

Die Existenz des Metrons

Dipl.-Phys. Roger Florian

1. Einleitung

Die folgende Arbeit soll zeigen, wie die Existenz des Metrons τ vernünftig begründet werden kann. Ausgehend von der Newtonschen Gravitationstheorie wird gezeigt, dass das Gravitationsfeld $\vec{F}$ eines Elementarkorpuskels unterhalb einer Schranke $r_- > 0$ nicht länger definiert ist. r_- wird als untere Realitätsschranke des Gravitationsfeldes bezeichnet. Es wird gezeigt, dass die untere Realitätsschranke des Gravitationsfeldes dem Schwarzschildradius r_s der Allgemeinen Relativitätstheorie sehr ähnlich ist. In der Folge erweist sich das Konzept des Punktteilchens als unphysikalisch, da es zur Existenz des Gravitationsfeldes und der Einheit von Feld und Feldquelle im Widerspruch steht. Die physikalischen Größen der Planck-Skala erscheinen daraufhin in einem einheitlichen physikalischen Zusammenhang.

Dieser Text basiert auf den Arbeiten von Burkhard Heim, der als erster eine Ableitung des Metrons τ versucht hat. Ein genaueres Studium von Heims Berechnungen zeigt jedoch, dass seine Begründung von τ einige schwerere Fehler aufweist, weswegen eine neue Herleitung erarbeitet werden musste. Heim erhielt rein qualitativ ähnliche Ergebnisse, weswegen sich seine Fehler nicht schwerwiegend auf die weitere Entwicklung seiner Strukturtheorie ausgewirkt haben. Alle wesentlichen physikalischen Ideen, die zur Ableitung des Metrons geführt haben, sind einzig und allein Burkhard Heim zuzuschreiben. Aus der korrekten Herleitung von τ ergeben sich einige interessante Konsequenzen, die erst nach der Korrektur erkannt werden konnten.

2. Grundlagen

Im folgenden sollen die physikalischen Grundlagen zusammengefasst werden, die Ausgangspunkt dieser Arbeit sind.

2.1 Newtonsche Gravitationstheorie

Empirisch findet man für die Gravitationskraft $\vec{F}$, mit der eine Masse M auf eine Masse m wirkt

$$\vec{F} = -\gamma \frac{\vec{r}}{r} \frac{mM}{r^2}$$

Dabei werden die beiden Massen als punktförmig idealisiert. γ ist die sog. Gravitationskonstante; $\vec{r}$ ist der Verbindungsvektor von M nach m und $r = |\vec{r}|$. Das Gravitationsfeld $\vec{\Gamma}$ der Masse M wird nun durch die Festlegung

$$\vec{F} = m\vec{\Gamma}$$

definiert. $\vec{\Gamma}$ kann nun eine eigenständige Existenz als real existierendes Kraftfeld zugeschrieben werden. Da für die Gravitation das Prinzip von actio gleich reactio gilt, nomen zu interpretieren und nicht etwa auf Scheinkräfte zurückzuführen, wie es die Idee der Allgemeinen Relativitätstheorie ist. Ein wichtiger Unterschied zur elektrischen Kraftwirkung ist der unpolare Charakter des Gravitationsfeldes - d.h. es ist stets $m > 0$, wenn m die Masse beliebiger ponderabler Materie ist.

Es ist möglich, das statische Gravitationsfeld $\vec{\Gamma}$ einer Masse M als Gradient $\text{grad}\varphi$ eines Potentials φ zu schreiben:

$$\varphi = \gamma \frac{M}{r}$$

$$\vec{\Gamma} = \text{grad}\varphi$$

Die übliche Konvention sieht vor, φ mit einem zusätzlichen Vorzeichen zu definieren und $\vec{\Gamma} = -\text{grad}\varphi$ zu setzen. Hier wird bewusst eine andere Konvention verwendet, da sich φ bei dieser Wahl des Vorzeichens in natürlicher Weise als ein Geschwindigkeitspotential interpretieren lässt: Für ein Teilchen der Masse m, das in einer Entfernung r mit der Geschwindigkeit v um die Masse M kreist, gilt der Zusammenhang

$$v^2 = \varphi(r)$$

Das Potential φ einer kontinuierlichen Massenverteilung $\sigma = \sigma(\vec{r})$ ist Lösung der Poissonsgleichung

$$\Delta\varphi = -4\pi\gamma\sigma$$

Auch hier erscheint gegenüber der üblichen Konvention ein zusätzliches Vorzeichen. Unter der Voraussetzung, dass σ kompakten Träger hat und man nur an Lösungen interessiert ist, die wenigstens wie $1/r$ im Unendlichen abfallen, ist die allgemeine Lösung dieser Gleichung durch

$$\varphi(\vec{r}) = \gamma \int \frac{\sigma(\vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|} dV'$$

gegeben (insbesondere wird dadurch eine Verschiebung des Potentialnullpunktes um einen konstanten Betrag $\varphi_0 \neq 0$ unterdrückt; diese Lösungsgleichung passt somit zu dem Potential eines Punktteilchens wie es oben bereits angegeben wurde).

Zuletzt soll ein elementares Ergebnis der Newtonschen Gravitationstheorie reproduziert werden, das für die weiteren Überlegungen von Bedeutung ist: Betrachten wir eine bezüglich eines Punktes (Ursprung des Systems sphärischer Koordinaten) radialsymmetrische Massenverteilung der Dichte $\sigma = \sigma(r)$, so ist die gesamte Gravitationswirkung in einem Abstand $r = r_0$ die Gravitationskraft einer Masse $m(r_0)$, die im Zentrum konzentriert erscheint. $m(r_0)$ ist der im Volumen $r \leq r_0$ gegebene Anteil der durch $\sigma(r)$ definierten Massenverteilung.

