

Dr. Hans Peter Good

Über den Ursprung der Naturkonstanten

$$\mathbf{3/5 \alpha_{Grav} = (2\pi^8)^{-9}}$$

Axiomatische Ideen mit Bezügen
zur messbaren Realität

OPTIMUS

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Good, Dr. Hans Peter:

Über den Ursprung der Naturkonstanten $3/5 \alpha_{\text{Grav}} = (2\pi^8)^{-9}$

Axiomatische Ideen mit Bezügen zur messbaren Realität

ISBN 978-3-86376-163-9

Alle Rechte vorbehalten

1. Auflage Februar 2014 (ISBN 978-3-86376-067-0)

2. überarbeitete Auflage Mai 2016

© Optimus Verlag, Göttingen

URL: www.optimus-verlag.de

Printed in Germany

Papier ist FSC zertifiziert (holzfrei, chlorfrei und säurefrei,
sowie alterungsbeständig nach ANSI 3948 und ISO 9706)

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes in Deutschland ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Für Graziella

Vorwort zur zweiten Auflage

Die vorliegende zweite Auflage ist um das Kapitel „Phänomenologische Katalogisierung von Teilchen mit Hall-Bruchzahlen“ erweitert worden. Alle anderen Kapitel wurden – außer der Korrektur formaler Fehler und einer Ergänzung über den Sonnenwind im Kapitel „Die universelle Energiedichte“ – in der üblichen Form belassen. Zusätzlich wurde im gesamten Buch zur Verbesserung der Leserlichkeit und zur Vermeidung von Missverständnissen die reduzierte Planck-Konstante \hbar durch \hbar_{quer} ersetzt.

Das Ergänzungskapitel ist größtenteils der experimentellen Teilchenphysik gewidmet und versucht, Massenverhältnisse, partielle mittlere Lebenszeiten, magnetische Momente schwerer Teilchen und Ladungsradien der leichtesten Hadronen, ohne dass neue Parameter eingeführt werden, mittels Energiequanten, Zahlkonstanten und experimentell bestätigter Hall-Bruchzahlen zu erklären. Alle phänomenologischen Ansätze sind dimensionslose Ausdrücke und deshalb unabhängig von jedem Maßsystem. Sie erfüllen das Prinzip der Einfachheit und der Universalität. Bis auf ganz wenige Ausnahmen liegen die mit den Ansätzen berechneten Verhältniswerte innerhalb der experimentellen Fehlergrenzen.

Gesamthaft wurden nach demselben Formalismus circa siebzig, über mehrere Experimente gemittelte Daten der Particle Data Group analysiert. Die Teilchenmassen wurden auf die Referenzmasse m_e , die Ladungsradien auf die Compton-Länge von m_e , die magnetischen Momente auf das Bohr-Magneton beziehungsweise die partiellen mittleren Lebenszeiten auf die Referenzzeit $h/(m_e c^2)$ bezogen. Unabhängige Referenzgrößen sind nötig, damit die in den Definitionen der Einheiten steckende Willkür beim Vergleich von „Theorie“ und Experiment keine Wirkung zeigt.

Zur Katalogisierung der siebzig Daten reichen Hall-Bruchzahlen und vier dimensionslose, physikalisch verankerte Größen aus, die schon in Kapiteln der ersten Auflage definiert wurden. Bemerkenswert ist, dass mit denselben Zahlkonstanten, die Teilchenumwandlungen beschreiben, auch die Hyperfeinaufspaltung des Positroniums mittels eines einfachen Ansatzes berechnet werden kann.

Das angefügte Kapitel ist ausschließlich eine experimentelle Verifikation der Hypothesen vorangehender Kapitel und schließt eine Lücke in der ersten Auflage.

Vorwort zur ersten Auflage

Unter die größten Entdeckungen, auf die der menschliche Verstand in den neuesten Zeiten gefallen ist, gehört meiner Meinung nach wohl die Kunst, Bücher zu beurteilen, ohne sie gelesen zu haben.

Georg Christoph Lichtenberg

Die Naturkonstanten bestimmen die Skala aller physikalischen Probleme und bilden als quantitative Verknüpfungen das Netz der physikalischen Theorien, welche die Konstanten selbst nicht festlegen. Sie werden experimentell so genau wie möglich ermittelt und sind das Ergebnis einer multivarianten Ausgleichsrechnung vieler Experimente [V 1]. Da sie aus einer Vielzahl von Messungen ermittelt wurden, sind sie experimentelle Größen, welche eine fast atemberaubende Exaktheit aufweisen, welche die in einem Einzelexperiment erzielte bei weitem übertrifft. Ihre Zahlenwerte und Einheiten sind keine Naturgesetze, sondern sie beruhen auf Vereinbarungen und sind Bezugspunkte für verschiedene physikalische Gebiete, damit die physikalischen Gleichungen stimmen. Wegen der multivarianten Ausgleichsrechnung, die durch ein internationales Komitee überwacht wird, sind die Naturkonstanten zwar sehr genau, aber nachteiligerweise auch modellabhängig und untereinander verknüpft. Die Gravitation rechnet zum Beispiel mit G , die relativistische Physik nimmt eine endliche Grenzgeschwindigkeit c an, die statistische Thermodynamik hat die Boltzmann-Konstante k_B eingeführt, und die Quanten-Physik wird von dem planckschen Wirkungsquant h bestimmt. Diese konsistenten Bausteine sind Mitteilungen der Natur, welche nach heutiger Überzeugung im ganzen Kosmos gelten sollten. Trotzdem sind bis auf wenige Ausnahmen die meisten ihrer Zahlenwerte eigentlich nutzlos, da sie vom gewählten Einheitensystem abhängen und dadurch willkürlich sind. In vielen Abhandlungen wird deshalb oft das Gefühl vermittelt, dass Naturkonstanten lediglich ein unvermeidlicher Zusatz physikalischer Gesetze oder ein notwendiges Übel sind. Zu finden sind sie im besten Fall in Form einer Tabelle entweder am Anfang oder am Ende eines Buches. In gewissen Fällen werden sie sogar einfach weggelassen und gleich eins gesetzt. Durch diese „Mathematisierung“ geht sehr viel Physik verloren, da unter anderem Dimensionsbetrachtungen von physikalischen Gleichungen nicht mehr möglich sind.

Gibt es eine Verbindung zwischen den Naturkonstanten oder sind alle einfach nur menschengemacht? Aus welchem Grunde tauchen diese invarianten Größen in allen Experimenten auf? Wie viele sind überhaupt notwendig? Steht eine mathematische Struktur dahinter? Kann willkürlich sowohl eine Zeitskala, eine Längenskala als auch eine Massenskala gewählt werden? Ist die Temperaturskala von diesen drei Skalen völlig unabhängig? Dies sind grundlegende physikalische Fragen, bei denen sich viele Physiker nicht einig sind [V 2]. Dies ist deshalb auch das Thema des vorliegenden Buches, das versucht, mit einer alternativen, einheitlichen Sicht eine kompatible Verbindung zwischen den unterschiedlichen, physikalischen Skalen herzustellen.

