Über das Strahlungsgesetz der Gravitation – Mittelwerte führen zu der Fata Morgana „Dunkle Materie“

von Dipl.-Ing. Peter Pohling, Palitzsch-Gesellschaft Dresden September 2017

Die statistische Physik war am Ende des 19. Jahrhunderts für die klassische Physik thermodynamischer Systeme von herausragender Bedeutung und sie ist seit ca. 100 Jahren die Grundlage quantenphysikalischer Theorien. Die statistische Physik untersucht *Energieverteilungen* in abgeschlossenen, sich relativ langsam ändernden „adiabatischen“ Systemen anhand von mittleren makroskopischen Eigenschaften, wie Drücken und Temperaturen oder mittleren Energien und Entropien. Die Entropie ist ein Maß für „Unordnung“ in Systemen. *„Eine Energieverteilung gibt den Bruchteil der Teilchen eines Systems an, der sich in einem bestimmten Energiezustand befindet. Allgemein ausgedrückt, ist die Anzahl der Teilchen in einem Zustand umso geringer, je höher die Energie dieses Zustands ist.“* [1, S. 493].
In Anbetracht der seit 85 Jahren vermuteten, aber bisher unauffindbaren Dunklen Materie wollen wir untersuchen, ob die vor über 100 Jahren gefundenen Modelle für mittlere Energien von Vielteilchen-Systemen auf die relativ abgeschlossenen und sich langsam ändernden kosmischen Systeme, wie Sonnensysteme, Galaxien und Cluster, übertragbar sind. Für die Beantwortung dieser Frage werden wir zunächst einige „Ähnlichkeiten“ zwischen thermodynamischen und gravokinetischen Systemen betrachten.

1. Thermodynamik und Gravokinetik

Die Bezeichnung „Vielteilchensysteme“ für thermodynamische Systeme ist eine Untertreibung. Bei Raumtemperatur sind in einem Kubikzentimeter Luft mehr als 10^{19} Gasmoleküle enthalten. Sonnen-Systeme könnten einige Hundert Milliarden (10^{11}) Objekte in den Außenbereichen aufweisen. Und Galaxien-Systeme bestehen aus bis zu einer Billion (10^{12}) rotierender Objekte. Diese kosmischen Objekte wollen wir hier - in Anlehnung an M. Planck´s harmonische *„Oszillatoren“* und an T. Fließbach´s „Allgemeine Relativitätstheorie“ [2, S. 242] verkürzt *„Rotatoren“* nennen. Gravokinetische *und* thermodynamische Systeme haben bei aller Unterschiedlichkeit *fundamentale Gemeinsamkeiten*: Ohne vollständige Informationen über die *Mikrozustände* von einigen Billiarden Oszillatoren (Gasmoleküle, Elektronen, Photonen) bzw. von einigen Milliarden Rotatoren (Objekte in Sternsystemen und Sternen in Galaxien) können wir die relativ stabilen Systemeigenschaften, die *Makrozustände* der Systeme, beobachten. Das sind solche Systemeigenschaften, wie beispielsweise

- die mittlere Energie E_M, der mittlere Druck p und die Temperatur T bei thermodynamischen Systemen bzw.
- die mittlere Energie E_M, das mittlere Potenzial Φ_M und die mittlere System-Masse M_M bei gravokinetischen Systemen.

Wir stehen zunächst vor der absurden Situation, dass die Makrozustände der Systeme einerseits

- vergleichbare Eigenschaften, wie mittlere Energien E_M aufweisen und andererseits
- spezielle Eigenschaften, wie thermodynamische Temperaturen T oder mittlere Massedichten ρ_M haben.

Das stellt uns vor zwei Herausforderungen:

1. Für die gravokinetischen Systeme müssen wir makrokosmische Systemeigenschaften finden, die der Temperatur T thermodynamischer Systeme entsprechen.
2. Diese „Temperatur“ [3, S. 69 ff.] kosmischer Systeme werden wir hier „gravokinetische Temperatur“ nennen und mit dem Symbol T_K abkürzen. Mit T_K sollten wir ähnliche mittlere Energieverteilungen (wie mit T für die harmonischen Oszillatoren der Planck´schen Hohlraumstrahlung) und mittlere Potenzial- Verteilungen von Rotatoren erhalten.

