bestätigen diese Angaben, wenn wir sie für glaubwürdig halten, die Heimsche Gravitationstheorie!

Bei der Bestrahlung von phosphoreszierendem Material kann die Energie z.B. durch Emissionsstimulation gewonnen werden.
Alle möglichen Effekte können überlagert auftreten. Die Mikrowellenstrahlung kann, je nach Frequenz und Intensität der Gravitationswellen-Emission, zu erheblichen Temperaturerhöhungen trotz Kältewirkung des dynabarischen Effektes führen. Sehr langwellige Gravitationswellen könnten Schallwellen erzeugen, die wie Explosionen, Brummen, Singen und Pfeifen wahrgenommen werden.

Auch den Effekt des Wärmeentzugs als Folge der Gravitations-Strahlungs-Wechselwirkungen mit Materie kann man auf manchen Fotos erkennen. Da die UFOs im allgemeinen keinen Wasserdampf in die Atmosphäre entlassen, jedoch mitunter beachtlich lange Kondensstreifen hinter sich herziehen, darf angenommen werden, daß die Luftfeuchtigkeit durch sehr tiefe Temperaturen der Objektoberfläche zum Kondensieren gebracht worden ist . Richtiger müßte man sagen, durch die Kältewirkung, die von den Gravitationswechselwirkungen in der Nähe der Objektoberfläche ausgehen. Denn der Apparat selbst scheint nicht so kalt zu sein, daß sich Eis ansetzen müßte. Die folgenden Aufnahmen eines Objektes, das über Bouffioulx, Belgien, im Abstand von wenigen Sekunden aufgenommen werden konnte (Ragaz 1961), lassen erkennen, daß die Wasserdampfkondensation erst in einem erheblichen Abstand vom Objekt beginnt. Die schwarzen Streifen und Flecken sind eine

Folge des geänderten Brechungsindex der Luft in kalten Bereichen der Luft. Bild Nr. 34 und Bild Nr. 35

9.5. Induktion starker magnetischer und elektrischer Felder

Da Gravitationswellen nicht durch Faraday-Käfige oder durch Materie unmittelbar abgeschirmt werden können, sondern in Materie - ähnlich wie Licht im Plasma - nur teilweise absorbiert werden, ist es denkbar, daß sie z.B. elektrische Felder in leitenden Materialien freisetzen, welche im gravitativen Strahlungstensor in Gestalt zusätzlicher Skalarprodukte aus Gravitationsfeldstärke und elektrischen bzw. magnetischen Feldstärkevektoren mitgeführt werden.

Diese Felder könnten zusammen mit dem dynabarischen Effekt derartig widerstandsmindernd wirken (Temperatursenkung!), daß stromdurchflossene Leiter quasi kurzgeschlossen werden. Allerdings ist diese Möglichkeit noch nicht genau theoretisch untersucht worden, doch wird sie durch die Berichte von stehengebliebenen Autos mit kurzgeschlossenen Batterien als Folge der Anwesenheit eines UFOs in der Nähe von Autos nahegelegt.

Auf die gleiche Weise könnten auch magnetische Felder aus der Gravitationsstrahlung freigesetzt werden. Doch könnte auch ein anderer Effekt die hohen Magnetfeldstärken um UFOs verständlich machen. Nach Heim (1959b) gilt das erweiterte elektromagnetische Induktionsgesetz

$$\mathrm{rot}\,\left(\mathfrak{H} + \frac{1}{c}\mathfrak{E}\right) = -\frac{1}{c}\dot{\mathfrak{H}} + \mu_0 I + \frac{2}{c}\,10^3\sqrt{\frac{3\mu_0}{\pi\cdot\gamma}}\left(\frac{\dot{\mathfrak{V}}}{\gamma}\,\mathrm{grad}\,\varphi - \vec{\omega}\times\mathrm{grad}\,\varphi\right)$$

Demnach muß jedes rotierende Gravitationsfeld von Magnetfeldern umgeben sein, was übrigens auch das Magnetfeld der Erde quantitativ erklären konnte.