Die Existenz der Naturkonstanten ist wahrscheinlich kein Zufallsprodukt, sondern die Konsequenz von inneren Zusammenhängen. Sie selbst beinhalten das größte Potential, uns etwas über ihre Verknüpfungen zu verraten. Wenn in Formeln unterschiedliche Naturkonstanten erscheinen, werden dadurch unweigerlich getrennte Gebiete der Physik miteinander in Beziehung gesetzt. Dieses Gefüge kann nicht mathematisch gefolgert oder abgeleitet werden. Es muss aus der empirischen Beobachtung kommen, indem nach Zusammenhängen zwischen den verschiedenen Naturkonstanten gesucht wird. Dabei ist im Auge zu behalten, dass das Ganze nicht in Zahlenmystik ausarten sollte, Skepsis angebracht ist und die Aussagen immer wieder mit experimentellen Daten verglichen werden. Wohl kann es aber sein, dass wenige Zahlenkonstanten existieren, welche losgelöst vom Einheitensystem die Verknüpfungen der unterschiedlichen physikalischen Skalen definieren. So wie die Rydberg- oder Stefan-Boltzmann-Konstante einst ihre irreduzierbare Stellung verlor [V 3], ist es denkbar, dass zum Beispiel auch die Newton-Konstante durch andere Konstanten dargestellt werden kann.

Das vorliegende Buch beginnt mit der radikalen Deutung, dass die Massenskala nicht unabhängig von der Zeit- und Längenskala gewählt werden darf. Die Einheit Kilogramm ist zwar für makroskopische Erscheinungen praktisch, aber in der Welt der Einheiten beschreibt sie eine abgeleitete Größe. Diese Sichtweise entstand dadurch, dass eine Idee von David Bohm konsequent umgesetzt wurde. Er verglich die Formeln der elektromagnetischen Energie eines Hohlraums mit der Energie eines harmonischen Oszillators und stellte fest, dass die Formeln für die Energie in beiden Fällen eine analoge mathematische Struktur aufweisen. Wird nun gefordert, dass dies nicht nur formal zutrifft, sondern entsprechende Größen auch zahlenmäßig gleich sind, ergibt sich daraus die Konsequenz, dass in der Welt der Einheiten die Masseinheit auf die dynamischen Einheiten von Länge und Zeit zurückgeführt werden kann. Diese mathematisch-formale Gleichsetzung, welche im Kapitel „Die David-Bohm-Analogie: Eine vergessene Idee über den Ursprung der Masse“ ausgearbeitet wird, ist gewagt, erlaubt aber einen völlig anderen Blick in die atomare und subatomare Welt. Sie ermöglicht sogar einen innovativen Brückenschlag zwischen der Gravitation, der dazu abseits stehenden Quantenmechanik und der statistischen Thermodynamik. Das aus der David-Bohm-

Analogie abgeleitete Axiom wird laufend auf die Probe gestellt und dahingehend überprüft, ob es mit Beobachtungen übereinstimmt. Es ist der stete Begleiter durch das ganze Buch bis zum Schluss.

In den nächsten drei Kapiteln folgen Betrachtungen über allgemeingültige Längen. Nach dem Prinzip der Einfachheit wurde zuerst in den zurzeit verfügbaren Modellen der Physik nach Längen gesucht und aus den fundamentalsten Naturkonstanten deren Werte berechnet. Dem liegt die Idee zugrunde, dass fundamentale Längenskalen existieren müssen, weil es in der Physik wichtig ist zu wissen, wie groß Dinge eigentlich sind. Durch Multiplikation mit der dimensionslosen Sommerfeld- oder Feinstrukturkonstante als „geometrischem Faktor“ wurden die Werte dann so skaliert, dass sie in die Nähe der Längen zu liegen kamen, welche in der Welt der Physik eine Rolle spielen. Die Wahl der Feinstrukturkonstante mag willkürlich erscheinen, aber als Skalierungsfaktor ist sie eigentlich fast zwingend, da sie die einzige dimensionslose Größe ist, welche durch die Physik und nicht durch die Mathematik vorgegeben ist. Auch L. L. Whyte [V 4] vertrat den Standpunkt, dass eine Längenmessung eine fundamentale und einzigartige Stellung in allen elementaren Vorgängen einnimmt. Diese Ansicht wurde auch von W. K. Heisenberg geteilt, der darauf hinwies, dass eine Masse nicht aus h und c alleine, sondern nur zusammen mit einer fundamentalen Länge berechnet werden kann. Obwohl in Newtons und Maxwells Theorien keine Längen auftreten, war die Physik immer gezwungen, Formeln zu benutzen, die besondere Längen enthalten. Die phänomenologische Beschreibung der Supraleitung durch die Brüder London ist ein Beispiel dafür und weist auf das Vorhandensein einer Konstante mit der Dimension einer Länge hin.

Von zentraler Bedeutung ist der nächste Abschnitt. Er beinhaltet die Berechnung universeller Größen mittels fundamentaler Längen und der David-Bohm-Analogie. Dabei spielt auch die Theorie des Metall-Isolator-Übergangs von N. F. Mott und die statistische Thermodynamik eine wichtige Rolle. Durch einfache thermodynamische Überlegungen kann nämlich eine fundamentale Referenztemperatur oder virtuelle Wärmeenergie festgelegt werden, auf die in folgenden Kapiteln immer wieder Bezug genommen wird. Ein Längenvergleich bietet als Konsequenz dann die Möglichkeit, die Sommerfeld-Konstante α als Zahlkonstante festzulegen. Alle hergeleiteten Werte der universellen Größen werden mit experimentellen Exempeln und gemessenen Sachverhalten belegt. Die eingebrachte Idee, welche dem radikal zuwiderläuft, was die Physik heute verlangt und vorgibt, gewinnt dadurch an Objektivität und verliert durch diese Bezüge zur Realität ein wenig das Merkmal der Verrücktheit. Natürlich beruht die Sichtweise auf Vermutungen und ist spekulativ und axiomatisch. Aber sie bezieht sich auf wenige kritische Größen und ist ein auf Observablen beruhender Formalismus ohne anzupassende Parameter. Ohne unbeweisbare Voraussetzungen in Form von Axio-

men – mit dem Risiko, dass dadurch auch physikalische Probleme überdeckt werden können – lässt sich aber kein physikalisches Modell formulieren.

Aus der David-Bohm-Analogie lässt sich durch Umformen eine fundamentale Energiedichte ableiten. Diese Tatsache führt im Kapitel „Die universelle Energiedichte“ zur Möglichkeit, dass sowohl die Masse des Elektrons m_e als auch die Newton-Konstante G als Größen definiert werden können, die nur noch von der Planck-Konstante h und der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit c abhängen. Letztere Festlegung basiert ähnlich wie die Festlegung der Feinstrukturkonstante auf einem Längenvergleich. Dieses Vorgehen liefert obendrein noch eine Erklärung für das fundamentale Problem, weshalb beim Wasserstoffatom das Elektron im Grundzustand trotz Bewegung keine Strahlungsenergie verliert. Mittels der fundamentalen Energiedichte ist es ebenfalls möglich, eine astronomische Längenskala festzulegen, die Ursache dafür sein könnte, weshalb Galaxien Gruppen bilden beziehungsweise Galaxien die größten klar definierten Bausteine des Universums sind. Es liegt nicht in der Absicht des vorliegenden Buches, Vorhersagen zu machen, da die experimentellen Daten in erster Linie dazu dienen sollen, Vermutungen zu überprüfen und der Idee „das Laufen beizubringen“. Trotzdem wird in diesem Kapitel die Obergrenze der Elektron-Neutrino-Masse abgeschätzt, da sich eine entsprechende Masse in der richtigen Größenordnung aus der fundamentalen Energiedichte ableiten lässt.