Dazu setzen wir mit der Poissonsgleichung in Kugelkoordinaten an:

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{d\varphi}{dr} \right) = -4\pi\gamma\sigma(r)$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{d\varphi}{dr} \right) = -4\pi\gamma r^2 \sigma(r)$$

$$\Rightarrow 2r \frac{d\varphi}{dr} + r^2 \frac{d^2\varphi}{dr^2} = -4\pi\gamma r^2 \sigma(r)$$

Integration über r von $r = 0$ bis $r = r_0$ liefert

$$2 \int_0^{r_0} r \frac{d\varphi}{dr} dr + \int_0^{r_0} r^2 \frac{d^2\varphi}{dr^2} dr = -\gamma \int_0^{r_0} 4\pi r^2 \sigma(r) dr$$

Das Integral auf der rechten Seite ist gerade $m(r_0)$. Die linke Seite kann durch partielle Integration umgeformt werden. Man erhält:

$$\begin{aligned} & 2[r\varphi]_{-r_0}^{-r_0} - 2 \int_0^{r_0} \varphi(r) dr + \left[r^2 \frac{d\varphi}{dr} \right]_{r=-r_0}^{r=r_0} - 2 \int_0^{r_0} r \frac{d\varphi}{dr} dr = \\ & = 2[r\varphi]_{-r_0}^{-r_0} - 2 \int_0^{r_0} \varphi(r) dr + \left(r^2 \frac{d\varphi}{dr} \right) \Big|_{r=r_0} - 2[r\varphi]_{-r_0}^{-r_0} + 2 \int_0^{r_0} \varphi(r) dr \end{aligned}$$

Im letzten Ausdruck bleibt nur $[r^2 d\varphi/dr]_{r=r_0}$ übrig. Da r_0 beliebig war, ergibt sich allgemein

$$\frac{d\varphi}{dr} = -\gamma \frac{m(r)}{r^2}$$

Nun ist $d\varphi/dr = \Gamma_r$ (da sphärische Koordinaten orthogonal sind und da $g'' = 1$ für die Inverse der Metrik 2g in Kugelkoordinaten) und wegen der Radialsymmetrie verschwinden Γ_θ und Γ_φ . Daher ist obige Aussage äquivalent zu

$$\vec{\Gamma} = -\gamma \frac{\vec{r}}{r} \frac{m(r)}{r^2} \quad (1)$$

Dies ist das gesuchte Ergebnis. Später wird es notwendig sein, das vorgestellte Argument noch einmal zu verfeinern.

2.2 Äquivalenz von Energie und Masse

Nach Einstein besteht die Äquivalenz $E = m_t c^2$, wobei E eine Energie und m_t eine träge Masse bedeuten: Jeder Energie ist also eine träge Masse äquivalent und umgekehrt. Das Äquivalenzprinzip von Masse und Energie ist experimentell vielfach bestätigt worden und kann als gesicherter Grundbestand der Physik angesehen werden. Schon länger ist die strenge Äquivalenz von träger Masse m_t und schwerer Masse m_s bekannt, so dass beide stets miteinander identifiziert und kurz mit m angegeben werden. Somit gilt also

$$E = mc^2$$

Wird aber die Gültigkeit beider Prinzipien angenommen, so folgt, dass jeder Form von Energie eine schwere Masse zugeordnet werden muss. Jede Form von Energie erzeugt also ihr eigenes Gravitationsfeld, welches dann physikalisch - wiederum wegen Äquivalenz von träger und schwerer Masse - als universelles Führungsfeld in Erscheinung tritt (alle Körper fallen gleich).

Dies legt insbesondere nahe, dass Energie nicht nur als abstrakte Rechengröße betrachtet werden kann: Durch ihr Gravitationsfeld tritt jede Form von Energie physikalisch in Erscheinung. Es muss also einen ganz fundamentalen strukturellen Zusammenhang zwischen Energie und dem Gravitationsfeld geben. Dies bedeutet auch, dass jede Form von materiell-energetischer Struktur untrennbar mit dem Phänomen der Gravitation vereint ist: Es erscheint sinnlos, eine fundamentale Theorie der Naturbeschreibung unter Ausschluss des Gravitationsfeldes konzipieren zu wollen. Insbesondere wäre es verwunderlich, wenn überhaupt etwas Wesentliches über die Grundfragen der Physik in Erfahrung gebracht werden könnte, ohne das Gravitationsfeld von Anfang an zu einem integralen Bestandteil der Betrachtungen zu machen: Nach den Grundlagen der Physik zu fragen, muss also stets bedeuten, gleichzeitig nach der wahren Natur des Gravitationsfeldes zu fragen. Es erscheint daher sinnvoll, sich zunächst intensiver mit dem Phänomen der Gravitation auseinanderzusetzen.

3. Weiterführende Untersuchung des Gravitationsfeldes und die Existenz des Metrons

Im Folgenden wollen wir das statische Gravitationsfeld eines elektrisch neutralen Elementarkorpuskels der Masse μ , den wir uns fortan im Zentrum eines sphärischen Koordinatensystems denken, genauer untersuchen. Zunächst wollen wir die Masse μ als Massenpunkt idealisieren. Empirisch ist bekannt, dass die Newtonsche Gravitationstheorie ein solches Gravitationsfeld sehr gut wiedergeben kann.

Bringen wir ein zweites Teilchen m_1 in das Gravitationsfeld der Masse μ , so wirkt stets eine anziehende Kraft zwischen den beiden Körpern. Die Masse m_1 befinde sich im Abstand r von der Masse μ . Dann ist das Energieniveau $\psi = \psi(r)$ zwischen beiden Teilchen nach Newton durch

$$\psi(r) = -\frac{\mu m_1}{r^2}$$

gegeben. Da die Newtonsche Theorie das Gravitationsfeld sehr genau beschreibt, ist zu erwarten, dass der Ausdruck für $\psi(r)$ das Energieniveau der Wechselwirkung ebenso gut approximiert. Das Energieniveau ist negativ, da Gravitation stets anziehend wirkt.

Nach den Überlegungen im letzten Abschnitt muss der Wechselwirkungsenergie $\psi(r)$ eine schwere Masse m gemäß

$$\psi(r) = mc^2$$

entsprechen. Diese Wechselwirkungsenergie kann nur dann auf natürliche Weise verstanden werden, wenn dem Gravitationsfeld eine (lokalisierbare) Energiedichte zugeordnet wird, die nach dem Äquivalent von Energie und Masse einer *Feldmasse* (Heim) entspricht. Das bedeutet aber, dass das Gravitationsfeld aufgrund seiner Feldmasse wieder Quelle eines Gravitationsfeldes ist usw. Das heißt, wir müssen erwarten, dass sich das wahre Gravitationsfeld einer Korpuskularmasse als komplizierte Überlagerung vieler Einzelbeiträge ergibt. Mithin dürfte das Konzept des statischen Gravitationsfeldes eine reine Idealisierung sein: Das statische Gravitationsfeld kann nur als ein komplexer Gleichgewichtszustand verstanden werden, dem winzige Fluktuationen des Feldes überlagert sind. Es findet ein ständiger Energieaustausch zwischen Feld und Feldquelle statt.

