

Umstätter, Walther

Warum die fundamentalen Naturkonstanten G , c , h , ... in den neuen elektronischen Lehrbüchern der Schulen, Hochschulen und Bibliotheken als Artefakte identifiziert werden sollten

2013, 7 S.

urn:nbn:de:0111-opus-75363



Nutzungsbedingungen / conditions of use

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft
Informationszentrum (IZ) Bildung
Schloßstr. 29, D-60486 Frankfurt am Main
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Warum die fundamentalen Naturkonstanten G , c , h , ...
in den neuen elektronischen Lehrbüchern der Schulen, Hochschulen
und Bibliotheken
als Artefakte identifiziert werden sollten.

von
Walther Umstätter

Abstract:

The fundamental constants in physics, such as gravitational constant G , the speed of light in vacuum c , Planck's constant h , and Dirac's constant \hbar (h -bar), the Boltzmann constant k_B and the Coulomb constant k_e are artifacts created by anthropocentric measurements like cgs-, MKS- or SI-units and should be eliminated in modern e-textbooks. They are important only for historical reasons. So we know that $G = c = \hbar = h/2\pi = k_B = k_e = 4\pi\epsilon_0 = \mu_0/4\pi = 1$, and equations like $E = m c^2$ or $E = h \nu$ has to be written in Planck units $E_{pl} = m_{pl} = 2\pi/t_{pl}$. The system of natural units are a necessary correction of a completely distorted world view. In schools, universities and libraries this unification should be used to support modern e-learnig.

Zusammenfassung:

Die fundamentalen Konstanten der Physik, wie die Gravitationskonstante G , die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum c , die Planck-Konstante h und Diracs-Konstante \hbar (h -quer), die Boltzmann-Konstante k_B und der Coulomb-Konstante k_e sind Artefakte, die sich aus den anthropozentrischen Maßsystemen wie cgs-, MKS- oder SI-Einheiten ergeben. Sie sollten in modernen e-Lehrbüchern begründet beseitigt werden. Sie sind nur noch aus historischen Gründen von Bedeutung. So wissen wir, dass $G = c = \hbar = h/2\pi = k_B = k_e = 4\pi\epsilon_0 = \mu_0/4\pi = 1$ sind, und dass Gleichungen wie $E = m c^2$ oder $E = h \nu$ in Planck-Einheiten als $E_{pl} = m_{pl} = 2\pi/t_{pl}$ geschrieben werden können. Das System der natürlichen Einheiten ist eine notwendige Korrektur eines völlig verzerrten Weltbildes. In Schulen, Universitäten und Bibliotheken sollte diese Vereinheitlichung nun endlich verwendet werden, um das moderne e-learnig zu unterstützen.

Einleitung:

Es waren ohne Zweifel die größten physikalischen Leistungen der Geschichte, als man die Fundamentalkonstanten der Physik, wie die Gravitationskonstante G , die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit c , das Plancksche Wirkungsquantum h , bzw. Diracs-Konstante \hbar (h -quer), die Boltzmann-Konstante k_B und die Coulomb-Konstante k_e entdeckte und ihre Zahlenwerte immer weiter präzisieren konnte. Nicht weniger erstaunlich war die Erkenntnis, dass diese Konstanten alle im Kontinuum von Raum, Zeit und Energie durch Gleichungen vernetzt sind. Sie alle lassen sich damit zueinander in Relation setzen, so dass schon Max Planck 1899 ein System der natürlichen Einheiten entwarf, bei dem nichtmehr die höchst anthropozentrischen cgs-, MKS- bzw. SI-Systeme zugrunde lagen, sondern die nach ihm benannte Planck-Länge l_{pl} , Planck-Zeit t_{pl} , Planck-Masse m_{pl} , etc.

Trick oder Notwendigkeit?