Unsere Welt, vom kleinsten subatomaren Teilchen bis zum Galaxienhaufen, scheint irgendwie miteinander verwoben zu sein. Interessanterweise liefert auch die David-Bohm-Analogie eine Beziehung, die in diese Richtung weist. Es können nämlich mit einer Transformation oder Dualitätsrelation kleine Längen in große Längen und umgekehrt umgewandelt werden. Im Kapitel „Die Dualitätsrelation oder die Verbindung zwischen Mikro- und Makrokosmos“ werden mittels dieser Transformation der mittlere Ladungsradius des Protons bestimmt und eine charakteristische Energieskala der Kernbindung hergeleitet. Mehrere Tausend Kernbindungsenergien lassen sich damit im Mittel hervorragend parametrisieren. Auch das Modell MOND erfährt durch diese Sichtweise eine interessante Erklärung und die Anzahl vorhandener fundamentaler Längen wird schlüssig vergrößert, ohne dass neue Parameter eingeführt werden.

Im nächsten Kapitel wird mittels des Konzepts der elektrostatischen Feldenergie eine zusätzliche fundamentale Länge festgelegt. Ebenfalls werden gespeicherte Feldenergien von homogen geladenen Kugelschalen mit unterschiedlichen Radien untersucht. Wird nämlich der Radius einer Kugelschale durch in vorigen Kapiteln erarbeitete Längen ersetzt, ergeben sich interessante Feldenergien, die mit Messgrößen verglichen werden können. So entspricht zum Beispiel die berechnete relative Helium-Häufigkeit im Universum ziemlich genau dem gemessenen Wert. Verblüffend ist auch, dass mehrere Raman-Linien von Diamant und Graphit zusammen mit der Referenzenergie mit einer Feldenergie parametrisiert werden können. Eine andere Feldenergie scheint für

die Photosphäre der Sonne die relevante Energieskala zu sein. Spielt diese Energieskala möglicherweise auch für andere Sterne eine Rolle?

Das Gesetz der planckschen Wärmestrahlung ist zweifelsohne eines der fundamentalsten Gesetze der Physik. Diesem Gesetz wurde deshalb ein eigenes, kleines Kapitel gewidmet. Die plancksche Wärmestrahlung widerspiegelt sich in perfekter Form in der Mikrowellen-Hintergrundstrahlung unseres Universums. Die daraus abgeleitete kosmische Mikrowellen-Temperatur T_{CMB} von 2.728 Kelvin lässt sich erstaunlicherweise auf eine Feldtemperatur und mittels Umformungen auf die Referenztemperatur zurückführen. Die Übereinstimmung ist nahezu perfekt, da der berechnete Wert in der Mitte des Fehlerbandes von T_{CMB} liegt. Heutige Theorien zeigen keinen Bezug von T_{CMB} zu Naturkonstanten auf: Sie interpretieren die Mikrowellen-Temperatur als eine Größe, die nur experimentell bestimmt werden kann. Planck war der Erste, der die drei Konstanten h , c und k_B im gleichen Gesetz verwendete. In diesem Kapitel wird die Frage gestellt, ob die drei Konstanten wirklich voneinander unabhängig sind, da sowohl h als auch k_B denselben physikalischen Sachverhalt des Zufalls beschreiben. Obwohl die Hintergrundstrahlung bei hohen Energien keine plancksche Wärmestrahlung darstellt, werden in diesem Kapitel Gedanken darüber angestellt. Es erstaunt nicht, dass die Umwandlung von Kernenergie in Strahlungsenergie beziehungsweise die diffuse Hintergrundstrahlung bei hohen Energien mit der Energieskala der Kernbindung verknüpft sein könnte, da sie sich ebenfalls mit einer Feldenergie erklären lässt.

Im nachfolgenden Kapitel werden die Gravitation, die Radioaktivität und der kollektive Magnetismus miteinander in Zusammenhang gebracht. Die Stärken dieser Wechselwirkungen werden mittels dimensionsloser Kopplungskonstanten, die alle auf die Feinstrukturkonstante zurückgeführt werden können, zahlenmäßig erfasst. Diese Quantifizierung gelingt deshalb, weil wegen der David-Bohm-Analogie und der Festlegung der Feinstrukturkonstante als Zahl sowohl die Newton-Konstante als auch die Elektron-Masse durch die „Konversionskonstanten“ h und c dargestellt werden können.¹ Diese dimensionslosen Kopplungskonstanten erlauben dann die Berechnung des anomalen magnetischen Moments des Elektrons a_e . Das anomale magnetische Moment des Elektrons ist die dimensionslose physikalische Größe, welche bis heute mit der größten Genauigkeit gemessen wurde. Da zu dieser Messgröße alle an das Elektron gekoppelten Wechselwirkungen beitragen, ist sie als Bezugsgröße für die Physik fundamental. Bemerkenswert ist, dass die Beschreibung von a_e mit drei einfachen

¹ Den Status einer trivialen Konversionskonstante hat die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit c im SI-System heute schon.

Termen gelingt, und der damit berechnete Wert mit dem berühmten Präzisionsexperiment der Dyck-Schwinberg-Dehmelt-Gruppe der University of Washington innerhalb der Fehlergrenzen übereinstimmt. Im Gegensatz dazu ist gemäß der Quantenelektrodynamik (QED) das Elektron ein geometrischer Punkt ohne Ausdehnung, welches mit einer unendlichen Anzahl virtueller Teilchen wechselwirkt. Der Austausch der virtuellen Teilchen wird mittels komplizierter Integrale beschrieben. Ist die QED wirklich die einzig mögliche Theorie zur Erklärung von a_e ? Drei Terme sind auf jeden Fall einfacher zu interpretieren als Integrale, die nur mit einem mathematischen Trick zur Vermeidung von Unendlichkeiten gelöst werden können. Da die Festlegung der Sommerfeld-Konstante im Kapitel „Die Sommerfeld-Konstante als Zahlkonstante“ nicht an a_e gebunden ist, wie es heute der Fall ist, erlaubt diese Definition eine unabhängige Überprüfung. Auch die Beschreibung des anomalen magnetischen Moments des Müons gelingt mit denselben Zahlkonstanten. Hier ist die Übereinstimmung mit dem Messresultat innerhalb der Fehlergrenzen aber nicht gegeben. Am Ende dieses Kapitels wird noch die Frage aufgeworfen, ob das Massenverhältnis m_W/m_Z beziehungsweise der damit verknüpfte Kosinus des elektroschwachen Mischungswinkels möglicherweise auf das Massenverhältnis m_p/m_e zurückgeführt werden kann.