9.6. Emission gekrümmter Lichtstrahlen

Wie Herr Berger in seinem Vortrag über die Sichtungsbilanz in der Umgebung Traunsteins berichtet hat, sind gelegentlich Licht- bzw. Scheinwerferstrahlen von UFOs ausgehend gesehen worden, die gekrümmt waren. Es gibt aber auch Berichte von "Lichtspiralen", Lichtstrahlen mit scharf begrenzter Reichweite sowie Beobachtungen von wie Morsezeichen oder Leuchtschrift wandernden Lichtstrahl-Segmenten und Lichtstrahlen, die um 90° "abgelenkt" wurden. Alle diese Strahlen gingen von den UFOs aus (J. Weverberg 1975).

Hier scheint es sich nicht um Lichtstrahlen zu handeln, die vom Objekt als Quelle ausgehen, sondern um Licht, das erst in der Umgebung der UFOs (durch den dynabarischen Effekt) generiert wird. Die Lichtstrahlen werden also nicht gesehen durch Streuung an Luftmolekülen, sondern Luftmoleküle in gewissen Raumbereichen werden zur Strahlungsemission angeregt.

Ursache dafür sind die starken Nichtlinearitäten in der Gravitationsstrahlungsbeziehung, deren Erscheinungsbild uns nicht bekannt ist, da die elektromagnetische Strahlungsbeziehung linear ist.

Nach Heim wirken Gravitationswellen auf statistisch ablaufende Ereignisse in geschlossenen Systemen organisierend, d.h. Entropie-mindernd. Diese Tatsache wird nicht nur für die Physik, sondern auch für die Biologie und Psychologie zu ganz außerordentlichen Konsequenzen führen. Die Parapsychologie wäre z.B. nicht mehr auf Medien angewiesen, in deren Umgebung energetische Prozesse teleologisch anentropisch transformiert zu werden scheinen. Allein schon diese Andeutungen sprengen den Rahmen meines Vortrags. Doch war es notwendig, sie zu machen. Ließen sich paranormale Vorgänge mit Heims Theorie nämlich nicht verstehen, so könnte man getrost seine einheitliche Feldtheorie als noch unvollständig abtun. Da solche paranormalen Prozesse aber zur Wirklichkeit gehören, muß eine jede einheitliche Feldtheorie, die Anspruch auf Gültigkeit erheben wollte , notwendig auch jene Vorgänge beschreiben können. Dass dies möglich ist, hat Heim in seinem Vortrag in Brixen (Heim 1975) über den "Kosmologischen Ereignisraum des Menschen" angedeutet.

Die Umgebung eines Gravitationswellen-Generators müßte geradezu wie ein "mediumistisches Feld" wirken. So gesehen, sind alle die paranormal zu nennenden Begleiterscheinungen bei manchen UFO-Annäherungen auf physikalische Weise verursacht.

10. Relativistische Reisen im 6-dimensionalen Raum

Doch kehren wir zurück zur Gravitationsstrahlung. Die Umwandlung von Photonen in Gravitonen und umgekehrt ist in statischen elektromagnetischen Feldern auch nach der Einsteinschen Gravitationstheorie möglich, wenigstens theoretisch (Boccaletti und De Sabbata 197o). Danach wären allerdings nachweisbare Gravitationswellen erst dann zu erwarten, wenn das Produkt aus der Energiedichte der Photonen und dem Quadrat der magnetischen Feldstärke sowie der 4. Potenz des Lichtweges den Faktor γ^2/c^8 einigermaßen kompensieren könnte, was außer jeder technischen Möglichkeit liegt.

Alle Konsequenzen der Heimschen Gravitationstheorie deuten darauf hin, daß wir in den Erscheinungen der UFOs Maschinen vor uns sehen, die mit einem kontrabarischen Antrieb ausgerüstet sind. Andererseits sind wir sicher, daß kein Land auf der Erde, wenigstens noch vor 20 Jahren, in der Lage gewesen ist, Gravitationswellen im Experiment zu erzeugen. Die Maschinen stammen demnach nicht von der Erde. Als alternative Möglichkeiten blieben für ihre Ursprungsorte nur noch Planeten benachbarter Sterne, zukünftige Welten oder benachbarte "transzendente Raumzeit-Welten".

Gegen die außerirdische Hypothese wird immer vorgebracht, daß die Reisen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit durchgeführt werden müßten. Die Zeitkontraktion bei solchen Geschwindigkeiten erhielte zwar die Reisenden jung, bei ihrer Rückkehr zum Heimatplaneten wären aber u.U. so viele Jahre vergangen, daß alle Freunde und Bekannten der Reisenden längst verstorben seien. Auch zeigen Rechnungen, daß solche Reisen schon aus energetischen Gründen undurchführbar wären. Immerhin müßten die Raumfahrer mindestens zu den um mehrere Lichtjahre entfernten Nachbarsonnen reisen, um hoffen zu können, dort Lebensformen vorfinden zu können. Raumreisende, die zu uns kämen, um dann nur für wenige Stunden oder kürzer auf unserem Planeten zu verweilen, so wie es den UFO-Insassen nachgesagt wird, würden schon aus ökonomischen Gründen nicht zu erwarten sein.

Das ist alles richtig, solange angenommen werden muß, daß Entfernungen nur für solche Fahrzeuge beliebig überbrückbar wären, die mit Lichtgeschwindigkeit fliegen, was nicht möglich ist. Nur in diesem Fall würde sich ein Objekt auf dem Mantel des Lichtkegels bewegen, was nur für imponderable Energien möglich ist (Photonen).

Doch sieht auch in dieser Hinsicht die Situation in der Heimschen Theorie etwas anders aus:

Wird die 6-dimensionale Transformationsmatrix in der üblichen Weise so geschrieben, daß die Transformation eine Drehung des Achsenkreuzes in der x_1x_0-Ebene um den imaginären Winkel φ dargestellt, so daß gilt:

$$\cos\varphi = (1-\beta^2)^{-1/2} \quad , \quad \sin\varphi = i\beta\,(1-\beta^2)^{-1/2}$$

$$\sin^2\varphi + \cos^2\varphi = 1 \quad , \quad \mathrm{tg}\,\varphi = i\beta$$

und damit

$$\hat{A} = \begin{pmatrix} \cos\varphi & 0 & 0 & \frac{1}{\beta}\sin\varphi & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{\beta}\sin\varphi & 0 & 0 & \cos\varphi & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} , \quad \beta^2 = v^2\left(c^2 + \dot{\varepsilon}^2 + \dot{\eta}^2\right)^{-1}$$

worin β^2 jetzt jedoch das Quadrat der Geschwindigkeit eines bewegten Systems bezogen auf die Summe aus Lichtgeschwindigkeit und den zeitlichen Änderungen der 5. und 6. Weltkoordinaten ε und η bedeutet. $\dot{\varepsilon}$ bezeichnet die zeitliche Änderung in einer Organisation eines Systems und $\dot{\eta}$ die "Intensität" in welcher die Organisations-Änderung aktiviert wird. (Heim 1975)

Die Bedingung dafür, daß ein Raumschiff mit der Geschwindigkeit ds/dt sich auch bei kleineren als Lichtgeschwindigkeiten auf dem Mantel des Lichtkegels bewegen kann, ist wegen

$$\dot{ds}^2 = \left(\frac{ds}{d\tau}\right)^2 = (\dot{x}_1)^2 + (\dot{x}_2)^2 + (\dot{x}_3)^2 - c^2\left(\frac{dt}{d\tau}\right)^2 - \dot{\varepsilon}^2 - \dot{\eta}^2 = v^2$$

(mit $\dot{x}_2 = \dot{x}_3 = 0$) $\qquad v^2 = \dot{\varepsilon}^2 + \dot{\eta}^2$,

denn dann ist in jedem Fall $\dot{x}_1 = c$.

