

Vorhaben-/Abrechnungs-/Projektauftrags-Nr.:

Verteller: AE 33/Dr.Kroy/Harasin
AE 3 Dr.Kaltschmidt
AE 31 Dr.Knopf; AM 1 - H.Stangl
AE 134 Dr.Hoffmann
Prof.Dr.Dr.Genert, Uni München
BB 0132 Mikrofilmtechnik

MBB-Bericht Nr.: TN- AE 33-1/84

Verfasser: v. Ludwiger
UB/Abt./Sachgeb.: AE 134

Titel: Theoretische und praktische Möglichkeiten
der Schwerkraftbeeinflussung.

TN-Umfang:

27 Blatt

Datum: 30.1.84

Kurzübersicht:

Es werden einige falsch verstandene Experimente und Fehlschlüsse bei Erfindern von sog. "Schwerkraft-Generatoren" besprochen und es wird darauf hingewiesen, daß nur in einer einheitlichen Theorie der Elementarteilchen und Felder Ansätze zur Umwandlung von elektro-magnetischen in gravitative Felder gefunden werden können. Die in Supergravitations-Theorien gefundene Antigravitation wird diskutiert. Die Generierung von Antigravitation nach der allgemeinen Relativitätstheorie unter der Annahme der Existenz magnetischer Monopole wird untersucht. Theorien mit der Annahme $m = m(r)$ lassen es theoretisch möglich erscheinen, elektro-magnetische Strahlung in gravitative Kraftfelder umzusetzen. Vielleicht beruht die Photophorese auf diesem Effekt.

Stichworte (Suchbegriffe):

Diese TN dokumentiert den Stand zum Zeitpunkt der TN-Erstellung. Bei Änderung des Standes wird diese TN weder eingezogen noch verbessert. Sie ist von einem Änderungsdienst ausgeschlossen.

Name: Verfasser v. Ludwiger

Unterschrift:

Tel. 7250

Verfasser

Tel.

Abteilung

AE33/Dr.Kroy

Projekt/Programm

Freigabe durch
UB-Leitung

I n h a l t .

	Seite
1. Falsch verstandene Experimente und Fehlschlüsse bei Schwerkraft-Generator-Erfindern	1
2. Antigravitation durch negative Massen?	3
3. Antigravitation in der erweiterten N=8 Supergravitation	4
4. Monopol-Synchrotron als Gravitationsgenerator	7
5. Der kontrabarische Effekt als Möglichkeit zur Beeinflussung der Schwerkraft	14
6. Bestätigung des kontrabarischen Effekts durch die Photophorese?	21
Literaturverzeichnis	24

Theoretische und praktische Möglichkeiten der Schwerkraftbeeinflussung

1. Falsch verstandene Experimente und Fehlschlüsse bei Schwerkraft-Generator-Erfindern

Unter Physikern herrscht allgemein die Ansicht, daß technische Erfindungen, mit denen z.B. die Gravitationswirkung feldphysikalisch kompensiert werden könnte, nicht in Analogie zur Entwicklung elektromagnetischer Kraftmaschinen oder zur Generierung elektromagnetischer Strahlungen möglich sind, ohne daß zuvor das theoretische Verständnis über die Vereinheitlichung der Gravitationskraft mit sämtlichen übrigen physikalischen Kräften gelungen ist.

In allen technischen Projekten, welche Apparaturen zur Überwindung der Schwerkraft zu entwickeln behaupten (z.B. Nelli, 1983), die nicht auf der Aerodynamik oder dem Rückstoßprinzip basieren, lassen sich grundsätzlich theoretische Fehlschlüsse oder technologische Unmöglichkeiten nachweisen. Nieper (1982) glaubt z.B., daß die Gravitation durch den Druck von Tachyonen auf sämtliche Körper verursacht werden würde, und daß sich diese Teilchen abschirmen ließen, wenn geeignete Absorptionsmechanismen gefunden werden könnten. Das soll bei abrupten Spannungsveränderungen im "Gray-Motor" der Fall sein (Scagnetti, 1973).

Abgesehen davon, daß die hypothetischen Tachyonen - also Teilchen, die sich schneller als mit Lichtgeschwindigkeit bewegen sollen und bei Wechselwirkungen mit Materie beschleunigt werden (Feinberg, 1967) - bisher nicht entdeckt werden konnten, würde diese Theorie nicht erklären, weshalb alle Körper unabhängig von Größe und Gewicht (im Vakuum) gleich schnell fallen.

Nach Seike (1972) soll sich nach Art der Kernspinresonanz in kettenförmig hintereinander geschalteten Möbiusbändern, die hochfrequenten elektrischen Wechselfeldern ausgesetzt werden, das induzierte Magnetfeld bei bestimmten Resonanzfrequenzen in ein Gravitationsfeld umwandeln. Ein Möbiusband besitzt nur eine Fläche; aber da die "Mittellinie" ein Ring ist,

fließt der Strom wie in einer Ringspule. Physikalisch kann kein neuer Effekt entstehen.

Der von Zinsser entdeckte und von Peschka (1979) untersuchte kinetobarische Effekt, der sich darin äußert, daß Mikrowellenstrahlung in eine mit Flüssigkeit gefüllte Röhre an einer Drehwage ein Drehmoment übertragen soll, ist noch nicht genau genug untersucht, um theoretisch erklärt werden zu können; doch ist eine Verbindung mit Gravitationswechselwirkungen nicht zu vermuten.

Es scheint sich hier um radiometrische Effekte zu handeln. Radiometrische Effekte, hervorgerufen durch unterschiedlich starke Molekülreflexionen an Flächen verschiedener Temperatur, erklären auch die Bewegungen elektrisch aufgeladener scheibenförmiger Kondensoren des Amerikaners Townsend T. Braun. Allerdings wirken jetzt nicht nur Luftmoleküle, sondern auch Ionen unterschiedlicher kinetischer Energie und Gasströmungen auf Flächenteile unterschiedlicher elektrischer Polarität (in: Rho Sigma, 1972). Mit "Elektro-Gravitation" hat dieser "Antrieb" nichts zu tun.

Um die Realisierung von Feldantrieben auf der Basis unseres gegenwärtigen Wissensstandes seriös abschätzen zu können, muß man die verschiedenen Wechselwirkungs-Kräfte untersuchen. Quelle für sämtliche Wechselwirkungen sind die Elementarteilchen. Daher ist für das Verständnis der Wechselwirkungskräfte die Kenntnis der Elementarteilchen-Strukturen Voraussetzung. Denn wenn man versteht, wie sich die Elementarteilchen ineinander umwandeln, weiß man auch, wie die Wechselwirkungskräfte ineinander transformiert werden können.

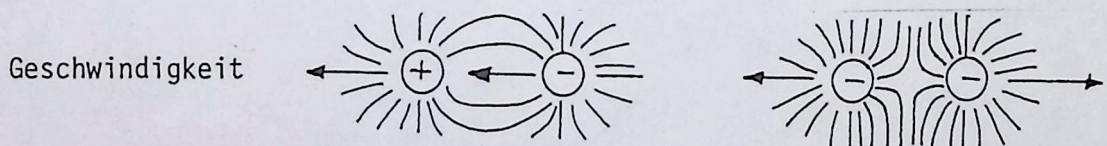
Die elektromagnetischen und schwachen Wechselwirkungskräfte lassen sich in der elektro-schwachen Theorie (von Glashow, Salam und Weinberg) vereinigen unter Verwendung der Yang-Mills-Theorie sowie unter Anwendung des Higgs-Mechanismus, um die zunächst masselosen Bosonen massiv zu machen.