Die meisten astronomischen Messungen können trotz immer besserer Genauigkeit nicht mit Präzisionsmessungen im Labor verglichen werden. Bezüge zu solchen Messdaten sind deshalb mit größerer Unsicherheit behaftet. Im Kapitel „Interpretation astronomischer Messwerte mit universellen Größen“ wird dessen ungeachtet versucht, gewisse astronomische Beobachtungen allein mit in den vorangegangenen Kapiteln hergeleiteten fundamentalen Größen zu berechnen, ohne dass neue Parameter eingeführt werden. In diesem Kapitel findet auch ein Ausflug ins Hochenergielabor des Universums statt, wo millionenfach höhere Energien auftreten als am CERN beim LHC. Kopplungskonstanten könnten nämlich auch eine Erklärung für die permanent ionisierende Primärstrahlung (E. Regener) liefern. Gleichermaßen lässt sich einer der zwei geheimnisvollen „Knicke“ im Energiespektrum der kosmischen Strahlung interpretieren. Im Kapitel „Unser Stern – die Sonne“ werden gewisse Sonnenbeobachtungen beziehungsweise eine alternative Hypothese über ihre Funktionsweise mittels fundamentaler Größen vorangehender Kapitel thematisiert.

Das vorliegende Buch ist ein erklärender Versuch, den Aufbau der Materie durch eine andere Optik als durch die der vorherrschenden Lehrmeinung zu sehen. Wenn auch jede Einzelbeobachtung zu einer Diskussion führen kann, sind die kombinierten Ergebnisse vieler voneinander unabhängiger Tests aber nicht von der Hand zu weisen. Die Vermutungen bewahrheiten sich dadurch, dass sie oft zu hervorragenden Übereinstimmungen mit Experimenten der realen Welt führen, die in der Literatur nachgeprüft werden können. Es steht jedem frei, aus der bunten Vielfalt der Bezüge zur Realität abzuleiten, ob die Vermutungen und Assoziationen vertretbar oder schlichtweg

falsch sind. Diese Sicht kann nicht bewiesen werden, und ein Anspruch auf mathematische Rigorosität wird nicht erhoben. Klar ist, dass das Herstellen von Bezügen zu experimentellen Daten keine mathematischen Beweise sind und in der Fachwelt kritisch hinterfragt werden wird. Die Einfachheit des Formalismus und die evidente Tatsache, dass sehr oft passende Antworten zu existierenden Daten von noch überschaubaren Experimenten erhalten werden, flößt Vertrauen ein. Es bedeutet aber nicht, dass der Gesichtspunkt auch richtig ist. Sicher ist, dass unser Wissen immer mangelhaft und unvollständig ist. Auch wenn die Vermutungen die experimentellen Beobachtungen oft mit beeindruckender Präzision beschreiben und phänomenologisch in die richtige Richtung zeigen, ist trotzdem Skepsis angebracht. Ein Hinterfragen ist immer nötig, ob der richtige Weg eingeschlagen wurde oder nicht. Denn es lassen sich oft zu einem Ergebnis mehrere passende Begründungen finden oder, wie Karl Popper es ausdrückt: Selbst wenn wir denken, wir kommen vorwärts, ja gerade wenn wir das denken, können wir durchaus auf dem falschen Weg sein.²

Viele Physiker finden das ganze Buch wahrscheinlich suspekt und runzeln die Stirn, da Gesichtspunkte zu neueren theoretischen Modellen, die nicht selten durch ihre mathematische Schönheit und Eleganz gerechtfertigt werden, gänzlich fehlen. Es wurde vieles intuitiv ohne schwere Mathematik durch einfaches Zusammenfügen oder durch heuristisches Hantieren mit Hilfe der „unmathematischen“ Dimensionsanalyse erarbeitet. Obwohl die Dimensionsanalyse ein grundlegendes Prinzip ist, erfüllt sie wahrscheinlich in den Augen einiger Naturwissenschaftler die Kriterien wissenschaftlichen Arbeitens nicht. Aber nur dimensionsbehaftete Größen sind in der Lage, physikalische Skalen zu setzen und die Realität abzubilden! Das angewandte Prinzip der Größenordnungen ohne komplizierte Formalismen liegt diametral in einer anderen Richtung als die heutigen Berechnungen, die fast esoterisch mit immer leistungsfähigeren Rechnern unter Beachtung bereits etablierter Prinzipien durchgeführt werden. Die in diesem vorliegenden Buch gewählte, numerische Rechenarbeit ist simpel. Sie führt mittels charakteristischer Längen- und Energieskalen zu einem anderen physikalischen Verständnis als gegenwärtig in der Mainstream-Physik gelehrt wird. Leider macht die heutige Physik durch die Einführung neuer Parameter³ und den Einsatz von Rechnern die Dinge immer komplexer. Unbestreitbar ist, dass spezifischen Gebieten der Physik typische Skalen zugeordnet werden müssen. Erst wenn solche Skalen, wo dimensionslose Faktoren eine Rolle spielen, bekannt sind, ergeben Simulationen überhaupt einen Sinn.

² Die Quantentheorie und das Schisma der Physik, Mohr Siebeck, Seite 41

³ Allein das heutige Standardmodell (SM) der Teilchenphysik hat 27 Parameter, die alle experimentell bestimmt werden müssen.

Einige Physiker stimmen aber sicher darin überein, dass die gegenwärtige Physik in einem Dilemma steckt [V 5], [V 6], [V 7], [V 8], da unter anderem die Massenwerte der Elementarteilchen nicht aus den gegenwärtigen Theorien hergeleitet werden können. Der Formalismus der Quantenmechanik ist zwar in der Lage, den Aufbau der Atome mit einem positiven Kern und negativ geladenen Elektronen prinzipiell zu erklären, er liefert aber keinen Anhaltspunkt für die Beziehung zwischen den Absolutwerten der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit (c), Ladung (e) und dem Wirkungsquantum (h). Durch die Quantenmechanik werden aber wie durch keine andere Theorie die Anzahl der freien Parameter der physikalischen Welt drastisch reduziert. Im Gegensatz dazu ist das Standardmodell der Teilchenphysik mit vielen Parametern überladen, um damit die Beobachtungen zu erklären. Der mathematische Formalismus ist enorm und ein Nichtmathematiker vermag kaum mehr zu verstehen, was physikalisch vor sich geht. Bis heute gibt es kein Verfahren, das in der Lage ist, die Masse des Protons, des Neutrons oder anderer Teilchen zu berechnen, obwohl diese Objekte als gebundene Quarkzustände beschrieben werden. Ist die physikalische Welt so kompliziert? Oder wurde etwas übersehen? Hoffentlich liefern die vorliegenden Überlegungen einen kleinen Beitrag für eine realitätsbezogeneren Sichtweise, da sie auf der Einbindung der Naturkonstanten in den Betrachtungen beruhen. Physikalische Objekte können wegen auftretenden mathematischen Singularitäten keine Punkteilchen sein, sondern müssen wahrscheinlich als dynamische geometrische Strukturen aufgefasst werden. Es wird nicht der Anspruch erhoben, bei der Beschreibung der atomaren Gebilde alles zu erkennen, sondern nur aufgezeigt, dass verblüffend einfache quantitative Zusammenhänge existieren, auf welche scheinbar komplizierte Vorgänge zurückgeführt werden können. Viele Zusammenhänge sind aber nicht geklärt und unverstanden, und ein tiefer gehendes Verständnis ist noch vonnöten. Die zugrunde liegenden Ideen entspringen keiner konsistenten, mathematisch sauberen Theorie. Eventuell sind sie aber für Theoretiker und Experten in den einzelnen Fachgebieten ein Hinweis und Denkanstoß, welche prinzipiellen Folgerungen daraus gezogen werden können oder welche „ausgereifte“ Mathematik für eine Formulierung der Ideen notwendig ist. Unter Umständen regt es auch Experimentatoren dazu an, auf gewissen Gebieten der Physik noch genauere Messungen durchzuführen. Es bleibt, diesen Rahmen noch auszufüllen und sowohl das mathematische als auch das physikalische Verständnis als Ergänzung zu vertiefen.