Mit dieser Bedingung ist

$$1 - \beta^2 = 1 - \frac{v^2}{c^2 + \dot{\varepsilon}^2 + \dot{\eta}^2}$$

Die Summe im Nenner kann nicht größer als $\omega^2 = \frac{16}{9} \cdot c^2$ werden. Daher ist bei der Geschwindigkeit $v^2 = \dot{\varepsilon}^2 + \dot{\eta}^2 = \frac{7}{9} \cdot c^2$ die Bedingung erfüllt, daß ein Raumschiff in beliebig kurzer Zeit beliebig weite Entferungen überbrücken könnte.

Wie allerdings $\dot{\varepsilon}$ zu realisieren wäre, ist bisher noch völlig offen. Alle praktischen Fragen dieser Art können erst untersucht werden, wenn es einmal gelungen sein wird, Gravitationswellen im Experiment zu erzeugen und zu studieren.

Alle Beobachtungen der Wirkungen von "UFO-Strahlungen" auf ihre Umgebung lassen nach den oben gemachten Ausführungen vermuten, daß wir es bei UFOs mit extraterrestrischen Fahrzeugen zu tun haben könnten, die mit künstlichen Beschleunigungsfeldern angetrieben werden. Es scheint daher zweckmäßig, quantitative Untersuchungen über die Übereinstimmungen der registrierten UFO-Effekte mit der Heimschen einheitlichen Feldtheorie durchzuführen.

Literaturquellen

Ahner, H.F. und J.L.Anderson 1971: Phys.Rev.D., Vol.1,2,488
Aichelberg, P.C., R.Mansouri und H.K.Urbantke 1972: Acta Physica Austriaca, 36, 86
Arnowitt, R. und S.Deser 1959: Phys.Rev., 113, 745
Arnowitt, R., S.Deser und C.W.Misner 1962: in "Gravitation - An Introduction to Current Research", ed.by L.Witten, J.Wiley, New York
Babcock, R. und P.M.S. Blackett 1947: In H.Siedentopf:"Grundriß der Astrophysik", Wiss.Verl.Ges., Stuttgart (1950)
Belinfante, F.J. und J.C. Swihart 1957: Ann.Phys., 1, 168
Bergmann, P.G. 1948: Ann. of Math. 49, 255
Bergmann, P.G. 1956: Nuovo Cimento, 3, 1177/Helv.Phys.Acta Suppl., 4, 79
Bergmann, P.G. und A.Komar 1962: "Les Theories Relativistes de la Gravitation", Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, S. 309
Birkhoff, G.D. 1943: Proc. Natl. Acad. Sci. U.S., 29, 231
Boccaletti, D. und DeSabbata, V. 1970: Il Nuovo Cimento, Vol LXXB, 2, 129
Born, M. und L.Infeld 1934: Proc. R. Soc. A., 144, 425
Brand, W. 1942: Phys. Rev., 61, 698
Brans, C. und R.H. Dicke 1961: Phys. Rev., 124, Nr. 3, 925
Braunss, G. 1964: Ztschr. f. Nat.Forsch., 19a, 825
Braunss, G. 1965: Ztschr. f. Nat. Forsch.,20a, 649
Breuer, R. 1975: Süddeutsche Zeitung, Nr.161, S.22, 17.7.1975
Carter, B. 1968: Phys. Rev. 174, 1559
Counselman III, C.C. et. al. 1974: Phys. Rev. Letters, 33, 1621
Dehnen, H. und H.Höhnl 1963: Ann. Physik, 7, 11, H.1-6, 201
Dehnen, H. und H.Höhnl 1964: Z. f. Physik, 179, 76
DeWitt, B.S. 1950: Ph. D.Thesis, Havard University
DeWitt, B.S. und R.W. Brehme 1960: Ann.Phys., 9, 220
DeWitt, B.S. 1962: in "Recent Developments in General Relativity", Pergamon, S. 175
DeWitt, B.S. 1967: Phys. Rev., 162, 1195-1239
Dirac, P.A.M. 1950: Can. J.Math., 2, 129
Dirac, P.A.M. 1964: Umschau in Nat.Wiss. u.Techn., Hefte 1 und 2
Dirac, P.A.M. 1973: Proc. R. Soc. Lond., A333, 403
Einstein, A. 1920: Phys. Ztschr., 21, 651
Einstein, A., L.Infeld und B.Hoffmann 1938: Ann.Math., 39, 65
Einstein, A. 1956: "Grundzüge der Relativitätstheorie", Vieweg & Sohn, Braunschweig
Finkelstein, D. 1974: in "Physical Reality and Mathematical Description", ed. by Ch.P.Enz und J.Mehra, D.Reidel Publ. Comp., Dordrecht, Holland
Fischer, A.E. 1970: in Carmeli, Fickler und Fitsch "Relativity", Plenum, New York, § 43.1
Feynman, R.P. 1962: erwähnt in J.L.Anderson in "Gravitation - An Introduction to Current Research", S.280, ed. by L.Witten, Wiley & Sons, New York
Gupta, S.N. 1952: Proc. Phys. Soc. (London), A65, 161, 608
Gupta, S.N. 1954: Phys. Rev., 96, 1683
Gupta, S.N. 1957: Rev.Mod.Phys., Vol.29, 3, 334
Hehl, F.W. und B.K.Datta 1971: Journ. Math.Phys., Vol,12, 7, 1334
Heim, B. 1952: "Die dynamische Kontrabarie als Lösung des astronautischen Problems", Int. Astronautischer Kongreß, Stuttgart

