

Das Proton-Elektron-Verhältnis, Teil III - die dimensionslosen Partikel-Relationen der Teilchenphysik

Im Januar und im März 2018 wurde in der Palitzsch-Gesellschaft über die *dimensionslosen* Konstanten der Teilchenphysik und der Grundkräfte diskutiert.

Im Januar befassten wir uns im **Teil I** mit der Sommerfeldschen **Feinstrukturkonstante** α [1].

Diese **gliedert** die Materie in die

- *bosonische* Materie, in die Teilchen von Feldern, wie z.B. in die masselosen Photonen und in die
- *fermionische* Materie, also in die Teilchen mit (Ruh-)Masse.

Im März folgte als **Teil II** die Strukturkonstante der Grundkräfte, die **Grobstrukturkonstante** φ [2].

Die von mir im Jahr 2012 entdeckte Grobstrukturkonstante [3, S. 57]

$$\varphi = \frac{l_{Pl}}{l_K} = \frac{l_S}{l_E} \quad (1)$$

verbindet die Längen-Konstanten $l_G = l_{Pl}$, l_K , l_S , und l_E der **gravitativen**, der **kinetischen**, der **symmetrischen** (der „*schwachen*“) und der **elektromagnetischen** Grundkräfte.

φ hat den außerordentlich kleinen Wert von $0,4306\ 686\ 137 \cdot 10^{-24}$.

Max Planck berechnete mit den drei Konstanten in Gl. (2) bereits in dem Jahr 1898 seine „natürlichen Einheiten“. Er benutzte dafür die Gravitationskonstante G , die Lichtgeschwindigkeit c und das „neue“ Wirkungsquantum h vom Wienschen Strahlungsgesetz. Die Planck-Masse m_{Pl} beträgt $5,456 \cdot 10^{-8}$ kg.

Sie ist im Verhältnis zu den Teilchenmassen eine relativ große „natürliche“ Masse-Einheit.

Plancks Einheiten der Zeit und der Länge mutierten zu Ausgangsgrößen für die kosmologischen Urknall- und String-Modelle. Denn die Plancklänge l_{Pl} ist außerordentlich klein, sie beträgt nur $4,051 \cdot 10^{-35}$ m.

Wir wollen hier aufzeigen, wie mit α , π und φ , mit den drei *dimensionslosen Grundkonstanten* des Kosmos, die Beziehung zwischen der Planck-Masse

$$m_{Pl} = \sqrt{\frac{h \cdot c}{G}} = \frac{1}{l_{Pl}} \frac{h}{c} \quad (2)$$

und den *nur experimentell* bestimmbareren Teilchenmassen erhalten wird. Denn mit α und π werden sich für den atomaren *Wasserstoff* genaue Massen- und Größen-Relationen zwischen dem Proton und dem Elektron ergeben. Der Wasserstoff ist mit Abstand das häufigste Element im All.

1. Die Entdeckung des Wasserstoffs

Der englische Experimentalphysiker und Chemiker Henry Cavendish konnte als Erster mit einer sog. „Gravitationswaage“ die *mittlere Dichte* der Erde in seinem Labor (!) bestimmen [4].



Henry Cavendish
(1731 – 1810)
Quelle: Wikipedia [4]

Aus der Dichte und dem Volumen der Erde berechnete man die Masse der Erde. So konnte die Erde „gewogen“ und die Gravitationskonstante G bestimmt werden. Cavendish war Physiker *und* Chemiker. Er experimentierte 1766 mit Säuren und Metallen. Dabei beobachtete er „brennbare Luft“ (*inflammable air*). Aber wie das mit den Entdeckungen so ist:

Bereits 100 Jahre zuvor – so um 1670 - nannte der Chemiker Robert Boyle den Stoff, das „Knallgas“ [4]. Die heutige Bezeichnung „Wasserstoff“ stammt von *Antoine Laurent de Lavoisier*.



Antoine Laurent de Lavoisier
(1743 – 1794)

Quelle: Wikipedia [5]

Lavoisier bezeichnete dieses Gas als „Wasser erzeugenden Stoff“, als „Hydrogen“. (griechisch *hydro* = Wasser; *genes* = erzeugend). Deshalb hat Wasserstoff das Symbol **H**. Das Isotop Wasserstoff ^1H ist das leichteste und mit ganz großem Abstand das häufigste Isotop in unserem Universum.