Wir müssen nun annehmen, dass dem Elementarteilchen eine „nackte“ Teilchenmasse m_0 zugeordnet ist. Diese Masse ist Quelle eines primären Gravitationsfeldes, welches aufgrund seiner Energiedichte ein (erstes) sekundäres Gravitationsfeld produziert usw. Das statische Gravitationsfeld betrachten wir als den Endzustand dieses gravitomagnetischen Elementarprozesses. Weiter wollen wir annehmen, dass ein r_0 existiert, so dass r_0 die kleinste Zahl ist mit der Eigenschaft, dass die ganze Masse m_0 in der Kugel mit Radius r_0 enthalten ist. Wir wollen hier von einer möglichen Innenstruktur der Elementarteilchen absehen und die Korpuskel als jene Kugel vom Radius r_0 verstehen. Mit dieser Vereinfachung zeichnet das System keine Raumrichtung aus und ist daher radialsymmetrisch - d.h. die Masse m_0 wird außerhalb der Kugel vom Radius r_0 als Punktmasse erscheinen, die sich im Zentrum befindet. Aus dem gleichen Grund muss für $r \geq r_0$ eine Massendichte $\sigma = \sigma(r)$ existieren, die nur von r abhängt, und die Verteilung der Feldmasse von m_0 beschreibt. Insgesamt wird die Masse m also zu einer *abstandsabhängigen* Funktion $m = m(r)$, die beschreibt, wie viel Masse im Kugelvolumen mit Radius r insgesamt enthalten ist. Da die Massen

radialsymmetrisch verteilt sein müssen, kann nach den vorherigen Untersuchungen geschlossen werden, dass die Gravitationskraft $\Gamma(r) = \Gamma_r(r)$ für $r \geq r_0$ durch

$$\Gamma(r) = -\gamma \frac{m(r)}{r^2}$$

gegeben ist. In einem Abstand $r_1 \geq r_0$ von m_0 sind die Feldmassen aus dem Bereich $r \geq r_1$ also überhaupt nicht spürbar. Wir werden uns zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal kritisch mit dieser Argumentation auseinandersetzen.

Da das Energieniveau des Gravitationsfeldes stets negativ ist, muss dem Gravitationsfeld eine negative Energiedichte zugeordnet werden. Die Feldmasse ist daher eine Antimasse. D.h. es ist zu erwarten, dass das Gravitationsfeld seinerseits ein Antigravitationsfeld produziert.

Die wirklich ablaufenden gravitativen Prozesse müssen von einer enormen Komplexität sein, so dass eine exakte Untersuchung des Gesetzes der Gravitation der Entwicklung einer Gravitationsdynamik bedarf. Wir wollen nun die erste Grundgleichung dieser Gravitationsdynamik ableiten. In der Folge werden wir den Wert der Gravitationsfeldkonstanten α aufdecken.

Wir wollen für $r_1 \geq r_0$ die Quellenverteilung von $\bar{\Gamma}$ ausrechnen. In Kugelkoordinaten gilt

$$\overline{\text{div}} \bar{\Gamma}(r) = \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left(r^2 \left(-\gamma \frac{m(r)}{r^2} \right) \right) = -\gamma \frac{1}{r^2} \frac{dm}{dr}$$

nun ist

$$m(r) - m_0 = 4\pi \int_{r_0}^r s^2 \sigma(s) ds$$

also

$$\frac{dm}{dr} = 4\pi r^2 \sigma(r)$$

bzw.

$$\frac{1}{4\pi r^2} \frac{dm}{dr} = \sigma(r)$$

Ist $dV = 4\pi r^2 dr$ das Volumen der Kugelschale vom Radius r und mit Dicke dr , so ergibt sich

$$\frac{d}{dV} = \frac{1}{4\pi r^2} \frac{d}{dr}$$

Damit erhalten wir den Dichteoperator Λ , der durch die Wirkung $\Lambda; m = \sigma$ definiert ist: Durch Vergleich finden wir $\Lambda = \frac{d}{dV}$. Damit kann obiger Ausdruck für die Divergenz von $\bar{\Gamma}$ umgeformt werden:

$$\overline{\text{div}} \bar{\Gamma} = -4\pi\gamma\Lambda; m$$

Dies schreiben wir als

$$\alpha \overline{\text{div}} \bar{\Gamma} = -\Lambda; m = -\sigma \quad (2)$$

mit α der Feldkonstante des Gravitationsfeldes, die durch

$$4\pi\gamma\alpha = 1$$

gegeben ist. Die gefundene Gleichung hat sehr große formale Ähnlichkeit mit der Maxwellgleichung

$$\epsilon_0 \overline{\text{div}} \vec{E} = \rho$$

mit dem elektrischen Feld $\vec{E}$, der elektrischen Ladungsdichte ρ und der Influenzkonstante ϵ_0 (Feldkonstante des elektrischen Feldes). Es ergeben sich jedoch zwei wichtige Unterschiede, die aufdecken, dass die Theorien durchaus sehr unterschiedlich sind: Zunächst tritt im Falle des gravitationsdynamischen Gesetzes das Feld $\bar{\Gamma}$ wieder als Quelle des Feldes $\bar{\Gamma}$ auf: $\bar{\Gamma}$ liefert einen Beitrag zur rechten Seite. Des Weiteren ist das Vorzeichen vor der Massendichte σ negativ (dies ist unabhängig von der verwendeten Konvention)! Dieses Vorzeichen trägt gerade dem Umstand Rechnung, dass sich Massen anziehen und die Energiedichte des Gravitationsfeldes damit negativ sein muss.