Obwohl diese Erkenntnis also über hundert Jahre alt ist und auch kein abgeschlossenes Studium der Physik erfordert, hat sie in den entsprechenden Lehrbüchern in ihrer klaren Konsequenz noch immer nicht ausreichend Platz gegriffen. Zu der Tatsache, dass alle diese Fundamentalkonstanten zu 1 normalisiert werden können, schreibt beispielsweise Paul S. Wesson: "Mathematically it is an acceptable trick which saves labour. Physically it represents

a loss of information and can lead to confusion."¹ Die natürlichen Einheiten sind aber keinesfalls nur ein mathematischer Trick, sondern eine zwingende Berichtigung eines völlig verzerrten physikalischen Weltbildes das wir bislang tradieren. Der angesprochene Informationsverlust betrifft genau genommen nur die überflüssigen Komplikationen durch beliebige Maßsysteme.

In etlichen Publikationen findet sich diese Frage, warum es sinnvoll ist bestimmte physikalische Konstanten eins zu setzen. So schreibt Matej Pavsic (2001): "In spite of its usefulness for all sorts of calculations such a sytem of units is completely unknown."² Es ist aber völlig klar, dass die sogenannten Fundamentalkonstanten sich nur aus der Beliebigkeit der Maßsysteme als Artefakte ergeben. So heißt es richtigerweise im Internet wiederholt: „Some `constants` are really artifacts of the unit system used,“³ Zu diesen Konstanten gehören $G = c = \hbar = h/2\pi = k_B = k_e = 4\pi\epsilon_0 = \mu_0/4\pi = 1$. Sie entfallen vollständig bei Verwendung der natürlichen Einheiten, und zeigen, dass sie nur aus der Anthropozentrik der gewählten Maßsysteme des Menschen heraus entstanden sind. M.J. Duff spricht 2002 anstelle von Artefakten von der „Zero Constants Party“, und davon dass „Consequently, non of these dimensionful constants is fundamental.“⁴ Sie sind zwar nicht Null, entfallen aber. Auch L. Hsu und J. P. Hsu⁵ stellten kürzlich fest: "More importantly, each of these base units is defined in terms of some physical property or artifact".

Schon die bekannte Gleichung für die Lichtgeschwindigkeit

$c = 1 / \sqrt{\mu_0 \epsilon_0} = 1 / \sqrt{1,25664 \cdot 10^{-6} \times 8,85419 \cdot 10^{-12}} = 3 \cdot 10^8$ geht über in $1 / \sqrt{4\pi / 4\pi} = 1$ und normalisiert damit $c = 1$. Wobei klar ist, dass die beiden 4π -Werte nur der numerischer Ersatz für $\mu_{0PI} = 4\pi$ und $\epsilon_{0PI} = 1/4\pi$ in Planck-Einheiten sind.

Korrektur einer verzerrten Physik:

Das System der natürlichen Einheiten wirkt auf Laien, die nur an das SI-System gewöhnt sind zunächst sehr irritierend, weil es ihnen deutlich macht, wie verzerrt ihr bisheriges physikalisches Weltbild aus unserer menschlichen Perspektive heraus ist. Solange wir die Länge eines Meters, die wir leicht abschreiten können, die Zeit einer Sekunde, die wir am Sekunden-Pendel schön beobachten können und ein Kilogrammgewicht, das wir gut anheben und wegtragen können, voneinander völlig unabhängig betrachten, ist es im täglichen Leben kein Problem mit diesen Maßsystemen umzugehen. Wenn wir dagegen, auf Grund der Konstanten c und h beispielsweise in der Gleichung $E = m c^2 = h \nu$ erkennen, dass Raum, Zeit und Energie in der Physik ein untrennbares Geflecht von Gleichungen bildet, bei dem die Fundamentalkonstanten nichts anderes sind als Umrechnungsfaktoren, dann wird es notwendig, dieses mit etlichen Zehnerpotenzen verzerrte anthropozentrische Weltbild, zu entzerren, um eine wesentlich realistischere Vorstellung von unserem Universum zu gewinnen. Dieser Schritt hat Ähnlichkeit mit dem Wechsel vom geozentrischen zum heliozentrischen Standpunkt in unserem Sonnensystem. Außerdem kann man im e-Learning mit einer so homogenen Basis von Einheiten sehr viel besser durchgehend experimentieren, Kurvenscharen studieren und modellieren.