Der Versuch, die elektro-schwache Theorie mit der starken Wechselwirkung zu vereinheitlichen, wird Grand Unification Theorie (GUT) genannt. Die GUT sagt u.a. den Zerfall von Protonen sowie die Existenz von magnetischen Monopolen voraus.

In der Supereichtheorie (Supergravitation) wird versucht, neben der elektromagnetischen, der schwachen und der starken Wechselwirkung auch die gravitative Wechselwirkung einheitlich zu beschreiben. Dabei treten zusätzliche Wechselwirkungsteilchen auf wie das "Gravitino" (mit Spin $3/2$) und das "Photino" (Spin $1/2$). In den erweiterten Supergravitationstheorien, die renormierbar, d.h. frei von Unendlichkeitsstellen gemacht werden können, gibt es Felder von Antigravitation.

2. Antigravitation durch negative Massen?

Im Elektromagnetismus kann man Teilchen mit zwei verschiedenen Ladungen unterscheiden. In der Gravitationswechselwirkung existieren nur Teilchen, deren träge Masse identisch mit ihrer schweren gravitierenden Masse-Ladung ist. Würde es negative Massen geben, so würden sich diese auf die schwere Masse m_S beziehen. Die träge Masse m_T sollte unverändert bleiben, weil das Äquivalenzprinzip nicht verletzt werden darf. Der Kraftvektor hätte eine der Geschwindigkeit des Teilchens entgegengesetzte Richtung. Die Wirkung der "Antigravitation" zwischen zwei Teilchen mit entgegengesetztem Vorzeichen würde aus einer ständigen Selbstbeschleunigung beider bestehen in der Richtung von der negativen zur positiven Masse.



Was hat man unter negativer Masse zu verstehen? Antiteilchen $\bar{m}$ ziehen jedenfalls auch Antiteilchen $\bar{m}$ an, wie Teilchen m Teilchen m anziehen. Es ist jedoch offen, ob das Verhältnis der aktiven Masse m_S zur passiven Antimasse $\bar{m}_T$ eines Teilchens

$$\frac{m_S}{\bar{m}_T} = \frac{\bar{m}_S}{m_T} = \text{const} \geq 0 ? \quad (1)$$

Wird nicht zwischen m_S und m_T unterschieden, so gibt es keine Anti-

gravitation. Es wurde festgestellt, daß Positronen $e_+ = \bar{e}_-$ im Erdfeld genauso schnell fallen wie Elektronen. Ein entsprechendes Experiment mit Antiprotonen steht noch aus (Stueckelberg de Breidenbach 1974).

Es gibt keinerlei Hinweise auf negative Massen oder Differenzen zwischen den Massen m_S , m_T für Teilchen und Antiteilchen, so daß es vernünftiger scheint, im Rahmen der neuen physikalischen Vorstellungen nach Möglichkeiten zur Gravitations-Erzeugung zu suchen.

3. Antigravitation in der erweiterten N= 8-Supergravitation

Die Auslöschung der attraktiven Gravitationskraft durch eine Kraft, die durch Spin-1 Gravi-Photonen bewirkt wird, wurde von dem 1980 jung verstorbenen Joel Scherk (1979) entdeckt. Diese Antigravitation tritt in allen erweiterten Supergravitations-Theorien auf.

Teilchen und Antiteilchen ziehen sich wie beide Teilchensorten untereinander an.

Im Rahmen der Supergravitations-Theorien treten gravitative Vektorfelder (Graviphotonen) und skalare Felder (Graviskalare) auf. Diese Felder müssen eine Masse und daher eine endliche Reichweite besitzen. Scherk zeigt (1980), daß die Compton-Wellenlänge des Graviphotons entweder kleiner als 5 cm sein oder zwischen 10 m und 850 m liegen muß, um mit physikalischen Beobachtungen verträglich zu sein, denn das schwache Äquivalenzprinzip ist verletzt, d.h. $m_T - m_S/m_S = \frac{\delta m}{m} \neq 0$. Experimentell wurde von Dicke eine obere Grenze für diese Abweichung von 10^{-12} gesetzt.

Das Vektorfeld A_μ wird nicht als elektromagnetisches Potential angesehen, sondern als gravitatives Vektorpotential, das minimal an ein Skalarfeld ϕ^j und an ein Spinorfeld ψ^k koppelt, durch die kovarianten Ableitungen gegeben

$$\begin{aligned} D_\mu \phi^j &= (\partial_\mu - ig_j A_\mu) \phi^j \\ D_\mu \psi^k &= (\partial_\mu - ig_k A_\mu) \psi^k \end{aligned} \quad (2)$$

Der Vektor A_μ , das "Antigraviton", koppelt an einen U(1)-Strom j.

Die Ladungen g_j und g_k sind voneinander unabhängig.

Zwei Teilchen mit den Massen m und m' tauschen bei ihrer Wechselwirkung ein Graviton und ein Graviphoton (bzw. Antigraviton) aus.

Die Wechselwirkungs-Amplitude $\mathcal{A}$ ist

$$\mathcal{A} = \frac{16\pi G}{g^2} \left[2 (T_{\mu\nu} T'_{\mu\nu} - \frac{1}{2} T_{\mu\mu} T'_{\nu\nu}) - \frac{g^2}{4\pi G} j_\mu j'_\mu \right] \quad (3)$$

Der Energieimpulstensor des Gravitationsfeldes $T_{\mu\nu}$ ist

$$T_{\mu\nu} = \frac{1}{4\pi} (F_{\mu\rho} F_{\nu\rho} - \frac{1}{4} F_{\rho\sigma}^2)$$

$$\text{mit } F_{\mu\rho} = \partial_\mu A_\rho - \partial_\rho A_\mu \quad \text{und} \quad j_\mu = \frac{c}{4\pi} \cdot \partial_\nu F_{\mu\nu} \quad (4)$$

Im statischen Fall wird mit den Kürzungen $k^2 = 4\pi G$ aus (Gl.3)

$$\mathcal{A} = \frac{4k^2}{g^2} (m m') \left[m m' - \frac{g g'}{k^2} \right]$$

und das Gravitationspotential ist

$$V(r) = - \frac{k^2}{4\pi r} (m m' - \frac{g g'}{k^2}) \quad (5)$$

Der erste Term ist attraktiv. Der zweite Term ist abstoßend für zwei Teilchen oder zwei Antiteilchen. Für selbst-konjugierte Teilchen unter Ladungskonjugation C , wie z.B. Photonen, Gluonen, ist $g = 0$.

Antigravitation ergibt sich, wenn die Ladungen g die Form haben

$$g = km \quad (6)$$

und das Potential zwischen den Teilchen $V(r) = 0$ wird.

Antigravitation koppelt an Elektronen, u - und d -Quarks, und "sieht" deren schwere Masse, nicht jedoch Gluonen z.B. im Proton p . Ihre Kopplung an ein Proton ist durch den Strom j_μ gegeben:

$$j_\mu = k (m_u \bar{\psi}_u \gamma^\mu \psi_u + m_d \bar{\psi}_d \gamma^\mu \psi_d) \quad (7)$$

Das Graviton koppelt an reelle Massen, also auch an Gluonen.

