

Dieter B. Herrmann

Sind die Standardmodelle der Kosmologie und Elementarteilchenphysik falsch, weil sie zu kompliziert sind?

Anmerkungen aus wissenschaftshistorischer Sicht

Seit längerem beschreiben wir die Makro- und Mikrowelt durch zwei detailliert ausgearbeitete Standardmodelle, die von der überwiegenden Mehrheit der wissenschaftlichen Community als eine zutreffende Annäherung an die Realität betrachtet werden. In der Kosmologie handelt es sich um das Urknall-Szenario demzufolge der gegenwärtig beobachtete Zustand des Universums aus einem superdichten Urzustand vor 13,82 Milliarden Jahren hervorgegangen ist (Abb. 1). In der Elementarteilchenphysik ist es die Zurückführung aller Materiezustände und ihrer Wechselwirkungen auf Fermionen und Bosonen, wobei sechs Sorten von Quarks und sechs Sorten von Leptonen den Materieaufbau beschreiben und vier Sorten von Bosonen die starke und die schwache Kernkraft sowie die elektromagnetische Kraft. Hinzu kommt das lange postulierte und 2012 entdeckte Higgs-Boson als Austauscheteilchen des skalaren Higgs-Feldes, das den Teilchen seine Massen verleiht (Abb. 2). Das Austauscheteilchen der für die Kosmologie so entscheidenden, wenn auch ungleich schwächeren Gravitationskraft, das sogenannte Graviton, konnte allerdings noch nicht nachgewiesen werden. Somit enthält das gegenwärtige Standardmodell unter Einbeziehung der entsprechenden Antiteilchen insgesamt 61 Elementarteilchen.

Die stärksten Argumente zugunsten des Standardmodells der Kosmologie sind die kosmische Hintergrundstrahlung als Relikt des heißen Urzustandes sowie das Verhältnis von Wasserstoff zu Helium in der gemessenen Häufigkeit der chemischen Elemente im Universum. Gerade erst 2013 haben die Ergebnisse der Planck-Mission der ESA mit der bisher detailliertesten Kartographie des Mikrowellenhintergrundes aus der Zeit 380.000 Jahre nach dem Urknall, als der Kosmos erstmals durchsichtig wurde, die Standardtheorie erneut gestützt. Das bezieht sich auch auf den Anschluss an Beobachtungen über die Elementhäufigkeit im frühen Universum. Das Verhältnis, in dem diese Elemente nach der Interpretation der Mikrowellenkarte vorkamen, stimmt

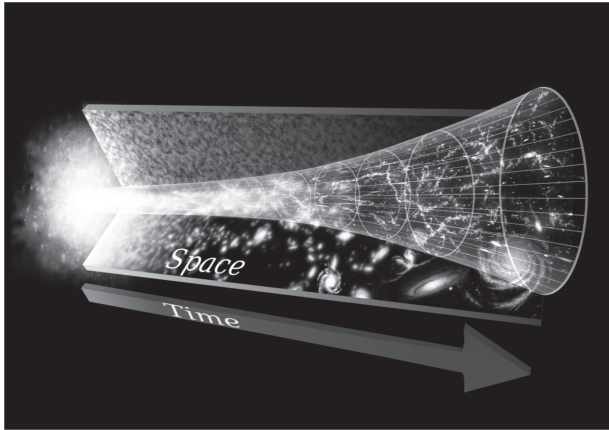


Abb. 1: Bildliche Veranschaulichung der Expansion von Raum und Zeit

Fermionen (Materie) in drei Generationen			Bosonen		
	I	II	III		
Quarks	2,3 MeV $\frac{2}{3}$ u up	1,3 GeV $\frac{2}{3}$ c charm	173 GeV $\frac{2}{3}$ t top	0 0 1 g Gluon	Eichbosonen (Kräfte)
	4,8 MeV $-\frac{1}{3}$ d down	95 MeV $-\frac{1}{3}$ s strange	4,2 GeV $-\frac{1}{3}$ b bottom	0 0 1 γ Photon	
	0,511 MeV -1 $\frac{1}{2}$ e Elektron	105,7 MeV -1 $\frac{1}{2}$ μ Myon	1,78 GeV -1 $\frac{1}{2}$ τ Tauon	80,4 GeV ± 1 W^\pm W-Boson	
Leptonen	<2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_e Elektron-Neutrino	<2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_μ Myon-Neutrino	<2 eV 0 $\frac{1}{2}$ ν_τ Tau-Neutrino	126 GeV 0 0 H Higgs	Higgs-Boson (Masserzeugung)
	Masse Ladung Spin	2,3 MeV $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$ u up	Abkürzung Name		