Dieses Wasserstoff-Isotop besteht nur aus einem Proton und einem Elektron. Die Bahnradien

$$r_n = \frac{4\pi\epsilon_0}{e^2} \cdot \frac{(n \cdot \hbar)^2}{m_e} \quad (3)$$

werden in dem Atommodell von Bohr (1885 - 1962) „durch diskrete Werte des Drehimpulses

$$L = n \cdot \hbar \quad \text{mit} \quad \hbar = \frac{h}{2\pi} \quad \text{und} \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

des Elektrons charakterisiert“ [6, S. 99 ff.]. $n = 1$ ist der „Grundzustand“ mit dem „Bohrschen Radius“

$$a_0 = \frac{4\pi\epsilon_0}{e^2} \cdot \frac{\hbar^2}{m_e} \quad (5)$$

Die Längenkostante $a_0 \approx 0,529\,177 \cdot 10^{-10}$ m ist in der Atomphysik die

-atomare Längen-Einheit [3, S. 8 und S. 278]. Die Elektron-Masse $m_e \approx 9,10938 \cdot 10^{-32}$ kg ist die

-atomare Massen-Einheit und die

-Ladung des Elektrons ist die Elementarladung $e \approx 1,602 \cdot 10^{-19}$ C.

2. Die Entdeckung des Elektrons

1897 entdeckte der deutsche Physiker und Seismologe Emil Wiechert (1861 – 1928),

„dass die Kathodenstrahlung aus negativ geladenen Teilchen besteht, die sehr viel leichter als ein Atom sind. Im gleichen Jahr bestimmte der britische Physiker und Nobelpreisträger Joseph John Thomson (1856 – 1940) die Masse der Teilchen ...“ [7].

Diese Masse ist klein, aber nicht unendlich klein!

Nach den aktuellen Theorien der Teilchenphysik wäre das Elektron unendlich klein. D.h., das Elektron und das Positron wären dann „punktförmig“ und hätten *keine* Abmessungen.

3. Die Entdeckung des Protons

„1919 entdeckte der neuseeländische Physiker und Nobelpreisträger Ernest Rutherford (1871 – 1937), dass im Atomkern des Stickstoffs Atomkerne des Wasserstoffs vorhanden sind. Er nahm daraufhin an, dass alle Atomkerne aus Wasserstoffkernen aufgebaut sind und schlug für diese den Namen Proton vor“ [9].

Die Masse m_p des Protons beträgt $1,672\,621\,90 \cdot 10^{-27}$ kg.

Der Radius r_p des Protons liegt bei $0,875 \cdot 10^{-15}$ m [8]. Die Unsicherheit ist mit 4 % ziemlich hoch, da die Werte unterschiedlicher Messverfahren relativ stark voneinander abweichen [3, S. 177].

Nur der Neutron-Radius r_n ist noch weniger genau bekannt. Denn die Abmessungen des Neutrons sind wegen fehlender elektrischer Ladung schlecht bestimmbar.

4. Die Entdeckung der Proton-Elektron-Relationen

Der britische Physiker an der Universität Cambridge, John D. Barrow schrieb 2004 in dem Buch

„Das 1x1 des Universums – Neue Erkenntnisse über die Naturkonstanten“ [10, S. 90]:

„Das Massenverhältnis von Proton und Elektron ... (ist) nicht weit von 1 entfernt und könnte sich möglicherweise als das Produkt kleiner ganzer Zahlen und Größen wie π entpuppen. Etwas Derartiges erhoffte sich Eddington zumindest.“



Sir Arthur Stanley Eddington
(1882 – 1944)

Quelle: Wikipedia [11]

Die britischen Physiker Sir Arthur Eddington und Paul Dirac (1902 – 1982) suchten jahrzehntelang nach einer theoretischen Erklärung für das Masse-Verhältnis [8]:

$$V(m_{pe}) = \frac{m_p}{m_e} \quad (6)$$

Das messtechnisch ermittelte Masse-Verhältnis von Proton zu Elektron hat den Wert **1836, 152 67**.