Heim, B. 1957: "Das Prinzip der dynamischen Kontrabarie", Tagung der G.f.W., Oktober, Frankfurt
Heim, B. 1959a: Flugkörper, 4, S. 100, 6, S. 164, 7, S. 219, 8, S. 244
Heim, B. 1959b: "Magnetismus, Gravitation und Gravitationsgrenzen", Interne Institutsnachrichten, Northeim (Inst. f. Kraftfeldphys. u. allg. Kosmologie, e.V.)
Heim, B. 1969a: "Zur Revision des Newtonschen Gravitationsgesetzes", Interne Institutsnachrichten, Inst. f. Kraftfeldphys. u. allg. Kosmologie, e.V., Northeim
Heim, B. 1969b: "Ausgewählte Ergebnisse einer neuen einheitlichen Quantenfeldtheorie der Materie und Gravitation", Seminar-Vortrag bei MBB, Ottobrunn
Heim, B. 1974: "Ausgewählte Ergebnisse einer neuen einh. Quantenfeld-Th. d. Materie u. Grav.", Interne Institutsnachrichten, Inst. f. Kraftfeldphys. u. allg. Kosmologie, e.V., Northeim
Heim, B. 1975a: "Der kosmologische Erlebnisraum des Menschen", Vortrag in Brixen, Sept.1974; in IMAGO MUNDI V, Resch-Verlag, Innsbruck
Heim, B. 19~~75b~~77: "Vorschlag eines Weges zur einheitlichen Beschreibung der Elementarteilchen", zur Publikation vorbereitet → Ztsch. f. Naturforschg. 32a, S. 233-243
Higgs, P.W. 1958: Phys. Rev. Letters, 1, 373
Higgs, P.W. 1959: Phys. Rev. Letters, 3, 66
Hlávaty, V. 1952: Proc. nat. Acad. Sci. USA, 38, Nr. 5, 415, Nr. 12 1052
Hlávaty, V. 1954: "Report on the Recent Einstein Unified Field Theory", Rendic. Mat. Padova
Hoyle, F. und J.V. Narlikar 1963: Proc. Roy. Soc., London (A), 273, 1
Infeld, L. 1959: Ann. Phys., Princeton, 6, 341
Isham, C.H., A. Salam und J.Strathdee 1971: Phys. Rev. D3, 867
Jaakkola, T. et al. 1975: Nature, 256, 24
Jordan, P. 1955: "Schwerkraft und Weltall", 2. Auflage, Vieweg, Braunschweig
Kaspar, G. und H.J. Treder 1969: Ann. d. Physik, 3-4, 201
Kerr, R.P. 1963: Phys. Rev. Letters, 11, 237
Kohler, M. 1952: Z. f. Physik, 131, 571
Kohler, M. 1953: Z. f. Physik, 134, 286 und 306
Komar, A. 1964: Phys. Rev., 134, B1430
Komar, A. 1967: Phys. Rev., 164, 1595
Komar, A. 1968: Phys. Rev., 170,
Kretchmann, E. 1917: Ann. Physik, 53, 575
v.Krzywoblocki, M.Z. 1967: Acta Phys. Acad. Scient.Hungaricae, Tomus 23 (2), S. 193
Kuchar, K. 1973: in "Relativity, Astrophysics and Cosmology", ed by W.Israel, Reidel Publ. Comp., Dordrecht, S. 239
Lanczos, C. 1957: Rev.Mod. Phys., Vol, 29, 3, 337
v.Laue, M. 1956: "Die Relativitätstheorie", Bd.II, S.194, Vieweg, Braunschweig.
Levi-Civita, T. 1928: "Der absolute Differentialkalkül", S.125, Berlin
v.Ludwiger, I. 1975: persönliche Mitteilung, Promotionsarbeit
Lyra, G. 1951: Math. Z., Bd. 54, 1, 52
Mandelstam, S. 1964: "Relat. Th. of Gravitation", ed by L.Infeld, Pergamon Press, New York