Abb. 2: Teilchen und Kräfte, die nach dem gegenwärtigen Standardmodell die Welt im „Innersten zusammenhalten“

(Aus Dieter B. Herrmann, Das Urknall-Experiment. Die Suche nach dem Anfang der Welt, Stuttgart 2014. Mit freundl. Genehmigung des Kosmos-Verlages)

weitgehend mit Messungen überein, die an extrem alten Objekten gemacht wurden, in denen die ursprüngliche Elementverteilung noch besteht (Abb. 3).

Auch das Standardmodell der Teilchenphysik gilt als sehr erfolgreich, da es die Teilchen und deren Wechselwirkungen zutreffend beschreibt und die meisten Vorhersagen der Theorie durch Messungen bestätigt werden konnten. Selbst Fakten und Teilchen, deren Existenz aus dem Modell überhaupt erst vorausgesagt wurden, sind nachgewiesen worden, wie z.B. Beispiel zuletzt das Higgs-Boson oder der sogenannte g-Faktor des Elektrons, das gemessene magnetische Moment im Verhältnis zu dem beim vorliegenden Drehimpuls nach der klassischen Physik zu erwartenden magnetischen Moment, auch genannt Landé-Faktor.

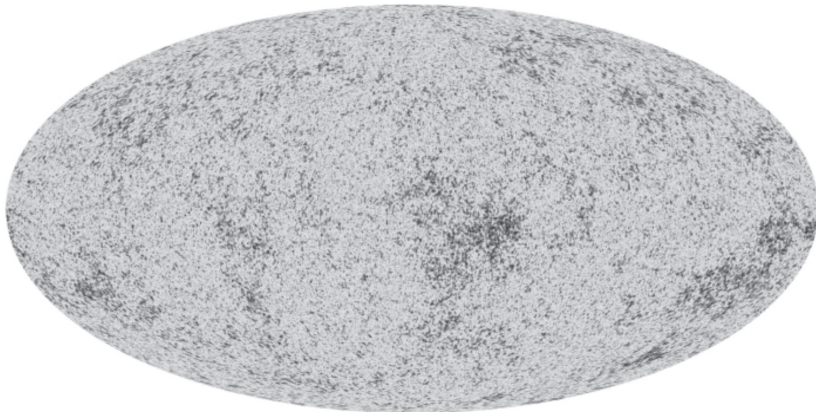


Abb. 3: Die bislang präziseste Karte des Mikrowellenhintergrundes (ESA-Planck-Mission 2013)

Dessen ungeachtet gibt es bei beiden Standardmodellen zahlreiche ungeklärte Probleme, die deren Anhängern und Verfechtern auch durchaus bewusst sind. Soweit handelt es sich durchaus um den bekannten Weg der Wissenschaft, deren Modelle immer nur bestimmte Aspekte der Realität unter bestimmten Bedingungen widerspiegeln und in einem ständigen Prozess von Experimenten, Theorien und Meinungsstreit immer weiter vervollkommen werden müssen.

Aufsehen erregte ein 2010 erschienenes Buch des studierten Physikers, Rechts- und Neurowissenschaftlers Alexander Unzicker, der in München als Gymnasiallehrer tätig ist. Das Buch trägt den provokanten Titel „Vom Urknall

zum Durchknall“¹ und wurde von der Zeitschrift „Bild der Wissenschaft“ als „Wissenschaftsbuch des Jahres“ in der Rubrik „Zündstoff“ ausgezeichnet.

Unzickers Kritik ist von grundsätzlicher Art. Er vertritt die Ansicht, die moderne Physik habe sich verlaufen und einige der Grundprinzipien vergessen oder aufgegeben, denen einst Forscher wie Einstein, Dirac oder Schrödinger ihre großen Erfolge zu verdanken hatten. Diese hätten nach einfachen Lösungen gesucht und wären von dem Gedanken beseelt gewesen, die Welt mit wenigen strengen Regeln und wenigen freien Parametern zu verstehen. Die heutige Physik hingegen führe immer neue frei wählbare Parameter ein – in der Elementarteilchenphysik sind es inzwischen Dutzende –, für die es keine physikalische Erklärung gäbe und womit man letztlich alles (und nichts) beweisen könne:

„... wir haben heute zu viele Forscher, die für alles, was sie nicht verstehen, leichtfertig neue Teilchen und Felder erfinden. Zu Einsteins Zeit galt dies als ein Eingeständnis des Versagens. Heute gibt es dafür Wissenschaftspreise.“²

Unzicker führt seine Leser über weite Strecken durch die Geschichte physikalischer Ideen und kommt zu der Überzeugung, dass viele von ihnen viel zu früh abgetan wurden, die einer weiteren ernsthaften Verfolgung wert wären.

