

Was Dunkle Energie und Elementarladungen eint

Dipl.-Ing. Peter Pohling, Informationsblatt der Palitzsch-Gesellschaft Dresden

Januar 2015

Der junge Albert Einstein schrieb 1901 an seinen Studienfreund Marcel Grossmann:

„Es ist ein herrliches Gefühl, die Einheitlichkeit eines Komplexes von Erscheinungen zu erkennen, die der direkten sinnlichen Wahrnehmung als ganz getrennte Dinge erscheinen“ [1]. Die gequantelten elektrischen Ladungen und das Quantum Dunkler Energie in einer Raumeinheit erscheinen heute „als ganz getrennte Dinge“. Zwischen elektrischen Ladungen und dem rätselhaften Feld der Dunklen Energie *„die Einheitlichkeit eines Komplexes von Erscheinungen zu erkennen“*, liegt nicht auf der Hand, da sich beide Größen *„der direkten sinnlichen Wahrnehmung“* entziehen. Oder gibt es die bisher nicht entdeckte *„Einheitlichkeit eines Komplexes von Erscheinungen“* zwischen der Welt der Teilchen und dem mysteriösen Feld der Dunklen Energie?

Den Forschern fehlt eine Theorie, die Mikrokosmos und Makrokosmos zusammenhängend beschreibt. Nach Sir Roger Penrose, einem theoretischen Physiker, muss *„die fundamentale Spannung zwischen den Gesetzen für die Mikrowelt der Quantentheorie und die Makrowelt der Allgemeinen Relativitätstheorie behoben werden“* [2]. Kann die natürliche *Einheitlichkeit des Komplexes* universeller Konstanten die *fundamentale Spannung* zwischen den Mikrostrukturen und dem Weltall beheben?

1. Über die beschleunigte Expansion des Universums

Die Expansion des Weltalls postulierte 1927 der belgische Priester Georges Lemaitre. 1929 veröffentlichte Edwin Hubble einen linearen Zusammenhang zwischen den gemessenen Rotverschiebungen des Lichts der Galaxien und deren Entfernungen. Demnach entfernen sich Galaxien umso schneller, je weiter sie entfernt sind. Ab 1988 bestimmten Saul Perlmutter, Adam Riess und Brian Schmidt die Entfernungen von Supernovae des Typs Ia wesentlich genauer und veröffentlichten 1998 überraschende Ergebnisse. Die gemessenen Helligkeiten und Geschwindigkeiten deuteten unerwartet auf eine *beschleunigte* Expansion. Diese Beschleunigung könnte von einer neuen, einer abstoßend wirkenden Kraft herrühren, die erst bei großen Volumina gegenüber der Gravitationskraft dominiert. Diese Kraft wird seit 1998 *„Dunkle Energie“* genannt. Die drei Astrophysiker erhielten 2011 für Ihre *Beobachtungen* den Nobelpreis. Das *Wesen* Dunkler Energie bleibt rätselhaft:

„Manche Physiker führen sie auf eine Eigenschaft des Vakuums zurück. Dass das Vakuum mehr als nichts ist, ist eine Vorhersage der Quantentheorie. Demnach entstehen auch im leeren Raum unablässig Teilchen und verschwinden nach Bruchteilen einer Sekunde wieder. Dieser 'See virtueller' Teilchen stellt eine Energie dar. Allerdings führen Abschätzungen der Vakuumenergie zu einem Wert, der um etwa 100 Zehnerpotenzen über der tatsächlichen Größe der Dunklen Energie liegt. Das dürfte wohl die größte bekannte Unstimmigkeit in der gesamten Physik sein.“ [3]. Das Standardmodell der Teilchenphysik und das Standardmodell der Kosmologie haben *uneinheitliche* theoretische Fundamente. Die fehlende einheitliche Basis wird früher oder später ein Umdenken, einen Paradigmenwechsel erzwingen, um *„die Einheitlichkeit eines Komplexes von Erscheinungen zu erkennen“*. Führen uns die universellen Konstanten zu dem gemeinsamen Nenner der Kräfte und Felder des Kosmos?