Modelle und Experimente vieler Wissenschaftler machten die vorliegende Arbeit erst möglich. Die verschiedenen Modelle werden im Buch nur kurz angedeutet und nicht einzeln beschrieben, sondern nur referenziert. Die Einzelheiten dazu sind in einer Fülle hervorragender Bücher zu finden. Alle Rechnungen und Herleitungen werden nur so weit ausgeführt, wie es zum Verständnis der Überlegungen notwendig erschien. Anspruch auf mathematische Gewissheit und Klarheit wird nicht erhoben. Denn die verwendete Mathematik ist sehr simpel und sicher für die meisten einsichtig, da keine Gruppentheorie, Operatoren und Wellenfunktionen zur Beschreibung verwendet wer-

den. Es wird versucht, die Sachverhalte nicht abstrakt zu betrachten oder durch eine formale Sprache zu maskieren. Was zählt ist die Verknüpfung einfacher physikalischer Modelle zu einem konsistenten Ganzen unter Wahrung geometrischer Prinzipien mit Größenordnungen von Längenskalen, die physikalisch einen Sinn ergeben. Ziemlich sicher liegt allem aber eine mathematische Struktur und Symmetrie zugrunde. Vermutlich spielen Zahlentheorie und Geometrie dabei eine wichtige Rolle. Denn, wenn die Physik der Einheiten entledigt wird, bleibt nur noch die Arithmetik, wo das wirklich Kleinste die natürliche Zahl eins ist. Durch das Postulat der Quantenmechanik, dass die Energie gequantelt ist, wird dazu eine diskrete Mathematik benötigt. Das Entscheidende ist, welche Maßzahl dieses mathematische Symbol des Kleinsten in der physikalischen Wirklichkeit hat.

Im ersten Teil des vorliegenden Buches wird einzig und allein Bezug auf Resultate publizierter Experimente genommen. Dies ist im zweiten Teil anders. Hier werden mit aller Sorgfalt durchgeführte Messungen an dünnen Widerstandsschichten vorgestellt, die sich über Jahre in einem professionellen Umfeld ansammelten. Alle Messdaten entstanden unabhängig von den im ersten Teil des Buches erläuterten Ideen. Die Interpretation der Messdaten im Rahmen etablierter Modelle ist schwierig oder unmöglich. Weil in vielen Fällen keine Erklärung gefunden werden kann, landen solch „anormalen“ Daten normalerweise im Papierkorb. Im zweiten Teil des Buches wird jedoch versucht, mittels Längen- und Energieskalen des ersten Teils eine alternative Sichtweise zu gewinnen. Vielleicht hängen die besprochenen Messergebnisse in der Tat damit zusammen. Es ist eine spannende experimentelle Reise in eine mesoskopische Welt, die unabhängig vom ersten Teil des Buches angetreten werden kann. Spannend deshalb, weil diese Experimente zeigen, dass im Mesokosmos Gesetze des Makrokosmos oft nicht mehr gültig sind, weil interessante Größeneffekte und emergentes Verhalten auftreten.

Quellenangaben zum Vorwort der ersten Auflage

- [V 1] The fundamental constants and theory
P.J.Mohr
Philosophical Transactions of the Royal Society A 363 (2005) 2123 – 2137
- [V 2] Trialogue on the number of fundamental constants
M.J.Duff, L.B.Okum and G.Veneziano
arXiv:physics/0110060
- [V 3] Elementary constants of nature
E.Hantsche
Annalen der Physik 47 (1990) 401 – 412
- [V 4] Über die Eigenschaften einer einheitlichen physikalischen Theorie
L.L.Whyte
Zeitschrift für Physik 56 (1929) 809 – 817
- [V 5] Lee Smolin
The trouble with physics
Mariner Books, September 2007
- [V 6] Peter Woit
Not even wrong
Basic Books, September 2006
- [V 7] Roger Penrose
The road to reality
Vintage, Januar 2007
- [V 8] Robert B.Laughlin
Abschied von der Weltformel: Die Neuerfindung der Physik
Piper, September 2007

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur zweiten Auflage

Vorwort zur ersten Auflage

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
TEIL I.....	1
1 Die David-Bohm-Analogie: Eine vergessene Idee über den Ursprung der Masse	3
1.1 Quellenangaben zu Kapitel 1	7
2 Universelle Längen der Atomphysik und der statistischen Physik.....	9
2.1 Quellenangaben zu Kapitel 2	12
3 Ladungslokalisierung und Delokalisierung	13
3.1 Die universelle Abschirmlänge und der mottische Metall-Isolator-Übergang	15
3.2 Die neundimensionale Hyperkugel als mögliches Ordnungsprinzip und die Bedeutung von π	17
3.3 Quellenangaben zu Kapitel 3	22
4 Die universelle Länge für Nahordnung	23
4.1 Quellenangaben zu Kapitel 4	30
5 Berechnung universeller Größen mittels der David-Bohm-Analogie	33

5.1	Die universelle London-Länge	33
5.1.1	Die elementare Volumenzelle und die Berechnung der Referenztemperatur	34
5.1.2	Bezüge der Referenztemperatur zur physikalischen Wirklichkeit: Eine Auswahl	39
5.2	Die Sommerfeld-Konstante α als Zahlkonstante	46
5.3	Das universelle Wechselwirkungsteilchen als Konsequenz der Referenztemperatur	51
5.4	Die Geometrisierung physikalischer Dimensionen	53
5.5	Die universelle Teilchenzahldichte	55
5.6	Quellenangaben zu Kapitel 5	57
6	Die universelle Energiedichte	61
6.1	Der Ursprung der Masse m_e des Elektrons und deren Festlegung durch die Planck-Konstante h und die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit c	62
6.2	Die universelle intergalaktische Länge	68
6.3	Ein Schätzwert für die Obergrenze der Neutrino-Masse beim Beta-Zerfall	70
6.4	Die gravitative Selbstenergie und die Anbindung der Newton-Konstante G an h und c	73
6.5	Quellenangaben zu Kapitel 6	80
7	Universelle Größen kollektiver Schwingungen des Plasmas	83
7.1	Quellenangaben zu Kapitel 7	84
8	Die Dualitätsrelation oder die Verbindung zwischen Mikro- und Makrokosmos	85
8.1	Der mittlere Ladungsradius des Protons und die Nukleonendichte ausgedehnter Kerne	88
8.2	Die Parametrisierung von Kernbindungsenergien und die dazugehörige Energieskala	90
8.3	Die universelle gravitative Wirkungslänge und das Modell MOND	92
8.4	Quellenangaben zu Kapitel 8	95
9	Das klassische Konzept der elektrostatischen Feldenergie	97
9.1	Der elektrostatische Druck und die universelle Energiedichte	97