Gravitationsdynamische Untersuchungen analog der Elektrodynamik ergeben für die Gesamtenergie E_r des statischen Feldes

$$E_r = -\frac{\alpha}{2} \int \bar{\Gamma}^2 dv$$

mit der negativen Energiedichte

$$\eta_r dv = -\frac{\alpha}{2} \bar{\Gamma}^2 dv$$

Wegen des Äquivalenzprinzips gelangen wir zu der folgenden Gleichung für die Gesamtenergie E des konservativen Systems aus Feld und Feldquelle, die von zentraler Bedeutung für die weiteren Untersuchungen ist:

$$E = m(r)c^2 = m_0 c^2 + E_r = m_0 c^2 - \frac{\alpha}{2} \int \bar{\Gamma}^2 dv \quad (3)$$

Umgeschrieben also

$$m(r)c^2 + \frac{\alpha}{2} \int \bar{\Gamma}^2 dv = m_0 c^2 = \text{const}$$

Auf diese Weise geht die Lichtgeschwindigkeit c in die Theorie ein. Aus dem Zusammenhang (3) lässt sich nun das unbekannte Gesetz $m = m(r)$ ermitteln. Totale Differentiation der umgeformten Gleichung (nach r) führt auf

$$c^2 \frac{dm}{dr} + \frac{d}{dr} \left\{ \frac{\alpha}{2} \int_{r_0}^r 4\pi \left(\gamma \frac{m(s)}{s^2} \right)^2 s^2 ds \right\} = 0$$

$$\Leftrightarrow c^2 \frac{dm}{dr} + \frac{d}{dr} \left\{ 2\pi\alpha \int_{r_0}^r \gamma^2 \frac{m(s)^2}{s^2} ds \right\} = 0$$

Damit erhalten wir letztendlich die Differentialgleichung

$$\frac{dm}{dr} = -a \frac{m(r)^2}{r^2}, \quad a = \frac{2\pi\alpha\gamma^2}{c^2} \quad (4)$$

Diese Differentialgleichung lässt sich elementar durch Trennung der Variablen lösen:

$$\int_{m_0}^{m(r)} \frac{d\xi}{\xi^2} = -a \int_{r_0}^r \frac{ds}{s^2}$$

$$\Rightarrow -\left[\frac{1}{\xi} \right]_{\xi=m_0}^{\xi=m(r)} = a \left[\frac{1}{s} \right]_{s=r_0}^{s=r}$$

Elementare Umformungen ergeben

$$m(r) = \frac{m_0}{am_0 \left[\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r} \right] + 1}$$

Es ist nun erstaunlich, dass der Konstanten am_0 eine ganz besondere Bedeutung zukommt. Wir können sie umformen gemäß

$$am_0 = \frac{2\pi\alpha\gamma^2}{c^2} m_0 = \frac{2\pi m_0 \gamma}{4\pi\gamma c^2} = \frac{1}{4} r_s,$$

wobei

$$r_s = \frac{2\gamma m_0}{c^2}$$

gerade der Schwarzschildradius der Allgemeinen Relativitätstheorie ist. Nach weiterer Umformung erhält man

$$m(r) = \frac{m_0}{1 + \frac{r_s}{4r_0} \left[1 - \frac{r_0}{r} \right]} \quad (5)$$

Der typische Verlauf der Kurve $m(r)$ ist in Abbildung Nr.1 dargestellt.

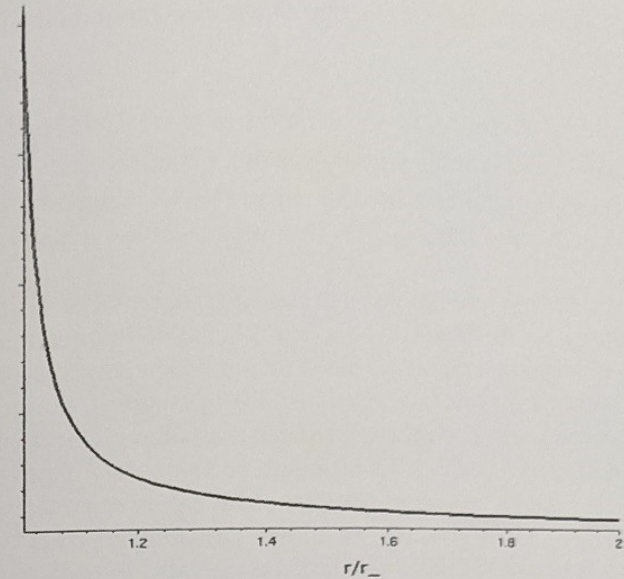


Abbildung 1: Typischer Verlauf von $m(r)$

Der Ausgangspunkt unserer Überlegungen war die Berücksichtigung der Energiedichte des Gravitationsfeldes im Gravitationsgesetz. Es ist durchaus erstaunlich, dass diese vergleichsweise elementare Betrachtung ergibt, dass der Schwarzschildradius r_s der Masse m_0 den Verlauf des Feldes prägt. Wir müssen nun genauer herausarbeiten, welche Bedeutung r_s für das Gravitationsgesetz hat. Das Gesetz $m(r)$ beschreibt offenbar eine monoton abfallende Funktion, die bei r_0 den Wert m_0 erreicht. Man erkennt, dass der Nenner von $m(r)$ verschwinden kann, wenn r nur hinreichend klein gewählt wird. Dies bedeutet aber, dass das gefundene Gesetz $m(r)$ eine untere Realitätsschranke r_- des Gravitationsfeldes definiert! Unterhalb von r_- ist das Gravitationsfeld nicht länger existent. Wir finden r_- durch die Bedingung

$$\lim_{r \rightarrow r_-} m(r) = \infty$$

Die Nennernullstelle ergibt sich aus der Bedingung

$$1 + \frac{1}{4} \frac{r_s}{r_0} \left[1 - \frac{r_0}{r_-} \right] = 0$$

Wie ist nun die Funktion $m(r)$ und das Wertepaar (r_0, m_0) zu interpretieren? Um das Gesetz $m = m(r)$ aufzufinden, sind wir von der Vorstellung ausgegangen, dass es so etwas wie eine „nackte“ Teilchenmasse m_0 gibt, die in einer Kugel vom Radius r_0 eingeschlossen ist. Die wahren Werte von r_0 und m_0 kennen wir natürlich nicht, aber

$\ell_p^2 = \hbar \gamma / c^3$ fest, so wäre natürlich auch hier $\tau \neq \ell_p^2$. Diese Ungleichheit und der Umstand, dass wir aus dem Gravitationsgesetz nur eine fundamentale Flächengröße ableiten konnten, bringt zum wiederholten Male zum Ausdruck, dass die Weltgeometrie möglicherweise nur auf Basis einer Flächenquantisierung, aber nicht auf Basis einer Längenquantisierung verstanden werden kann: Denn wäre einfach $\tau = \ell_p^2$, neigte man dazu, einfach von einer Längenquantisierung $L = n \cdot \ell_p$ auszugehen und die Flächenquantisierung $F = nm \cdot \ell_p^2 = k \ell_p^2 = k \tau$ zu schlussfolgern.