Unzicker fragt in pointierten Formulierungen, ob nicht die so genannten Standardmodelle der Kosmologie und der Teilchenphysik in ihrer Komplizierung einen ähnlichen Irrweg darstellen wie die antiken und mittelalterlichen Epizyklen, die erst mit dem heliozentrischen System des Copernicus einer neuen Einfachheit und Wahrheit wichen.

Unzickers kontroverseste These, die natürlich bei den Vertretern der Standardmodelle auf heftigen Widerspruch stößt, besagt, das gesamte Quark-Modell einschließlich der W- und Z-Bosonen sowie auch das Higgs-Teilchen seien überhaupt erst entstanden durch extensive Filterung von Daten und willkürliche Interpretation immer winzigerer Effekte.

Dabei stützen sich seine Ansichten im wesentlichen auf das Buch „Constructing Quarks“ (1999) des Physikers Andrew Pickering. Allerdings räumt Unzicker ein, dass erst die Geschichte zeigen wird, ob die kritischen Argumente sich als tragfähig erweisen werden.

Unzicker ist natürlich nicht der einzige Skeptiker gegenüber etablierten Vorstellungen.

1 Alexander Unzicker, Vom Urknall zum Durchknall, Heidelberg, Dordrecht, London, New York 2012.

2 Alexander Unzicker im Interview mit der Zeitschrift P.M., Juli 2010, www.vom-urknall-zum-durchknall.de/PM.html (Zugriff: 02.03.2015).

Bücher wie „Der Urknall kommt zu Fall“ von Hans-Jörg Fahr oder „Das Reale des Universums“ von Karl-Ernst Eiermann sind nur zwei Titel von zahlreichen weiteren, die gegen das Standardmodell der Kosmologie Sturm laufen. Auch ein bereits im Jahre 2004 im „New Scientist“ veröffentlichter „Open letter to the scientific community“³, in dem Hunderte zum Teil sehr angesehene Wissenschaftler ihr Unbehagen an den zahlreichen unbewiesenen Annahmen zum Ausdruck bringen, die dem jetzigen Standardmodell einverleibt wurden, hat die „soziale Übereinkunft“ über das Modell nicht aufbrechen können.

Wohlgermerkt, die Bücher von Unzicker enthalten viel Nachdenkenswertes und ich habe durchaus Sympathie für seinen von manchen als ketzerisch empfundenen Diskurs.⁴ Interessant – besonders für die im Arbeitskreis „Einfachheit“ unserer Sozietät behandelten Probleme – ist nun aber die Argumentation Unzickers, dass die gegenwärtig akzeptierten Modelle zu kompliziert seien, um als wahr angesehen werden zu können. So heißt es z.B. in Unzickers zweitem Buch „Auf dem Holzweg durchs Universum“:

„Und doch bilden diese vielgestaltigen Konzepte, genannt ‚Standardmodell‘, einen augenfälligen Kontrast zu dem Streben nach Einfachheit, mit der zum Beispiel Einstein die damals bekannten Teilchen, Proton und Elektron, als Lösungen seiner Feldgleichungen beschreiben wollte.“⁵

Oder – mit Bezug auf das kosmologische Standardmodell:

„Bei der metaphorischen Formulierung ‚Ockhams Rasiermesser‘ denkt man ... an eine scharfe Klinge, der zu komplizierte Modelle zum Opfer fallen. In Ermangelung eines einfachen Modells beschloss die Kosmologie jedoch vor einiger Zeit, sich nicht mehr zu rasieren.“ (Ebd., S. 24)

Insgesamt sei die Wissenschaftsentwicklung bis 1930 ein großes Experiment, „in dem komplizierte Modelle noch nie Bestand hatten“ (ebd., S. 26). Dabei beruft sich Unzicker immer wieder auf Einstein als Kronzeugen und auf die antike Epizykeltheorie der Planetenbewegung. Vor allem diesem Aspekt von Unzickers Kritik möchte ich mich im Folgenden aus der Sicht der Wissenschaftsgeschichte widmen.