¹ Wesson P. S.: The application of dimensional analysis to cosmology. Space Science Reviews 27 (2) 109-153 (1980) <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/1980SSRv...27..109W/0000117.000.html>

² Pavsic, M.: The Landscape of Theoretical Physics: A Global View. www-fl.ijs.si/~pavsic/Append.pdf

³ https://wiki.glynlyon.com/wiki/index.php?title=Physical_constants

⁴ <http://arxiv.org/pdf/physics/0110060.pdf>

⁵ Hsu, L. und Hsu, J. P.: The physical basis of natural units and truly fundamental constants. The European Physical Journal Plus January, 127 (11) (2012)

So wird die Planck-Länge l_{pl} dem Meter gegenüber um das $1,62 \cdot 10^{-35}$ -fache verkürzt, und die Planck-Zeit t_{pl} der Sekunde gegenüber sogar um das $5,39 \cdot 10^{-44}$ -fache verkleinert, so dass nun plötzlich die für uns so unvorstellbar hohe Lichtgeschwindigkeit von 300 Tausend Kilometern pro Sekunde ($3 \cdot 10^8$ [m/s]), wie wir bereits sahen, schlicht 1 wird. Sie kann damit aus etlichen Rechnungen entfallen. Aus Einsteins $E = m c^2$ wird unter Verwendung der natürlichen Einheiten $E = m$, da ja c und auch c^2 gleich 1 sind. Damit wird noch deutlicher, dass Masse nur eine bestimmte Energieform ist, und dass c hier nicht als Geschwindigkeit Eingang in die Gleichung findet, sondern als Verhältnis der Dimensionen von Weg zu Zeit. Sobald eine oder beide dieser Dimensionen gespreizt oder komprimiert werden, muss diese Ungleichheit über das Verhältnis (Länge/Zeit)² demnach ausgeglichen werden.

Die Planck-Masse m_{pl} , wird dem Kilogramm gegenüber nur um das $2,18 \cdot 10^{-8}$ -fache verkleinert, während die Energie, die wir bislang in Joule bestimmt haben, als Planck-Energie E_{pl} eine Vergrößerung um das $1,96 \cdot 10^9$ -fache erfährt. Wenn man beide mit einander multipliziert erhält man das Quadrat des Planck-Moments $p_{pl}^2 = (m_{pl} \times l_{pl} / t_{pl})^2 = 6,525701797^2$. In den Dimensionen der SI-Einheiten ist Masse x Energie = E^2 [$\text{kg}^2 \text{ m}^2 / \text{sec}^2$].

Dass die Boltzmann-Konstante k_B mit $1,38 \cdot 10^{-23}$ [Joule/°K] ein reiner Umrechnungsfaktor von Temperatur in Energie darstellt ist bekannt, und dass 1 [°K] nur $\sim 10^{-23}$ [Joule] entsprechen ebenso. Folglich wird die Planck-Temperatur T_{pl} als Energieform ebenfalls $T_{pl} = E_{pl} = m_{pl}$. Dadurch, dass in den natürlichen Einheiten auch $k_B = 1$ wird, gilt für Boltzmanns Entropie $S = k_B \ln W$ die vereinfachte Gleichung $S_{pl} = \ln W = 0,6931 \ln W$ (W = Wahrscheinlichkeit des Ordnungsgrades). Hervorzuheben ist dabei, dass die Information als Negentropie einer logarithmischen Skalierung folgt und keiner linearen, wie wir es sonst gewohnt sind. So sind bekanntlich 10 Bit nicht das 10-fache von einem Bit, sondern das 1024-fache. Das ist in der Physik glücklicherweise die Ausnahme, weil wir sonst Meter, Kilogramm, Sekunde, etc. in den Planck-Einheiten nicht so einfach mit Konstanten linear ineinander umrechnen könnten.

