Über das Strahlungsgesetz der Gravitation –
die Mittelwerte erklären die Fata Morgana „Dunkle Materie“

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

Die statistische Mechanik ist der Bereich ein Physik, der für die klassische Physik thermodynamischer Systeme im 19. Jahrhundert von herausragender Bedeutung war und der für die quantenmechanischen Systeme der modernen Physik der Strahlung und der Teilchen seit ca. 100 Jahren von Bedeutung ist. 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 die „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 immer noch 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 der 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] *„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, Sterne in Galaxien) können wir relativ stabile 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 besitzen und andererseits
- durch spezielle Eigenschaften, wie thermodynamische Temperaturen T oder mittlere Massedichten ρ_M charakterisiert werden.

Das stellt uns vor zwei Herausforderungen:

1. Für die gravokinetischen Systeme müssen wir eine makrokosmische Systemeigenschaft finden, die der Temperatur T thermodynamischer Systeme entspricht.
2. Diese makrokosmische „Temperatur“ [3, S. 69 ff.] kosmischer Systeme werden wir hier „gravokinetische Temperatur“ nennen und mit dem Symbol T_K abkürzen. Mit T_K müssen wir mittlere Energieverteilungen (wie mit T für die harmonischen Oszillatoren der Planck´schen Hohlraumstrahlung) und mittlere Potenzial-Verteilungen für die 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 Gravitationswirkung zwischen den Partikeln. Den exakten Wert liefern zwei *dimensionslose* Konstanten der Natur [3, S. 200 ff.]; das ist die seit 100 Jahren bekannte Sommerfeld´sche Feinstrukturkonstante $\boldsymbol{\alpha}$ und die 2013 erstmals ermittelte - dimensionslose Grobstrukturkonstante $\boldsymbol{\varphi}$ [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 hilft Einstein´s Erkenntnis, dass schwere Massen den Raum *„krümmen“* und damit die Struktur des Vakuums beeinflussen. 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 abhängige Krümmung k_K gerade *gleich* der abstandsabhängigen Krümmung $k=1/R$ vom Newton´schen Potenzial. Von der System-Masse M_M „fließt“ bei „Anpassung“, bei der „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*

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

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 den Phasenübergängen für Elektronen und Positronen den Wert

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

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

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

des Raumes, des „Vakuums“ durch ein Elektron ist umgekehrt proportional zu dem klassischen Elektronen-Radius $r_e = 2{,}8\cdot 10^{-15}$ m. Da die Masse eines Elektrons $m_e=9.1\cdot 10^{-31}$ 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 ebenfalls den gleichen universellen Zahlenwert für die mittlere Flussdichte D_M [3, S. 180] aufweisen:

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

Wir können mit Erstaunen feststellen, dass die mittlere Flussdichte D_M der Gravitation tatsächlich nur von *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 r_p und der Elektronen r_{el}. Aus dem gravokinetischen Partikel-Prinzip [3, S. 174 ff.] ergeben sich die Radien aller Partikel für die drei Teilchen-Familien des Standardmodells. Das „Partikel-Prinzip“ ist offenbar ein „Türöffner“ zur Quantengravitation.

Das Produkt der Flussdichte-Konstante D_M mit der Gravitationskonstante G muss zugleich eine 1983 von Mordehai Milgrom [4] experimentell gefundene typische Eigenschaft der Gravitation ergeben, eine Naturkonstante, die „Milgrom- Feldstärke“ sehr schwacher Gravitationsfelder a_M

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

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

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

Die gravokinetische Temperatur

$$T_K = G \cdot M_M \qquad (3a)$$

von Systemen erhalten wir durch Multiplikation der mittleren Masse M_M des betrachteten Systems S_i mit G, der Gravitationskonstante. Die gravokinetische Temperatur hat eine (massefreie!) **SI**-Einheit $m^3/s^2 = m\cdot(m^2/s^2)$. Die gravokinetische Temperatur T_K charakterisiert typische Eigenschaften von kosmischen Systemen. T_K ist eine Konstante des jeweils betrachteten Systems, eines Sonnensystems (entspricht dem III. Gesetz von Kepler), eines Systems von Galaxien oder eines riesigen Galaxien-Clusters. Die gravokinetische Temperatur T_K ist das Analogon zu dem „Wärmebad" T der Oszillatoren der Hohlraumstrahlung.