Nun erkennen wir aber, was es mit dem Metron und mit dem Faktor $1/2$ auf sich hat: Wenn wir wegen obigem Zusammenhang ℓ_p mit $\hbar$ anstatt mit h definieren, so ist das Metron gerade als die Fläche des Kreises vom Radius ℓ_p zu interpretieren, denn es ist ja

$$\tau = \pi \ell_p^2$$

Die Zahl π stellt also eine Beziehung zwischen dem Metron und den anderen Naturkonstanten c , γ und $\hbar$ her, denn man erhält nun die Darstellung

$$\pi = \Pi := \tau \cdot \frac{c^3}{\hbar \tau}$$

Diese Überlegungen zeigen, dass ein besseres Verständnis der Gravitation notwendig ist, um überhaupt sinnvoll über die Grundfragen der Physik nachdenken zu können. Um in der Sache voranzukommen, muss der nächste Schritt daher die Entwicklung einer Gravitationsdynamik unter Berücksichtigung der Feldmasse des Gravitationsfeldes sein! Es ist schon im 19. Jahrhundert versucht worden, eine Gravitationsdynamik nach dem Vorbild der Elektrodynamik zu entwickeln (Maxwell, Heaviside). All diese Versuche sind kläglich gescheitert und gerieten nach Formulierung der Allgemeinen Relativitätstheorie in Vergessenheit.

Nach Meinung des Autors mussten diese Versuche scheitern, da man sich der Existenz der Feldmasse noch nicht bewusst war. Es besteht daher die Hoffnung, dass die physikalischen Absurditäten, die in der alten Gravitationsdynamik unvermeidlich waren, in Zukunft vermieden werden können. Die Frage ist also: Ist unter Berücksichtigung der Feldmasse eine konsistente Gravitationsdynamik auffindbar, welche die gefundenen Zusammenhänge vertieft und die Formulierung einer Theorie des einheitlichen elektro-gravitomagnetischen Feldes ermöglicht? Die Zukunft wird es zeigen.

Die Einheitliche Feldtheorie und das Prinzip der Kontrabarie

Ergänzungen, Klarstellungen und Korrekturen zu Burkhard Heims frühen Aufsätzen

Dipl.-Phys. Illobrand von Ludwiger

1. Anmerkungen zu Heims erster Veröffentlichung in der Zeitschrift „Flugkörper“

Seit dem Jahr 1952 war in der Öffentlichkeit bekannt, dass der junge Physiker Burkhard Heim aus Göttingen an einer einheitlichen Feldtheorie und an einer neuen Gravitationstheorie arbeitet, denn dies hatte Heim auf dem 3. *Internationalen Astronautischen Kongress* in Stuttgart, der am 5. September 1952 stattfand, berichtet. Es gab allerdings kein Manuskript des Vortrags, weil Heim aufgrund seiner Behinderung diesen frei erzählt hatte. Auch von seinen Vorträgen, die er im folgenden Jahr in München und Zürich hielt, gab es nur kurze Inhaltsangaben. Heim hatte sein Studium noch nicht abgeschlossen und wollte mit einer Publikation seiner Gedanken bis nach seinem Diplom warten, das er am 31. Oktober 1954 bei Prof. Carl-Friedrich v. Weizsäcker ablegte.

Weil Heim sich mit Raumfahrt-Forschung beschäftigt hatte, wurden die Professoren Hermann Oberth, Eugen Sänger, Karl Schütte und Pascual Jordan zu Heims Freunden, aber die Professoren Max Born und Werner Heisenberg zu seinen Feinden, denn diese Nobelpreisträger hielten Astronautik für glatte (Ludwiger 2010).

Leider war v. Weizsäcker nicht daran interessiert, die Arbeit über eine einheitliche Quantenfeldtheorie als Thema einer Doktorarbeit an Heim zu vergeben, woraufhin Heim das MPI in Göttingen verließ und seitdem privat an dieser Theorie weiterarbeitete, deren Grundzüge er bereits am 31. August 1954 an Einstein geschickt und von dessen Mitarbeiter Vaclav Hlavathy großes Lob erhalten hatte.

Im Sommer 1955 nahm Heim am 6. *Internationalen Astronautischen Kongress* in Kopenhagen teil, allerdings ohne selbst einen Vortrag zu halten, wo er den sowjetischen Raketenspezialisten Prof. Leonid Sedov kennenlernte.

Am 26. Oktober 1957 hielt Heim in Frankfurt anlässlich der Tagung der *Deutschen Gesellschaft für Raketentechnik und Raumfahrtforschung* (DGRR) seinen bislang umfangreichsten Vortrag. Er berichtete über seine Experimente zum Nachweis des „Kontrabaren Effekts“ und stellte die Grundzüge seiner einheitlichen Feldtheorie

r_- direkt als untere Grenze des Gravitationsfeldes in Erscheinung tritt, da wir für $a \leq r_-$ nichts mehr über φ aussagen können.