9.2	Die gesamte Feldenergie und die entsprechende Temperatur von verschiedenen Feldtypen	101
9.3	Raman-Linien von Diamant und Graphit: Ursachen der Wechselwirkung mit Feldern?	110
9.4	Der Boson-Peak und das Plateau der Wärmeleitfähigkeit amorpher Materialien	114
9.5	Rydberg-Atome: Der Übergang von der Quantenmechanik zur klassischen Physik	116
9.6	Quellenangaben zu Kapitel 9	118
10	Die Strahlungsformel von Max Planck.....	121
10.1	Die diffuse Mikrowellen-Hintergrundstrahlung und die Verknüpfung mit der Referenztemperatur.....	124
10.2	Die diffuse Hintergrundstrahlung bei hohen Energien und die Verknüpfung mit der Energieskala der Kernbindung.....	126
10.3	Die Interdependenz von h , c und der Boltzmann-Konstante k_B	127
10.4	Quellenangaben zu Kapitel 10	131
11	Die Feinstrukturkonstante α_{grav} der Gravitation als Zahlkonstante und die Verknüpfung mit α	133
11.1	Die universelle Fermi-Konstante als Zahlkonstante und die Verknüpfung mit der Gravitation	138
11.1.1	Die Z- und W-Bosonen. Numerische Koinzidenzen zum Hinterfragen.....	142
11.2	Die kollektive magnetische Wechselwirkung als Zahlkonstante und die dazugehörige Energieskala	147
11.2.1	Darstellung des anomalen magnetischen Moments ungebundener Elektronen mittels Kopplungskonstanten.....	150
11.3	Quellenangaben zu Kapitel 11	152
12	Interpretation astronomischer Messwerte mit universellen Größen	153
12.1	Messungen auf sehr großen Skalen: Die Gesamtmasendichte und der Hubble-Parameter.....	153
12.2	Deutung zweier experimenteller Befunde der kosmischen Strahlung mittels Kopplungskonstanten	159
12.3	Quellenangaben zu Kapitel 12	162

13	Unser Stern – die Sonne	165
13.1	Die spektrale Strahlungsflussdichte: Der Übergang zwischen gestörter und ruhiger Aktivität	165
13.2	Deutung der kritischen Frequenz der Ionosphäre mittels universeller Größen	166
13.3	Die Hypothese der elektrischen Sonne: Eine alternative Sicht über die interne Energiequelle	168
13.4	Quellenangaben zu Kapitel 13	170
14	Phänomenologische Katalogisierung von Teilchen mit Hall-Bruchzahlen	171
14.1	Das Müon-Elektron-Massenverhältnis	173
14.2	Massenverhältnisse weiterer Teilchen	176
14.3	Die Umwandlung des Müons	182
14.4	Umwandlungen weiterer Teilchen	186
14.5	Das exotische Positronium-Atom	198
14.6	Magnetische Momente schwerer Teilchen	199
14.7	Ladungsradien leichter Hadronen	202
14.8	Quellenangaben zu Kapitel 14	203
TEIL II		205
15	Der Grenzbereich zwischen Halbleiter und Isolator	207
15.1	Elektrische Transportmessungen an Widerstandsschichten mesoskopischer Geometrien	207
15.2	Die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes	211
15.2.1	Die ab-Ebene: Normierung der Messdaten mit der Referenztemperatur	215
15.3	Geometrieabhängigkeit der Resistivität	220
15.3.1	Breitenabhängigkeit bei konstanter Länge und konstanter Temperatur: Die Existenz kritischer Breiten	221
15.3.2	Längenabhängigkeit bei konstanter Breite und konstanter Temperatur: Die Existenz kritischer Längen	226
15.3.3	Das Temperaturverhalten bei variabler Geometrie: Ausgeprägte Effekte bei begrenzter Ausdehnung	228
15.4	Die thermische Hysterese als Folge nichtlinearen Verhaltens	233

15.4.1	Einfluss der begrenzten Ausdehnung auf die thermische Hysterese.....	238
15.4.2	Hinweise auf die Existenz einer ausgezeichneten Energieskala	240
15.5	Emergentes elektrisches Transportverhalten.....	243
15.5.1	Messungen Alfa.....	244
15.5.2	Messungen Beta	246
15.5.3	Messungen Gamma	248
15.5.4	Messungen Delta	250
15.5.5	Messung Epsilon	253
15.5.6	Messung Zeta	255
15.6	Quellenangaben zu Kapitel 15	257
Anhang		259
A1	Verwendete Zeichen.....	261
A2	Begriffe.....	261
A3	Physikalische Größen.....	261
A4	Symbolische Zeichen und ihre Werte	264
A5	Seitenverzeichnis der Ansätze.....	267
A6	Seitenverzeichnis der Definitionen	268
A7	Seitenverzeichnis der Formeln	269
A8	Seitenverzeichnis der Relationen	270
A9	Seitenverzeichnis der Vermutungen, Gleichungen und Bedingungen.....	272
A10	Quellenangaben zum Anhang	272
Register.....		273

Abbildungsverzeichnis

Figur 13-1: Medianwerte der kritischen Frequenz f_0F_2	167
Figur 15-1: Probengeometrie	210
Figur 15-2: Beispiel einer Anpassung an Messdaten	213
Figur 15-3: Gesamte ab-Ebene ohne Fehlerbalken	216
Figur 15-4: Eingeschränkte Darstellung der ab-Ebene mit Fehlerbalken	217
Figur 15-5: Ausschnittsvergrößerung von Figur 15-4.....	218
Figur 15-6: ab-Ebene für Messproben mit „isolierendem Verhalten“	219
Figur 15-7: ab-Ebene für Messproben mit „metallischem Verhalten“	220
Figur 15-8: Zusammenbruch der ohmschen Regel	223
Figur 15-9: Abhängigkeit des Widerstandswertes von der Widerstandsbreite	224
Figur 15-10: Zusammenbruch der Skalierungsregel.....	225
Figur 15-11: Abhängigkeit des Widerstandswertes von der Länge	227
Figur 15-12: Widerstandsminimum bei Raumtemperatur	229
Figur 15-13: Größeneffekt bewirkt einen Vorzeichenwechsel des TK.....	230
Figur 15-14: Größeneffekt verursacht eine Änderung des Flächenwiderstandes	231
Figur 15-15: Vorzeichenwechsel des TK und Änderung der Resistivität.....	232
Figur 15-16: Thermische Hysterese	234
Figur 15-17: Anomalien der thermischen Hysterese.....	235
Figur 15-18: Der „Fingerabdruck“ in der Ableitungsfunktion.....	237
Figur 15-19: Thermische Hysterese und Chaospunkt	239
Figur 15-20: Thermische Hysterese und Größeneffekt.....	240
Figur 15-21: Widerstandsdifferenzen.....	241
Figur 15-22: Die Sprungstelle bei 85 °C	242
Figur 15-23: Messung α_1	244
Figur 15-24: Messung α_2	245
Figur 15-25: Messung β_1	246

Figur 15-26: Messung β_2	247
Figur 15-27: Messungen γ_1	248
Figur 15-28: Messung γ_2	249
Figur 15-29: Die Diskontinuität von $45 \text{ k}\Omega$	250
Figur 15-30: Häufigkeitsverteilung der beobachteten Diskontinuitäten	252
Figur 15-31: Die T-Abhängigkeit der Häufigkeitsverteilung von Figur 15-30	253
Figur 15-32: Die Zerstörung eines Widerstandes	254
Figur 15-33: Ausschnittsvergrößerung von Figur 15-32.....	255
Figur 15-34: Messung ζ	256

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Klassifizierung der Elemente	19
Tabelle 3-2: Magische Kerne	20
Tabelle 3-3: Emissionslinien des atomaren Wasserstoffs	21
Tabelle 5-1: Fundamentale Größen	36
Tabelle 5-2: Thermische Leitfähigkeiten	43
Tabelle 5-3: Bifurkationen der logistischen Formel	44
Tabelle 5-4: Curie-Temperaturen	45
Tabelle 5-5: Geometrisiertes Maßsystem	54
Tabelle 7-1: Größen des kollektiven Plasmas	83
Tabelle 8-1: Wechselwirkungslängen	86
Tabelle 8-2: Wirkungsquerschnitte	87
Tabelle 9-1: Sterntemperaturen	108
Tabelle 11-1: Sprungtemperaturen	149
Tabelle 14-1: Zerfallsraten von Positronium	199
Tabelle 14-2: Magnetische Momente	201
Tabelle 14-3: Ladungsradien	203
Tabelle 15-1: Ausgezeichnete Punkte	219

TEIL I

1 Die David-Bohm-Analogie: Eine vergessene Idee über den Ursprung der Masse

Die Welt ist voll, das Leere gibt es nicht.

Karl R. Popper entsprechend der Lehre von Parmenides⁴

Gemäß klassischer Elektrodynamik besitzt ein leerer Hohlraum, der mit elektromagnetischer Strahlung gefüllt ist, Energie und kann deshalb Wärme absorbieren. Im Temperaturgleichgewicht hängt die Energiedichte der im Hohlraum lokalisierten Felder weder von der Form noch vom Material der Wände, die die Kavität begrenzen, ab. Dies wurde experimentell vielfach festgestellt und wird theoretisch damit begründet, dass die Wände nur dafür sorgen, dass keine Energie mit der Umgebung ausgetauscht wird. Es handelt sich um ein komplett isoliertes System mit einer präzisen, konstanten Energie, welche sich mit der Zeit nicht ändert. Dieses Elementarvolumen kann nun gedanklich in alle drei Raumrichtungen periodisch wiederholt werden. Damit wird der ganze Raum mit elementaren Kuben konstanter Energie ausgefüllt. Mit der Forderung, dass die Felder innerhalb der periodisch fortgesetzten Hohlräume an korrespondierenden Punkten gleich sind, können alle denkbaren Lösungen der Maxwell-Gleichungen innerhalb des Hohlraums durch eine Fourier-Reihe dargestellt werden. Eine solche Entwicklung des elektromagnetischen Feldes durch einen Satz diskreter Fourier-Koeffizienten entspricht bildlich einer Zerlegung des Feldes in einen Satz harmonischer Oszillatoren.

Es ist möglich, die elektromagnetische Energie eines idealen Hohlraums mit Volumen V und die mechanische Energie eines harmonischen Oszillators der Masse m theoretisch durch Formeln auszudrücken. Eine ausführliche Herleitung dieser Formeln ist im Buch „Quantum Theory“ von David Bohm [1-1] zu finden. In diesem Buch beleuchtet der Autor detailliert den Übergang von der klassischen Physik zur Quantentheorie, um

⁴ Die Quantentheorie und das Schisma der Physik, Mohr Siebeck, Seite 191

das plancksche Strahlungsgesetz und die Schrödinger-Gleichung zu erklären. Unter anderem erlaubt ein Vergleich der klassischen Formeln gemäß David Bohm einen Analogieschluss der Form [1-1]

$$\text{Vermutung 1-1} \quad m = V / (8\pi c^2)$$

Die Konstante c ist die heute als fixe Größe definierte Vakuum-Lichtgeschwindigkeit. Vermutung 1-1 ergibt sich deswegen, da die Gleichungen für die elektromagnetische Energie in einer Kavität mit Volumen V und die mechanische Energie des harmonischen Oszillators der Masse m die gleiche mathematische Form aufweisen. Dies erlaubt in Analogie zu $\text{Masse} = \text{Energie}/c^2$ auch die Sehweise, dass eine Masse einem Volumen entsprechen muss. Alle Systeme, welche harmonisch oszillieren, sind quantisiert, ob es schwingende Materie oder elektromagnetische Wellen sind. Wenn sie untereinander in Wechselwirkung treten wollen, muss die Quantisierung für alle ähnlich sein. Bis heute hat sich diese Vorstellung experimentell immer wieder bestätigt [1-1].

Die Herleitung des planckschen Strahlungsgesetzes (Kapitel 10) kann entweder unter dem Gesichtspunkt des Energiespektrums mechanischer Oszillatoren oder unter dem Gesichtspunkt von Photonen (Lichtquanten) als die kleinste Einheit der Strahlungsenergie erfolgen. Voraussetzung ist, dass in beiden Fällen die entsprechenden quantentheoretischen Verallgemeinerungen vorgenommen werden. Sowohl im Falle elektromagnetischer Wellen als auch im Falle mechanischer Phänomene folgt daraus die Welle Teilchen (Materie) Dualität, die in der Quantentheorie eine so wichtige Rolle spielt. Die formale Ähnlichkeit zwischen Resultaten, welche aus mechanischen Oszillatoren, welche der Maxwell-Boltzmann-Beziehung genügen, und Teilchen des Schalls⁵ (Phononen oder Schallquanten), welche die Einstein-Bose-Beziehung erfüllen, mag zufällig erscheinen. Beide Herleitungen führen jedenfalls zum gleichen Resultat des Strahlungsgesetzes von Planck, welches die experimentellen Daten hervorragend beschreibt. Möglicherweise ist Vermutung 1-1 nichts anderes als eine konsequente, weitere Symmetrieforderung des experimentell beobachteten Wellenverhaltens (das Verhalten des Kontinuierlichen) und des Teilchenverhaltens (das Verhalten des Diskreten). In jedem Fall verhalten sich Licht und Schall, das heißt Photon und Phonon, experimentell äquivalent und weisen analoge Eigenschaften auf. Dies wurde durch eine große Anzahl von Untersuchungen tausendfach bestätigt. Weshalb folgen Licht und Schall (Materie) denselben quantenmechanischen Gesetzen? Was ist der Grund dieser engen Verwandtschaft (Symmetrie)?

⁵ Die Existenz dieser Teilchen ist an makroskopische Materie gekoppelt. Wenn der kristalline Festkörper in Atome zerlegt wird, verschwinden auch die Teilchen.

David Bohm hielt Vermutung 1-1, die aus dem Vergleich der elektromagnetischen Energie in einer Kavität mit der Energie eines mechanischen Oszillators resultiert, für sehr wichtig. Er verfolgte aber den durch ihn explizit niedergeschriebenen Analogieschluss (Vermutung 1-1) für die Masse nicht weiter. Aber genau dies soll im Folgenden thematisiert werden. Vermutung 1-1 bietet nämlich die Möglichkeit, eine noch zu bestimmende fundamentale Massenskala in die Quantentheorie zu integrieren und, obwohl gewagt und sehr spekulativ, die Gravitation und die Quantenmechanik einander versuchsweise anzunähern. Wird der von David Bohm aufgestellte formale Analogieschluss mit dem harmonischen Materie-Oszillator radikal zu Ende gedacht und Masse als eine „quantenmechanische Größe“ aufgefasst, die durch Bewegung entsteht, folgt für die davon betroffenen Einheiten

$$\text{Relation 1-1} \quad [\text{Masse}] = [\text{Länge}] \cdot [\text{Zeit}]^2 \quad \text{in SI-Einheiten} \quad \text{kg} = \text{m s}^2$$

Mit Relation 1-1 wird die bis jetzt getrennt stehende Einheit der Masse durch eine einfache lineare Beziehung mit der Einheit der Länge und dem Quadrat der Einheit der Zeit als Proportionalitätsfaktor verbunden. Dadurch wird der Raum der Dimensionen um eins reduziert. Die Tatsache, dass kg und m s^2 dimensionsmäßig gleich und ineinander überführbar sind, kommt einer Elimination des Kilogramms gleich, wenn den Einheiten m und s ein fundamentaler Status eingeräumt wird. Ähnlich wie das Coulomb ein Produkt ist von Ampère und Sekunde, ist das Kilogramm ein Produkt des Meters und der Sekunde im Quadrat.

Aus Relation 1-1 folgt definitionsgemäß die SI-Einheitenbeziehung

$$\text{Relation 1-2} \quad \text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2} = \text{Pa} = \text{J m}^{-3} = 1$$

Die Definition der Einheit kg durch die Einheit m s^2 macht offensichtlich die Einheit der Energiedichte und des Drucks dimensionslos. Dies bedeutet, dass Energiedichte und Druck eine fundamentale physikalische Bedeutung haben müssen, da sie wegen Relation 1-2 von jeglichen durch Menschen gemachten Einheiten unabhängig werden.

Im gegenwärtigen SI-System sind von den drei Einheiten kg, m und s nur die Einheiten kg und s voneinander unabhängig, da der Meter mittels der Sekunde über die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit fixiert ist. Wird die Zeit mit Hilfe der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit auf eine Länge umgerechnet, hat die Masse die Einheit m^3/c^2 , also wie aus Vermutung 1-1 ersichtlich, Volumen pro c^2 .

Der Gebrauch der einsteinschen Aussage, dass Energie und relativistische Masse über das Quadrat der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit miteinander verknüpft sind, Energie zu Materie oder Materie zu Energie werden kann, führt zusammen mit Vermutung 1-1 zu einer konstanten relativistischen Energiedichte einer Grundsubstanz des Raumes von $(\text{mc}^2)/V = (8\pi)^{-1} \text{J m}^{-3}$. Diese Grundsubstanz ist wandelbar und kann sich sowohl

als stabiles als auch als vergängliches Teilchen manifestieren, zum Beispiel als Elektron oder Pion.

Mit Relation 1-1 ist es möglich, die Einheit der Masse auf andere Naturkonstanten zurückzuführen, und das Urkilogramm formal als Bezugsobjekt zu ersetzen. Dies erfüllt zwar nicht die Forderung der Metrologen, dass eine Neudefinition auf gemeinhin akzeptierten physikalischen Gesetzen basieren muss, sondern die Anzahl fundamentaler Konstanten wird axiomatisch reduziert. Ein solches Vorgehen bietet enorme Vorteile, da das Kilogramm ohnehin die einzige der sieben SI-Einheiten ist, welche durch einen Prototyp-Körper erklärt wird und deshalb weder orts- noch zeitunabhängig definiert ist. Obwohl es zwar mehrere Prototyp-Körper in verschiedenen Ländern gibt, verlieren sie kontinuierlich an Masse, und es entstehen dadurch schwer kontrollierbare Differenzen.

Jede Zeit kann in eine Länge oder umgekehrt konvertiert werden. Ähnlich ist jede Länge äquivalent zu einer inversen Masse. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Zeit in einer mathematisch genau definierten Art und Weise im Raum rotiert werden kann. Es ist aber schwer einzusehen, dass Relation 1-1 zutrifft, und die Einheit kg und die zusammengesetzte Einheit $m s^2$ Manifestationen derselben physikalischen Realität sind. Wenn Masse nicht vernichtbar ist, wird sie durch Relation 1-1 analog der einsteinschen Äquivalenzformel nur umgewandelt und in eine andere zusammengesetzte Einheit transformiert. Ähnlich dem Druck, der durch die kollektive Bewegung vieler Teilchen entsteht, ist die Masse ein emergentes Produkt kleinskaliger Dynamik. Dass relativistische Masse auf der Ebene der Quanten dynamisch erzeugt wird und deshalb auf dynamische Beziehungen zwischen Raum und Zeit zurückgeführt werden kann, ist ohne Zweifel eine große Behauptung, deren Richtigkeit natürlich in Frage gestellt werden kann. Verständlicherweise kann nicht ohne weiteres akzeptiert werden, dass die Einheiten kg und $m s^2$ mit Zahlenfaktor (Einheitenkoeffizient) „1“ vertauschbare Begriffe sind und die physikalische Doktrin verlassen werden muss. Da bis heute aber jede mathematische Deduktion des Begriffs Masse auf mikroskopischer Ebene versagt hat und bis heute nicht erkennbar ist, auf welche Weise die Masse auf Naturkonstanten zurückgeführt werden könnte, soll mit diesem axiomatischen Denkansatz weitergearbeitet und einzelne physikalische Konsequenzen analysiert werden.

Dass die so zentrale Einheit kg wegen des Austauschs durch die Einheit $m s^2$ nur noch eine „zweckmäßige“ Einheit darstellen soll, ist wahrscheinlich für die meisten Physiker irritierend und schockierend, und einige deshalb aufhören weiterzulesen. Es besteht ja auch keine Notwendigkeit daran zu glauben, da dieses Prinzip, das absolut gel-

ten muss, nicht so ohne weiteres beobachtbar ist. Sicher werden viele Fragen aufgeworfen, wenn die verwegene Einheitengleichung von Relation 1-1 für die nachfolgenden Kapitel als spekulative Idee und mathematisches Werkzeug⁶ dient, das heißt, behauptet wird, dass die Physik die Einheit kg eigentlich gar nicht braucht. Nur Bezüge zu Experimenten können überzeugend klären, ob eine solche Perspektive für das Verständnis der Physik von Nutzen ist, das heißt, sich als brauchbar erweist oder ein Irrweg ist. Wenn dieses rein formale „heuristische Symmetriekonzept“ zur Beschreibung der physikalischen Realität eine Berechtigung hat, muss es sich überall bemerkbar machen, und vieles in unterschiedlichen Teilen der Physik sollte als Folgerungen aus Relation 1-1 hergeleitet werden können. In jedem Fall ist aus physikalischer Sicht die Arbeitsgrundlage, formuliert mittels Relation 1-1, die Achilles-Ferse aller Kapitel von Teil I.

1.1 Quellenangaben zu Kapitel 1

- [1-1] Quantum Theory
David Bohm
Prentice-Hall, Inc., 1951, page 14

⁶ Auch in der Quantenmechanik ist nach wie vor nicht geklärt, weshalb Messergebnisse theoretisch beschrieben werden können, wenn mittels Regeln die Variablen der klassischen Hamilton-Funktion in Operatoren transformiert werden.