

Informationsblatt

der Palitzsch-Gesellschaft e.V.

JG. 18 (2017) NR. 3 (MAI/JUNI)



Inschrift am Denkmal für Konfuzius in den Gärten der Welt, Berlin-Marzahn

Photo: B. Scholz



Programm der Palitzsch-Gesellschaft e.V. Mai / Juni 2017

Ansprechpartner: Dr. Thomas Betten
betten-thomas@web.de
und: siehe letzte Seite

Die Treffen des Palitzsch-Astroclubs und die Vorträge sind öffentlich.
Interessenten sind jederzeit willkommen.

Leitung: Gert Weigelt, (0351) 2008975, gertw@telecolumbus.net

04. Mai 19.00 Uhr	Vortrag Frauen in der Astronomie <i>Josephine Liebisch, Sternwarte Gönnsdorf</i> Palitzsch-Gesellschaft e.V. und Palitzsch-Museum	Palitzsch-Museum Gamigstr. 24 Eintritt frei
18. Mai 19.00 Uhr	Astro-Club Diskussion	Palitzsch-Museum Gamigstr. 24
01. Juni 19.00 Uhr	Vortrag Der seltsame ALGOL <i>Dr. Bernd Bitnar, Palitzsch-Gesellschaft</i> Palitzsch-Gesellschaft e.V. und Palitzsch-Museum	Palitzsch-Museum Gamigstr. 24 Eintritt frei
10. Juni 13.00 Uhr	Besuch des Mathematisch-Physikalischen Salons Palitzsch-Gesellschaft und Gäste	Zwinger Eintritt
15. Juni 19.00 Uhr	Astro-Club Diskussion	Palitzsch-Museum Gamigstr. 24

Ich kann die Bewegungen der Himmelskörper berechnen,
aber nicht die Verrücktheit der Menschen.

Isaac Newton

Genauere Bestimmung der Gravitationskonstante mit Technologien der Gravitationswellen-Interferometer GEO600 und LIGO

Die Naturkonstanten G und κ der Gravitationstheorien stehen für ein *Kardinalproblem* der Physik und der Metrologie [1, S. 6]. Die Unsicherheiten des Zahlenwertes der Gravitationskonstante

$$G = \frac{c^4}{8\pi} \cdot \kappa \quad (1)$$

in der Newton'schen Feldgleichung

$$\nabla^2 \Phi_N = 4\pi G \rho \quad (2)$$

und des Zahlenwertes der Einstein'schen Konstante κ in den Feldgleichungen

$$R^{ij} - \frac{1}{2} R g^{ij} = \kappa T^{ij} \quad (3)$$

sind 10000-fach größer als die Unsicherheiten anderer Naturkonstanten.

Die Nachnutzung von Technologien der Gravitationswellen-Experimente *GEO 600* und *LIGO* (Laser Interferometer Gravitation Wave Observatory) [2] für Präzisions-Labor-Experimente ermöglicht es, die Konstanten um den Faktor 10 bis 100 genauer zu bestimmen.

Einleitend werden die Schwachstellen bei der Messung von G erörtert. Danach wird das Prinzip eines Interferometer-Experimentes für den astrophysikalisch bedeutsamen Bereich der *sehr schwachen* Feldstärken vorgestellt. Die Vorhersagen der Gravitationstheorien von Einstein und Newton stimmen in dem Bereich der *schwachen* Feldstärken überein. Dieser Bereich beginnt bei Feldstärken unterhalb $2 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2$. Im Sonnensystem ist das etwa der Bereich von der Venus bis zum Zwergplaneten Pluto.

Die Vorhersagen der modifizierten Newton'schen Dynamik MOND [3] beginnen bei 100 000-fach geringeren Feldstärken von der Einstein'schen und der Newton'schen Dynamik abzuweichen. Da beginnen die riesigen kosmischen Bereiche mit den *sehr schwachen Feldstärken*. Das Labor-Gravitationsexperiment *LIGL* (Laser Interferometer Gravitation Laboratory) ermöglicht es, sowohl die etablierten als auch die alternativen Gravitationstheorien für den *Bereich der sehr schwachen Felder* auf den Prüfstand zu stellen.

1. 330 Jahre Newton's Gravitationsgesetz, 220 Jahre Gravitationskonstante, 33 Jahre Rätselraten

Alle Experimente zur Bestimmung der Gravitationskonstante G basieren auf der Newton'schen Kraft

$$F_N = G \frac{M \cdot m}{R^2} \quad (4)$$

zwischen den Massen M und m in einem Abstand R . Der Zahlenwert der Gravitationskonstante

$$G_{Cav} = \frac{F_N \cdot R^2}{M \cdot m} = 6,754 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2} \quad (5.1)$$

wurde 1798 erstmals von Henry Cavendish [4] mit einer *Torsions-Drehwaage* ($M = 2 \times 158 \text{ kg}$, $m = 2 \times 0,73 \text{ kg}$) bestimmt. Der Wert weicht nur 1,2 % von dem aktuellen Wert [4]

$$G_{CODATA-2015} = (6,67408 \pm 0,00031) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2} \quad (5.2)$$

ab. Die *Unsicherheit* des Wertes von 1986

$$G_{CODATA-1986} = (6,67259 \pm 0,00013) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2} \quad (5.3)$$

musste 1998 von CODATA um mehr als das Zehnfache vergrößert werden [5, S. 426]:

$$G_{CODATA-1998} = (6,673 \pm 0,0015) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1}\text{s}^{-2} \quad (5.4)$$

Es gab dafür zwei Ursachen: Die erstmals bei LIGO-Pendeln entdeckte *Frequenzabhängigkeit* der *Federkonstanten* von Torsionsfäden und die „auffallend stark abweichende Messung der PTB“ (Braunschweig, 1996) bei sehr kleinen Feldmassen ($4 \times 900 \text{ g}$) [6, S. 10].

2. Fehlerquellen der Torsionswaagen und der Gravimeter

Für die Bestimmung der Gravitationskonstante werden überwiegend Torsionswaagen verwendet. Die 1995 entdeckte Frequenzabhängigkeit der Federkonstanten ergab bei Nachkontrollen systematische Fehler, die „häufig größer als der jeweils angegebene Gesamtfehler“ waren [6, S. 10]. Ursachen für Unsicherheiten können auch die unterschiedlichen Massen und die Abstände zwischen M und m sein:

- Die Abstände R variieren zwischen einigen Millimetern und mehreren Metern und
- die Feldmassen M liegen zwischen einem Kilogramm und mehreren Tonnen.

Im Gültigkeitsbereich des Newton'schen Gesetzes müssten unterschiedliche M/R^2 -Quotienten unproblematisch sein. Es muss sich bei jedem Abstand der gleiche Wert für die Gravitationskonstante ergeben. Vor 30 Jahren kamen erstmals Zweifel auf:

„Im Jahre 1986 führte eine Reanalyse der Daten des Eötvös Experimentes durch E. Fischbach zu der Annahme, daß es neben den bekannten Kräften noch eine „fünfte Kraft“ gibt, welche sich in einer Verletzung des $1/r^2$ Verhaltens der Gravitationskraft manifestiert. Dadurch motiviert, sowie durch die große Streuung der Meßwerte der Newtonschen Konstante G , wurde an der Bergischen Universität ein Experiment aufgebaut dessen Bezeichnung – Fabry-Pérot Gravimeter – sich auf das Herz des Experimentes, ein Fabry-Pérot Resonator, bezieht.“ [6, S. 14].

Die Massen sind bei dem Wuppertaler Experiment spiegelbildlich angeordnet. Die zwei Testmassen m mit je $3,30 \text{ kg}$ bilden ein Pendelpaar. Die Pendel werden durch zwei Feldmassen M ($2 \cdot 576 \text{ kg}$) ausgelenkt. Die Auslenkwinkel φ sind extrem klein, weil durch die symmetrische Anordnung der Pendel (Abstand 24 cm) die Feld-Massen gerade entgegengesetzt auf die Pendelmassen wirken. Die Feld-Massen M werden synchron von

$R = 0,91 \text{ m}$ bis $2,30 \text{ m}$ bewegt. Damit sollte das Gravitationsgesetz bei unterschiedlichen Abständen überprüft werden. Die gemessenen Abstandsänderungen $\Delta b_{\text{Messung}}$ setzten sich lt. [6, S. 83] zusammen aus einer gravitativen Abstandsänderung $\Delta b_{\text{Gravitation}}$ und einer Abstandsänderung $+/-\Delta b_{\text{Neigung}}$ infolge einer „Neigung“ des Wuppertaler Labor-Fundamentes:

„Als Grund für eine Neigung des Experimentes ergab sich die Deformation im Bereich des Stützgerüsts, ausgelöst durch die hohe Belastung des Bodens aufgrund der Feld-Massen. Da diese Deformation des Fundaments abhängig von der Feldmassenposition ist, täuscht sie eine entfernungsabhängige Abweichung vom Gravitationsgesetz vor. Diese Abweichung der Meßwerte vom reinen $1/r$ Potential ist in den älteren Arbeiten an diesem Meßaufbau schon beobachtet ..., aber nie explizit vermessen worden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde deshalb der funktionale Zusammenhang zwischen Neigung und Feldmassenposition ermittelt, so daß die gemessenen Auslenkungen der Spiegel entsprechend korrigiert werden können. Da die Neigung der Apparatur zwar für die Gravitationsmessungen signifikant ist, aber absolut betrachtet sehr klein ($< 0,1 \mu\text{rad}$), war es nicht möglich die Neigung direkt mit einem Neigungsmesser aufzulösen“ [6, S. 83].

Diese „Neigung“ blieb das Hauptproblem für

- die relative Unsicherheit des mit dem Experiment ermittelten G -Wertes und für
- das zu testende „ $1/r^2$ -Verhalten der Gravitationskraft“.

3. Genauere Messung der Gravitationskonstante mit der Gravitationswellen-Laser-Technologie

Die 4 km langen Messarme des Gravitationswellen-Detektors *LIGO* sind *rechtwinklig* angeordnet. Die Laserstrahlen laufen mehrfach im Bild 1 zwischen den vier Spiegeln (mirror) des Michelson-Interferometers hin und her. Je zwei Spiegel bilden ebenfalls einen Fabry-Pérot-Resonator. Der *LIGO*-Resonator bietet gegenüber dem Wuppertaler Fabry-Pérot-Mikrowellenresonator erhebliche Vorteile:

- Die *Messstrecken* sind *größer*. Die Feld-Massen M_1 und M_2 tragen die End-Spiegel (end mirror).
- Die Feldstärke-Vektorkomponenten der Massen M_1 und M_2 stehen *senkrecht* aufeinander.
- Die *Messgenauigkeit* ist höher. Die zu großen Feld-Massen werden auf $2 \cdot 100 \text{ kg}$ verringert.

Als Testmassen m eignen sich die anfangs bei *LIGO* verwendete Pendel (Durchmesser 25 cm , Dicke 10 cm , Masse 11 kg) [2], da die *LIGL*-Labor-Messstrecken tausendfach kürzer als bei *LIGO* sind.

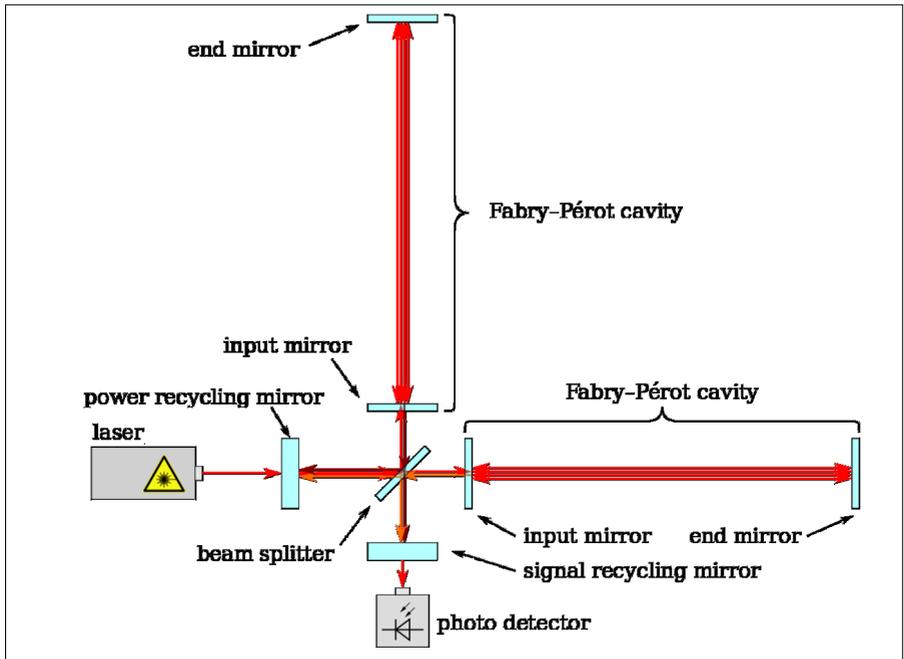


Bild 1: Vereinfachter Aufbau des *LIGO*-Experiments, übernommen von [7]

Die Verringerung der Messstrecken hat eine geringere Messgenauigkeit zur Folge. Die Verhältnisse bei den geringen Längenänderungen verdeutlichen die Beispiele im folgenden Bild 2 (Tabelle).

Die Gravitationskonstante hat bei dem noch aktuellen CODATA-Wert von 2015 eine Unsicherheit von $4,7 \cdot 10^{-5}$. Bei dem *LIGL*-Experiment könnten sich die Unsicherheiten verringern

- um den Faktor 10 in der Probephase und
- um den Faktor 100 in der Ausbauphase.

Das entspräche einem „Quantensprung“ bei der Genauigkeit von G .

Messtrecken	Längenänderungen	Verhältnisse
LIGO -Armlänge 4 km	1/1000 des Protonendurchmessers: 10^{-18} m	10^{-18} m / $4 \cdot 10^3$ m = $0,25 \cdot 10^{-21}$
LIGL -Armlänge 4 m	1/1000 des Protonendurchmesser: 10^{-18} m	10^{-18} m / 4 m = $0,25 \cdot 10^{-18}$
Mond-Erde 384 400 km	Wasserstoff-Atom: Durchmesser $2a_0 = 1,1 \cdot 10^{-10}$ m	$1,1 \cdot 10^{-10}$ m / $3,844 \cdot 10^8$ = $0,26 \cdot 10^{-18}$
Entfernung 384 400 km Mond-Erde	Pendel-Testmassen m (input mirror) Auslenkung $\Delta x = 1,3 \cdot 10^{-10}$ m durch $M = 100$ kg im Abstand $R = 4$ m:	$1,3 \cdot 10^{-10}$ / $3,844 \cdot 10^8$ = $0,34 \cdot 10^{-18}$ bei $a_N = 4,2 \cdot 10^{-10}$ m/s ²

Bild 2: Vergleich des Laser-Interferometers *LIGL* für sehr schwache Feldstärken mit dem Laser-Interferometer *LIGO* für Gravitationswellen und mit den Verhältnissen „Entfernung Mond-Erde“ zu dem Atomdurchmesser bzw. zu der geringsten Auslenkung bei $R = 4 \text{ m}$

Wenn die Auslenkungen Δx von ca. 10^{-10} m mit einer Genauigkeit von $1 \cdot 10^{-7}$ gemessen werden, muss das Laser-Interferometer Auflösungen von 10^{-17} erreichen.

Das erfordert Maßnahmen, wie

- die Aufhängung der Pendel in Vakuum-Behältern und
- die Abschirmungen gegen elektromagnetische, thermische und seismologische Störungen.

4. Das Kräftespiel zwischen Pendel und Feld-Masse

Bei einer Auslenkung $\Delta x = 1,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ der Pendel-Testmassen gemäß Bild 2 beträgt der Auslenkwinkel $\varphi = 4,2 \cdot 10^{-11}$.

Die horizontale Kraft-Komponente im Bild 3, die Tangentialkraft

$$F_{\text{tan}} = F_G \cdot \varphi = F_G \frac{\Delta x}{l} = m \cdot g_N \frac{\Delta x}{l} \quad (6)$$

ist bei dieser winzigen Auslenkung das Produkt der Erdanziehungskraft F_G mit dem Auslenkwinkel φ . Im rechten Term von Gleichung (6) ist die Erdanziehungskraft durch die Normalbeschleunigung g_N und der Pendelmasse m ersetzt.

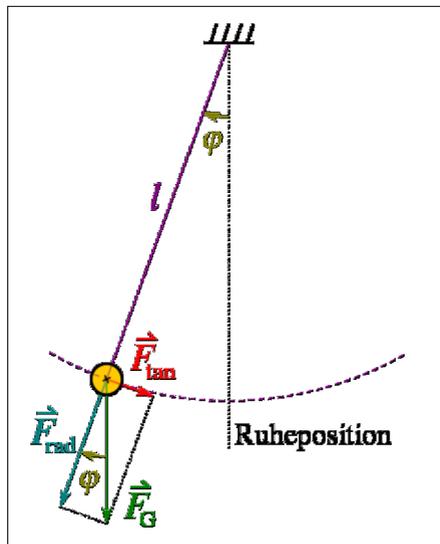


Bild 3: Die Kraftvektoren bei Auslenkung eines Pendels um den Winkel φ , Grafik von Wikimedia/Stünde

Da die Erdanziehungskraft F_G nicht ausreichend genau bekannt ist, wird die Normalbeschleunigung g_N über eine genaue Messung der Eigenfrequenz f_0 (bzw. der Schwingungsdauer T) der Pendel bestimmt. Aus dem Quadrat der Kreisfrequenz ω_0 und der Pendellänge l ergibt sich die Normalbeschleunigung

$$g_N = \omega_0^2 l = (2\pi f_0)^2 l = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 l \quad (7)$$

Aus den Gln. (4), (6) und (7) folgt das Kräfte-Gleichgewicht der horizontalen Kraft-Komponenten:

$$G \frac{M}{R^2} \cdot m = \omega_0^2 l \cdot \frac{\Delta x}{l} \cdot m \quad (8)$$

Die Bestimmungsgleichung für G vereinfacht sich, weil m und l entfallen:

$$G = \Delta x \cdot \omega_0^2 \frac{R^2}{M} \quad (9)$$

Die variablen Größen der Messung sind die Auslenkungen $\Delta x = \Delta R$ bei unterschiedlichen Abstände R . Die System-Konstanten des Laborexperiments sind die Feld-Massen M und die Kreisfrequenzen ω_0 .

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

Für die Stärke der Gravitationswirkung sind die Feldstärken

$$a = \frac{F}{m} = \frac{\Phi}{R} \quad (10)$$

maßgebend. Mit Newtons Gesetz nach Gl. (4) lassen sich die Potenziale Φ_N und die Feldstärken

$$a_N = \frac{\Phi_N}{R} = G \frac{M}{R^2} \quad (11)$$

der Planeten unseres Sonnensystems vorhersagen. Das Planetensystem ist ein typisches Beispiel für den klassischen *Bereich der schwachen Feldstärken*. Im Bild 4 erstreckt sich der Bereich schwacher Feldstärken von der Venus (0,72 AE; $1,13 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2$) bis zum Neptun (30 AE; $6,55 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$). Die Lichtablenkung am Rand der Sonne und die Periheldrehung des Merkurs lassen sich mit den Newton'schen Dynamik nicht ausreichend genau berechnen. Bei der Merkur-Periheldrehung konnte Einstein's Allgemeine Relativitätstheorie (ART) die Rest-Abweichung von 0,47 Bogensekunden zwischen Le Verriers Beobachtung und Newtons Dynamik erklären. In dem (Einstein'schen) *Bereich der starken Feldstärken* stimmen die Vorhersagen der ART hervorragend mit den Beobachtungen überein.

Feldstärke a	Systeme mit Sonnenmasse	Abstand R	Newt.-Feldst. $a_N / \text{m/s}^2$	Real-Feldst. $a_R / \text{m/s}^2$	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 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 4: Die Bereiche starker, schwacher und sehr schwacher Feldstärken $a = 1,28 \cdot 10^{12} \text{ m/s}^2$ am Rand eines Neutronensterns mit Sonnenmasse bis $a_N = 5,93 \cdot 10^{13} \text{ m/s}^2$ am Rand der Oortschen Wolke

Die Einstein'sche Gravitationstheorie stimmt in dem *Bereich der schwachen Feldstärken* mit der Newton'schen überein [1]. Die Mehrzahl der Astrophysiker und Kosmologen ist von der Gültigkeit der Newton'schen Feldgleichung (2) und der Einstein'schen Feldgleichungen (3) für den sich anschließenden **Bereich der sehr schwachen Feldstärken** überzeugt. Als Ursache für die Bahnstörungen der Zwergplaneten wird erneut ein Planet (Planet X oder Nine) vermutet. In den Randbereichen der Galaxien-Haufen und der Galaxien weicht die Newton'sche Theorie dramatisch von den beobachteten Feldstärken, Potenzialen, Geschwindigkeiten und Lichtablenkungen ab. Als Erklärung für die großen Differenzen zwischen Theorie und Experiment wird seit 80 Jahren „dunkle“, d.h. nichtleuchtende Materie vermutet. Dieser immer noch rätselhafte Stoff wird seit mehr als 50 Jahren mit teilweise aufwendigen Experimenten unter, auf und über der Erde sowie im Weltraum gesucht.

Nur eine kleine Minderheit von Wissenschaftlern vermutet, dass für den *Bereich der sehr schwachen Feldstärken* Modifikationen der Newton'sche Dynamik (z.B. MOND) den Beobachtungen entsprechen. Die meisten alternativen Gravitationstheorien beruhen auf der Beobachtung und der Analyse abweichender Bahngeschwindigkeiten der Sterne in Galaxien durch den Astrophysiker M. Milgrom [3].

Die **Real-Potenzial-Theorie** [8 und 9] enthält Konstant-Potenziale Φ_K [10], die nur von der Wurzel aus den wirksamen Massen M und der konstanten Quell-Flussdichte D_G abhängen. Mit dem Real-Potenzial

$$\Phi_R = \Phi_N + \Phi_K = G \frac{M}{R} + G \sqrt{D_G M} \quad (12)$$

können die beobachtbaren Lichtablenkungen der Galaxien und Cluster *vorhergesagt* werden [8]. Zum Vergleich stehen im Bild 4 deshalb neben Newton-Feldstärken a_N noch die Real-Feldstärken

$$a_R = \frac{\Phi_N}{R} + \frac{\Phi_K}{R} = a_N + a_K = G \frac{M}{R^2} + G \frac{\sqrt{D_G M}}{R} \quad (13)$$

einiger Objekte des Sonnensystems. Bei dem Objekt 2014 FE72 (Entfernung 2155 AE) ergibt die *RPT- Hypothese* z.B. eine Abweichung von 7,5 % bei der maximalen Entfernung.

Bei dem Konstant-Radius

$$R_K = \sqrt{\frac{M}{D_G}} = 7850 \text{ AE} \tag{14}$$

unseres Sonnensystems müssten das Newton-Potenzial a_N und das Konstant-Potenzial a_K gerade gleich groß sein. Die Abweichung des Newton-Potenzials von dem Real-Potenzial würde bei R_K also gerade 100 % betragen. Milgrom's MOND-Modell mit der Grenzfeldstärke

$$a_G = G \cdot D_G \approx 1 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}^2 \tag{15}$$

und die anderen alternativen Modelle sind gleichermaßen unbewiesen wie das Standardmodell der Kosmologie. Bei dem Standardmodell steht der experimentelle Nachweis der Partikel der hypothetischen Dunkler Materie aus. Diese höchst unbefriedigende Situation der modernen Physik überträgt den Experimentalphysikern eine Aufgabe, die mit „Gravitationswellen-Enthusiasmus“ in weniger als 20 Jahren lösbar ist. Durch die mit einem Laser-Interferometer erreichbare Genauigkeit bei der Bestimmung der Gravitationskonstante können zugleich die verschiedenen Hypothesen für den *Bereich der sehr schwachen Feldstärken* auf den Prüfstand gestellt werden. In dem Bild 5 stehen den *sehr schwachen* kosmischen Feldstärken entsprechende Labor-Feldstärken gegenüber.

Feldstärke <i>a</i>	System mit <i>M / kg</i>	Abstand <i>R / m</i>	Newton-Feldst. <i>a_N / m/s²</i>	Real-Feldst. <i>a_R / m/s²</i>	Abweichung %
sehr schwach	576 (wie Gravimeter Uni Wuppertal)	1	38,44272·10 ⁻⁹	40,3659·10 ⁻⁹	5,0
		2	9,61068·10 ⁻⁹	1,0572·10 ⁻⁹	10,0
		4	2,40267·10 ⁻⁹	2,8834·10 ⁻⁹	20,0
sehr schwach	100 LIGL Laser-Interferom.	1	6,67408·10 ⁻⁹	7,4754·10 ⁻⁹	12,0
		2	1,66852·10 ⁻⁹	2,0692·10 ⁻⁹	24,0
		4	0,41713·10 ⁻⁹	0,6174·10 ⁻⁹	48,0

Bild 5: Vergleich der Feldstärken a_N nach Newton und a_R gemäß Real-Potenzial-Theorie im Laborexperiment LIGL

Die *sehr schwachen Feldstärke-Komponenten* des LIGL-Experiments mit

- $a_N = 1,67 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}^2$ in horizontaler Richtung bei $M = 100 \text{ kg}$ im Abstand von 2 m und
- $a_N = 1,28 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}^2$ des Objektes 2014 FE72 bei einem Abstand von 2155 AE

liegen in gleicher Größenordnung. Die Abweichungen zwischen den abstandsabhängigen Feldstärken der konkurrierenden Modelle sind signifikant. Deshalb kann das Laser-Gravimeter LIGL die Gravitationstheorien für kosmische Bereiche mit *sehr schwachen Feldstärken* eindeutig verifizieren bzw. falsifizieren.

6. Zusammenfassung

Die Nutzung der Gravitationswellen-Interferometer-Technologie von *GEO 600* und *LIGO* für Laborexperimente ermöglicht es, die Naturkonstante G genauer zu bestimmen. Außerdem entscheiden die messbaren Auslenkungen Δx bei den unterschiedlichen Abständen der Feld-Massen eindeutig und objektiv darüber, welche Theorie der Gravitation für die großen kosmischen Bereiche der *sehr schwachen Feldstärken* der physikalischen Wirklichkeit entspricht. Denn die „*Physik ist diejenige Gruppe von Erfahrungswissenschaften, die ihre Begriffe auf das Messen begründet*“ [11].

Literatur:

- [1] Peter Pohling, Versagt Einsteins Gravitationstheorie bei sehr schwachen Feldern? In: Informationsblatt der Palitzsch-Gesellschaft Dresden, Jg. 18 (2017), Nr. 2, S. 3-10
- [2] Günter Spanner, Das Geheimnis der Gravitationswellen – Einsteins Vision wird Wirklichkeit, Kosmos Verlag, 2016
- [3] Jacob D. Bekenstein, The modified Newtonian dynamics – MOND and its implication for new physics, Racah Institute of Physics, Hebrew University of Jerusalem, Fig. 1 von Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Volume 39 ©2001
- [4] Wikipedia, Gravitationskonstante, März 2017
- [5] Peter J. Mohr, Barry N. Taylor, CODATA recommended values of fundamental physical constants, 1998
- [6] Ulf Kleinevoß, Bestimmung der Newtonschen Gravitationskonstante G , Dissertation, Fachbereich Physik der Universität Wuppertal, Januar 2002, WUB-DIS 2002-2
- [7] Wikipedia, LIGO, Laser-Interferometer Gravitationswellen-Observatorium, März 2017
- [8] Peter Pohling, Gravitationslinsen ohne Dunkle Materie. In: Informationsblatt der Palitzsch-Gesellschaft, Jg. 16 (2015), Nr. 5, S. 6-14, unter www.palitzsch-gesellschaft.de
- [9] Peter Pohling, Durchs Universum mit Naturkonstanten – Abschied von der Dunklen Materie, Verlag BoD, 2013, www.naturkonstanten.de
- [10] Peter Pohling, Das verborgene Potenzial der Sterne und Galaxien. In: Informationsblatt der Palitzsch-Gesellschaft Dresden, Jg. 17 (2016), Nr. 5
- [11] Albert Einstein, aus „Das Fundament der Physik“, 1940, in „Aus meinen späten Jahren“, Ullstein-Verlag, Frankfurt, 4. Auflage, 1952, S. 107

Physik ist diejenige Gruppe von Erfahrungswissenschaften,
die ihre Begriffe auf das Messen begründet, und deren
Begriffe und Sätze sich mathematisch konstruieren lassen.

Albert Einstein [11]

Zur Biografie über Paul Dirac

Letztes Jahr erschien von Graham Farmelo eine sehr interessante Biografie über Paul Dirac unter dem Titel „Der seltsamste Mensch. Das verborgene Leben des Quantengenies Paul Dirac“ bei Springer Berlin-Heidelberg in deutscher Übersetzung.

Dirac, der mehr als einen wichtigen und interessanten Beitrag zur Quantenphysik gebracht hat, hat die Themen Teilchen und Welle in einer neuen Theorie vereinigt. Themen, die vielen Interessenten der Quantenphysik Kopfzerbrechen bereitet haben. Nachlesbar in einer wunderbaren Biografie ab Seite 119.

"Dirac fand einen Weg für die mathematische Beschreibung der alltäglichen Prozesse der Erzeugung und Vernichtung von Photonen. ... Keiner dieser Prozesse von Erzeugung und Vernichtung [von Photonen] kann auf der Grundlage von Maxwells klassischer Theorie verstanden werden, da diese in keiner Weise Dinge beschreiben kann, die aus dem Nichts entstehen oder ins Nirwana verschwinden. Auch die normale Quantenmechanik hatte keinen Beitrag zu den Einzelheiten von Emission und Absorption geliefert.

Dirac zeigte jedoch, dass diese Zauberei in einem neuen Typ von Theorie beschrieben werden kann, einer kompakten mathematischen Beschreibung der Erzeugung und Vernichtung von Photonen. Er verband jede Erzeugung mit einem mathematischen Objekt, einem Erzeugungsoperator, welcher nahe verwandt, aber durchaus verschieden ist von einem anderen Objekt, das mit der Vernichtung assoziiert ist, dem Vernichtungsoperator.

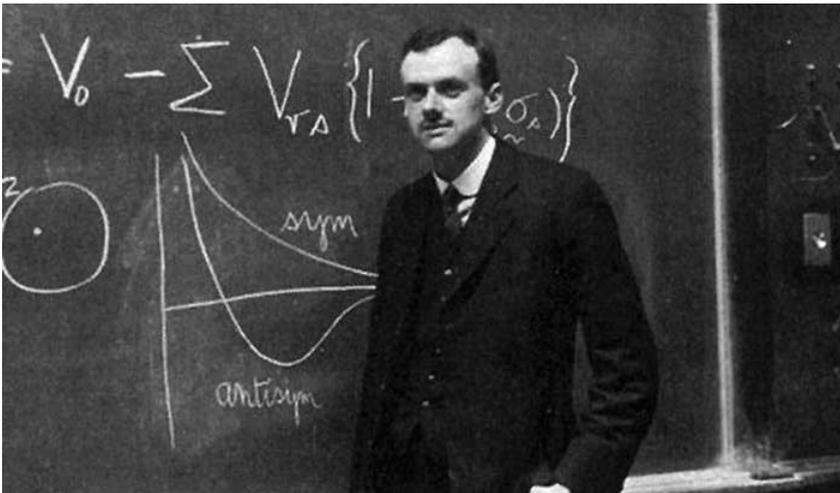
Nach diesem Bild, das das Herz der modernen Quantenfeldtheorie bildet, durchdringt das elektromagnetische Feld das gesamte Universum. Das Erscheinen jedes Photons ist einfach eine Anregung dieses Feldes an einem speziellen Ort und zu einer speziellen Zeit, beschrieben durch die Wirkung eines Erzeugungsoperators. Auf ähnliche Weise wird das Verschwinden eines Photons, das Aufhören der Anregung des Feldes, durch einen Vernichtungsoperator beschrieben.

Dirac hatte begonnen, eine Quantenversion von Maxwells vereinheitlichter Feldtheorie der Elektrizität und des Magnetismus aufzustellen. ... Soweit es Dirac betraf, beendete seine Theorie die Ver-

zweiflung über den scheinbaren Konflikt zwischen zwei Theorien des Lichts: Die Wellentheorie schien die Ausbreitung zu erfassen, während die Teilchentheorie notwendig war, um die Interaktionen mit Materie zu erklären. Die neue Theorie vermied die Verlegenheit, zwischen der Wellen- und Teilchenbeschreibung wählen zu müssen und ersetze die beiden scharf kontrastierenden Bilder durch eine einzige, vereinheitlichte Theorie. ... Die Frage, die Dirac nun beantworten musste, lautete: Stellt die neue Theorie im Vergleich zu der von Einstein [Interaktion zwischen Licht und Materie] einen Fortschritt dar? ... Diracs Theorie produzierte exakt dieselben Formeln wie Einsteins Theorie, hatte aber den zusätzlichen Vorteil, allgemeiner und mathematisch kohärenter zu sein. Wie Dirac wahrscheinlich klar war, hatte er auf Einstein noch eins draufgesetzt."

Natürlich erfährt man noch sehr viel mehr auf über 600 Seiten zum Leben und Wirken von Paul Dirac. Einzigartig interessant geschrieben und in die Zeitgeschichte gesetzt, ist diese Biografie sehr lesenswert.

Gert Weigelt



P. A. M. Dirac an der Tafel

Quelle: Wikimedia.org

Salut für Swetlana S.
gewidmet der zweiten sowjetischen Kosmonautin
Swetlana Sawizkaja

Heliumkälte, schwarz
Strahlenumkleidet –
Ein Körper dreht sich
Im Sonnenglast,
Turbulente Reflexe
Auf goldbedampftem Glas.
Finger wachsen in die
Unendlichkeit,
Heißkaltes Metall
Aufstrebend zwingend
Zu zweckvoller Konstruktion.
Auf endlosen Orbitalen
Um Mütterchen Erde
Eine Erdenmutter
Im All ...

Ralf P. Krämer
3.1.1986/1999

* Sterne *

„Sterne sind immer und überall. Sie begegnen uns als eindrucksvoller DEFA-Film und in der leckeren Hühnersuppe. Wir sehen sie als Rangabzeichen todesmutiger Militärs und als Sternenbanner der glorreichen Vereinigten Staaten von Amerika. Bei den Nobelhotels sind sie ebenso begehrt wie bei den Gourmetköchen. Und als hoffnungsvolle Filmsternchen und glitzernder Weihnachtsschmuck bereiten sie uns die vielfältigsten Freuden.

Und dann, weißt Du, stehen da ja auch noch die gezählten Sternlein am hohen Himmelszelt, deren eingehende Betrachtung zu allen Zeiten für viele kluge Menschen nicht nur zum selig machenden Hobby sondern auch zum Traumberuf geworden ist.

*

Tagsüber holen diese begeisterten Sternengucker ihre modifizierte Ofenrohre hervor und hoffen, dass sie damit in dem rotgelborangen Geflimmer der gluthelßen Sonnenscheibe ein paar dieser fliegendreckähnlichen Flecken oder ein bisschen kosmisches Feuerwerk erkennen können. In der Nacht hocken die einen frierend auf ihrem Balkon, die anderen an mächtigen Fernrohren unter einem geschlitzten Kuppeldach oder mit verrenktem Hals irgendwo auf einer dunklen, feuchten Wiese und betrachten das, was am Firmament über unserer industrialisierten Welt immer schlechter zu beobachten ist. Einige von ihnen ziehen sich deshalb sogar in trostlose Steinwüsten über den Wolken zurück und träumen davon, mit ihren teuren Geräten die geheimnisvollsten Strahlen der Urknallzeit irgendwo am Ende der Welt zu entdecken. Als wenn wir vor unserer eigenen Haustüre nicht schon genug Ärger mit allerlei Strahlen hätten!

Die spinnen, die Teleskopfritzen! Naja, der Urknall eben! Wenn ich Sterne sehen will, dann saufe ich mir ganz einfach einen an.“

*

Meine neueste Freundin Erdmute schaut angesichts dieses gedankenschweren ketzerischen Monologs ganz verwundert drein. Dann schleicht sich so ein klitzekleines schon beinahe himmlisches Leuchten in ihre großen teleskopgewöhnten Augen. Und ehe ich mich versehe, landet ihr zartes Astronomenhändchen haargenau auf der linken Spitze meines markanten Kinns. Welch ein faszinierender Tanz nie zuvor gesehener Sternwelten beginnt da vor meinem geistigen Auge! Sogar ein paar langschweifige Kometen ziehen hastig vorüber! Da mitten hinein klingt die wohlbekannteste Stimme meiner lieblichen und sanftmütigen Erdmute: „Man kann natürlich auch auf diese Weise die Sternlein sehen, mein geliebtes Lästermäulchen.“ Als Kavaliere unterdrücke ich natürlich den in mir spontan aufwallenden Wunsch nach einer unangebrachten Gegenreaktion!

*

Vielleicht – aber nur vielleicht! – lasse ich mich doch noch dazu überreden, in einer lauschigen Sternennacht auf Erdmutes finsterem Balkon einige Blicke durch ihr Lieblingsteleskop zu werfen. Das muss ja nicht gleich die ganze Nacht dauern.

Gerhard Ziegner

Sternschnuppen im April und Mai

In der Zeit vom 19. April bis zum 28. Mai 2017 kann der Meteorschauer der *Eta-Aquariiden* beobachtet werden. Diese Meteoroiden sind ehemalige Teile des Kometen Halley.

Hoffen wir auf gutes Wetter besonders für den 5. und 6. Mai, denn in diesen Nächten ist mit der größten Anzahl an Meteoren zu rechnen.

Da sich der Mond in diesen Nächten in seiner zunehmenden Phase befindet (Vollmond ist am 10. Mai), herrschen in der Zeit zwischen seinem Untergang und der beginnenden Morgendämmerung die günstigsten Beobachtungsbedingungen. Monduntergang in Dresden ist am 5. Mai um 03:38 Uhr, Sonnenaufgang um 05:31 Uhr. Am 6. Mai: Monduntergang um 04:04 Uhr, Sonnenaufgang um 05:29 Uhr.

Unter Berücksichtigung der bürgerlichen Morgendämmerung liegen die optimalen Beobachtungszeiten in Dresden am 5. Mai zwischen ca. 03:30 und 05:00 Uhr und am 6. Mai zwischen 04:00 und 5:00 Uhr.

Der *Radiant*, der scheinbare Ausgangspunkt der Meteore am Himmel, befindet sich im *Sternbild Wassermann*. Mit Hilfe einer Sternkarte ist es leicht auffindbar.

Beobachtet wird mit den bloßen Augen. Sinnvoll ist bei entsprechenden Kenntnissen auch der Einsatz einer Photokamera auf einem festen Stativ.

D.S

Wir danken für die freundliche Unterstützung:

STEGMANN
Personaldienstleistung



Unsere Adressen und Kontakte:

Palitzsch-Gesellschaft e.V.
c/o Dr. Thomas Betten
Senftenberger Str. 26
01239 Dresden

Internet: www.palitzsch-gesellschaft.de
betten-thomas@web.de
E-Mail: vorstand@palitzsch-gesellschaft.de
Telefon: Gert Weigelt (0351) 2008975
Astro-Club: Gert Weigelt (0351) 2008975
Astronomie für Kinder: Ingrid Körner 0174-8084877 und
kinderprojekte-astronomie@palitzsch-gesellschaft.de

Spenden und Mitgliedsbeiträge

für die gemeinnützige Arbeit der Palitzsch-Gesellschaft e.V. können Sie überweisen:

Ostsächsische Sparkasse Dresden, IBAN: DE 59 8505 0300 3120 1787 39, BIC: OSDDDE81XXX

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, Vervielfältigung und elektronische Verarbeitung nur mit Genehmigung der Palitzsch-Gesellschaft e.V.

Für namentlich gekennzeichnete Beiträge sind die Autoren verantwortlich.

Redaktion: Dr. Dietmar Scholz