Wenn wir die *abstandsabhängigen* Krümmungen k=1/R der Bahnen der Rotatoren mit den mittleren gravokinetischen Temperaturen T_K multiplizieren, ergeben sich – in Analogie zu den gequantelten Energien $\varepsilon_0 = h\nu$ der harmonischen Oszillatoren - die Newton´schen Gravitationspotenziale

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

Wenn wir dagegen die gravokinetischen Temperaturen mit den abstands*un*abhängigen, mit den masseabhängigen Krümmungen k_K =1/R_M nach Gl. (1) multiplizieren, erhalten wir ein *nur* von der System-*Masse abhängiges* mittleres Potential

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

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

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

Der Mittelwert der Energie „abstandsabhängigen Krümmungen k=1/R der Bahnen der Rotatoren *eines Harmonischen Oszillators mit der Frequenz* ν *im thermischen Gleichgewicht mit der Temperatur* T" [5, S. 52], beträgt

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

„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]. Für die mittleren Potenziale gilt analog:

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

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

beträgt bei einer abstandsabhängigen Krümmung k = 1/R:

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

Mit der $x=k/k_M$ erhalten wir das *relative* Potenzial $\varphi(x)$, bezogen auf das mittlere Potenzial nach (3c)

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

kosmischer Systeme (Sterne in Galaxien, Galaxien in Galaxien-Haufen). Max Planck hatte zunächst die Beziehung nach Gl. (4a) durch Interpolation zwischen den bereits bekannten Grenzfällen der Strahlung, dem Rayleigh-Bereich mit $x=(k/k_M)<<1$ und dem Wien´schen Gesetz $x=(k/k_M)>>1$ 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* $k_BT=1/\beta$

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

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,

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

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,*

$$P=E^{S/\mathrm{k}_B} \quad , \tag{6}$$

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 die Planck´sche Mittelwert der Energie nach (4e). Max Born beendet seinen Artikel *„Albert Einstein und das Lichtquantum"* mit einem Streiflicht auf Einstein, 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 drei Besonderheiten auf:

1. Für Abstände $R>R_K$, also bereits für $x<0{,}2$, überrascht das außergewöhnliche schnelle Erreichen der Konstanz und der Abstandsunabhängigkeit des Gravitationspotenzials bei „Eintauchen" in das gravokinetische „Wärmebad" der Gravitationsstrahlung. Wir sehen - der *Konstant-Bereich* entspricht dem Rayleigh-Bereich, der den *Wellenaspekt* der elektromagnetischen Strahlung schwarzer Körper 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 ca. seit 50 Jahren den Kosmologen eine *Fata Morgana „Dunkle*

Materie“ vor. Die relativ hohen und konstanten Werte der Gravitationspotenziale bei $R>R_K$ bewirken faszinierende Gravitationslinseneffekte und relativ hohe und konstante Geschwindigkeiten der Rotatoren. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass diese Konstanz den Astrophysikern „unsichtbare“ zusätzliche Materie vorgaukelte.

2. Der Übergangsbereich (*Übergangs-Bereich*) des Strahlungsgesetzes der Gravitation im **Bild 1** ist überraschend eng. Er endet schon bei $R=R_K/5$.
3. Wenn die Abstände R kleiner als ein Zehntel von R_K werden, 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
$x >5$: *Newton-Bereich* mit $\Phi_N =G\cdot M/R$

Die spannende Frage lautet für die Menschheit:
Welche Abweichungen von Newton´s und von Einstein´s Gravitationstheorien können in unserem Sonnensystem und 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

$$a=\frac{F}{m}=\frac{\Phi}{R} \qquad (7)$$

maßgebend. Mit Newtons Gesetz lassen sich die Potenziale Φ_N und der *Betrag* der Feldstärken

$$a_N=\frac{\Phi_N}{R}=G\frac{M}{R^2} \qquad (8)$$

im Sonnensystem und im Labor vorhersagen. Unser *Planetensystem* ist ein typisches 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 Dynamik nicht genügend 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 der Einstein´schen Domäne *starker* Feldstärken stimmen die Vorhersagen der Theorie hervorragend mit den Beobachtungen überein und die Einstein´sche Gravitationstheorie stimmt im Bereich *schwacher* Feldstärken mit der Newton´schen Theorie überein.