Zwischen zwei Atomen mit den Atomgewichten A und A' und den Ordnungszahlen Z und Z' wirkt die Kraft

$$\mathcal{K} = \frac{8\pi G}{r^2} [M M' - M^0 M^{0'}] \quad (8)$$

mit den Kürzungen für die Elementarteilchenmassen M und Quarkmassen M^0

$$\begin{aligned} M &= Z (M_p + m_e) + (A - Z) M_n \\ M^0 &= Z (2m_u + m_d + m_e) + (A - Z) (m_u + 2m_d) \end{aligned} \quad (9)$$

Für die Masse der Erde kann M_E^0/M_E ersetzt werden durch $3m_u/M_p$. Das Äquivalenz-Prinzip wird verletzt. Zwei Massen mit unterschiedlichen Z und A müßten unterschiedlich schnell gegen die Erde fallen.

$$\frac{\delta m}{m} = (Z'A - ZA') \cdot 3 \frac{m_u}{M_p} \frac{\mu^2}{MM'} \quad (10)$$

$$\text{Darin ist } \mu^2 = m_e (M_n - m_u - 2m_d) + \frac{3}{2} (m_u + m_d) (M_n - M_p) + \frac{1}{2} (m_u - m_d) (M_n + M_p)$$

Daraus folgt

$$\frac{\delta m}{m} \approx 1.5 \times 10^{-5} \left(\frac{Z'}{A'} - \frac{Z}{A} \right) < 10^{-12} \quad (\text{Experiment}),$$

was nur eine verschwindend geringe Antigravitationskraft darstellt.

Doch Scherk weist darauf hin, daß das Skalarfeld einen von Null verschiedenen Vakuumerwartungswert $\langle \phi \rangle \neq 0$ erhalten sollte durch spontane Symmetrierechnung $SU(2) \times U(1)$ auf $U(1)$.

Der Higgs-Mechanismus liefert (Higgs 1964) (Kibble 1967) (Becker et al. 1981)

$$m_e = k m_\phi \langle \phi \rangle \quad (11)$$

Für $m_\phi \approx \langle \phi \rangle \approx 1 \text{ GeV}$, d.h. $m_\ell \approx 10^{-19} \text{ GeV}$, ergibt sich eine Compton-Wellenlänge $R_\ell = \frac{1}{m_\ell} \approx 1 \text{ km}$. Damit ergibt sich Antigravitation, wenn das Potential lautet

$$V = -\frac{G}{r} [M M' - M^0 M'^0 \exp - \left(\frac{r}{R_\ell} \right) f \left(\frac{R_\oplus}{R_\ell} \right)] \quad (12)$$

darin sind $R_\oplus$ = Erdradius und mit $x = R_\oplus / R_\ell$

$$f(x) = \frac{3}{x^3} (x \cosh x - \sinh x) \quad (13)$$

Um Antigravitation zu erzeugen, müßte man theoretisch "das Vakuum aufheizen", um den Vakuumserwartungswert $\langle \phi \rangle = 0$ zu erreichen, bzw. um die Quarks aus ihrem Confinement zu befreien, damit die abstoßende Wirkung von

$$\begin{aligned} M_p &\equiv 2m_u + m_d \\ M_n &\equiv 2m_d + m_u \end{aligned} \quad (14)$$

zum Tragen kommt.

4. Monopol-Synchrotron als Gravitationsgenerator

Im Gegensatz zum Elektromagnetismus ist die Wirkung der Gravitation immer anziehend. Mathematisch hat dies die Ursache darin, daß der Tensorgrad des Gravitationspotentials eine gerade Zahl ist (d.h. 0 für ein Skalarfeld ϕ , und 2 für den metrischen Tensor $g_{\mu\nu}$). Solche Potentiale wirken immer attraktiv.

Vektorpotentiale (d.h. Potentiale vom Tensorgrad 1, z.B.: A_μ) wirken abstoßend. Im Elektromagnetismus gibt es zwei verschiedenartige Ladungen (e_0^- , e_0^+). Dagegen ist Masse niemals negativ; die dieser äquivalente Energie bleibt positiv. Jede Form von Energie ist träge, d.h. sie bewirkt eine (positive) Raumkrümmung. Jede Art von Raumkrümmung wirkt gravitierend, d.h. das gekrümmte Koordinatensystem kann als Kraft interpretiert werden.

Die gravitative Wechselwirkung zwischen Massen wird durch Gravitonen vermittelt, die den Spin 2 haben. Das hat zur Folge, daß Gravitationsstrahlung nur vom Quadrupoltyp sein kann. (Photonen mit Spin 1 werden durch Dipolstrahlung ausgesandt.) Schwingende Massen erzeugen demnach keine Gravitationsstrahlung. Die einfachste Quadrupol-Massenquelle stellt ein System von umeinander rotierenden gleichen Massen dar.

Die Lösung der Einsteinschen Feldgleichungen kann näherungsweise durchgeführt werden, indem der metrische Tensor $g_{\mu\nu}$ durch die Minkowski-Metrik $\eta_{\mu\nu}$ des flachen Raumes ersetzt wird zuzüglich einer Störung $h_{\mu\nu}$, welche durch die Massen verursacht wird.

$$g_{\mu\nu} \approx \eta_{\mu\nu} + h_{\mu\nu}, \quad \eta_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad (15)$$

Der Ricci-Tensor wird dann zu

$$R_{\mu\nu} \approx -\frac{1}{2} \square h_{\mu\nu} \quad (16)$$

wobei der d'Alembert-Operator $\square$ gesetzt ist für

$$\square = \frac{\partial^2}{\partial x_\mu^2} \hat{=} \left(\frac{\partial^2}{\partial x_i^2} - \frac{\partial^2}{\partial t^2 c^2} \right) \hat{=} \left(\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2 c^2} \right), \quad \begin{matrix} \mu = 0, 1, 2, 3 \\ i = 1, 2, 3 \end{matrix} \quad (17)$$

Die Feldgleichungen heißen dann

$$\square (h_{\mu\nu} - \frac{1}{2} \eta_{\mu\nu} h) = - \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu} \quad (18)$$

Für den Klammerausdruck kann das Gravitationspotential $\phi_{\mu\nu}$ geschrieben werden. Die Interpretation der Beziehung

$$\square \phi_{\mu\nu} = \Delta \phi_{\mu\nu} - \frac{\partial^2 \phi_{\mu\nu}}{c^2 \partial t^2} = - \frac{16\pi G}{c^4} T_{\mu\nu} \quad (19)$$

kann mit analogen Beziehungen der Maxwellschen Elektrodynamik verglichen werden. Zunächst stellt eine Wellengleichung für die Ausbreitung gravitativer Strahlung dar, wenn $T_{\mu\nu} = 0$ gesetzt, d.h. der Raum materiefrei gemacht wird.