Wir hatten zuvor erkannt, dass $r_- = r_s(\mu)/4$ etwas mit einer unteren Realitätsschranke physikalischer Strukturen zu tun hat. Wir wollen diesen Gedanken nun weiterführen: Aus Sicht des Gravitationsgesetzes wird dem Korpuskel durch r_- in natürlicher Weise eine Länge zugeordnet, genauso wie dem Teilchen durch $E = mc^2$ eine Energie entspricht. Aus Sicht der Quantentheorie würde eine solche Verbindung zwischen Masse und Länge aber durch die Compton-Wellenlänge λ_c hergestellt werden: Die Compton-Wellenlänge ist dabei durch

$$\lambda_c = \frac{h}{mc}$$

gegeben. Wenn wir die Compton-Wellenlänge eines Teilchens berechnen, setzen wir für m natürlich den Wert ein, den wir experimentell bestimmt haben. Das heißt, wir setzen in Wirklichkeit $m = \mu$ in die Gleichung für λ_c ein. Da μ das Teilchen charakterisiert, ist anzunehmen, dass $h/\mu c$ tatsächlich die Wellenlänge ist, die man einem ponderablen quantenmechanischen Teilchen zuordnen sollte.

Nun passiert etwas ganz Erstaunliches: Wenn wir das Produkt von r_- und λ_c bilden, hängt das Ergebnis nicht mehr vom betrachteten Korpuskel ab! Wir erhalten:

$$\tau := r_- \cdot \lambda_c = \frac{1}{2} \frac{\gamma \mu}{c^2} \frac{h}{\mu c} = \frac{1}{2} \frac{h \gamma}{c^3} \quad (10)$$

Die vom Korpuskel völlig unabhängige Größe $\tau = r_- \lambda_c$ ist damit die Flächengröße $\ell_p^2/2$, wobei ℓ_p die Plancklänge ist! Dabei wurde die Plancklänge ℓ_p mit der Konstanten h anstatt $\hbar = h/2\pi$ definiert. Nach den vorherigen Betrachtungen zu r_- ist es daher naheliegend anzunehmen, dass die Flächengröße τ die kleinste physikalisch relevante Fläche ist! Man nennt τ das **Metron**. Das Metron ist also eine fundamentale Naturkonstante, die außerdem eine Verbindung zwischen den Korpuskular- und Welleneigenschaften eines Quants herstellt, denn r_- kennzeichnet das Quant als Korpuskel und λ_c kennzeichnet das Quant als Wellenphänomen.

Ist also τ die kleinste Fläche, die in der physikalischen Welt auftreten darf, so müssen wir in der Folge annehmen, dass die Weltgeometrie metronisch strukturiert ist: Das Metron konturiert die geometrische Grundstruktur des physikalischen Leerraumes. Hier wird der Begriff der Weltgeometrie anstatt der missverständlichen Begriffe Raum bzw. Raum-Zeit verwendet, um deutlich zu machen, dass von einer metronischen Strukturierung des gesamten physikalischen Kontinuums die Rede sein muss. Bekanntermaßen ist die Dimensionszahl dieses Kontinuums wenigstens vier. In der Folge können Flächen nur als ganzzahlige Vielfache $n \cdot \tau$ von τ auftreten. Auch weil τ eine Verbindung zwischen Korpuskular- und Wellenbild herstellt, ist wegen dieser Ganzzahligkeit anzunehmen, dass die Quantisierung von physikalischen Größen auf

die Existenz von τ zurückgeht. Es ist daher naheliegend zu vermuten, dass ein metronisches Strukturfeld die Vorform jedweder materiell-energetischer Erscheinung ist: τ verkörpert jenen Aspekt der Wirklichkeit, der quantitativer Art ist. Dies ist ein starker Hinweis darauf, dass die physikalischen Erscheinungen in Wirklichkeit eine rein geometrische Ursache haben.

Wegen obiger Beziehung zwischen τ , γ , c und h kann eine dieser Naturkonstanten nicht fundamental sein. Da die Quantisierung physikalischer Größen durch die Existenz des Metrons unmittelbar verständlich wird, ist es naheliegend zu vermuten, dass das Plancksche Wirkungsquantum h nicht fundamental ist. In Wirklichkeit wäre also das Metron τ die Naturkonstante, die der Quantentheorie zugrunde liegt.

Warum nur $\ell_p^2/2$ und nicht das Quadrat der Plancklänge selbst? Tatsächlich ergibt sich für den Faktor $1/2$ eine schöne Erklärung. Zunächst beobachtet man einen interessanten physikalischen Zusammenhang: Es ist naheliegend, die Frage zu stellen, wie groß die Masse μ eines Teilchens wäre, für das die Oberfläche der Kugel vom Radius $r_-(\mu)$ gerade τ ist. Es müsste also gelten

$$4\pi r_-^2 = \pi \frac{\gamma^2 \mu^2}{c^4} = \tau = \frac{1}{2} \frac{h \gamma}{c^3}$$

Umgeformt also

$$\mu = \sqrt{\frac{h}{2\pi} \frac{c}{\gamma}} = \sqrt{\frac{\hbar \gamma}{c^5}}$$

Das ist aber gerade die Planck-Masse M_p ! Die Energie des Teilchens ist folglich die Planck-Energie E_p . Hier drängt sich eine natürliche Frage auf: Wie lange bräuchte ein Signal, das sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreitet, um dieses Korpuskel zu durchqueren, wenn wir uns den Teilchenradius r_0 der unteren Realitätsschranke $r_-(\mu)$ annähert denken?

Rechnen wir also:

$$t = \frac{2r_-}{c} = \frac{\gamma M_p}{c^3} = \frac{\gamma}{c^3} \sqrt{\frac{\hbar c}{\gamma}} = \sqrt{\frac{\hbar \gamma}{c^5}}$$

Das ist aber gerade die Planck-Zeit t_p ! Das heißt insbesondere, dass der Durchmesser $\Delta_- := 2r_-$ des Teilchens gerade die Plancklänge ℓ_p^2 ist, wenn man ℓ_p mit $\hbar$ anstatt h definiert. Damit erscheinen die Konstanten τ , ℓ_p , M_p , E_p und t_p auf vollkommen natürliche Weise in einem einheitlichen physikalischen Zusammenhang! Meines Wissens nach ist dies nie zuvor in der Physik beobachtet worden.