Feldstärke a (*Theorienbereich*)	**Objekt** Bezeichnung	**Radius** bzw. Entfernung	**Newt.-Feldst.** a_N in **m/s²**	**Real-Feldst.** a_R in **m/s²**	**Abweichung** (a_R/a_N) **- 1** in %
stark (*Einsteins **ART***)	Neutronenstern	10,2 km	$1{,}2808\cdot10^{12}$	$1{,}2808\cdot10^{12}$	0,0000
	Sonne	$7{,}0\cdot10^{5}$ km	$2{,}7367\cdot10^{2}$	$2{,}7367\cdot10^{2}$	0,0000
	Merkur	0,387 AE	$3{,}9572\cdot10^{-2}$	$3{,}9572\cdot10^{-2}$	0,0000
schwach (*Newton-Dynamik*)	Venus	0,723 AE	$1{,}1344\cdot10^{-2}$	$1{,}1344\cdot10^{-2}$	0,0000
	Jupiter	5,203 AE	$2{,}1904\cdot10^{-4}$	$2{,}1904\cdot10^{-4}$	0,0000
	Neptun	30,07 AE	$6{,}5579\cdot10^{-6}$	$6{,}5580\cdot10^{-6}$	0,0015
extrem schwach (*Milgroms **MO**difiz. **N**ewton-Dynamik*)	Sedna	500 AE	$2{,}3719\cdot10^{-8}$	$2{,}3815\cdot10^{-8}$	0,4057
	2014 FE72	2155 AE	$1{,}2768\cdot10^{-9}$	$1{,}3736\cdot10^{-9}$	7,5356
	$a_N = a_K$ **bei** R_K	**7850 AE**	$\boldsymbol{0{,}9623\cdot10^{-10}}$	$\mathbf{1{,}9244\cdot10^{-10}}$	**100,0000**
	Oortsche Wolke	100 000 AE	$5{,}9297\cdot10^{-13}$	$\boldsymbol{0{,}9681\cdot10^{-10}}$	16.226,0000

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-Haufen und der Galaxien weichen die Gravitationstheorien ohne die Zuhilfenahme der hypothetischen Dunklen 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

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

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

$$R_K = \sqrt{\frac{M}{D_G}} = 7850\ \text{AE} \tag{10}$$

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 konstante Beschleunigung a_G=a_M nach Gl. (2d)

$$a_G = G\cdot D_G \approx 1\cdot10^{-10}\ \text{m/s}^2 \tag{11}$$

ist so unbestätigt wie das hypothetische Standardmodell der Kosmologie, bei dem der experimentelle Nachweis der Partikel der „Fata-Morgana-Materie“ seit Jahrzehnten aussteht. Das Strahlungsgesetz der Gravitation ist das „Planck´sches Gesetz“ der Gravitation für den Phasenübergang von *schwachen* zu *sehr schwachen Gravitationsfeldern*. Diese heuristisch unbefriedigende Situation der modernen Physik überträgt den Experimentalphysikern des 21. Jahrhunderts eine Aufgabe, die mit der Situation bei der Vermessung der Hohlraum-Strahlung schwarzer Körper durch Rubens, Paschen und Lummer am Ende des 19. Jahrhunderts durchaus vergleichbar ist.
Die mit Laser-Interferometern erreichbaren Genauigkeiten ermöglichen es bereits heute,

- die Gravitationskonstante G deutlich genauer zu bestimmen und sogar
- die unterschiedlichen Hypothesen für den *Bereich der Nano-Feldstärken* zu testen.

Im **Bild 3** sind die Feldstärken der Labor-Experimente passend zu den Nano-Feldstärken der riesigen Regionen von **Bild 2** dargestellt.
Die *sehr schwachen Feldstärke-Komponenten* des **LIGL**-Experiments mit beispielsweise

- $a_N = 1{,}67\cdot10^{-9}$ m/s² in horizontaler Richtung mit rotierenden Massen im Abstand von 2 m und
- $a_N = 1{,}28\cdot10^{-9}$ 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 könnten bereits heute mit Laser-Michelson-Interferometern und einem „GW-Rotor“, einem Rad, auf dem sich kleinere mitrotierende Massestücke befinden, einem „*Gravitationswellengenerator*“, bei Puls-Frequenzen weit über 30Hz nachgewiesen werden. Das vergleichsweise kostengünstige Labor-Experiment **LIGL** könnte es erstmals ermöglichen, etablierte und alternative Gravitationstheorien bei Feldstärken unter 10^{-8} m/s^2 zu falsifizieren bzw. zu verifizieren.

6. Zusammenfassung

Die Nutzung der modernen Gravitationswellen-Interferometer-Technologien für Laborexperimente ermöglicht es im 21. Jahrhundert, die Naturkonstante G erstmals genauer zu bestimmen. Zusätzlich können die Labor-Experimente bei den unterschiedlichen Abständen der Feld-Massen darüber entscheiden, welche Gravitationstheorie im Bereich der *sehr* schwachen Feldstärken der physikalischen Wirklichkeit entspricht. 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 die Gravitationstheorie von Einstein führten im 20. Jahrhundert zu der „Fata-Morgana“-Hypothese Dunkle Materie. 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