Einen *theoretischen* Zusammenhang konnte zumindest Sir Arthur Eddington nicht finden:

„In den 1920er Jahren, als Eddington seine ersten Versuche zur Erklärung der Naturkonstanten anstellte, kannte man weder die schwache noch die starke Kraft besonders gut“ [10, S. 89].

Die *elektrischen* und die *schwachen* Kräfte stehen im **LHC-Elektronmodell** „nebeneinander“ [3, S. 86].

Sie haben „verwandtschaftliche Beziehungen“. In dem Standardmodell der Teilchenphysik sind die beiden Grundkräfte vereinheitlicht zur „elektro-schwachen Wechselwirkung“.

Die Strukturgleichung der elektrischen „Coulomb-Konstante“ [3, S. 49 ff.]

$$G_E = \frac{1}{4\pi} G_{E0} = \frac{1}{4\pi} \left[l_E^2 \cdot \hbar^2 (2\alpha c)^0 \right] \quad (7)$$

ist besonders einfach. Sie enthält nur das Quadrat von \hbar und das Quadrat der Elementarlänge l_E .

Das Verhältnis G_E/G_{E0} hat den Wert $1/4\pi$.

Die Strukturgleichung der „Symmetrie-Konstante“ der schwachen Kraft

$$G_S = \frac{2\alpha}{4\pi} G_{S0} = \frac{1}{4\pi} \left[l_S^2 \cdot h^4 (2\alpha)^4 \right] \quad (8)$$

enthält dagegen auch 2α und das Quadrat der „Symmetrielänge“ l_S .

Das Verhältnis G_S/G_{S0} hat demzufolge den Wert $2\alpha/4\pi$.

Das Strukturbildungsgesetz für die fünf Kraft-Konstanten G_G , G_K , G_S , G_E und G_H ist denkbar einfach: Die Exponenten-Summe von h und (2α) beträgt immer „2“. Das zeigen die Gleichungen (6) und (7). Dieses theoretische Proton-Elektron-Massenverhältnis

$$V_m = \frac{m_p}{m_e} = \frac{(4\pi)^3}{1 + \frac{1}{4\pi} + \frac{2\alpha}{4\pi}} \quad (9)$$

hat mit α und π der Wert **1836,15278**. Die relative Abweichung beträgt nur $6,17 \cdot 10^{-8}$ [3, S. 107]!

Ich vermute [3, S. 176], dass die drei bekannten Partikel-Familien der Teilchenphysik sich nicht nur in ihren Massen, sondern zusätzlich in ihren *kinetischen Konstanten* unterscheiden. Für *jede Partikel-Familie* könnte *ein* konstantes Verhältnis von Teilchenmasse zu Teilchenradius gelten. Mit dieser Hypothese lässt sich die Vorhersage für den Elektron-Radius r_{el} treffen, da sowohl das Massenverhältnis V_m als auch der Radius r_p des Protons bekannt sind. Der Elektronen-Radius

$$r_{el} = r_p \frac{1}{V(m_{pe})} \quad (10)$$

liegt damit bei $4,775 \cdot 10^{-19}$ m [3, S. 176]. Über diese Vorhersage werden die Experimente entscheiden!

5. Wie die Strukturkonstanten die Partikel-Massen mit der Planck-Masse verbinden

Abschließend noch einige Beispiele für die ungemein große Anzahl von Teilchen in kleinen Volumina. Wir beginnen zunächst mit dem **Mol**, mit einer Basiseinheit des SI-Systems:

„Das Mol ist die Stoffmenge eines Systems von Teilchen (Elektronen, Atome, Ionen, Moleküle sowie anderer Teilchen), das aus ebenso vielen Einzelteilchen besteht, wie Atome in 12 Gramm des Kohlenstoffnuklids ^{12}C enthalten sind.“

Die Anzahl der Teilchen/mol ist die Avogadro-Konstante $N_A = 6.022\,141\,79 \cdot 10^{23}$ /mol. Sie ist nach dem italienischen Physiker Amadeo Avogadro (1776 – 1856) benannt. Das ist eine unvorstellbar große Zahl: In 12 g Kohlenstoffnuklid ^{12}C befinden sich 0,6022 Million x 1 Million x 1 Million x 1 Million Teilchen!