Betrachtet man bewegte Massen, so kann die Zeit-Komponente des Energie-Impulstensors $T_{\mu 0}$ gesetzt werden

$$T_{\mu 0} = -m c v_{\mu} \quad , \quad (20)$$

und aus (Gl.19) wird, wenn das Potential $\phi_{\mu\nu}$ sich zeitlich nicht ändern soll,

$$\Delta \phi_{\mu 0} = \frac{16 \pi G}{c^3} m v_{\mu} \quad (21)$$

Die Lösung ist

$$\phi_{\mu 0} = \frac{4G}{c^3} \int_V \frac{m v_{\mu}}{r} dV \quad (22)$$

Wird eine "gravitative Permeabilität" η' des Raumes definiert (Forward 1961) und der Massendichte-Fluß $j_g = m v_{\mu}$ gesetzt

$$\eta' = \frac{16 \pi G}{c^2} = 3,73 \times 10^{-26} [m][K_g^{-1}],$$

so kann der Ausdruck

$$\phi \equiv c \phi_{\mu 0} = -\frac{\eta}{4\pi} \int_V \frac{j_g}{r} dV \quad (23)$$

als äquivalentes Vektorpotential zum elektromagnetischen

$$A = \frac{\mu'}{4\pi} \int_V \frac{j_e}{r} dV \quad (24)$$

angesehen werden, worin μ' die Permeabilität und j_e die elektromagnetische Stromdichte sind.

Aufgrund dieser Analogie kann man untersuchen, ob eine nicht-Newtonsche Gravitationskraft, die einen nichtrotierenden und ruhenden Körper beschleunigt, erzeugt werden kann, wenn ein Massenfluß wie der elektrische Stromfluß in einer Spule um einen Torus realisiert wird. Der Strom I induziert ein magnetisches Feld $\mathcal{B}$, dessen Feldlinien parallel um die Achse mit dem Radius r des Torus mit dem Radius R verlaufen. Wächst der Strom konstant an, so wächst das Magnetfeld mit der Zeit ebenfalls an und ein elektrisches Dipolfeld $\mathcal{E}$ wird induziert, dessen Feldlinien senkrecht zum Magnetfeld stehen.

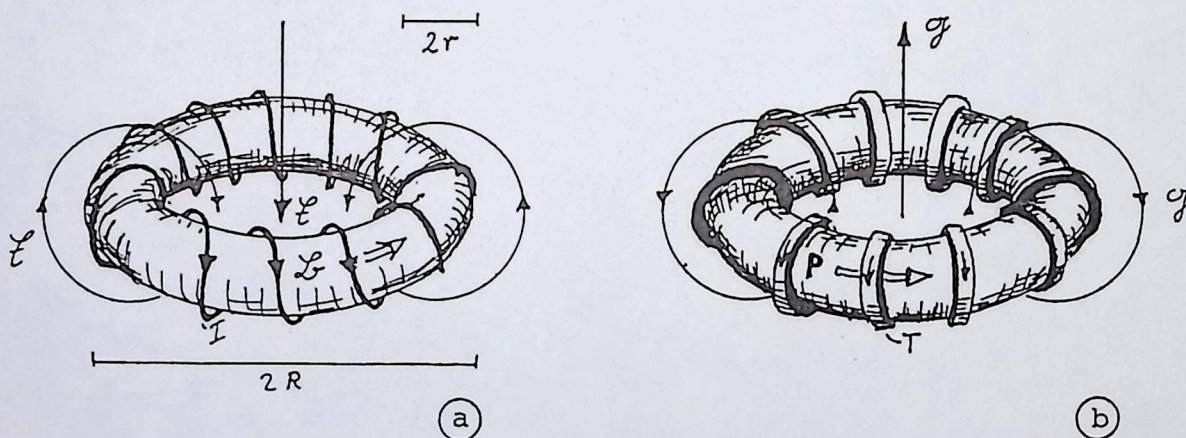


Bild 1: Erzeugung von einem elektrischen (a) und einem gravitativen (b) Dipolfeld.

Im Zentrum des Torus ist das elektrische Feld

$$\mathcal{E} = -\dot{\mathcal{L}} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\mu}{4\pi} N \cdot I \cdot \frac{r^2}{R^2} \right), \quad N = \text{Windungszahl} \quad (25)$$

Werden anstelle von Drähten Röhren um den Torus gewickelt, durch welche eine Masse

$$\tau = \frac{dM}{dt} = \int m v \cdot dS \quad (26)$$

fließt, so entsteht bei N Umläufen gemäß (Gl. 23) durch die zeitliche Änderung des Vektorpotentials $\vec{\phi}$ ein Gravitationsfeld

$$g = -\dot{\vec{\phi}} = -\frac{d}{dt} \left(\frac{\gamma'}{4\pi} NT \frac{r^2}{R^2} \right) \quad (27)$$

Natürlich sind die Massendichten, welche technologisch zum Fließen gebracht werden könnten zu gering, um den Wert von $\gamma' \approx 10^{-26}$ m/kg zu kompensieren. Es müßten Materiedichten von $10^{11} - 10^{18}$ kg/m³ realisiert werden (Forward 1963), wie sie nur in Neutronensternen vorkommen.

Magnetische Monopole?

Nach Analysen von t'Hooft (1974) und Polyakov (1974) müßten in der Grand Unification Theorie (GUT) Leptoquark-Teilchen als magnetische Monopole auftreten. Unter 10^{20} Protonen sollte es einen Monopol geben. Ihre Masse ist von der Größe der X-Teilchen. Die Monopole sind keine gewöhnlichen Teilchen, sondern topologische Kondensate wie Knoten. Ihre magnetische Ladung g_0 ist $g_0 = \frac{\hbar c}{2e\theta} = 3.3 \cdot 10^{-16}$ Vs. Zwei ungleich geladene Monopole ziehen sich rd. 5000 mal stärker an als elektrische Ladungen (bei gleichem Abstand). Wegen ihrer geringen Ausdehnung von $\sim 10^{-29}$ cm müßten die Monopole wie Neutrinos die Erde durchfliegen können ohne absorbiert zu werden. Man schätzt, daß Monopole ständig um den Erdmittelpunkt schwingen, bis der größte Teil im Erdkern zur Ruhe gekommen ist und sich dort ablagert (die Südpole an der nördlichen Seite des Kerns und die Nordpole an der südlichen Seite). Monopole werden durch interstellare Magnetfelder auf rd. 100 km/s gebracht. Auf einen Quadratmeter der Erdoberfläche sollte im Mittel höchstens alle 5000 Jahre ein Monopol auftreffen.

Im Februar 1982 hat B.Cabrera nach 150 Tagen Betriebszeit in einer empfindlichen Meßapparatur mit einer Fläche von 20 cm² möglicherweise den Durchgang eines Monopols registriert, der in einer superleitenden Spule einen elektrischen Strom induzierte (Cabrera 1982). Die Empfindlichkeit der Apparatur wurde erweitert und derzeit wartet man noch auf weitere Ereignisse.

Im sowjetischen Neutrino-Observatorium im Kaukasus befindet sich der größte Monopol-Detektor 3000 m tief unter der Erde mit 3132 Szintillationszählern auf einer Fläche von rd. 200 x 200². Bisher waren die Experimente negativ ausgefallen.

Nach der GUT besitzen Neutrinos eine von Null verschiedene Masse (1/1000 der Elektronenmasse) und sollten Oszillationen ausführen, derart, daß sie ihre Identität ändern. Ein Myon-Neutrino sollte sich z.B. in ein τ -Neutrino umwandeln. Damit ließe sich das Neutrino-Defizit der Sonnenstrahlung erklären.