2. Eigenschaften und innere Strukturen der Partikel

Die atomaren Einheiten [4] beruhen auf vier Naturkonstanten. Im **Bild 1** sind sie in SI-Einheiten angegeben. Die Zahlenwerte des reduzierten Planck'schen Wirkungsquantums \hbar , von Bohr's atomaren Radius a_0 sowie der Elektronenmasse m_e und der Elementarladung e sind bereits auf acht Stellen nach dem Komma bekannt. Bei der Feinstrukturkonstante $\alpha \approx 1/137,036$ sind es bereits 10 Stellen. Der Wert der Lichtgeschwindigkeit $c = 299\,792\,458\text{ m s}^{-1}$ im Vakuum ist seit 1983 als *exakter* Wert „festgeschrieben“. Das Produkt $\alpha \cdot c$ ist die atomare Grundgeschwindigkeit v_0 von Elektronen in der untersten „Schale“ der Wasserstoffatome. Die erreichte Genauigkeit ist einer der größten experimentellen Erfolge der letzten Jahrzehnte. Und trotzdem scheint *„die Teilchenphysik der Bereich*

mit den größten ungelösten Problemen zu sein. Einige davon sind schon fast ein Jahrhundert alt, und da ihre Lösung noch nicht in Sicht ist, neigen die Physiker dazu, sie zu vergessen. Niemand weiß zum Beispiel, warum die elektrische Ladung stets ein ganzzahliges Vielfaches der Ladung des Elektrons ist.“ [6]. Emilio Segré, der Entdecker des Antiprotons (Nobelpreis 1959), führt aus: „Die Quantelung der elektrischen Ladung aber ist bislang mit keiner experimentellen Tatsache in Verbindung gebracht worden.“ [6].

In der 3. Zeile von **Bild 1** steht eine genaue *experimentelle Tatsache*, die gequantelte Masse der Elektronen [5]. Massen sind die Ladungen der Schwerkraft. Ab 2018 soll der 1889 geschaffene Kilogramm-Prototyp der Masse-Basiseinheit mit Hilfe von Naturkonstanten definiert werden. In die Gleichung für die Masse m_e der Elektronen gehen Naturkonstanten ein.

Das sind die atomare Krümmung $k_0 = 1/a_0$, die *reduzierte Wirkung* $\hbar = h/2\pi$ und die *reduzierte Geschwindigkeit* $v_0 = \alpha \cdot c \approx c/137$. Der *spezielle* Quotient m_e/k_0 entspricht dem *allgemeinen* Quotienten $\hbar/ac = \hbar/v_0$. Die Quotienten haben die *mechanische* Einheit **kg m**. In den Gleichungen für das elektrische Ladungsquantum e stehen diese *mechanischen* Einheiten ebenfalls. Warum ist das so?

Namen	Symbol	Werte	SI-Einheiten	Gleichungen
Wirkungsquantum , reduziert mit 2π	$\hbar =$	$1,054\ 571 \times 10^{-34}$	J s = kg m ² s ⁻¹	$\hbar = h/2\pi$
Längenquantum : Bohrscher Radius	$a_0 =$	$5,291\ 772 \times 10^{-11}$	m	$a_0 = 1/k_0$
Massequantum : Elektronenmasse	$m_e =$	$9,109\ 383 \times 10^{-31}$	kg	$m_e = k_0 \cdot (\hbar/ac)$
Ladungsquantum : elektrische Elementarladung	$e =$	$1,602\ 176 \times 10^{-19}$ C in m und kg →	C = A s $1\ C = 1/(m^{3/2} \cdot kg^{1/2})$	$e = \mp k_e \cdot (ac/\hbar)^{1/2}$ $e = \mp k_e \cdot (k_0/m_e)^{1/2}$

Bild 1: Die aktuellen Werte [5] atomarer Grundeinheiten in SI-Einheiten und die Struktur-Gleichungen von Masse und Ladung der Elektronen und Positronen

Den gordischen Knoten löst die bisher wenig bekannte *Einfachheit* der *symmetrischen* Struktur von Ladungen und Feldkonstanten des vervollständigten Systems der Grundkräfte. Dieser Pfad führt in letzter Konsequenz zu einer *zusammenhängenden* Beschreibung von Mikro- und Makrokosmos. Weitere Details und Vorhersagen der „Einheitlichen Theorie der Kräfte und Felder“ zu den Massen und den Abmessungen der Partikel finden Sie im Palitzsch-Informationsblatt Nr. 3/2016.

3. Die Entdeckung der fast euklidischen Elementar-Krümmung

Der ungarische Physiker Albert von Szent-Gyögyi schrieb über das Besondere an Entdeckungen: „Eine Entdeckung macht man, wenn man sieht, was jeder gesehen hat, und dabei denkt, was niemand gedacht hat.“ [7]. Den Zahlenwert der Elementarladung e hat schon jeder Physiker gesehen. Aber vermutlich assoziierte „niemand“, dass die Krümmungskonstante k_e des Ladungsquantums e mit der fast euklidischen Krümmung k_e des Kosmos identisch ist.