Die Wahl von h oder $\hbar$ in der Definition der Planck-Skala ist natürlich reine Willkür, da nicht klar ist, welche der beiden Konstanten gewählt werden sollte. Obige Diskussion scheint aber nahelegen, dass $\hbar$ die richtige Wahl ist. Legte man sich auf

Das Gravitationsfeld $\tilde{\Gamma}(r) = \frac{\tilde{r}}{r} \Gamma(r)$ ist gegeben durch

$$\Gamma(r) = -\gamma \frac{m(r)}{r^2} = -\frac{\gamma m_0}{r_s^2} \frac{(r_s/r)^2}{1 + \frac{r_s}{4r_0} \left[1 - \frac{r_0}{r}\right]}$$

Wir wollen nun zeigen, dass das neue Gravitationsgesetz in führender Ordnung mit dem Newtonschen Kraftgesetz übereinstimmt und darüber hinaus die erste Korrektur bestimmen.

Dabei zeigt sich wieder, dass μ die Masse ist, die physikalisch in Erscheinung tritt. Γ lässt sich umformen zu

$$\Gamma = -\frac{\Theta}{r_s^2} \cdot \gamma \mu \cdot \frac{\xi^2}{\Theta - \frac{1}{4}\xi}$$

mit

$$\Theta = 1 + \frac{1}{4} \frac{r_s}{r_0}$$

und

$$\xi = \frac{r_s}{r}$$

Experimentell wird das Gesetz nur im Bereich $r \gg r_s$ beobachtet. Daher wollen wir Γ um $\xi = 0$ in einer Taylorreihe entwickeln. Für den Bruch findet man

$$\frac{\xi^2}{\Theta - \frac{1}{4}\xi} = \frac{1}{\Theta} \xi^2 + \frac{1}{4\Theta^2} \xi^3 + O(\xi^4)$$

für Γ also

$$\begin{aligned} \Gamma &\approx -\frac{\Theta}{r_s^2} \cdot \gamma \mu \cdot \left[\frac{1}{\Theta} \xi^2 + \frac{1}{4\Theta^2} \xi^3 \right] \\ &\Rightarrow \Gamma \approx -\gamma \mu \left[\frac{1}{r^2} + \frac{r_s}{4\Theta r^3} \right] \end{aligned}$$

Die Konstante $r_s/4\Theta$ kann weiter umgeformt werden:

$$\frac{r_s}{4\Theta} = \frac{r_s}{4 \left[1 + \frac{1}{4} \left(\frac{r_s}{r_0} \right) \right]} = \frac{1}{4} \frac{r_s}{1 + \frac{r_s}{4r_0}} = \frac{\gamma}{2c^2} \frac{m_0}{1 + \frac{1}{4} \frac{r_s}{r_0}} = \frac{\gamma \mu}{2c^2} = r_-$$

Damit erhalten wir insgesamt:

$$\Gamma \approx -\gamma \mu \left[\frac{1}{r^2} + \frac{r_-}{r^3} \right] \quad (8)$$

Der erste Summand ist gerade der Newtonsche Beitrag zum Gravitationsfeld. Die erste Korrektur wird wegen dem Faktor r_-/r für große r vernachlässigbar klein. Hier

sehen wir noch einmal ganz deutlich, dass nur die Masse μ beobachtet werden kann. Für das Potential φ erhalten wir in dieser Näherung (Integration)

$$\varphi \approx \gamma \mu \left[\frac{1}{r} + \frac{1}{2} \frac{r_-}{r^2} \right] \quad (9)$$

Die erste Korrektur zu φ stimmt bis auf einen Faktor zwei mit der Korrektur überein, die man unter Annahme einer Schwarzschildgeometrie in der Allgemeinen Relativitätstheorie erhält. Es bietet sich an dieser Stelle an, einen technischen Punkt zu diskutieren, den wir bisher ignoriert haben: Die vorgestellte Herleitung von $m(r)$ ist logisch inkonsistent. Um $m(r)$ zu erhalten, haben wir vorausgesetzt, dass aus der Radialsymmetrie und aus einem zuvor diskutierten Theorem der Newtonschen Gravitationstheorie für Γ die Form

$$\Gamma \sim \frac{m(r)}{r^2}$$

gefolgert werden kann. Jedoch werden bei der Ableitung jenes Theorems gewisse Voraussetzungen gemacht, die von der aufgefundenen Funktion $m(r)$ gar nicht erfüllt werden:

Betrachten wir den Beweis des Theorems, so sehen wir, dass vorausgesetzt wird, dass die Funktionen $r \, d\varphi/dr$, $r^2 \, d^2\varphi/dr^2$ und $4\pi^2\sigma$ über r von $r=0$ bis $r=r_0$ integrierbar sind.

Dies ist offenbar nicht der Fall! $m(r)$ divergiert bei $r=r_-$! Ist unsere gesamte Diskussion damit hinfällig? Nein, denn das Theorem lässt sich auch unter schwächeren Bedingungen beweisen: Nehmen wir an, dass die Funktionen $r \, d\varphi/dr$, $r^2 \, d^2\varphi/dr^2$ und $4\pi^2\sigma$ oberhalb einer Grenze a integrierbar sind, so können wir in dem Beweis einfach von a bis r_0 integrieren.

Dann erhalten wir aber

$$\begin{aligned} \left[r^2 \frac{d\varphi}{dr} \right]_{r=a}^{r=r_0} &= -\gamma \int_a^{r_0} 4\pi^2\sigma(r) dr \\ \Rightarrow \left(r^2 \frac{d\varphi}{dr} \right) \Big|_{r=r_0} - \left(r^2 \frac{d\varphi}{dr} \right) \Big|_{r=a} &= -\gamma m(a) \end{aligned}$$

Wir erhalten nun das ursprüngliche Ergebnis, wenn wir von unserer Lösung φ verlangen, dass

$$\left(r^2 \frac{d\varphi}{dr} \right) \Big|_{r=a} = -\gamma m(a)$$

ist. Dies wird aber von der gefundenen Funktion $m(r)$ für alle $a > r_-$ erfüllt. Damit besteht also kein logischer Widerspruch. Diese Überlegung zeigt noch einmal, dass

wenn wir sie als gegeben voraussetzen, dürfen wir das Gravitationsfeld nur im Bereich $r \geq r_0$ betrachten.