Sollte sich die Existenz von magnetischen Monopolen erweisen, so könnten sich u.U. Massenströme der erforderlichen Größe technisch realisieren lassen. Monopole haben eine rd. 10^{15} fache Protonen-Masse (d.h. 10^{-11} kg), was immer noch sehr wenig ist. Doch kann ihre Masse erhöht werden durch eine Art "magnetisches Zyklotron". Monopole m_M werden in einem $\mathcal{E}$ -Feld, dessen Feldlinien senkrecht zu deren Flugbahnen stehen, gekrümmt. Nach jedem Durchlaufen eines Halbkreises werden sie durch ein starkes wechselndes Magnetfeld beschleunigt und befinden sich nun auf einer Flugbahn mit größerem Radius. Auf diese Weise ließen sich relativistische Geschwindigkeiten und große Massen gewinnen, falls der Bahnradius R durch ein extrem starkes elektrisches Feld E hinreichend kleingehalten werden könnte, das der Fliehkraft entgegenwirkt.

$$R = \frac{v m_{\mu 0}}{e_{\mu} E} \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad (28)$$

e_{μ} = magnetische Ladung

$m_{\mu 0}$ = Monopol-Ruhemasse

Beim Durchlaufen des magnetischen Zyklotrons wächst T mit der Zeit an, so daß ein Gravitationsfeld generiert werden könnte.

Die Formel (Gl. 28) ist nur eine grobe Abschätzung. Neuere Untersuchungen der dynamischen Eigenschaften der Monopole (Müller 1982)

zeigten, daß unerwartete geschwindigkeitsabhängige Kräfte auftreten; d.h. die Bewegung wird nicht nur durch die Coulomb- bzw. Lorentz-Kraft allein bestimmt.

Diese theoretische Möglichkeit der Erzeugung von Gravitationsfeldern setzt die Gewinnung großer Mengen von Monopolen bzw. einen regelrechten "Abbau" dieser exotischen Teilchen voraus.

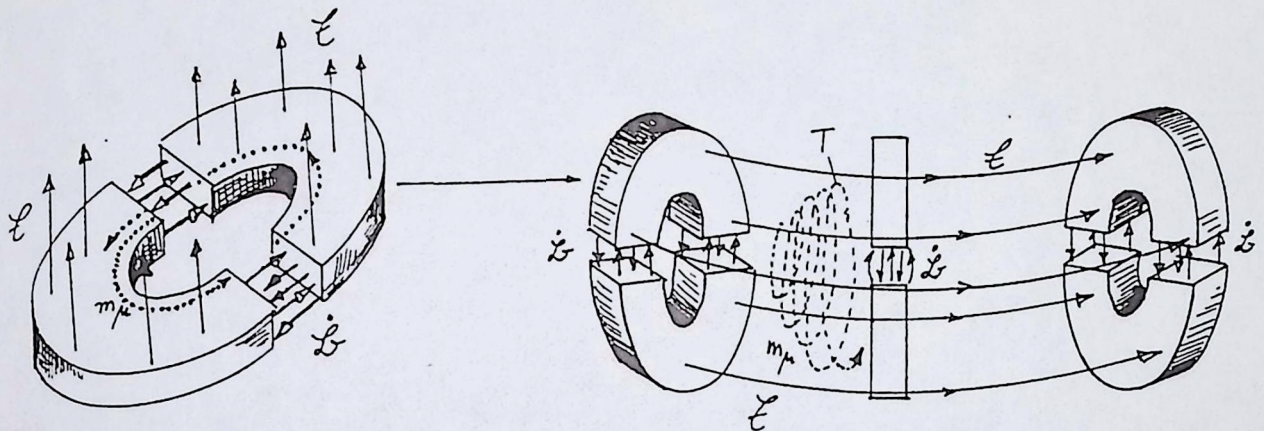


Bild 2: Magnetisches Zyklotron zur Beschleunigung magnetischer Monopole.

Ein schwach inhomogenes magnetisches Wechselfeld lenkt die Monopole spiralförmig allmählich um die gesamte Torus-Achse ab.

Nach der GUT sollten sich Monopole in großen Mengen im Innern der Erde angesammelt haben:



m_s = Süd-Monopole

m_N = Nord-Monopole

Bild 3: Ansammlung von Monopolen im Erdinnern

Monopole lassen sich nicht künstlich erzeugen, sondern allenfalls einsammeln. Aber die Chancen, daß sich kiloweise Monopole anreichern lassen, sind verschwindend gering.

5. Der Kontrabarische Effekt als Möglichkeit zur Beeinflussung der Schwerkraft

Die formale Ähnlichkeit der Potentiale des Gravitations- und des Coulomb-Feldes läßt daran denken, das eine Feld durch das andere auszudrücken und so eine einheitliche Beziehung herzustellen. Andererseits unterscheiden sich beide Felder völlig voneinander in ihrem Tensorcharakter. Das elektrostatische Feld ist ein Vektorfeld. Folglich können negative wie positive Ladungen existieren. Beim Gravitationsfeld wurden aber bisher nur positive Quellen gefunden. Es kann daher nur ein skalares oder ein tensorielles Feld, d.h. ein Spin-0 oder Spin-2 Feld, oder eine Kombination aus beiden (Brans-Dicke 1961, Jordan 1955) sein.

In der Newtonschen Theorie, in der die Himmelsmechanik hinreichend genau beschrieben werden kann, wird die Gravitation als Vektorfeld aufgefaßt. Im Falle schwacher Felder, in denen das Gravitationspotential $\varphi_g \ll c^2$ ist, sind die Fehler vernachlässigbar klein.

Würde man versuchen, das elektrostatische Feld bzw. deren Ladungsdichte durch Gravitationspotentiale zu beschreiben, so wären die Approximationsbedingungen für die Annahme eines Spin-1 Feldes für die Gravitation in der Nähe der Feldquellen nicht mehr erfüllt, denn die Stärke des elektrostatischen Feldes ist rund 10^{39} mal so groß wie die des gravitativen, d.h. man hätte nichtlineare φ_g -Terme mitzuberücksichtigen.

Beschränkt man sich auf sehr schwache Felder, z.B. auf das eines einzelnen Elektrons, dann kann man in der Rechnung beide Feldarten als vektoriell voraussetzen und eine direkte Verknüpfung des elektrostatischen mit dem gravitativen Feld herleiten.

In der Einsteinschen Theorie werden das gravitative Feld g_{ik} und das elektromagnetische Feld M_{ik} als Spin-2 Feld angesetzt

$$R_{ik} = \frac{1}{2} g_{ik} R = \kappa T_{ik} \quad (29)$$

$$T_{ik} = \frac{1}{4\pi} (M_{ie} M_{ke} - \frac{1}{4} M_{em}^2 \delta_{ik})$$

Diese Beschreibung der Energiedichte des elektromagnetischen Feldes als eine Raumkrümmung durch den Ricci-Tensor R_{ik} und den Krümmungsskalar R ist nur für starke Felder, in denen die Nichtlinearitäten wesentlich werden, brauchbar. Für schwache Felder geht man vom Riemannschen Raum mit der Metrik g_{ik} über in den Minkowski Raum mit der Metrik $\eta_{ik} = (1,1,1,-1)$ und zur Newtonschen Gravitationsbeschreibung.