Betrachtet man beispielsweise die Hartree-Energie des Elektrons mit $4,36 \cdot 10^{-18}$ [J] = $27,2$ [eV] = $6,58 \cdot 10^{15}$ [Hz] = $4,85 \cdot 10^{-35}$ [kg] = $3,16 \cdot 10^5$ [°K], dann entspricht das in allen fünf Werten der Planck-Energie von $2,23 \cdot 10^{-27}$. Diese Größe ergibt sich auch aus der Masse des Elektrons als natürlicher Masse-Einheit, multipliziert mit dem Quadrat von alpha, $m_{epl} \times \alpha^2 = 2,23 \cdot 10^{-27}$. Während die Compton-Energie mit $4,18 \cdot 10^{-23}$ Planck-Massen der Masse des Elektrons m_{epl} exakt entspricht. Dazwischen liegt das natürliche Energieniveau $3,05 \cdot 10^{-25}$ das sich auch aus der Elektronenmasse $m_{epl} \times \alpha$ ergibt. Wir sehen also, dass im Planck-Energiebereich von $2,23 \cdot 10^{-27}$ bis $4,18 \cdot 10^{-23}$, die Resonanzen für Atom- und Molekülbildungen gegeben sind.

Bemerkenswerterweise hält die Ladung des Elektrons bei seiner Umrechnung von Coulomb in Planck-Ladung e_{pl} mit $\sqrt{\alpha}$ eine Überraschung bereit, die seit hundert Jahren nicht eindeutig geklärt werden konnte. Darin bedeutet die Wurzel von alpha = $1/11,7 = 0,08542$ und $\alpha = 1/137,036 = 0,007297353 = e_{pl}^2$, so dass die Anziehungskraft zwischen Proton und Elektron in Planck-Einheiten $\alpha = e^-_{pl} \times e^+_{pl} = 1 / \sim 137$ beträgt. Sie kann nicht auf 1 normalisiert werden. Die Anziehungskraft zwischen einem Elektron und einem Proton in natürlichen Einheiten ist folglich $K_{epl} = e^-_{pl} \times e^+_{pl} / r_{Bpl}^2 = \alpha / r_{Bpl}^2 = 6,80552 \cdot 10^{-52}$. Zum Vergleich ist die Massenanziehung zwischen einem Elektron und einem Proton $K_{m_{epl}} = m_{epl} \times m_{ppl} / r_{Bpl}^2 = 2,99895 \cdot 10^{-91}$ um das $2,27 \cdot 10^{39}$ -fache geringer und damit vernachlässigbar klein.

Alpha ist als Proportionalitätsfaktor zwischen der Zentrifugalkraft $K_z = m_e v_e^2 / r_B$ in natürlichen Einheiten $m_{epl} \alpha^2 / r_{Bpl} = 6,80551 \cdot 10^{-52}$, der Elektronenmasse m_{epl} , bzw. des Bohrradius r_{Bpl} , bei der Geschwindigkeit α und der Zentripetalkraft zwischen Proton und

Elektron zu verstehen. Da sich Massen in ihrer Anziehung Akkumulieren, während sich die elektromagnetischen Anziehungen und Abstoßungen weitgehend neutralisieren, beobachten wir in der Quantenwelt der Atome und der Welt der Planeten gewaltige Unterschiede.

Negentropie

Sowohl in der Welt der Atome als auch in der der Milchstraßen gibt es Strukturen die dem Wärmetod des Universums seit seiner Entstehung entgegenwirken. Gegenüber Boltzmanns thermodynamischem Entropiebegriff haben wir es im Universum also mit einer partiellen Negentropie zu tun, die Boltzmanns Überlegungen fundamental erweitern.

1. Das Universum dehnt sich aus und wächst permanent – damit auch seine Masse und Entropie.
2. Im Universum bilden sich zahlreiche Wellenstrukturen, Atome, Moleküle, Kristalle, oder Massezentren – damit eine informationstheoretische Redundanz und Negentropie.
3. Die Entstehung von Lebewesen erzeugt ihre Negentropie in einer besonders raffinierten Form, in dem sie auf ihren Nukleinsäuren über Jahrmillionen Informationen gespeichert haben, mit deren Hilfe sie ihr Überleben sichern konnten.