Unsere Kurve $m(r)$ ist also nur für $r \geq r_0$ definiert. Welche Rolle spielt dann die untere Realitätsschranke r_- ? Das werden wir nun genauer herausarbeiten. Entfernt man sich von dem Elementarkorpuskel, so beobachtet man eine Verringerung seiner Masse. Für diese Abnahme ist die Feldmasse des Gravitationsfeldes verantwortlich:

Da die Energiedichte des Gravitationsfeldes negativ ist, entfaltet das Feld eine Antigravitationswirkung. Im Abstand r_1 ist die Antigravitation der Feldmasse, die sich im Bereich $r > r_1$ befindet, noch nicht spürbar. Mit zunehmendem Abstand wird die Zentralmasse aber immer mehr vom Gravitationsfeld abgeschirmt. Damit ist die Feldmasse die Kontermasse der Zentralmasse: Wenn man die Teilchenmassen mit den positiven Ladungen der Elektrizität identifiziert, so käme der Feldmasse die Bedeutung der negativen Ladung zu. In der Gravitationsdynamik erwarten wir also, dass die Senken des Gravitationsfeldes nicht etwa andere Teilchen mit einer Antimasse sind, sondern das Gravitationsfeld selbst! Feldlinien enden also irgendwo im Gravitationsfeld.

Betrachtet man die funktionale Abhängigkeit $m = m(r)$ genauer, so erkennt man, dass m für $r \rightarrow \infty$ gegen einen Grenzwert konvergiert. Es gilt

$$\mu := \lim_{r \rightarrow \infty} m(r) = \frac{m_0}{1 + r_0/4r_0} \quad (6)$$

Des weiteren erkennt man, dass sich m diesem Grenzwert rapide annähert. So wird deutlich, dass selbst bei Prozessen im atomaren oder subatomaren Bereich nur die Masse μ in Erscheinung treten kann. Dies führt uns aber zu einer physikalischen Erkenntnis von ganz fundamentaler Bedeutung: Eine experimentell beobachtete Elementarteilchenmasse ist immer die Masse μ und damit immer die kombinierte Masse von Feld und Feldquelle! Das Gravitationsfeld und seine Feldquelle müssen als eine untrennbare Einheit verstanden werden. Ja mehr noch: Was wir ein „Elementarteilchen“ nennen, ist in Wirklichkeit eine Einheit aus einem zentralen Innenbereich (Radius r_0), der als korpuskular bezeichnet werden kann, und einer ausgedehnten Gravitationsfeldstruktur, die vom Elementarkorpuskel erregt wird. Wir müssen also erkennen, dass das Konzept des Punktteilchens im Widerspruch steht zur Existenz des Gravitationsfeldes und der Einheit von Feld und Feldquelle. Das Konzept des Punktteilchens kann daher nur als eine Idealisierung verstanden werden.

Ontologisieren sollte man diesen Begriff jedoch nicht. Wie bereits erwähnt wurde, erzeugt jede materiell-energetische Struktur ihr eigenes Gravitationsfeld. Zu einem gewissen Anteil scheint die Gravitationsfeldstruktur ein Materiequant also überhaupt erst zu definieren! Diese Unmöglichkeit, zwischen Materie und Gravitationsfeld eine Trennlinie zu ziehen, wird durch das Gesetz $m = m(r)$ zum Ausdruck gebracht.

Nachdem wir dies verstanden haben, wird klar, dass die Grenzen der Gravitation die Grenzen der Materie sind: Wenn Gravitation unterhalb einer Schranke nicht länger definiert ist, so ist unterhalb dieser Schranke auch keine materiell-energetische Struktur definierbar, da Gravitationsfeld und Feldquelle nur gemeinsam auftreten. r_- muss also mit daran beteiligt sein, eine Grenze festzulegen, unterhalb derer keinerlei physikalische Strukturen definierbar sind. Wir wollen uns in diese Richtung nun einige Gedanken machen. Dazu ist es zunächst notwendig, die Konstanten r_0 , m_0 , μ und r_- etwas genauer zu betrachten.

Wenn wir die Funktionskurve von $m(r)$ im ganzen Bereich $r > r_-$ betrachten, erkennen wir, dass die Funktionskurve überhaupt keine Strukturierung besitzt, die ein Wertepaar (r_0, m_0) von alleine auszeichnen könnte. Vielmehr ist unser Wertepaar (r_0, m_0) nur irgendein Punkt auf der Kurve, nicht mehr und nicht weniger. Im Prinzip wäre jedes Wertepaar $(\tilde{r}_0, m(\tilde{r}_0))$ geeignet, die Kurve $m(r)$ für $r > r_-$ in gleicher Art und Weise zu beschreiben.

Jedoch kommt der Größe μ eine intrinsische physikalische Bedeutung zu! μ charakterisiert das Teilchen unabhängig von den tatsächlichen Werten von r_0 und m_0 . Insbesondere ist die Masse, die man experimentell bestimmt, in sehr guter Näherung die Masse μ und nicht etwa die Masse m_0 . Genauso ist es mit r_- : Zur Berechnung von r_- können wir (r_0, m_0) durch jedes Wertepaar $(r, m(r))$ ersetzen und erhalten stets das gleiche Ergebnis. Insbesondere können wir $m_0 = \mu$ wählen. Dies entspricht $r_0 = 1$. Für diese Wahl erhält man

$$r_- = \frac{1}{4} \frac{2\gamma\mu}{c^2} = \frac{1}{4} r_s(\mu) \quad (7)$$

Die untere Realitätsschranke r_- des Gravitationsfeldes kann also direkt durch μ ausgedrückt werden. Bei μ und r_- handelt es sich um physikalische Größen, die das Elementarteilchen beschreiben - einmal in Form einer Masse und einmal in Form einer Länge.

Nun erkennen wir aber, welche Bedeutung r_- zukommt: Für eine gegebene Masse μ kann das Gravitationsfeld nur oberhalb von $r_- = r_-(\mu)$ existieren. Dies bedeutet aber, dass unbedingt $r_0 > r_-$ sein muss! D.h. r_- legt tatsächlich eine Schranke fest, unterhalb derer keine physikalischen Strukturen existent sein können. Anders gesagt: Wenn wir ein Korpuskel samt Gravitationsfeldstruktur mit einer Gesamtmasse μ im Raum erzeugen wollen, so ist die untere Realitätsschranke r_- die untere Schranke seiner möglichen Ausdehnung!

So zeigt sich ganz deutlich, dass ponderable Punktteilchen eine physikalische Unmöglichkeit sind.