Eine Newton-Maxwell-Darstellung gelingt nur, wenn auch für das Gravitationsfeld - anders als in der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) - eine Feldquelle endlicher Ausdehnung r_0 angenommen wird und folglich zwischen dem Feld der Quelle m_0 und einem im Abstand $r > r_0$ unterschieden wird. (Die ART kennt ebenfalls einen kleinsten kritischen Radius r'_0 , den Schwarzschildradius. Doch dieser ist der Bereich einer Singularität und variiert mit der Feldstärke eines Kollektivs von Feldquellen. Die einzelnen Feldquellen des Kollektivs selbst werden als ausdehnungslos aufgefaßt.)

Das Gravitationsfeld Γ hat dann die Gestalt

$$\Gamma = G \frac{m^2(r)}{r} \quad (30)$$

Arnowitt, Deser und Misner (1962, S. 257) setzten für den Feldverlauf der Masse

$$m(r) = m_0 - \frac{1}{2} \frac{G m^2}{r} \quad (31)$$

bzw.

$$m(r) = \frac{r}{G} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 G m_0}{r}} \right), \quad c=1 \quad (32)$$

Wie bereits diskutiert (v.Ludwiger 1981), erhält Heim (1980) einen allgemeineren Ausdruck

$$m(r) = \frac{r}{2a} \left(1 \pm \sqrt{1 + \frac{4a\alpha}{r}} \right), \quad (33)$$

$$a = \frac{3 G}{32 c^2}$$

und

$$\alpha = m(1 - \frac{m}{r}a) = m_0(1 - \frac{m_0}{r_0}a) = \text{const} \quad (34)$$

Die elektrostatische Energie E_e zwischen zwei Ladungen $\pm e$ entspricht einer potentiellen Energie $E = mc^2$

$$E_e = \pm \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r} = E = mc^2, \quad (35)$$

deren totales Differential lautet:

$$dE_e = \frac{\partial E}{\partial r} dr + \frac{\partial E}{\partial e} de = dE \quad (36)$$

bzw.

$$br = \frac{e^2}{r} \frac{dr}{dm} + 2e \frac{de}{dm}, \quad b = 4\pi\epsilon_0 c^2 \quad (37)$$

Unter Verwendung von (34) läßt sich schreiben

$$\frac{1}{r} \frac{dr}{dm} = \frac{1 - 2\alpha/m}{m - \alpha} = -A(m) \quad (38)$$

$$\frac{2ede}{dm} + e^2 A(m) = \frac{de^2}{dm} + e^2 A(m) = \pm ab \frac{m^2}{m - \alpha} = B(m) \quad (39)$$

Die Ladung e ergibt sich daraus wie folgt:

$$e^2 = \exp\left(-\int_{m_0}^m A dm\right) \left[\int_{m_0}^m B \exp\left(\int_{m_0}^m A dm\right) dm + e_0^2 \right] \quad (40)$$

oder wegen

$$\exp\left(-\int_{m_0}^m A dm\right) = \frac{a}{r_0} \frac{m^2}{m - \alpha}$$

$$e^2 = \frac{a}{r_0} \frac{m^2}{m - \alpha} \left[e_0^2 \pm br_0(m - m_0) \right]$$

$$e = \pm \sqrt{r_0 \left(\pm br_0(m - m_0) + e_0^2 \right)} \quad (41)$$

Mit der Kürzung

$$\beta = \frac{e^2}{br} - mc^2 = \frac{e_0^2}{br_0} - m_0c^2 = \text{const} \quad (42)$$

folgt

$$e = \pm \sqrt{\frac{br}{c^2}(\beta + mc^2)} \quad (43)$$

und für das Coulomb-Potential φ_e

$$\varphi_e = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(\beta + mc^2)}{4\pi\epsilon_0 r}} \quad (44)$$

In der elektrischen Feldstärke $\mathcal{E}$ läßt sich nun das Gravitationspotential φ_g einführen:

$$\mathcal{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \text{grad} \left(\frac{e}{r} \right) = \pm \frac{\frac{e^2}{G} \text{grad} \varphi_g + \text{grad} \left(\frac{\beta}{r} \right)}{4 \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0}{r}(\beta + mc^2)}} \quad (45)$$

Der Nenner wird durch die Kürzung

$$\frac{1}{d} = \pm \frac{4G}{c^2} \sqrt{\frac{\pi\epsilon_0}{r}(\beta + mc^2)} \quad (46)$$

ersetzt. Damit kann die elektrostatische Ladungsdichte $\rho = \frac{de}{dV}$ folgendermaßen geschrieben werden:

$$\rho = \epsilon_0 \text{div} \mathcal{E} = \epsilon_0 \left[\text{div} \left(d \text{grad} \varphi_g \right) + \left(\frac{e^2}{\pi\epsilon_0 G} \right) \text{div} \left(d \text{grad} \left(\frac{\beta}{r} \right) \right) \right] \quad (47)$$

Im Falle $r = r_0$ gilt $\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_0} = m_0c^2$, woraus $\text{grad} \left(\frac{\beta}{r} \right) = 0$ folgt.

$$\frac{1}{d} = \pm \frac{4}{c} \sqrt{\pi\epsilon_0 G} \cdot \sqrt{\varphi_g} \quad (48)$$

Die Quelle eines elektrostatischen Feldes läßt sich vollständig als Funktion des Gravitationspotentials φ_g ausdrücken:

$$\rho/\epsilon_0 = \pm \frac{c}{4} \frac{1}{\sqrt{\pi \epsilon_0 G}} \left[\text{grad } \varphi_g \text{ grad } \frac{1}{\sqrt{\varphi_g}} + \frac{\Delta \varphi_g}{\sqrt{\varphi_g}} \right] \quad (49)$$

(Δ ist der Operator div grad)

$$\rho = \pm \frac{c}{4} \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\pi G}} \left[\text{div} \left(\frac{1}{\sqrt{\varphi_g}} \text{grad } \varphi_g \right) \right] = \epsilon_0 \Delta \varphi_{el} \quad (50)$$

Es muß sich demnach auch die elektromagnetische Strahlung als Funktion des Gravitationspotentials ausdrücken lassen bzw. die elektromagnetische Leistungsdichte σ des Strahlungsfeldes

$$\vec{j} = \text{div}(\vec{E} \times \vec{h}_g) \quad (51)$$

Der Energie einer differentiellen Masse dm entspricht eine differentielle Gravitationsfeldenergie dE_g , d.h.

$$dE = c^2 dm = dE_g, \quad E_g = G \frac{m^2}{r}$$

$$dE - \frac{\partial E_g}{\partial r} dr + \frac{\partial E_g}{\partial m} dm = \frac{G}{c^2} \left(\frac{2E}{r} dE - \frac{E^2}{r^2} dr \right) \quad (52)$$

Mit (38) und der Kürzung $C = \frac{m^2 c^2}{m - \alpha} = \frac{1}{c^2} \frac{dE^2}{dm}$

folgt

$$\frac{dE^2}{dm} + A E^2 = C \quad (53)$$

Die Lösung dieser Gleichung ist

$$E^2 = \exp \left[- \int_{m_0}^m A dm \left\{ \int_{m_0}^m C \left(\int_{m_0}^m A dm \right) dm + E_0^2 \right\} \right]$$

$$= \frac{r}{r_0} \left[\frac{c^4}{a} r_0 (m - m_0) + E_0^2 \right]$$

$$E = \pm \sqrt{\frac{c^6 r m}{G} + h_1} \quad (54)$$

Die Konstante k_1 ist

$$k_1 = \frac{E_0^2}{r_0} - \frac{c^6}{G} m_0 = \frac{E^2}{r} - \frac{c^6}{G} m \quad (55)$$

Für $k_1 = 0$ ist (wegen $E \geq 0$)

$$E = \frac{rc^3}{G} \sqrt{\varphi_g} \quad (56)$$

Die Energiedichte ist somit

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{dE}{dV} = \frac{1}{4\pi r^2} \frac{dE}{dr} = \frac{c^3}{4\pi G} \frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} (r \sqrt{\varphi_g}) \\ &= \frac{c^3}{4\pi G} \frac{1}{r^2} \sqrt{\varphi_g} \left(1 + r \frac{d}{dr} \ln \varphi_g \right) \end{aligned} \quad (57)$$

Die Änderung der elektromagnetischen Kraftdichte $\mathcal{F}$ ist eine Funktion des Gravitationspotentials

$$\mathcal{F} = \frac{d\mathcal{R}}{dV} = \text{grad } \sigma = \text{rot rot } \mathcal{E} \times \mathcal{H} + \text{div grad } \mathcal{E} \times \mathcal{H} \quad (58)$$

$$\dot{\mathcal{F}} = \text{grad div } \mathcal{E} \times \mathcal{H} = \frac{c^3}{4\pi G} \frac{d}{dt} \text{grad} \left[\frac{1}{r^2} \left\{ \sqrt{\varphi_g} + r \frac{d}{dr} (\sqrt{\varphi_g} \ln \varphi_g) \right\} \right] \quad (59)$$

Diese Gleichung wird von Heim als kontrabarische Gleichung bezeichnet. Diese Herleitung und genaue Darstellung der Operatoren wurde bisher noch nirgendwo publiziert und sollte zunächst vertraulich bleiben.

Die elektrostatische Kraftwirkung $\mathcal{R}$, die von einem Strahlungsvektor $\mathcal{E} \times \mathcal{H}$ ausgeübt wird, kann unter geeigneten Operatorbedingungen Gravitationsfeldwirkungen verursachen:

$$\dot{\mathcal{R}} = \int \text{grad div } \mathcal{E} \times \mathcal{H} dV = -2\pi r \text{div } \mathcal{E} \times \mathcal{H} \int ds \quad (60)$$

Nach Heim (1959) folgt daraus die Differentialgleichung für die Beschleunigung g ,

$$\ddot{g} + a g = 0, \quad a = \frac{2\pi r}{m} \dot{\sigma}_T \varepsilon(t) \quad (61)$$

wobei $\varepsilon(t)$ der Wirkungsgrad, r der Radius des kontrabarischen Transformators m dessen Masse und $\dot{\sigma}_T = \frac{L_T}{V}$ die zur Transformation kommende Dichte der elektromagnetischen Strahlungsleitung ist.

Die Lösung ist

$$g(kt) = \text{const} \left[e^{-kt} - e^{\frac{kt}{2}} (\cos kt\sqrt{3} - \frac{1}{2}\sqrt{3} \sin kt\sqrt{3}) \right]$$

mit $k = \sqrt[3]{\frac{2\pi r L}{m V} \varepsilon(t)}$ (62)

In einer Anordnung, in welcher die Operatoren (grad div) für den elektromagnetischen Strahlungsvektor wirksam sind, müßte nach dieser Gleichung "die Energie dieser Welle in elektromagnetischer Form verschwinden und statt dessen in mechanisch-kinetischer Form wieder erscheinen." (Heim 1959) In der Umgebung einer so aufgebauten Versuchsanordnung sollte ein Beschleunigungsfeld $g(kt)$ auftreten, dessen zeitlicher Verlauf dem irdischen Gravitationsfeld überlagert und das Gewicht des Versuchskörpers verändert.

Heim hat nach eigenen Angaben versucht, diesen Effekt mit Radarwellen (106 Hz) auszulösen (Heim 1959). Wegen des zu geringen Wirkungsgrads wurde später Strahlung im optischen Frequenzbereich verwendet. Als Probekörper diente ein Kristall, der so gezüchtet worden war, daß die Operatorbedingung erfüllt war. Als mechanische Wirkung wurden akustische Schwingungen in Dreieckform erwartet (gemäß (62)). Die Experimente sollten erfolgreich verlaufen sein, werden jedoch vertraulich behandelt.

6. Bestätigung des Kontrabarischen Effekts durch die Photophorese?

Sollte der kontrabarische Effekt tatsächlich existieren, was die Annahme $m = m(r)$ bestätigen würde, so sollte sich die Operatorbedingung $\text{grad div} (\mathcal{L} \times \mathcal{H})$ irgendwo in der Natur realisiert finden.

Dies scheint der Fall zu sein bei einigen noch unverständenen Phänomenen der Photophorese.

Noch im dtv-Lexikon der Physik von 1971 wird geschrieben, daß die Photophorese in einigen Fällen sicher als durch Radiometerkräfte verursacht angesehen werden kann, daß aber "die Deutung in anderen Fällen, die experimentell schwer faßbar sind, noch aussteht."

Bei der Photophorese handelt es sich um die von Ehrenhaft entdeckte Erscheinung, daß mikroskopisch kleine Teilchen ($\sim 10^{-4}$ cmØ) unter Einwirkung einer intensiven Bestrahlung sich entweder in oder entgegen der Strahlungsrichtung bewegen. Besonders bemerkenswert sind einzelne (z.B. Ruß-) Teilchen, die bei $\sim 10^{-2}$ Torr in der Nähe des Brennpunktes in einem konvergierenden Lichtstrahl auf mm Ø großen Kreisbahnen rotieren bzw. sich schraubenförmig um diese bewegen und diese Position auch nach Veränderung der Bestrahlungsintensität wieder einnehmen. Während für die Teilchen, die eine unregelmäßige Bewegung zeigen, sicher die Radiometertheorie zutrifft, sind die stabilen Kreisbahnen eher auf die Wirkung einer noch unbekannten Kraft zurückzuführen. Der Lichtdruck ist viel zu gering, um die beobachteten Kräfte zu bewirken.