Die Entdeckung dieser minimalen konstanten Krümmung des Kosmos wird in dem Konstanten-Kompendium „Durchs Universum mit Naturkonstanten“ [8, S. 63 ff.] ausführlich beschrieben. Außerdem wird gezeigt, dass das bewährte „technische“ **SI-System** aus „physikalischer“ Sicht mindestens zwei *redundante* Basiseinheiten besitzt. So kann im **Bild 1** beispielsweise die Einheit **C** der

elektrischen Ladung (Coulomb) aus **A** (Ampere) und **s** (Sekunde), aber auch aus **kg** (Kilogramm) und **m** (Meter) bestehen [8, S. 81]. Physikalische Größen haben - bis auf spezielle „technische“ Bedürfnisse – eben nur *drei Dimensionen*. Das sind die physikalischen Basisdimensionen der **Länge** mit dem Dimensionszeichen **L**, der **Wirkung** mit dem Zeichen **H** und der **Geschwindigkeit** mit dem Zeichen **C**. Die drei zum **SI-System** *kohärenten* Einheiten **m**, **Js** und **m/s** sind ausreichend. Der Komplex der Grundkräfte des Mikro- und Makrokosmos beruht außerdem auf drei fundamentalen Symmetrien,

- der *Dualsymmetrie* von drei Kräften mit begrenzter und drei Kräften mit unbegrenzter Reichweite,
- der *Relationssymmetrie* kosmischer und atomarer Größen und Konstanten sowie
- der *Brechungssymmetrie* der elementaren Raumkrümmungen k_0 und k_e [8, S. 86 – 87].

Die Übereinstimmung der elementaren Krümmung des Raumes mit der Krümmungskonstante k_e des elementaren Ladungsquantums e ist die „Kern-Entdeckung“ bei der Suche nach dem „Bauplan“ des Kosmos und der Gesamtheit der in ihm wirkenden Kräfte. Immerhin ist die „elementare“ *Raumkrümmung* $k_e = 1/a_e$ in den Ladungsgleichungen der starken, der elektrischen und der symmetrischen Kräfte neben \hbar und c das bestimmende „Bauelement“. Die extrem geringe Krümmung k_e des fast „euklidischen“ Weltalls entpuppt sich als der bislang fehlende Schlüssel für die *Quantelung der Energiedichte* des vermuteten „dunklen“ Skalarfeldes. Die Längenkongstante a_e der elektrischen Grundkraft beträgt $a_e = 8,989\,688 \cdot 10^{38}$ m. Sie übertrifft damit die Abmessungen unseres Universums um den Faktor 10^{12} !

Ähnlich paradox ist die Welt des Mikrokosmos: Ausgerechnet die Feldkonstante G der *Gravitation* ergibt die nach Max Planck benannte Länge l_p [5] von etwa 10^{-35} m. Das ist deshalb bemerkenswert, weil ausgerechnet die Planck-Länge die Längenkongstante der im atomaren Bereich scheinbar „vernachlässigbaren“ Gravitationskraft ist. Die Abmessungen von Protonen und Neutronen sind mit 10^{-15} m sogar um den Faktor 10^{20} größer als die Längenkongstante der Gravitation von 10^{-35} m!

Umgekehrt erscheinen Universen mit Abmessungen von 10^{26} m als „kosmische Inseln“ eines „Hyper-Alls“ von 10^{38} m. Das wäre vergleichbar mit Galaxien-Haufen, den *Inseln* der Universen.

Zwischen der Elementarlänge a_e des Makrokosmos und der atomaren Elementarlänge a_0 des Mikrokosmos besteht ein *fundamentaler* Zusammenhang. Die Längenkongstanten a_0 und a_e sind die Eckpfeiler einer „kosmischen Brücke“ zwischen dem Kleinsten und dem Größten! Wie gelingt es nun, die eingangs erwähnten „fundamentalen Spannungen“ zwischen der Teilchenphysik und der Astrophysik abzubauen?

4. Die Raumkrümmungen - Erhellendes über die Dunkle Energie

Die ominöse Dunkle Energie gehört im Naturkonstanten-Kompendium [8] zu der immer abstoßend wirkenden *symmetrischen* Superkraft, die aus zwei Kraftkomponenten besteht. Einige Eigenschaften der Komponente mit geringer Reichweite, der schwachen Kernkraft, sind bereits bekannt. Diese Komponente mit sehr kurzer Reichweite kann beispielsweise Partikel in ihre Bestandteile „zerlegen“. Das eigentliche Novum ist die zweite Komponente der symmetrischen Superkraft. Diese „dunkle“ Kraft-Komponente lässt Universen beschleunigt expandieren. Sie verfügt wie die Schwerkraft und die elektrische Kraft über eine *unbegrenzte* Reichweite. Die in [8] ausführlich beschriebene Superkraft trägt die Bezeichnung „Symmetrische“ Kraft wegen der symmetrischen Einordnung im Einheitsmodell der Kräfte. Die von mir entdeckte (ungebrochene) Symmetrie-Ladung k_s ist die *mittlere Krümmung* des Raumes. Die Symmetrie-Krümmung k_s ergibt sich aus der atomaren Elementar-Krümmung