2. Die gravokinetische Temperatur und Massen als Quellen der Gravitationsstrahlung

Die elektrischen Kräfte zwischen Elektronen und Protonen sind um den Faktor 2,282079 x 10^{39} (!) stärker als die Gravitationswirkungen zwischen den Partikeln. Den exakten Wert liefern zwei *dimensionslose* Konstanten der Natur [3, S. 200 ff.]. Das sind die seit 100 Jahren bekannte Sommerfeld´sche *Feinstrukturkonstante* α und die erstmals 2013 ermittelte - dimensionslose *Grobstrukturkonstante* φ [3, S. 57]. Dieses Kräfteverhältnis bestimmt zugleich das *Verzweigungsverhältnis* zwischen den Photonen der elektromagnetischen Strahlung bewegter elektrischer Ladungen und den Gravitonen der Gravitationsstrahlung bewegter Massen. *„Ein experimenteller Nachweis der ausgesandten Strahlung (etwa durch einen Detektor oder durch eine Reaktion des ausgesandten Quants) ist praktisch ausgeschlossen.“* [2, S. 241]. Aus der Unkenntnis der Mikrozustände führt Einstein´s Erkenntnis, dass schwere Massen den Raum „*krümmen*“, weil sie die Struktur des Vakuums verändern. Bei der Gleichgewichts- oder „Balance-Krümmung“ $k(M)= k_K$ nach Gl. (1) ist der Wert der nur von der mittleren System-Masse M_M abhängigen Krümmung k_K gerade *gleich* der abstandsabhängigen Krümmung $k=1/R$ des Newton´schen Potenzials. Von der System-Masse M_M „fließt“ bei „Anpassung“, d.h. bei der systemspezifischen „Phasenübergangsdistanz“ R_K eine wohldefinierte Zahl von Gravitonen in ein Volumen einer masseproportionalen Sphäre mit der Fläche $A(M_M) = \mathrm{A_M} = 4\pi \cdot R_K^2$. Die Oberfläche A_M mit dem mittleren Radius R_K variiert so, dass die mittlere Zahl $N(M)$ der Gravitonen pro Fläche A_M, die mittlere gravitative *Flussdichte*

$$D_M = \frac{M_M}{A_M} \sim \frac{M_M}{R_K^2} = M_M \cdot k_K^2 \tag{1}$$

konstant bleibt. Wenn die Beziehung nach Gl. (1) universell gültig sein soll, dann darf D_M *nur* von Konstanten der Natur abhängen. Die *universelle* Konstante D_M hat im **LHC**-Elektronmodell [3, S. 105] bei dem „Phasenübergang“ für Elektronen und Positronen den Wert

$$D_{Me} = \frac{m_e}{4\pi\left(\dfrac{\alpha^2 a_0}{4\pi}\right)^2} = 1{,}441\,568\ \mathrm{kg/m^2} \tag{2a}$$

mit der Elektronen-Masse m_e, der Feinstrukturkonstante α und dem atomaren Radius a_0.
Die quantisierte gravitativ bedingte „Krümmung“

$$k_{Me} = \frac{4\pi}{\alpha^2 a_0} = \frac{4\pi}{r_e} \tag{2b}$$

des Raumes, des „Vakuums“ durch Elektronen und Positronen ist umgekehrt proportional zu dem *klassischen* Elektronen-Radius r_e = 2,8·10^{-15} m. Da die Masse eines Elektrons m_e =9.1·10^{-31} kg extrem klein ist, muss nach Gleichung (1) die Krümmung k_{Me} dementsprechend groß sein. Obwohl Protonen und Neutronen die 1836-fache Masse von Elektronen und Positronen haben, müssen Baryonen den gleichen universellen Zahlenwert für die mittlere Flussdichte D_M [3, S. 180] aufweisen:

$$\left(\frac{m_e}{r_{el}}\right) \cdot \frac{(2\pi)^2}{a_0} = D_{Me} = D_M = D_{Mp} = \left(\frac{m_p}{r_p}\right) \cdot \frac{(2\pi)^2}{a_0} \tag{2c}$$