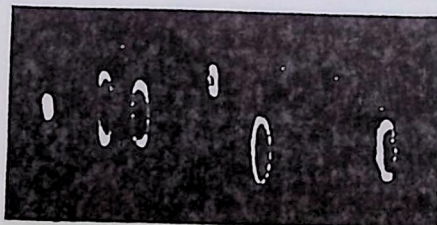


Bild 4: Stationäre und unregelmäßige Photophorese

Der Autor hat 1961 im Institut für Kraftfeldphysik, Northeim, selber Experimente gemacht. Da immer nur einzelne Teilchen aus der Pulvermenge verschiedenster Metalle und anderer Elemente diese ausgeprägte Photo-phorese zeigen, sollte die Kristallstruktur dieser Partikel untersucht werden. Dazu wäre es erforderlich gewesen, eine Apparatur zu konstruieren, welche automatisch die besonderen Kristalle aus einem Lichtstrahl herausfischen würde bis eine Teilchenmenge beisammen gewesen wäre, um die Kristallstruktur aus einem Laue-Diagramm durch Bestrahlen mit Röntgenlicht festzustellen. Die Untersuchungen sind unseres Wissens nicht weiter verfolgt worden. Sie wurden (persönliche Mitteilung von Dr.H. Rohatschek, Brief vom 17.4.61) i.w. nur am I.Phys.Inst.der Uni Wien unter Prof.Ehrenhaft und Mitarbeitern betrieben. Nach dessen Ableben 1952 wurden in den 50er Jahren von Rohatschek, Desoyer und Scheu Aufsätze in den Acta Physica Austriaca, in der Schriftenreihe "Staub" und in den Comptes Rendus veröffentlicht. Da nach Rohatschek "ein gewisser Abschluß erreicht" war, wurden die Arbeiten nicht mehr fortgesetzt (persönliche Mitteilung von Prof.K.Desoyer, Brief vom 14.9.61).



Bild 5: Wendelbewegung in beiden Richtungen

Es müßte möglich sein, die Bewegungsgleichungen spezieller Photophorese-Arten mit der kontrabarischen Gleichung als Kraftquelle herzuleiten. Damit könnte gezeigt werden, daß die Schwerkraft durch elektromagnetische Strahlung beeinflußt werden kann.

Eine Bedingung dafür wäre, daß die speziellen Teilchen größer als $1/4$ der eingestrahlen Wellenlänge λ sein müßten, was auch beobachtet wird, so daß es zu einer Lichtabsorption im Teilchen kommen kann. Wird in einigen Teilchen das Licht total reflektiert, könnte im Innern eines solchen Volumens die Operatorbedingung rot rot $\ell \times \ell_y$ erfüllt sein und die kontrabarische Kraftwirkung auftreten.

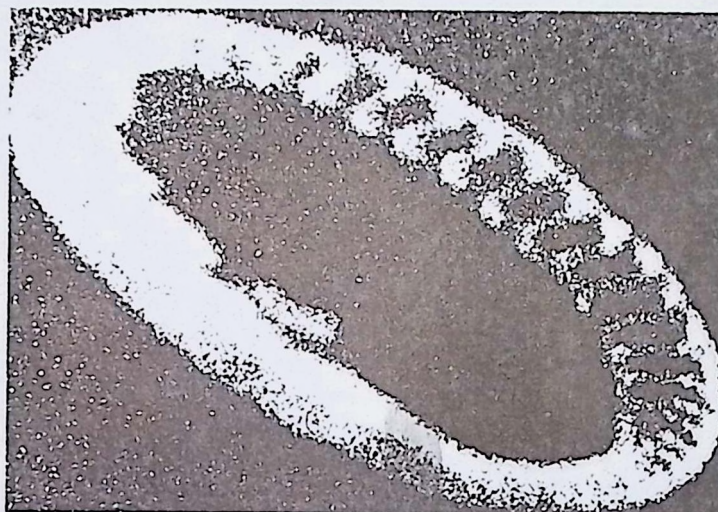


Bild 6: Feinstruktur der Kreisbewegungen (Luftdruck 9 mm, Bahndurchmesser ~ 1.3 mm) Graphit in Argon unter Sonnenlicht

Auf die Phänomene der Magneto-, Elektro- und der Gravito-Photophorese, sowie auf spezielle Beobachtungen kann hier nicht eingegangen werden. Möglicherweise ließen sich unter den Bedingungen des Spacelab erstmals Versuche durchführen, die bisher nicht möglich waren. Doch wären dazu noch tiefergehende Voruntersuchungen erforderlich.

Ähnlich wie der kontrabarische Effekt, also der Zusammenhang zwischen elektromagnetischen und Gravitationsfeldern, vermutlich Ursache einiger noch unverstandener Naturphänomene sein könnte, so führt die gleiche Theorie $m = m(r)$ auf theoretische Zusammenhänge zwischen magnetischen und Gravitationsfeldern (z.B. Magnetfelder rotierender Himmelskörper). Die theoretischen Voraussetzungen für entsprechende Laborexperimente werden derzeit von MBB in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich untersucht.

Literaturverzeichnis

- | | |
|--|--|
| Arnowitt, R.,
Deser, S. und
Misner, C.W. | 1962: Gravitation - An Introduction to Current
Research, ed. by L.Witten, John Wiley & Sons,
New York |
| Brqns, C. und
Dicke, R.H. | 1961: Phys.Rev., <u>124</u> , S. 925-935 |
| Becker, P.,
Böhm, M. und
Joos, H. | 1981: Eichtheorien der starken und elektroschwa-
chen Wechselwirkung, S. 359; Teubner Studien-
bücher, Stuttgart |
| Cabrera, B. | 1982: Phys.Rev. Letters, <u>48</u> , S. 1378 |
| Feinberg, G. | 1967: Phys.Rev., Vol. 159, <u>5</u> , S. 1089-1105 |
| Forward, R.L. | 1961: Proceedings of the IRE, <u>49</u> , S. 892-904 |
| Forward, R.L. | 1963: American Journal of Physics, <u>31</u> , S. 166-170 |
| Heim, B. | 1959: Flugkörper, Heft 6 |
| Higgs, P.W. | 1964: Phys.Rev.Letters, <u>12</u> , S. 131 und <u>13</u> , S. 508;
Phys.Rev., 145 (1966) S.1156 |
| t'Hooft, G. | 1974: Nucl.Phys., <u>B 79</u> , S. 276 |
| Jordan, P. | 1955: Schwerkraft und Weltall, Vieweg, Braunschweig |
| Kibble, T.W.B. | 1967: Phys.Rev., <u>155</u> , S. 1554 |
| v.Ludwiger, I. | 1982: MBB-Interne Information, RX33-1/81 vom
10.3.81 |

- Müller, K. 1982: im Jahresbericht des MPI für Physik und Astrophysik 1982, S. 90, München
- Nelli, R.A. 1983: High Energy Electrostatics Research, Vol. I, Springfield
- Nieper, H. 1982: Revolution in Technik, Medizin, Gesellschaft - Konversion von Schwerkraft-Feld-Energie, Illmer, Hannover
- Peschka, W. 1979: Z.f.Raumfahrtforschung, Nr. 74, 2, S. 72
- Polyakow, A.M. 1974: JETP Lett., 20, S. 194
- Rohatschek, H. 1955: Acta physica austriaca, 9, S. 151
- Rohatschek, H. 1955: Staub, 42, S. 607-644
- Scagnetti, J. 1973: Probe, Juni 73, S. 20-26
- Scherk, J. 1979: Phys.Lett., Vol. 88B, 3,4, S. 265-267
- Scherk, J. 1980: in "Unification of the Fundamental Particle Interactions", S. 381, ed by S.Ferrara, J.Ellis & P.van Nieuwenhuizen, Plenum Press, New York
- Seike, S. 1972: "The Principles of Ultra Relativity", Uwojima
- Stueckelberg de Breitenbach, E.C.G. "Physical Reality & Mathematical Description", ed. by Ch.E.Enz & J.Mehra, Reidel Press, Dordrecht, Holland