$$k_0 = 1/a_0 = m_e \cdot (\hbar/v_0)^{-1} = 1,89 \cdot 10^{10} \text{ m}^{-1} \quad (1)$$

und der kosmischen Elementar-Krümmung

$$k_e = 1/a_e = e \cdot (\hbar/v_0)^{1/2} = 1,11 \cdot 10^{-39} \text{ m}^{-1}. \quad (2)$$

Die Symmetrie-Ladung k_s der symmetrischen Wechselwirkung [8, S. 67]

$$k_s = (k_0 \cdot k_e)^{1/2} = 4,58 \cdot 10^{-15} \text{ m}^{-1} \quad (3)$$

ist das geometrische Mittel der beiden Elementar-Krümmungen. Die *gebrochen* Ladungen k_0 und k_e dieser beiden Grundkräfte wirken *abstoßend*, im Gegensatz zu den immer anziehend wirkenden Ladungen der Schwerkraft und der starken Kraft. Bei extrem geringen Distanzen wird die schwache Kraft in Kernen und in schwarzen Löchern zur stärksten Kraft. Dann dominiert sie über alle anziehenden Kräfte und verhindert so die Schwarzschild-Singularitäten des Urknalls und der Schwarzen Löcher.

Dagegen dominiert im makrokosmischen Teil des Universums – also bei riesigen Distanzen - ab einem *Balanceradius* R_B [8, S. 117] die zweite, die „dunkel-symmetrische“ Kraft-Komponente über die Gravitation. Die Wirkung der makrokosmischen Symmetrie-Kraft wächst proportional mit dem Volumen von Universen. Das bewirkt auch die beobachtete beschleunigte Expansion unseres Universums. Der Erwartungsbereich für die Dichte Dunkler Energie ist annähernd bekannt:

„Universen mit einer Vakuumenergie von mehr als **vier Elektronenvolt pro Kubikmillimeter** mögen häufiger sein, aber sie expandieren zu schnell, um Sterne, Planeten und Leben zu bilden. Universen mit viel kleineren Werten sind vermutlich sehr selten. Unser Universum hätte den optimalen Wert.“ [9].

Die stationäre Dichte ρ_S der Dunklen Energie

$$\rho_S = \frac{1}{2} \cdot \frac{(k_S \cdot h \cdot c)}{l_I^3} = \mathbf{3,41 \text{ eV} / \text{mm}^3} \quad (4)$$

ist die *Hälfte* der Dunklen Energie $E_{DS} = k_S \cdot h \cdot c$, bezogen auf den *atomaren* Kubus l_I^3 . Die elementare Kantenlänge $l_I \approx a_0 \cdot \pi^{1/2}$ ist proportional zum atomaren Radius a_0 [8, S. 62]. Die aus bekannten Naturkonstanten ermittelte konstante Energiedichte [8, S. 116] des Skalarfeldes liegt mit der Symmetrie-Krümmung k_S des Kosmos hervorragend im Erwartungsbereich der Kosmologie. Wenn anstelle der Symmetrie-Krümmung k_S die *gebrochene* Krümmung, die Elementarkrümmung k_e in Gl. (4) eingesetzt wird, erhalten wir – und das ist nicht zufällig - den Erwartungsbereich für die Abmessungen von Elektronen und Positronen (siehe Palitzsch-Informationsblatt 3/2016).

Das „Dunkle“ der Dunklen Energie ist nunmehr enträtselt und „erhellte“. Diese Energie hängt mit außerordentlich gut bekannten Konstanten des Kosmos zusammen. Sie ist nahtlos eingebettet in das Gesamtsystem der Grundkräfte.

Die (bisher „dunkel“ genannte) *Symmetrie-Energie* ist in der Einheitlichen Theorie der Kräfte das Produkt aus dem symmetrischen *Potenzial* $U_S = h \cdot c$ und der symmetrischen *Krümmungsladung* k_S . Das ist so, weil Energien immer das *Produkt* aus *Potenzialen* und *Ladungen* der Wechselwirkungen sind. Analog ist die elektrische Energie E_E ist das Produkt aus dem elektrischen Potenzial U_E und der Ladung q_E und die Gravitationsenergie E_G ist das Produkt aus dem Gravitationspotenzial $U_G = v^2$ und der gravitativen Ladung m . Die konsistenten inneren Strukturen der Größen und Konstanten der Physik verwirklichen das Prinzip „Einfachheit“. Entsprechen Gleichung und Wert von Einsteins Konstante Λ ebenfalls diesem Prinzip?

5. Wie Krümmungskonstanten das Rätsel der kosmologischen Konstante Λ lösen

Der theoretische Physiker Prof. Dr. Claus Kiefer meint: „Eine Berechnung des beobachteten Wertes für Λ kann vermutlich erst in einer fundamentalen Theorie aller Wechselwirkungen erfolgen. Momentan ist das 'Problem der kosmologischen Konstante' eines der großen Rätsel der modernen Physik.“ [10]. In Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie ist die Kosmologische Konstante

$$\Lambda = \frac{8\pi \cdot G}{c^4} \cdot \rho_S \quad (5)$$

mit der Dichte ρ_S der Dunklen Energie über den Quotienten aus der Gravitationskonstante G und der vierten Potenz der Lichtgeschwindigkeit c verknüpft. „Astronomische Beobachtungen auf Grund von Galaxienzählungen ergeben eine obere Grenze für den heutigen Wert der kosmologischen Konstante von $\Lambda \leq 3 \cdot 10^{-52} \text{ m}^{-2}$.“ [11].

Die Symmetrie-Ladung k_S der symmetrischen Wechselwirkung und die Krümmung $k_E = k_e \cdot \pi^{1/2}$ der elektrischen Wechselwirkung [8, S.63] ergeben den Wert der Kosmologischen Konstante

$$\Lambda = 4\pi \cdot k_E \cdot k_S = 1,134 \cdot 10^{-52} \text{ m}^{-2}. \quad (6)$$

Die „Berechnung des beobachteten Werts für Λ “ erfolgte 2013 mit der vervollständigten Theorie der fundamentalen Wechselwirkungen [8, S. 120]. Durch die Entdeckung des Zusammenhangs zwischen dem Elementarquantum e der elektrischen Ladungen und der konstanten Dichte ρ_S Dunkler Energie ist nach Claus Kiefers Intention „eines der großen Rätsel der modernen Physik“ gelöst.

6. Zusammenfassung

Mit der Entdeckung der Elementar-Krümmung k_E der elektrischen Wechselwirkung und der Symmetrie-Krümmung k_S der symmetrischen Wechselwirkung kann die Dunkle Energie elegant in ein einheitliches System der Kräfte und Felder eingeordnet werden. Die Kosmologische Konstante Λ und die Energiedichte ρ_S sind physikalische Größen der fünften fundamentalen Wechselwirkung. Einsteins Worte könnten heute lauten: „Es ist ein herrliches Gefühl, die Einheitlichkeit des Komplexes“ der Grundkräfte und der elementaren Konstanten des Mikro- und Makrokosmos zu erkennen.

Literatur:

- [1] Albert Einstein an Marcel Grossmann, 14. 4. 1901, in *Collected Papers*, Bd. 1, Dok. 100, S. 290
- [2] Roger Penrose, *Vorwort* in Einsteins Annus mirabilis von John Stachel, Rowohlt, 2001, S. 14
- [3] Thomas Bürke, *Nobelpreise 2011 - Das beschleunigte Universum*, Spektrum der W., 10/2011
- [4] PTB-Mitteilungen 117, 2007, Heft 2, S. 26
- [5] NIST, *CODATA Values 2014 of the Fundamental Physical Constants*, Stand 25. Juni 2015
- [6] Emilio Segre´, *Die großen Physiker und ihre Entdeckungen*, Piper, Sonderausgabe 1997, S. 770
- [7] Zitat in *Urknall, Weltall und Leben*, Verlag KOMPLETT-MEDIA, 2014, S. 323
- [8] Peter Pohling, *Durchs Universum mit Naturkonstanten – Abschied von der Dunklen Materie*, Verlag BoD, 2013, Print- und E-Book siehe www.naturkonstanten.de
- [9] J. P. Ostriker, P.J. Steinhardt, *Die Quintessenz des Universums*, Spektrum der Wissenschaft, Dossier 01/03, S. 74
- [10] Claus Kiefer, *Gravitation*, Fischer Taschenbuchverlag Frankfurt a. M., 2003
- [11] H. V. Klapdor-Kleingrothaus, A. Staudt, *Teilchenphysik ohne Beschleuniger*, Teubner Verlag, 1995, S. 428