Dagegen hat Boltzmann in seinem Eta-Theorem nur die Thermodynamik der Moleküle in ihrem jeweiligen Ordnungszustand, und damit ihre Entropie, in einem begrenzten Raum betrachtet.

Die Dimensionslosigkeit Alpha der Ladung des Elektrons wird etwas verständlicher, wenn wir sehen, dass α die Geschwindigkeit des Elektrons im Verhältnis zur Lichtgeschwindigkeit ist und damit eine reine Verhältniszahl. Es wird langsamer und Schwerer als ein Photon gleicher Energie.

Als Konversionsfaktoren vom MKS- bzw. SI-System zum natürlichen System haben wir die

Planck-Spannung	aus	$1,04295 \cdot 10^{27}$	[V]	
Planck-Strom	aus	$3,47890 \cdot 10^{25}$	[A]	
Planck-Widerstand	aus	29,979304	[Ω]	Impedanz V/A
Planck-Kreisfrequenz	aus	$1,85487 \cdot 10^{43}$	[Hz]	$1/t_{Pl}$
Planck-Moment	aus	6,5257018	$[m_{Pl} \times l_{Pl} / t_{Pl}]$	$\sqrt{\text{Planck-Masse} \times \text{Planck-Energie}}$
Planck-Länge	aus	$1,61603 \cdot 10^{-35}$	[m]	
Planck-Masse	aus	$2,17674 \cdot 10^{-8}$	[kg]	
Planck-Zeit	aus	$5,39049 \cdot 10^{-44}$	[sec]	
Planck-Kraft	aus	$1,21060 \cdot 10^{44}$	[N]	
Planck-Energie	aus	$1,95636 \cdot 10^9$	[J]	
Planck Temperatur	aus	$1,41698 \cdot 10^{32}$	[°K]	
Planck-Ladung	aus	$1,87555 \cdot 10^{-18}$	[C]	

Dabei taucht der Wert 6,5257 nicht nur beim Planck-Moment $m_{Pl} \times l_{Pl} / t_{Pl}$ auf, sondern auch bei Verhältnissen wie

$$\hbar / \text{Planck-Länge} = 6,5257,$$

$$\text{Planck-Masse} \times c = 6,5257,$$

$$\text{Planck-Kraft} \times \text{Planck-Zeit} = 6,5257 \text{ und}$$

$$\text{Planck-Energie} / c = 6,5257,$$

da diese letztendlich alle $m_{Pl} \times l_{Pl} / t_{Pl}$ ergeben.

Nach einer Erklärung für den Zahlenwert des Planck-Moments von 6,525701797 ist ebenso wie nach der Größe von α noch zu suchen.

Dass die Gravitationskonstante aller Wahrscheinlichkeit nach wirklich konstant ist, und nur als Umrechnungswert von $[m^3 / sec^2 kg]$ in Erscheinung tritt, lässt sich auch daran erkennen, dass sie von der Planck-Größe

$$G = c^3 * t_{PL} / m_{PL} = 2,6944 \cdot 10^{25} * 5,39049 \cdot 10^{-44} / 2,17674 \cdot 10^{-8} = 6,67243 \cdot 10^{-11},$$

am Beginn des Universums mit der Planck-Zeit t_{PL} und der Planck-Masse m_{PL} , bis zum heutigen Universum

$$G = c^3 * t_u / m_u [m^3 / sec^2 kg] = 2,6944 \cdot 10^{25} * 4,32043 \cdot 10^{17} / 1,74464 \cdot 10^{53} = 6,67243 \cdot 10^{-11}$$

unverändert blieb. Darin ist t_u das heutige Alter des Universums und m_u seine Masse. Das spricht sehr dafür, dass G bei der Ausdehnung des Universums von der Größe einer Planck-Länge bis zur heutigen Größe konstant geblieben ist.