Was die Komplizierung des antiken Weltsystems durch die Einführung der Epizykel angeht, könnte man die Betrachtungsweise nämlich ohne weiteres auch umkehren und behaupten, gerade die Forderung nach größter

3 www.s8int.com/bigbang2.html (Zugriff: 20.03.2015).

4 Vgl. Dieter B. Herrmann, *Das Urknall-Experiment. Die Suche nach dem Anfang der Welt*, Stuttgart 2014, S. 310ff.

5 Alexander Unzicker, *Auf dem Holzweg durchs Universum*, München 2012, S. 23.

Harmonie und Einfachheit hat die Komplizierung überhaupt erst verursacht. Einfachheit nämlich aus dem Blickwinkel von Plato. Es ging um ein von Plato herstammendes Dogma – anders kann man es nicht bezeichnen – demzufolge alle Bewegungen von Himmelskörpern auf gleichförmig durchlaufene reine Kreisbewegungen zurückzuführen seien. Die Planeten waren für Plato Lichter, die das Denken der „Weltseele“ zum Ausdruck bringen. Ihre Bewegungen sollten daher mit ihren Eigenschaften übereinstimmen, die wiederum aus dem vermeintlichen Wesen der Gestirne abgeleitet waren. Weil der Kreis die vollkommenste und einfachste aller geometrischen Formen darstelle, mussten es für die Himmelskörper Kreisbahnen sein. Da die beobachteten Bewegungen infolge der zwei Ungleichheiten der Planetenbewegungen dem aber nicht entsprachen, mussten die „Erscheinungen gerettet“ werden, wie man das nannte. Das geschah durch die Epizykel- und Deferentenkonstruktionen. In Wirklichkeit wurde das Kreisbahndogma gerettet, – höchste Einfachheit, die sich später als falsch erwies (Abb. 4).

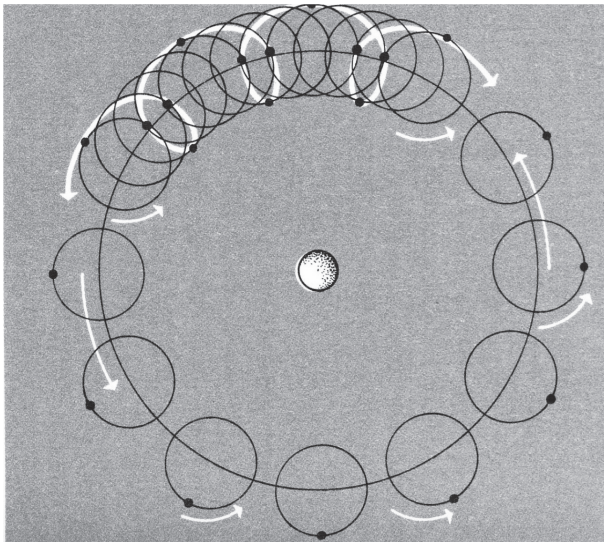


Abb. 4: Bewegung der Planeten nach Ptolemaios

Nach Ptolemaios bewegen sich die Planeten gleichförmig auf kreisförmigen Epizykeln, deren Mittelpunkte ebenfalls gleichförmig auf kreisförmigen Deferenten umlaufen

(Aus: Dieter B. Herrmann, Entdecker des Himmels, Leipzig 1990)

Immerhin war die Ptolemäische Epizykeltheorie auch durchaus ein Erfolg. Denn im Rahmen der damaligen Beobachtungsgenauigkeit war sie in der Lage, zutreffende Vorhersagen über künftige Planetenpositionen zu liefern, allerdings erst, nachdem Ptolemaios zur finalen „Rettung der Erscheinungen“ noch einen Ausgleichspunkt (*punctum aequans*) eingeführt und die Erde damit aus dem geometrischen Zentrum der Welt herausgenommen hatte. Obschon die kunstvollen geozentrischen kinematischen Konstruktionen die Realität nicht widerspiegeln, waren sie doch gleichsam die wissenschaftliche Wahrheit einer vergangenen Epoche.