Auch der reziproke Zahlenwert

$$\frac{1}{\varphi} = 2,319 \cdot 10^{24} \quad (11)$$

der Strukturkonstante φ liegt in dieser Größenordnung.

Das Zahlenverhältnis von Planck-Masse m_{Pl} nach Gl. (2) zu Elektron-Masse m_e nach Gl. (1) in [2]

$$\frac{m_{Pl}}{m_e} = \frac{\alpha}{\varphi} \cdot \sqrt{4\pi} \quad (12)$$

beträgt dagegen „nur“ $0,599 \cdot 10^{23}$ [3, S. 65].

Der „natürliche“ Einheit m_{Pl} entsprechen aber immerhin fast 10^{23} Elektronen-Massen!

Das Massen-Verhältnis in Gl. (12) vereint die drei dimensionslosen Grundkonstanten des Kosmos, die
-**Kreiszahl π** , die
-**Feinstrukturkonstante α** und die
-**Grobstrukturkonstante φ** [12].

Zum Schluss noch etwas zum „Wissenschaftsbetrieb“.

Neugier und Unabhängigkeit sind Grundvoraussetzungen für Fortschritte.

Albert Einstein plädierte beim Forschen vor allem für geistige und für wirtschaftliche Unabhängigkeit.

In einem Brief an eine kalifornische Studentin beantwortete er ihre Frage folgendermaßen:

**„Die Wissenschaft ist eine wunderbare Sache,
wenn man nicht seinen Lebensunterhalt damit verdienen muß.
Man sollte seinen Lebensunterhalt mit einer Arbeit verdienen,
von der man weiß,
daß man sie durchführen kann.
Nur wenn wir niemanden Rechenschaft schuldig sind,
finden wir Freude am Betreiben von Wissenschaft.“** [13]

Dipl.-Ing. Peter Pohling

Literatur:

- [1] Gerhart Ziegner, Peter Pohling, Entdeckung, Modellierung und Diskussion von dimensionslosen Konstanten des Kosmos, Teil I – Sommerfelds Feinstrukturkonstante, Informationsblatt der Palitzsch-Gesellschaft, Jg. 19 (2018) Nr. 2, S. 5 – 10. Als PDF bei www.palitzschgesellschaft.de
- [2] Peter Pohling, Was die Welt im Innersten zusammenhält, Teil II – die Grobstrukturkonstante, Informationsblatt der Palitzsch-Gesellschaft, Jg. 19 (2018) Nr. 3, S. 6 – 12. Als PDF bei www.palitzschgesellschaft.de
- [3] Peter Pohling, Durchs Universum mit Naturkonstanten - Abschied von der Dunklen Materie, Verlag BoD, 2013. E-Book. Buch-Website: www.naturkonstanten.de
- [4] Wikipedia, Wasserstoff, Stand 10. 2018
- [5] Wikipedia, Antoine Lavoisier, Stand 10. 2018
- [6] G. Lindström, R. Langkau, Quantenphysik, Vieweg, Braunschweig 1996
- [7] Wikipedia, Elektron, Stand 10. 2018
- [8] NIST/CODATA 2014, Fundamental Physical Constants – Atomic and Nuclear Constants: www.physics.nist.gov/constants
- [9] Wikipedia, Proton, Stand 10. 2018
- [10] John D. Barrow, Das 1x1 des Universums, Campus Verlag, 2004
- [11] Wikipedia, Arthur S. Eddington, Stand 10. 2018
- [12] Peter Pohling, Statt „Weltformel“ eine einheitliche Theorie der Kräfte und Felder. Informationsbl. der Palitzsch-Ges., Jg. 17 (2016) Nr. 3, S. 3-9. Als PDF bei www.palitzschgesellschaft.de
- [13] Albert Einstein, 1951, zitiert in Dukas und Hoffmann „*Albert Einstein, the Human Side*“, S. 57

Das **Informationsblatt** der Palitzsch-Gesellschaft Dresden e.V. erscheint seit **1999** 6-mal je Jahr. Für dieses aufwendige Werk bewundere ich unseren Redakteur, Herrn Dr. Dietmar Scholz. Ich widme ihm deshalb meinen Artikel in diesem letzten Informationsblatt der Palitzsch-Gesellschaft.

Vielen Dank, Dietmar!