Das Alter des Universums, seine Ausdehnung und ebenso seine Masse betragen jeweils $8 \cdot 10^{60}$ natürliche Einheiten, während $G = 1$ blieb. Anzumerken ist noch, dass beide Radien, die der Planck-Länge als auch die des heutigen Universums dem Schwarzschild Radius $r_{Su} = G m_u / c^2 = 1,30 \cdot 10^{26} [m]$ (in natürlichen Einheiten $8 \cdot 10^{60}$ Planck-Längen) bzw. $r_{SpI} = G m_{PL} / c^2 = 1,61603 \cdot 10^{-35} [m]$ (in natürlichen Einheiten $1 = 1 * 1 / 1$ Planck-Länge) größenordnungsmäßig entsprechen.

Didaktik:

Bei der Einführung der natürlichen Einheiten sollte man darum in den Lehrbüchern der Schulen bzw. Hochschulen und insbesondere in einem elektronischen Lehrbuch (e-TextBook) der Physik die sogenannten Naturkonstanten nur noch als historische Entwicklungen in der Physik und als Artefakte entlarven, und als Beleg dafür, wie die Menschheit mühsam aber unausweichlich zu dem Ergebnis gelangte, dass Raum, Zeit und Energie untrennbar miteinander verknüpft sind.

Das führt auch dazu, dass bei jeder genaueren Bestimmung einer dieser Konstanten direkter geprüft werden kann, welche Auswirkungen dies auf das gesamte System hat.

Wenn wir heute das Alter des Universums in Jahren auf 14 Mrd. [J], den Durchmesser des Universums in Metern auf $1,3 \cdot 10^{26} [m]$ und die Masse des Universums in Kilogramm auf $1,7 \cdot 10^{53} [kg]$ schätzen, dann würde jede genauere Bestimmung einer dieser Größen auch die $8 \cdot 10^{60}$ präzisieren und die Konsequenzen für unser physikalisches Weltbild deutlich machen.

Eine solche Physik erleichtert nicht nur das Verständnis für viele physikalische Zusammenhänge, es fördert auch den geistigen Zugang zur Relativitätstheorie. Denn letztendlich war die Entdeckung der Relativitätstheorie zunächst nichts anderes, als die Erkenntnis, dass Raum, Zeit und Masse eine direkte Interdependenz offenbaren, wenn wir beispielsweise davon sprechen, dass Massen den Raum krümmen.

Obwohl es durchaus bedenkenswert sein könnte an die Stelle der natürlichen Einheiten auch

Stoney units mit $c = G = e = 1$ und $\hbar = 1/\alpha$

Schrödinger units mit $\hbar = G = e = 1$ und $c = 1/\alpha$

Dirac units mit $c = m_e = e = 1$ und $\hbar = 1/\alpha$ oder

Bohr units mit $e = m_e = \hbar = 1$ und $c = 1/\alpha$

zu setzen, spricht vieles dafür, $\hbar = c = 1$ werden zu lassen, da $\hbar = m_{PhPI} \times 1 \times r_{PhPI} = 1$ das Drehmoment aller elektromagnetischen Wellen im Universum ist, und da sich α als ein deutliches Charakteristikum der Quantensprünge bei den Energieniveaus der Elektronen

erweist, dessen Drehmoment damit ebenfalls $\hbar = m_{ePl} \times \alpha \times r_{BPl} = 1$ ist. In $\hbar = m_{PhPl} \times l \times r_{PhPl}$ steht m_{PhPl} für die Energie des jeweiligen Photons und r_{PhPl} für seinen Radius. Während in $\hbar = m_{ePl} \times \alpha \times r_{BPl} = 1$ die Masse des Elektrons m_{ePl} , α seine Geschwindigkeit und r_{BPl} der Bohrradius in natürlichen Einheiten ist. Da die Energie einer jeden elektromagnetischen Welle nach M. Planck $E = h \nu = 2\pi \hbar \nu$ ist, und in natürlichen Einheiten entsprechend $E_{Pl} = 2\pi / t_{Pl}$, ergibt sich für jede Energie eine entsprechende Wellenlänge mit direkter Proportionalität zu ihrer Amplitude. \hbar bleibt also konstant, weil die Energie aller elektromagnetischen Wellen in dem Maße zunimmt, in dem die Amplitude r abnimmt. Bildlich gesprochen ist also h eine Wellenlänge und \hbar die Amplitude bzw. der Radius des rotierenden Photons. Bei allen Photonen ist somit der Durchmesser um π (bzw. der Radius um 2π) kleiner als die Länge. Sie sind also länger als breit.

Ebenso wie es sinnvoll war, an Stelle von h die Dirac-Konstante $\hbar = h/2\pi = 1$ zu normalisieren wäre es möglicherweise auch sinnvoll an Stelle von $G = 1$ in Zukunft $G / 4\pi = 1$ zu setzen, da die Massenanziehungskraft entsprechend der Kugeloberfläche $4\pi r^2$ abnimmt. Bislang müssen wir aber noch die Bedeutung des Planck-Moments von 6,525701797 ebenso wie die von α suchen. So ist die

Planck-Länge um	6,5 kleiner als	\hbar , die
Planck-Masse ist um	6,5 größer als	$1/c$, die
Planck-Kraft ist um	6,5 größer als	$1/t_{Pl}$ und die
Planck-Energie ist um	6,5 größer als	c .

Wenn man erkennt, dass die natürlichen Einheiten eine Beseitigung der anthropozentrischen Maßsysteme sind, und nicht nur eine Vereinfachung der quantenmechanischen Betrachtungen, dann erfordert das die Akzeptanz einer durchgehenden physikalischen Vereinheitlichung auf dem Gebiet der Physik, die diese letztendlich nicht komplizierter, sondern einfacher verständlich macht.

Erlaubte und unerlaubte Vereinfachungen:

Wissenschaft bewegt sich im Prinzip immer zwischen Skylla und Charybdis. Einerseits erscheinen in ihr viele Probleme vor ihrer Lösung komplizierter als sie es sind, weil man noch nicht weiß, wo der eigentliche Schlüssel zur Lösung liegt, und andererseits steht sie immer in der Gefahr der unerlaubten Vereinfachung. Insbesondere seit Ockhams Ausführungen (*Occam's Razor*) zu dieser Problematik der Vereinfachung (13. Jh.) wurde diese Frage immer wieder erörtert. Im Vorliegenden Fall kann man ohne Übertreibung sagen, dass das anthropozentrische Maßsystem mit seinen Umrechnungskonstanten unser physikalisches Weltbild stark verkompliziert hat, und dass wir nun aber vorsichtig sein müssen, es nicht unerlaubt zu vereinfachen, in dem wir alle Dimensionen nur noch auf Zeit und Dimensionslosigkeit (L. Hsu und J. P. Hsu)⁴ reduzieren. Auch wenn Raum, Zeit und Energie miteinander eng verwoben sind, so sind sie doch nicht nur auf Zeit reduzierbar. Im Gegenteil, schon die verschiedenen Energieformen können in der Energieerhaltung zwar quantitativ ineinander umgerechnet werden, sind aber in ihrer Wirkung, so wie wir sie als Masse, als chemische, elektrische, kinetische oder potentielle Energie kennen, qualitativ sehr unterschiedlich. Das zeigt sich u.a. darin, dass die Umrechnung von kg zur Planck-Masse den Vergleich mit $1/c$ und die Umrechnung von Joul zur Planck-Energie den Vergleich mit c nahe legt. Die Dimension der Zeit hat nur einen Sinn, wenn wir räumliche oder energetische Veränderungen beobachten können. Ohne Veränderung im Universum gibt es keine Zeit.

Die Vereinfachung vom SI-System zum natürlichen System ist ohne Zweifel auch von Schülern und Studierenden, also Menschen die noch kein Physikstudium absolviert haben, zu begreifen und damit eine didaktische Erleichterung, im Gegensatz zu so mancher Äußerung in

der Literatur, die nur deutlich macht, dass der Abschied von unseren altbekannten Fundamentalkonstanten schwer fällt, sobald man sich an sie bereits gewöhnt hat.