Die reale historische Entwicklung hat aber die Epizykel nicht abgeschafft, um einer größeren Einfachheit zum Durchbruch zu verhelfen, wengleich größere Einfachheit das Resultat gewesen ist. Die inzwischen vergangenen langen Zeiträume und die verbesserten und genaueren Beobachtungen ließen vielmehr in der Renaissance keine hinreichende Übereinstimmung mit den Ptolemaiosschen Prognosen mehr erkennen. Die Epizykel verschwanden im Prozess der Erkenntnis und in der Absicht, Übereinstimmung von Theorie und Beobachtung wieder herzustellen. Bei den reformatorischen Bestrebungen von König Alfons XIII von Kastilien um 1250 wurde die Zahl der Epizykel in zunächst sogar noch größer. Auch Copernicus in seinem „*De revolutionibus orbium coelestium*“ (1543) musste Epizykel verwenden, weil er an der Kreisform der Planetenbahnen festhielt und daher die beobachteten Bewegungen nicht ohne Epizykel darstellen konnte. Erst die Erkenntnis Keplers auf der Grundlage der hervorragenden Beobachtungen Tycho Brahes, dass die wahre geometrische Form der Planetenbahnen die Ellipse ist, ließ die Epizykel aus der Theorie verschwinden. Es lässt sich nicht vorstellen, wie durch einen bloßen Hinweis auf die Kompliziertheit des Epizykelsystems um 1250 (als Alfons XIII agierte) auf irgendeine Weise die 400 Jahre Forschung und die sich dadurch verstärkenden grundsätzlichen Zweifel am geozentrischen System hätten ersetzt werden können durch die Forderung nach mehr Einfachheit. Das wäre meines Erachtens schon deshalb nicht möglich gewesen, weil Wissenschaft auch von Konventionen abhängt und eine so genannte wissenschaftliche Tatsache auch stets so etwas wie eine soziale Übereinkunft unter Wissenschaftlern darstellt.⁶ Gerade in der Renaissance wurde diese „soziale Übereinkunft“ nicht zuletzt durch den Machtapparat der Kirche zementiert. Selbst wenn wir also dem Gedanken von Unzicker folgen, die Kompliziertheit der gegenwärtigen Stan-

6 Harald Walach, *Wa(h)re Skepsis. Wa(h)re Wissenschaft*, Zeitschrift für Anomalistik 13 (2013), Nr. 3, S. 327.

dardmodelle sei ein Indiz dafür, dass sie unzutreffend seien, bleibt wohl kein anderer Weg, als durch Forschung (d.h. Experimente und Theorien) sich mühsam vorwärts zu tasten zu einem Resultat, das heute niemand voraussehen kann. Dass dieses Resultat unbedingt einfacher sein muss als das gegenwärtige Standardmodell, scheint mir ebenfalls keineswegs ausgemacht. So könnte etwa bei der von manchen Physikern für möglich gehaltenen Entdeckung von Substrukturen des Elektrons und der Quarks die Zahl elementarer Teilchen durchaus auch zunehmen, weil nur dann die sehr verschiedenartigen Eigenschaften der bekannten Elementarteilchen beschreibbar wären. Historische Beispiele zeigen uns stets nur, welche Wege die Wissenschaft früherer Zeiten (mit oder ohne Erfolg) gegangen ist. Sie gestatten aber keine induktiven Schlüsse auf künftige Forschungswege und Resultate, es sei denn, ein imaginärer Weltgeist hätte uns verraten, dass Einfachheit ein durchgängiges Konstruktionsprinzip der Natur sei.

In diesem Sinne folge ich den Ausführungen unseres Mitgliedes Coutelle bei seinem Vortrag in unserem Arbeitskreis 2014, der auf die Gefahr hinwies, dass eine durch Vereinfachung gewonnene und durch sie begrenzte Erkenntnis als objektiv existierende Einfachheit der Natur betrachtet werden könnte, die so gar nicht besteht⁷ (siehe auch *Coutelle* in diesem Band).

Auch die Kritik Unzickers, dass zu leichtfertig neue Teilchen und Felder erfunden werden, wenn beobachtete Fakten unverstanden bleiben, ist zumindest kritisch zu hinterfragen. Gerade hier mangelt es nicht an historischen Beispielen, die uns zeigen, dass genau auf diesem Wege große Erkenntnisfortschritte erzielt wurden. Ich erinnere an Wolfgang Paulis „Erfindung“ des Neutrinos im Jahre 1933. Beim radioaktiven Beta-Minus-Zerfall⁸ hatte man ein kontinuierliches Spektrum der Elektronen-Energien beobachtet. Das deutete auf eine Verletzung des Energieerhaltungssatzes hin. