

“Was die Welt im Innersten zusammenhält“ [1] und wie das Universum zerfällt, Diskussion Teil II – die Kräftestrukturkonstante φ

Am 15. März 2018 fand in der Palitzsch-Gesellschaft der zweite Teil unserer Diskussionsreihe über *dimensionslose* Konstanten des Universums statt. Im Januar stand die vor hundert Jahren von Arnold Sommerfeld gefundene Feinstrukturkonstante α im Mittelpunkt. Wir diskutierten Gerhart Ziegners Nachbildung von α mit π und wir zeigten anschließend, wie α

- Eigenschaften von Feldern, wie z.B. die Lichtgeschwindigkeit und den Wellenwiderstand, in
- atomare Eigenschaften der Materie verändert [2, Gl. (1), (2)].

Wir konnten feststellen, dass die Feinstrukturkonstante α die allgemeine Kategorie „*Materie*“ einteilt

- in die *bosonische Materie*, in Teilchen von Feldern, wie z.B. in die (fast) masselosen Photonen und
- in die *fermionische Materie*, in die massiven Teilchen.

Das ist wohl die grundlegende „Wirkung“ der Feinstrukturkonstante α . Um jedoch zu verstehen, „was die Welt im Innersten zusammenhält“ und „wie das Universum zerfällt“, benötigen wir neben der *atomaren* Längeneinheit noch eine *kosmische* Längeneinheit. Diese zwei Längen ergeben die mittlere Länge l_s und die Kräftestrukturkonstante φ_e . Beide Größen vermitteln uns das *vollständige* System der Kräfte für Zusammenhalt und für Zerfall im Mikro- und im Makrokosmos.

1. Die Leptonen vereinen atomare und kosmische Eigenschaften

In unserer Januar-Diskussion [2] sahen wir, wie sich die atomare Länge

$$a_0 = \frac{1}{m_e} \left(\frac{\hbar}{\alpha c} \right) \quad (1)$$

aus „experimentellen Tatsachen“ ergibt. Die Universal-Konstanten sind sehr genau bekannte experimentelle Tatsachen. Bohrs atomarer Radius $a_0 = 0,529\ 177\ 210\ 67 \times 10^{-10}$ m [3] kann aus der Elektronenmasse m_e , aus dem reduzierten Wirkungsquantum $\hbar = h/2\pi$ und aus der reduzierten, aus der atomaren Geschwindigkeit $\alpha c \approx c/137$ extrem genau ermittelt werden. Diese Präzision wurde erst möglich durch die Entdeckung faszinierend genauer Quanten-Effekte [2, S. 5 und 6].

Elektronen und Positronen haben die Elementarladung $e = \pm 1,602\ 176\ 620\ 8 \times 10^{-19}$ C [3]. Über die Konstanz und die „Quantelung“ von e wurde erstaunlich wenig veröffentlicht. Woran mag das liegen?

2. Vom Entdecker des Antiprotons zur Entdeckung der Kräftestrukturkonstante

Der Entdecker des Antiprotons, der Nobelpreisträger Emilio Segre, wundert sich in seinem Buch „Die großen Physiker und ihre Entdeckungen“: „Die Quantelung der elektrischen Ladung aber ist bislang mit keiner experimentellen Tatsache in Verbindung gebracht worden“ [4]. Erst 2013 konnte das Rätsel der Elementarladung e gelöst werden [5, S. 37]. Die Quantelung von

$$e = \frac{1}{a_e} \sqrt{\frac{\alpha c}{\hbar}} \quad (2)$$

beruht auf *experimentellen Tatsachen*, sie beruht auf den „Quanten der Natur“, auf α , c und \hbar .

Das habe ich in dem Artikel „Was Dunkle Energie und Elementarladungen eint“ [6] gezeigt. Es dürfte sogar für wissenschaftliche Laien nicht überraschend sein, dass die innere Struktur der elektrischen Elementarladung aus Konstanten besteht, die bereits den Bohrschen Radius a_0 geliefert hatten und die dann zu der kinetischen Elementarlänge $l_K = a_0 \pi^{1/2}$ geführt haben [5, S. 55]. Wenn in der Gleichung (2) e und a_e ihre Plätze vertauschen, dann erhalten wir das gesuchte kosmische Längenmaß

$$a_e = \frac{1}{e} \sqrt{\frac{\alpha c}{\hbar}}. \quad (3)$$

Der Kehrwert von a_e ergibt die winzige, „fast euklidische“ Krümmung

$$k_e = \frac{1}{a_e} \quad (4)$$

Diese minimale Elementarkrümmung des Kosmos

$$k_e = \frac{h}{2\pi} \sqrt{4\pi\epsilon_0} \quad (5)$$

lässt sich auch aus der Feldkonstante ϵ_0 berechnen. k_e hat den Zahlenwert **1,11 10^{-39} m^{-1}** . Diese kosmische Elementarkrümmung ist - ähnlich wie die Planck-Länge - eine unvorstellbar kleine geometrische Größe. Die Strategie zur Herleitung der kosmischen Länge a_e hat einen Vordenker: Max Planck berechnete mit G , h und c vor 120 Jahren seine „natürlichen Einheiten“ [7, § 26]. In dieser Schrift finden wir als „natürliche“ Längeneinheit die Planck-Länge (in heutiger Schreibweise)

$$l_{Pl} = \left(\frac{h}{c^3}\right)^{1/2} \sqrt{G} \quad (6)$$

mit dem Wert $l_{Pl} = 4,13 \cdot 10^{-35} \text{ m}$. Der aktuelle Wert liegt bei $4,05 \cdot 10^{-35} \text{ m}$ [5, S. 41]. Diese winzige Planck-Länge ist identisch mit der Längenkongstante l_G der Grundkraft Gravitation, die bekanntlich in atomaren Regionen arg „schwächelt“. Wir werden gleich sehen, wie es die atomare Länge a_0 und die kosmische Länge a_e ermöglicht zu verstehen, „wie die Welt im Innersten zusammenhält“ [1].

3. Welche Kräfte beschreiben den Zusammenhalt und welche den Zerfall?

Den Erkenntnisstand der Wissenschaft zu diesem Thema ist bei Wikipedia so zusammengefasst [8]:

„Eine fundamentale Wechselwirkung ist einer der grundlegend verschiedenen Wege, auf denen physikalische Objekte (Körper, Felder, Teilchen, Systeme) einander beeinflussen können. Es gibt die vier fundamentalen Wechselwirkungen Gravitation, Elektromagnetismus, schwache Wechselwirkung und starke Wechselwirkung. Sie werden auch als die vier Grundkräfte der Physik bezeichnet. Einzeln oder in Kombination bringen die vier fundamentalen Wechselwirkungen sämtliche bekannten physikalischen Prozesse hervor.“ Diese Aussage ist leider nicht richtig. Der Physik-Nobelpreisträger von 1998, Robert Laughlin, beschreibt den Zustand der Physik noch etwas drastischer:

„Wenn Einstein heute leben würde, wäre er entsetzt über diesen Stand der Dinge.“ [9, S. 189].

Denn die *„vier fundamentalen Wechselwirkungen Gravitation, Elektromagnetismus, schwache Wechselwirkung und starke Wechselwirkung“* bringen absolut nicht *„sämtliche bekannten physikalischen Prozesse hervor.“* Es ist richtig und unbestritten, dass

im „Innern“, also auf atomarer Ebene, die anziehend wirkenden elektrischen Kräfte zwischen den Protonen und den Elektronen und auf der Atomkern-Ebene die starke Wechselwirkung für den Zusammenhalt sorgen. Den Kosmos hält die Schwerkraft zusammen.

Und in den Atomkernen bewirkt die schwache Kraft den Zerfall von Teilchen. Das ist soweit richtig. Aber viele Erscheinungen können mit vier Grundkräften nicht *logisch konsistent* beschrieben werden, da das System der Grundkräfte „Leerstellen“ hat. Denn es fehlen zwei Wechselwirkungen. Um *„bekannte physikalische Prozesse“* logisch konsistent beschreiben zu können, müssen neben der *elektrischen Wechselwirkung* mit der elektrischen Elementarladungen $\pm e$ noch die *kinetische Wechselwirkung* mit der ebenfalls gequantelten kinetischen Elementarladungen $\pm d$ für die vielfältigen Prozesse der statistischen Mechanik, der Thermodynamik und der Akustik berücksichtigt werden. Dazu ein Beispiel. Robert B. Laughlin erinnert in dem Buch „Abschied von der Weltformel“ an Einsteins Entdeckung von 1907:

„Die Quanteneigenschaften des Schalls stimmen mit denen des Lichts überein. Diese Tatsache ist wichtig, da sie alles andere als offensichtlich ist, wenn man davon ausgeht, dass Schall eine kollektive Bewegung elastischer Materie ist, Licht dagegen angeblich nicht. Die Analogie zeigt sich höchst einfach und unmittelbar in der Wärmekapazität.“ [9, S. 165]. Denn die molare Wärmekapazität

$$C_V = \frac{dE}{dT} \sim d^2 \quad (7)$$

als Ableitung der thermischen Energie E nach der Temperatur T ist bei höheren Temperaturen proportional zum Quadrat der kinetischen Elementarladung d [2, Gl. (6a)]
aber für $T \rightarrow 0$ geht bei allen Stoffen $C_V \rightarrow 0$.

„Die Diskrepanz wurde von Einstein (1907) unter Verwendung der Planck'schen Hypothese im Wesentlichen aufgeklärt. Einstein nahm an, daß die Energiezustände des oszillierenden Atoms in derselben Weise quantisiert seien wie die des elektromagnetischen Oszillators.“ [10, S. 33].

Aber es kommt noch schlimmer!

In dem heutigen „unharmonischen“ System der Grundkräfte fehlt noch eine weitere Grundkraft. Das ist die Kraft, die den Zerfall des Universums bewirkt. Sie ist die Ursache für die beschleunigte Expansion. Das ist die zweite „Zerfallskraft“, die in kleinen kosmischen Räumen auch „schwach“ ist, die aber in großen kosmischen Regionen stärker als die Gravitation werden kann. Diese zunächst *schwache Kraft im Kosmos* wächst proportional zu *Oberflächen*. Bei relativ kleinen Volumina ist die *Zerfallsenergie* gegenüber der Gravitation noch „schwach“. Die „*Dunkle Energie*“ kann nur in den riesigen Weiten des Kosmos dominieren. Diese *kosmische Grundkraft* ist die zweite Komponente der Zerfalls-Superkraft im System der sechs Grundkräfte. Die andere, die *atomare Komponente* der „Superkraft des Zerfalls“ ist die vor etwa 80 Jahren in Schritten gefundene *schwache Kernkraft*. Es ist unübersehbar, mit nur vier Grundkräften, d.h. mit nur anziehend wirkender Gravitation, mit den beiden Kernkräften und mit der elektrischen Wechselwirkung können weder die Prozesse der *Thermodynamik*, der *Strömungstechnik*, der *Akustik* und der *Mechanik* noch die *beschleunigte Expansion* des Universums hinreichend und konsistent erklärt werden. Es ein Erfordernis, „*unbegründeten Überzeugungen*“ [9, S. 189] zu misstrauen. Es gibt erkennbar nicht vier, sondern es gibt *sechs Grundkräfte*. Diese bilden ein geschlossenes, harmonisches System der Wechselwirkungen. Um an dieser Stelle Missverständnisse zu vermeiden:

Die Grundkräfte-Diskussion hat absolut nichts zu tun mit der Problematik „Dunkle-Materie“. Dieses Materie-„Scheinproblem“ hat zu tun mit dem Versagen klassischer *Gravitationsfeldtheorien* bei Feldstärken unter 10^{-9} m/s^2 [11]. Diese Grundkräfte-Diskussion hat aber sehr viel damit zu tun mit der unverstandenen Zerfallsenergie, die eine Ausdehnung des Universums bewirkt.

4. Die Grobstrukturkonstante gliedert die Kräfte und die Distanzen

Eingangs diskutierten wir über die atomare Elementarlänge a_0 und über die kosmische Elementarlänge a_e . Das *geometrische Mittel* aus beiden Elementarlängen ergibt die Symmetrielänge

$$l_{se} = \sqrt{a_0 \cdot a_e} . \quad (8)$$

Die Symmetrielänge l_{se} der schwachen symmetrischen Grundkräfte hat den Wert $2,18 \times 10^{14} \text{ m}$. Das sind etwa 1500 AE (AE = Abstand Erde-Sonne). In die Symmetrie-Konstante $G_S = 11,00 \text{ J} \cdot \text{m}^3$ [5, S. 53] der schwachen symmetrischen Kräfte geht (neben h und c) das Quadrat der Symmetrielänge ein. Diese Symmetriekonstante ist das Analogon zu der Gravitationskonstante und zu der Coulomb-Konstante! Dagegen ergibt die *Wurzel* des Längenverhältnisses die Grob- oder Kräftestrukturkonstante

$$\varphi_e = \sqrt{\frac{a_0}{a_e}} , \quad (9)$$

Diese dimensionslose Konstante erhöht bzw. verringert die Längeneinheiten $l_G, l_k, l_s, l_E = a_e \pi^{-1/2}$ und l_{st} der Grundkräfte [5, S. 63]. Die Strukturkonstante φ_e wirkt also als „Längen-Transformator“. Diese dimensionslose Konstante φ hat den unvorstellbar kleinen Zahlenwert $2,43 \cdot 10^{-25}$!

Wie könnten wir uns eine solch winzige Zahl veranschaulichen?

Vielleicht aktuell durch den Vergleich mit der Empfindlichkeit von Gravitationswellen-Interferometern. Mit dem **LIGO** (*Laser Interferometer Gravitational Wave*) wurden 2015 erstmals die Gravitationswellen nachgewiesen. Die Empfindlichkeit der Interferometer – das ist das Maß für die Spiegelauslenkung im Vergleich zu der Messlänge – beträgt etwa $1 \cdot 10^{-22}$ bei 100 Hz [12, S. 65].

Der Quotient

$$\frac{a_0}{l_{Se}} = \varphi_e, \quad (10)$$

aus der atomaren Länge a_0 und der symmetrischen Länge l_{Se} ist nochmals 100-fach kleiner als die Empfindlichkeit von **LIGO**! Übrigens, um noch die Längeneinheit der Gravitation $l_{Pl}=l_G$ zu erhalten, muss die Symmetrielänge l_{Se} sogar mit dem Quadrat der Grobstrukturkonstante multipliziert werden. Es ist unübersehbar, die fünf Längenkonstanten der Kräfte des Kosmos hängen alle „harmonisch“ zusammen [12, Bild 1]. Zum Schluss diskutierten wir noch die *Grundfrage der modernen Kosmologie*.

5. Was ist eigentlich „Dunkle Energie“?

Diese kosmologische Kardinalfrage lässt sich infolge der unvermeidbaren Singularitäten von Feldtheorien weder mit der Allgemeinen Relativitätstheorie, noch mit den heutigen Quantenfeldtheorien *quantitativ* beantworten. Dem Standardmodell der Kosmologie fehlt einfach die Elementarlänge a_e . Aus der Gl. (8) für die gemittelte Symmetrielänge l_{Se} erhalten wir die gesuchte fundamentale symmetrische Krümmung

$$k_S = \sqrt{\frac{1}{a_0 \cdot a_e}}. \quad (11)$$

Nunmehr kann die Frage nach dieser rätselhaften Raumenergie schlüssig zu beantworten. Nur im „Baukasten der Natur“ sind die drei fundamentalen Konstanten h , c und k_S vereint. Denn genau die Symmetrie-Krümmung k_S mit einem Wert von $4,58 \cdot 10^{-15} \text{ m}^{-1}$ liefert die von den Astrophysikern und von den Kosmologen gesuchte Energiedichte-Konstante unseres Universums

$$\rho_S = \frac{1}{2} \frac{(hck_S)}{l_K^3}. \quad (12)$$

Die *stationäre* Energiedichte des Skalarfeldes $\rho_S = 3,41 \text{ eV/mm}^3$ der symmetrischen Wechselwirkung stimmt mit dem Erwartungswert für die Dichte $\rho_{SDE} \approx 4 \text{ eV/mm}^3$ Dunkler Energie exzellent überein [6].

Dipl.-Ing. Peter Pohling

Literatur:

- [1] Johann Wolfgang von Goethe, Faust I, Vers 382, Quelle: www.gutezitate.com
- [2] Gerhart Ziegner, Peter Pohling, Entdeckung, Modellierung und Diskussion von dimensionslosen Konstanten des Kosmos: www.palitzschgesellschaft.de
Informationsblatt der Palitzsch-Gesellschaft, Jg. 19 (2018) Nr. 2, S. 5 - 10
- [3] NIST/CODATA 2014, Fundamental Physical Constants – Atomic and Nuclear Constants, S. 1 bei www.physics.nist.gov/constants
- [4] Emilio Segre´, Die großen Physiker und ihre Entdeckungen, Piper, Sonderausg. 1997, S. 770
- [5] Peter Pohling, Durchs Universum mit Naturkonstanten - Abschied von der Dunklen Materie, Verlag BoD, 2013. E-Book: www.naturkonstanten.de
- [6] Peter Pohling, Was Dunkle Energie und Elementarladung eint: www.palitzschgesellschaft.de
Informationsblatt der Palitzsch-Gesellschaft, Jg. 17 (2016) Nr. 1, S. 3 – 7
- [7] Max Planck, Über irreversible Strahlungsvorgänge, Annalen der Physik 1 (1900), S. 69 – 122, aus: Von Kirchhoff bis Planck von H.-G. Schöpf, Akademie-Verlag, 1978, S. 166 bis 171
- [8] Wikipedia, Fundamentale Wechselwirkungen, Stand 21. Februar 2018
- [9] Robert Laughlin, Abschied von der Weltformel – Die Neuerf. der Physik, Piper-Verlag, 2005
- [10] Gunnar Lindström, Rudolf Langkau, Physik kompakt: Quantenphysik, Vohweg & Sohn, 1996
- [11] Peter Pohling, Das Strahlungsgesetz der Gravitation: www.palitzschgesellschaft.de
Informationsblatt der Palitzsch-Gesellschaft, Jg. 18 (2017) Nr. 6, S. 3 – 9 und Nr. 1, S. 7 - 8
- [12] Andreas Müller, 10 Dinge, die Sie über Gravitationswellen wissen wollen, Springer-V., 2017
- [13] Peter Pohling, Statt „Weltformel“ eine einheitliche Theorie der Kräfte und Felder: www.palitzschgesellschaft.de Informationsbl. der Palitzsch-Ges., Jg. 17 (2016) Nr. 3, S. 3-9