Wir können mit Erstaunen feststellen, dass die mittlere Flussdichte D_M der Gravitation tatsächlich nur von den *universellen Konstanten der Partikel* bestimmt wird. Das sind die Partikelmassen der Protonen m_p und der Elektronen m_e, der gequantelte atomare Radius a_0 und die Partikel-Radien der Baryonen und Leptonen. Daraus folgt für Elektronen und Positronen der *nichtklassische* Radius r_{el}. Aus dem gravokinetischen *Partikel-Prinzip* [3, S. 174 ff.] ergeben sich die Radien *aller* Partikel der *drei* Teilchen-Familien des Standardmodells. Das „Partikel-Prinzip“ ist der „Türöffner“ zur *Quantengravitation*.

Das *Produkt* aus der Konstante G und der Konstante D_M ergibt erneut eine *Naturkonstante*. Diese Konstante ist die 1983 von Mordehai Milgrom [4] empirisch gefundene Eigenschaft der Gravitation *sehr* schwacher Gravitationsfelder, das ist die sogenannte „Milgrom- Feldstärke“ a_M,

$$G \cdot D_M = a_M = \frac{c^2}{R_U} = \left(\frac{M_U}{R_U}\right)\frac{2 \cdot G}{R_{SU}} \approx 1 \cdot 10^{-10}\ \mathrm{m/s^2} \tag{2d}$$

mit c = Ausbreitungsgeschwindigkeit der Gravitationswellen, R_U = Längenkonstante der Universen [3, S. 106] und dem Schwarzschildradius *unseres* Universums mit der Masse M_U.

$$R_{SU} = \frac{2GM_U}{c^2} = \frac{2T_{KU}}{c^2}. \tag{2e}$$

Die gravokinetische Temperatur

$$T_K = G \cdot M_M \tag{3a}$$

von Systemen erhalten wir durch Multiplikation der Konstante G mit der mittleren Masse M_M (R) des Systems. Die gravokinetische Temperatur hat die (*massefreie*!) **SI**-Einheit: m^3/s^2 = $m \cdot (m^2/s^2)$. Die gravokinetische Temperatur T_K charakterisiert typische Eigenschaften kosmischer Systeme. T_K ist eine *System*-Konstante für Sonnensysteme (das entdeckte schon J. Kepler mit seinem III. Gesetz) und für Systeme von Galaxien. Die gravokinetische Temperatur T_K ist das Gegenstück zu dem „Wärmebad“ mit der thermodynamischen Temperatur T von harmonischen Oszillatoren der Hohlraumstrahlung.
Wenn wir die *abstandsabhängigen* Krümmungen k=1/R der Bahnen von Rotatoren mit der mittleren gravokinetischen Temperatur T_K multiplizieren, ergeben sich - analog zu den gequantelten Energien $\varepsilon_0 = h\nu$ der harmonischen Oszillatoren - die Newton´schen Gravitationspotenziale

$$\Phi_N = \frac{1}{R}(G \cdot M_M) = kT_K = v_N^2. \tag{3b}$$

Wenn wir die gravokinetischen Temperatur mit den abstands*un*abhängigen, also mit den *masseabhängigen* Krümmungen $k_K = 1/R_M$ nach Gl. (1) multiplizieren, erhalten wir die fast *nur* von der System-*Masse abhängigen* mittleren Potentiale

$$\Phi_M = \frac{1}{R_K} GM_M = k_K T_K = v_M^2. \tag{3c}$$

Die mittleren Potenziale Φ_M sind relativ konstant, da sie gemäß Gleichung (1) von der *Wurzel* aus der Masse abhängen. Diese *„Masseabhängigkeit“* entspricht bei der elektromagnetischen Strahlung schwarzer Körper der *„Temperabhängigkeit“* im *Rayleigh-Bereich* der Strahlung. Dort ist die mittlere Energie $k_B T$ größer als die Energie $\varepsilon_0 = h\nu$ der 1905 von A. Einstein postulierten „Lichtquanten“.

3. Mittelwerte für Oszillatoren mit der Frequenz ν und für Rotatoren mit der Krümmung k

Der Mittelwert der Energie *„eines Harmonischen Oszillators mit der Frequenz ν im thermischen Gleichgewicht mit der Temperatur T“* [5, S. 52], beträgt

$$U(\nu,T) = \left(1/2 + \frac{1}{e^{h\nu/k_B T} - 1}\right)h\nu = \left(\frac{x}{2} + \frac{x}{e^x - 1}\right)k_B T = \left(\frac{\varepsilon_0}{2} + \frac{\varepsilon_0}{e^{\beta\varepsilon_0} - 1}\right). \tag{4a}$$

„In der Formel bedeutet h die Planck’sche Konstante, $h\nu = \varepsilon_0$, k_B Boltzmanns Umrechnungsfaktor von Energie in Temperatur. Planck hat in seiner Ableitung von 1900 effektiv dieselbe Formel verwendet, aber ohne die Nullpunktsenergie $h \cdot \nu/2$.“ [5, S. 53]; siehe auch [6, S. 57], [7, S. 370]. Analog gilt:

Der Mittel*wert* des Potenzials Φ_R einer Masse M_M mit dem masseabhängigen Schwarzschildradius R_S

$$\frac{R_S}{R}c^2 = 2k \cdot T_K = 2\frac{1}{R}(GM_M) \tag{4b}$$

beträgt mit $x=k/k_M$:

$$\Phi_R(k,k_K) = \left(1/2 + \frac{1}{e^{T_k k/\mathrm{T}_k k_k} - 1}\right)2k \cdot T_K . \tag{4c}$$

Wir erhalten das *relative* Gravitationspotenzial $\varphi(x)$, wenn wir Φ_R auf das mittlere Potenzial Φ_M nach Gleichung (3c) beziehen:

$$\frac{\Phi_R}{\Phi_M} = \left(x + \frac{2x}{e^x - 1}\right) . \tag{4d}$$

Max Planck hatte die Beziehung nach Gl. (4a) zunächst durch Interpolation zwischen den bekannten Grenzfällen der Strahlung, dem Rayleigh-Bereich mit $x'=(h\nu/k_BT)<<1$ und dem Wien´schen Gesetz $x'=(h\nu/k_BT)>>1$ gefunden (damals allerdings noch ohne die Nullpunktsenergie!). Max Born resümierte in [8, S. 221]:

„In einer zweiten Arbeit deutet Planck die Oszillatorenergie (4) als Mittelwert über eine Boltzmannsche Verteilung mit endlichen Energiequanten $\varepsilon_n=\varepsilon_0\cdot n=h\nu\cdot n$, (n=0, 1, 2, …) *und der Vereinbarung* $k_BT=1/\beta$

$$U = \frac{\sum_{n=0}^{\infty}\varepsilon_n e^{-\beta\varepsilon_n}}{\sum_{n=0}^{\infty}e^{-\beta\varepsilon_n}} = -\frac{d}{d\beta}\ln\sum_{n=0}^{\infty}e^{-\beta\varepsilon_0 n} = \frac{\varepsilon_0}{e^{\beta\varepsilon_0}-1} . \tag{4e}$$

Nur wer in der klassischen Tradition aufgewachsen ist, kann die Kühnheit dieser Idee ganz würdigen. Planck selbst neigte dazu, die Aufteilung der Energie in endliche Quanten nicht als Eigenschaft der Strahlung selbst, sondern ihrer Wechselwirkung mit den Oszillatoren anzusehen“. Max Born fährt fort: „Hier griff Einstein [9, S. 221] ein … Einstein stützt seine Überlegungen auf Boltzmanns Beziehung zwischen Entropie S und Wahrscheinlichkeit P,

$$S = k_B \ln P . \tag{5}$$

Da diese zu jener Zeit noch keineswegs allgemein angenommen wurde, gibt er eine einfache Ableitung (die mir heute noch die beste scheint). Die folgenden Betrachtungen hängen aufs engste mit seiner Theorie der Schwankungen und der Brownschen Bewegung zusammen.
Der Hauptgedanke ist, die Formel (5) *umzukehren, die Wahrscheinlichkeit als Funktion der Entropie anzusehen,*

$$P = e^{S/k_B} , \tag{6}$$

und die thermodynamischen Eigenschaften von S gehörig auszunutzen.“ [8, S. 222]. Indem Einstein 1905 die thermodynamischen Eigenschaften der Entropie eines *Vielteilchen-Systems* bei festem Volumen („eines adiabatisch isolierten Systems“) nutzt, folgt in [8, S. 231] ebenfalls der Planck´sche Mittelwert der Energie nach (4e). Max Born beendet seinen Artikel *„Albert Einstein und das Lichtquantum“* mit einem Streiflicht auf Einstein, seinen Freund, den Menschen, den Lichtquanten-„Revolutionär“. *„Lassen Sie mich schließen mit ein paar Sätzen aus einem Brief an mich:*
´Das Gefühl für das, was sein soll und was nicht sein soll, wächst und stirbt wie ein Baum, und kein Dünger wird sehr viel dabei ausrichten. Was der einzelne tun kann, ist nur ein sauberes Beispiel zu geben und den Mut zu haben, ethische Überzeugungen in der Gesellschaft von Zynikern ernsthaft zu vertreten.´“ [8, S. 230].

4. Die messbaren Grenz- und die Übergangswerte der mittleren Gravitationspotenziale

Bei Betrachtung Zahlenwerte der Übergangsfunktion nach Gl. (4d) im **Bild 1** fallen uns gleich zwei Besonderheiten auf:

1. Für Abstände $R>R_K$, also bereits für $x<0{,}5$, überrascht das außergewöhnlich schnelle Erreichen der Konstanz und der Abstandsunabhängigkeit des Gravitationspotenzials bei „Eintauchen" in das gravokinetische „Wärmebad" der Gravitationsstrahlung. Der *Konstant-Bereich* entspricht dem Rayleigh-Bereich, der bei der elektromagnetischen Strahlung den *Wellenaspekt* betont. Die konstante Raumkrümmung im Bereich des gravokinetischen „Strahlungsbades" mit dem Potenzial $2\Phi_M$ im **Bild 1** täuscht seit 85 Jahren den Astronomen und seit etwa 50 Jahren den Kosmologen die *Fata Morgana „Dunkle Materie"* vor. Denn gerade die relativ hohen und konstanten Werte der Gravitationspotenziale bei $R>R_K$ bewirken einerseits die beobachtbaren Gravitationslinseneffekte und andererseits die relativ hohen und konstanten Geschwindigkeiten in Randbereichen kosmischer Systeme. Es ist verständlich, dass diese *Konstanz* des Gravitationspotenzials den Astrophysikern „Halos" aus Dunkler Materie suggerierte.
2. Der Transitions-Bereich (*Übergangs-Bereich*) des Strahlungsgesetzes der Gravitation im **Bild 1** ist überraschend schmal. Er endet praktisch bei $R=R_K/5$ und bei $R= R_K/10$ sind die Abweichungen vom Newton´schen Gravitationsgesetz bereits kleiner als ein Promille.

$x=k/k_K=R_K/R$	0,001	0,01	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	5,0	10	100	1000
$\left(x+\frac{2x}{e^x-1}\right)$	2,00	2,00	2,00	2,00	2,04	2,16	2,63	5,07	10,000	100	1000
Strahlungs-Gesetz	**Konstant-Bereich:** $R>R_K$			**Transitions-Bereich:** $R\approx R_K$					**Newton-Bereich:** $R<R_K$		

Bild 1: Numerische Werte der Übergangsfunktion nach Gl. (4d) bei
$x< 0{,}5$: *Konstant-Bereich* des Gravitationspotenzials,
$0{,}5< x <5$: *Transitionsbereich* des Gravitationspotenzials
$x >5$: abstandsabhängige (*Newton)-Bereich* mit $\Phi_N =G\cdot M/R$

Die spannende Frage lautet für das 21. Jahrhundert:
Welche Abweichungen von Newton´s und von Einstein´s Gravitationstheorien können in unserem Sonnensystem und bereits in Gravitations-*Laboren* auf der Erde erwartet und gemessen werden?

5. Die Gesetze der Gravitation auf dem Prüfstand - der Kosmos im Labor

Für die Stärke der Gravitationswirkung sind die Feldstärken

$$a=\frac{F}{m}=\frac{\Phi}{R} \tag{7}$$

maßgebend. Mit Newtons Gesetz können die Potenziale Φ_N und die *Beträge* der Feldstärken

$$a_N=\frac{\Phi_N}{R}=G\frac{M}{R^2} \tag{8}$$

im Sonnensystem und im Labor vorhergesagt werden. Unser *Planetensystem* ist das typische Beispiel für den *klassischen* Bereich *schwacher* Feldstärken. Im **Bild 2** erstreckt sich der Bereich *schwacher* Feldstärken etwa von der Venus (0,72 AE; $1{,}13\cdot10^{-2}$ m/s^2)
bis zum Neptun (30 AE; $6{,}55\cdot10^{-6}$ m/s^2).

Die Lichtablenkung am Rand der Sonne und die Periheldrehung des Merkurs lassen sich mit Newton´s Theorie nicht ausreichend genau vorhersagen. Bei der Merkur-Periheldrehung konnte Einstein´s **ART** die Rest-Abweichung von 0,47 Bogensekunden zwischen Le Verriers Beobachtung und Newton´s Dynamik erklären. In Einstein´s Domäne *starker* Feldstärken stimmen die Vorhersagen der Theorie hervorragend mit den Beobachtungen überein. Die Einstein´sche Feldtheorie ergibt für den Bereich *schwacher* Feldstärken konsistent die Newton´schen Feldstärken.

Feldstärke a	**Systeme mit Sonnenmasse**	**Abstand R**	**Newt.-Feldst. a_N /m/s²**	**Real-Feldst. a_R /m/s²**	**Abweichung %**
stark	Neutronenstern	10,2 km	$1{,}2808 \cdot 10^{12}$	$1{,}2808 \cdot 10^{12}$	0,0000
	Sonne	$7{,}0 \cdot 10^5$ km	$2{,}7367 \cdot 10^{2}$	$2{,}7367 \cdot 10^{2}$	0,0000
	Merkur	0,387 AE	$3{,}9572 \cdot 10^{-2}$	$3{,}9572 \cdot 10^{-2}$	0,0000
schwach	Venus	0,723 AE	$1{,}1344 \cdot 10^{-2}$	$1{,}1344 \cdot 10^{-2}$	0,0000
	Jupiter	5,203 AE	$2{,}1904 \cdot 10^{-4}$	$2{,}1904 \cdot 10^{-4}$	0,0000
	Neptun	30,07 AE	$6{,}5579 \cdot 10^{-6}$	$6{,}5580 \cdot 10^{-6}$	0,0015
sehr schwach	Sedna	500 AE	$2{,}3719 \cdot 10^{-8}$	$2{,}3815 \cdot 10^{-8}$	0,4057
	2014 FE72	2155 AE	$1{,}2768 \cdot 10^{-9}$	$1{,}3736 \cdot 10^{-9}$	7,5356
	bei $a_N = a_K$ bei $\boldsymbol{R_K}$	7850 AE	$0{,}9623 \cdot 10^{-10}$	$1{,}9244 \cdot 10^{-10}$	100,0000
	Oortsche Wolke	100 000 AE	$5{,}9297 \cdot 10^{-13}$	$0{,}9681 \cdot 10^{-10}$	162,2662

Bild 2: Die Bereiche starker, schwacher und *sehr* schwacher Feldstärken
$a = 1{,}28 \cdot \mathbf{10^{+12}}$ m/s² am Rand eines Neutronensterns mit Sonnenmasse bis
$a_N = 5{,}93 \cdot \mathbf{10^{-13}}$ m/s² am Rand der Oortschen Wolke

Aber in den Randbereichen der Galaxien und der Galaxien-Haufen weichen diese Gravitationstheorien ohne die Zuhilfenahme hypothetischer Dunkler Materie signifikant von den Beobachtungen ab. Eine Alternative ist das Real-Potenzial nach Gleichung (4c) der Real-Potenzial-Theorie [10]. Zum Vergleich stehen im **Bild 2** neben den Newton-Feldstärken a_N die sogenannten „Real-Feldstärken“

$$a_R = |a_N + a_G| = G\frac{M}{R^2} + G \cdot D_G = G\left(\frac{M}{R^2} + \frac{M}{R_K^2}\right) \qquad (9)$$

für einige Objekte des Sonnensystems. Für das Objekt **2014 FE72** (Aphel 2155 AE) ergibt sich eine Abweichung von 7,5 % bei maximaler Entfernung. Bei dem Übergangs- oder Transitionsradius

$$R_K = \sqrt{\frac{M}{D_G}} = 7850 \text{ AE} \qquad (10)$$

unseres Sonnensystems sind die Newton´sche Feldstärke a_N und die Konstant-Feldstärke a_G gerade im gravokinetischen Gleichgewicht. Die von Milgrom [3] durch Auswertung der Bahngeschwindigkeiten von Sternen in Spiralgalaxien gefundene Beschleunigungskonstante a_G=a_M nach Gleichung (2d)

$$a_G = G \cdot D_G \approx 1 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2 \qquad (11)$$

ist ebenso unbestätigt wie das Standardmodell der Kosmologie, bei dem der experimentelle Nachweis der Partikel der „Fata-Morgana-Materie“ seit Jahrzehnten aussteht. Das Strahlungsgesetz der Gravitation ist das „Planck´sche Gesetz“ der Gravitation für den *Phasenübergang* von *schwachen* zu den *sehr schwachen* Gravitationsfeldern. Diese völlig unbefriedigende Situation der modernen Physik überträgt den Experimentalphysikern des 21. Jahrhunderts eine Aufgabe, die durchaus mit der Situation bei der Vermessung der Hohlraum-Strahlung schwarzer Körper durch Rubens, Paschen und Lummer am Ende des 19. Jahrhunderts in Berlin vergleichbar ist.
Die mit Laser-Interferometern erreichbare Genauigkeit ermöglicht es, sowohl

- die Gravitationskonstante G deutlich genauer zu bestimmen als auch
- die unterschiedlichen Hypothesen unterhalb des *Bereiches der Nano-Feldstärken* zu testen.

Im **Bild 3** werden die Feldstärken der Interferometer-Labor-Experimente
passend zu den kosmischen Feldstärken von **Bild 2** vorgestellt. Wir sehen:
Die *sehr schwachen Feldstärke-Komponenten* des **LIGL**-Experiments mit beispielsweise

- $a_N = 1{,}67 \cdot 10^{-9}$ m/s² in horizontaler Richtung mit rotierenden Massen im Abstand von 2 m und
- $a_N = 1{,}28 \cdot 10^{-9}$ m/s² des Objektes **2014 FE72** im Sonnensystem bei einem Abstand von 2155 AE

liegen in der gleichen Größenordnung.

Feldstärke a	System mit M / kg	Abstand R / m	Newt.-Feldst. a_N /m/s^2	Real-Feldst. a_R /m/s^2	Abweichung %
sehr schwach	**576** (wie Gravimeter Uni Wuppertal)	1	$38{,}4427 \cdot 10^{-9}$	$38{,}5389 \cdot 10^{-9}$	0,25
		2	$9{,}6107 \cdot 10^{-9}$	$9{,}7069 \cdot 10^{-9}$	1,00
		4	$2{,}4027 \cdot 10^{-9}$	$2{,}4989 \cdot 10^{-9}$	4,00
sehr schwach	**100** **LIGL** Laser-Interferom.	1	$6{,}6741 \cdot 10^{-9}$	$6{,}7709 \cdot 10^{-9}$	1,44
		2	$1{,}6685 \cdot 10^{-9}$	$1{,}7647 \cdot 10^{-9}$	5,77
		4	$0{,}4171 \cdot 10^{-9}$	$0{,}5133 \cdot 10^{-9}$	23,06

Bild 3: Vergleich der Feldstärken a_N nach Newton und a_R gemäß Real-Potenzial-Theorie im Laborexperiment **LIGL**

Die Abweichungen der Gravitationsmodelle können bereits heute mit Laser-Michelson-Interferometern und einem „GW-Rotor“ - einem Rad, auf dem sich kleinere mitrotierende Massestücke befinden, einem „*Gravitationswellengenerator*“ - bei Puls-Frequenzen über 30Hz in kleineren Mess-Räumen nachgewiesen werden. Das vergleichsweise kostengünstige Labor-Experiment **LIGL** würde es ermöglichen, etablierte und alternative Gravitationstheorien bei Feldstärken unter 10^{-8} m/s^2 zu falsifizieren bzw. zu verifizieren und sogar Forschungsmittel freisetzen.

6. Zusammenfassung

Die Nutzung der modernen Gravitationswellen-Interferometer-Technologien für Laborexperimente ermöglicht es im 21. Jahrhundert, die Naturkonstante G genauer zu bestimmen. Zusätzlich können die Labor-Experimente mit unterschiedlichen Abständen der Feld-Massen darüber entscheiden, welche Gravitationstheorien im Bereich der *sehr* schwachen Feldstärken der physikalischen Wirklichkeit entsprechen. Möge es Physiker geben, die den Phasenübergang vom Wellen- zum Quantenbereich, das Tor zur Quantengravitation *theoretisch* mit universellen *statistischen* Gesetzen und *experimentell* mit interferometrischen Labor-Experimenten aufstoßen. Die Feldtheorie von Newton und ebenso die Feldtheorie von Einstein führten im 20. Jahrhundert für die Bereiche mit sehr geringen Feldstärken zu der „Fata-Morgana“ Dunkle Materie. Einfacher gesagt: „*Die klassische Feldtheorie ignoriert den statistischen Aspekt der Physik*“. Der gut beobachtbare Phasenübergang fehlt bei den ´Klassikern´. Claus Kiefer zitiert aus einem Brief, den W. Pauli am 19. 9. 1946 an A. Einstein schrieb [11]: „*Meine persönliche Überzeugung ist nach wie vor …, daß die klassische Feldtheorie in jeder Form eine völlig ausgepreßte Zitrone ist, aus der unmöglich noch etwas Neues herauskommen kann!*“

Literatur:

[1] R. Harris, Moderne Physik Pearson Deutschland GmbH, München, 2013

[2] T. Fließbach, Allgemeine Relativitätstheorie, 2. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg; Berlin; Oxford 1995

[3] P. Pohling, Durchs Universum mit Naturkonstanten - Abschied von der Dunklen Materie, Verlag BoD, 2013, siehe Print- & E-Book bei www.naturkonstanten.de

[4] Mordehai Milgrom, A of the Newtonian dynamics as a posssible alternative to the hidden mass hypothesis. Astrophys. J. **270**, 365, 1983

[5] H. Genz, Nichts als das Nichts, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA., Weinheim, 2004

[6] P. Rennert, Einführung in die Quantenphysik, Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1978

[7] Hans Jürgen Korsch, Mathematische Ergänzungen zur Einführung in dir Physik, Binomi-Verlag, Springer, 2002

[8] M. Born, Physik im Wandel meiner Zeit, VIEWEG Braunschw., Akademie-Verlag Berlin, 1958

[9] A. Einstein, Annalen d. Phys. 17, 1905, S. 132 – 148

[10] P. Pohling, Das verborgene Potenzial der Sterne und Galaxien, Informationsblatt der Palitzsch-Gesellschaft Dresden, Jg. 17, 2016, Nr. 5

[11] W. Pauli in einem Brief an A. Einstein, in dem Artikel von C. Kiefer „Einstein und die Folgen“ in „Geheimnisvoller Kosmos“, Th. Bührke/R. Wengenmayr (Hrsg.) WILEY Verlag, Weinheim, 2. Auflage, 2012, S. 215