Misner, C.W. 1957: Rev. Mod. Phys., 29, 377
Mittelstaedt, P. 1968: Z. f. Physik, 211, 271
Nordström, G. 1914: Ann. d. Physik, 43, 1101
Papapetrou, A. 1948: Proc. Irish Academy, 52, 11
Pauli, W. 1963: "Relativitätstheorie", Paolo Boringhieri, S.223
Peierls, R.E. 1952: Proc. Roy.Soc. (London) A214, 143
Penrose, R. 1975: in "Quantum Gravity - An Oxford Symposium", ed by C.J. Isham, R.Penrose und D.W. Sciama, Claredon Press, Oxford
Peres, A. und Rosen, N. 1960: Phys. Rev., 118 335
Pirani, F.A.E. 1962a: in "Gravitation - An Introduction to Current Research", ed by L.Witten, J.Wiley & Sons, New York
Pirani, F.A.E. 1962b: in "Les Théories de la Gravitation", S.85, Paris: CNRS
Robertson, H.P. und Th.W.Noonan 1968:"Relativity an Cosmology" W.B.Saunders Comp., Philadelphia, S.160ff.
Rodichev, V. 1961: Soviet Physics: JETP, 40, 1169
Rosen, N. 1940: Phys. Rev., 57, S.147 und 150
Rosen, N. 1964: in "Relativistic Theories of Gravitation", Conference intn. sur les theories rel. de la gravitation, Warschau 1962, Pergamon, Frankfurt
Rosenfeld, L. 1930: Z. f. Physik, 65, 589
Ross, D.K. 1972: Phys. Rev., D, Vol. 5, S. 2
Rubin et al. 1975: A.p.J., 183, L111
Schmutzer, E. 1968: "Relativistische Physik", Akademie-Verlag, Leipzig, S. 903
Schwinger, J. 1963: Phys. Rev., 130, 1253
Schwinger, J. 1968: Phys. Rev., V173, 5, 1264
Sciama, D.W. 1962: "Recent Developments in General Relativity", S.415, Pergamon, London
Sen, D.K. 1968: "Fields and/or Particles", Reyerson Press, Toronto, S. 84
Sen, D.K. und K.A.Dunn 1971: J. Math. Phys. Vol 12, 4,
Sivaram, C. und K.P. Sinha 1974: Pramana, Vol 2, 5, 229
Spieweck, F. 1971: Astron. & Astrophysik, 12, 278
Thirring, W. 1961: Ann. Phys., New York, 16, 96
Treder, H.J. 1967: Ann. Phys., 20
Treder, H.J. 1968: "Relativität und Kosmos", S.42, Akademie-Verlag, Berlin
Ulmer, W. 1975: Int. J. of Theor. Phys., Vol 13, 1, S.51-72
VanDanzig, D.1932: Math. Ann., 106, 400
Velben, O. 1933: "Projektive Relativitätstheorie", Springer, Berlin
Weidemann, V. 1975: Naturwissenschaften, 62, S. 419 - 424
Weinberg, S. 1965: Phys. Rev., 138, 4B
Weinberg, S. 1972: "Gravitation and Cosmology - Principles and Applications of the General Theory of Relativity", J.Wiley & Sons, Inc., New York, S. 289
v.Weizsäcker, C.F. 1974: in "Physical Reality & Mathematical Description", S.48 ff., Reidel, Dordrecht, Holland.
Weyl, H. 1918/20: "Raum, Zeit, Materie", 4. Auflage,
Weyl, H. 1929: Z. f. Physik, 56, 330
Weyl, H. 1951: Z. f. Naturwissenschaften, 38, 73
Wheeler, J.A. 1957a: Ann. Phys., 2, 604
Wheeler, J.A. 1957b: Phys. Rev., 29, 497
Wheeler, J.A. 1962: "Geometrodynamics", Academic Press, New-York

Wheeler, J.A. 1964: in "Relativity, Groups and Topology", ed by B. DeWitt, Gordon & Breach, New York

Wheeler, J.A., Ch.W.Misner und K.P.Thorne 1973: "Gravitation", S. 1198 ff., Freeman & Comp., San Francisco

Whitehead, A.N. 1922: "The Principle of Relativity", Cambridge University Press, Cambridge

Zwicky, F. 1959: "Clusters of Galaxies" im Handbuch der Physik - Astrophysik IV"; Sternsysteme, L111, Springer, Göttingen, S. 390 ff.

Literatur zu den behandelten UFO-Phänomenen

Barker, G. 1970: "The Silver Bridge", Saucerian Books, Clarksburg, West Virginia

Buhler, W. 1970: FSR, Vol 19, 2, 3

Condon, E. et al. 1969: "Scientific Study of UFO's", Foto Nr.49, Fall 53; Dutton & Co., Inc. with Colorado Associated University Press

Cramp, L. 1966: "Piece for a J g-Saw", Somerfon, London

Fort, Ch. 1957: "The Books of Charles Fort", Henry Holt and Comp., New York, 6. Auflage

Geldard, G. 1973: FSR - Case Histories, Supp. 14, S. 6

Green, G. 1967: "Let's face the facts about Flying Saucers", Popular Library, New York

Keel, J.A. 1970a: UFO's - Operation Trojan Horse", Putnam, New York

Keel, J.A. 1970b: "Autentic, frightening eyewitness accounts of Strange Creatures form Time and Space", Fawcett Publications, Inc., Greenwich, Conn.

Keel, J.A. 1971: "Our Haunted Planet", Neville Spearman, London

Klass, Ph. 1968: "UFO's Identified", Random House

Klass, Ph. 1975: "UFO's Explained", Random House

Menzel, D. und L.G.Boyd 1963: "The World of Flying Saucers", Doubleday & Co. , New York

MUFON-CES 1974: Tagungsbericht, Innsbruck, ed by MUFON, Feldkirchen-Westerham

Poher, C. und J.Vallee 1975: AIAA Paper 75-42, 13th Aerospace Science Meeting, Pasadena, Cal./ 20.-22.1.75

Ragaz, H.J. 1958: Weltraumbote, Nr. 36/37, S. 24/25, Zürich

Ragaz, H.J. 1961: Weltraumbote, 6. Jgg., Nr. 60/61, S.1,Zürich

Schneider, A. 1976: siehe Beitrag in diesem Tagungsbericht Icking, 1975

Vallee, J. 1970: "From Folklore to Flying Saucers - Passport to Magonia", Neville Spearman, London

Vallee, J. 1974: Psychic, Jan./Febr.1974

Vance, A. 1973: FSR, Vol 19, 2, 3

Weverbergh, J 1975: "Ufonauten in Opmars", Deventer, Holland

Summary

New Theories of Gravitation and the Qualitative Explanation for Some Physical Effects of UFO's.

This article is directed mainly to theoretical physicists. By relying on new gravitation theories, the attempt is made to support the extraterrestrial hypothesis as the explanation of UFO phenomena. For this purpose, gravitation theories are introduced which predict accompanying electromagnetic effects that have been observed in the vicinity of UFO's.

To ease the burden of those physicists not familiar with the material, the development and the most important characteristics of the theories are presented in abbreviated form. Firstly, gravitation theories in Minkowski space will be discussed. This will be followed by those in Riemann space. There follows a discussion of the necessity of extending the Einstein gravitation theory. As examples of such extensions, scalar-tensor theories of gravitation, unified field theories, and unified-source-field descriptions are discusses. The attempts at quantization will be discusses in detail with the unified field theory of Wheeler particularly expounded.

Several requirements will be named which must be fulfilled by a reasonable unified quantum field theory of matter and gravitation.

This overview of the main directions of gravitational research was necessary so that the reader could judge the theoretical path and the importance of the following unified quantum field theory of matter and gravitation by Burkhard Heim. Heim's unified field theory, which is being prepared for publication, is currently the only structure-theory that leads to a consistent formula for the mass of elementary particles and resonances as well as lifetimes, whose values are given exactly. The path of the derivation of the Heim field theory will be briefly sketched. Firstly, Heims gravitation theory, which takes into account the mass of the gravitational field, will be discussed in Minkowski space. Than an equivalence existing between Heim's unified source-field-energy density-tensor with the Weyl structure tensor will be presented.

As the spatially distributed gravitative field energy is taken into consideration in the gravitational field equations as a field mass, a correction to Newton's Law of gravitation is found, which, for instance, allows one to explain the formation of nests of spiral nebulae. Canonical formalism requires the introduction of "meso-field" and thus allows one to set up the field equations in a quantized form.

The theoretical result of a superluminar velocity of gravitational field perturbations suggests the postulate of a second principle of relativity and a correction to the Lorentz group of special theory of relativity. In order to fulfill the requirements of symmetry of quantum mechanics, the domain R_4

must be extended to an R_6. In this way, a nonlinear quantized Hermitian structure theory can be developed.

The mathematical condition of area quantization requires a new mathematical calculus, because the limes relations of the ordinary differential and integral calculus are no more applicable.

The necessity of introducing differences calculus as a consequence of the metric structure quantum (metron) will be explained.

In the vicinity of elementary ponderable field sources the gravitational field becomes extremely strong. Gravity field and matter field, as well as the spectrum of all interaction fields, are jointly described by energetic quantum levels of a structure tensor.

Heim's theory makes it possible to test in the laboratory new results concerning reciprocal action between electromagnetic and gravitational fields. The "contrabaric effect" should make possible the production of acceleration or gravity fields with the concurrent production of gravity waves. The characteristics of these waves, not found in nature, are quite unusual. For example, when these waves strike matter, electromagnetic rays, strong magnetic and electric fields as well as coldness effects are brought about by the "dynabaric effect".

By means of a few special UFO reports (pictures and photos) an attempt will be made to explain the concomitant secondary effects in a qualitative fashion. Finally, it will be shown how, according to Heim's theory, it is possible, in principle, for a space ship traveling at less than the speed of light, to reach the mantel of the light cone. This result provides the extraterrestrial hypothesis (ETH) with a theoretical basis.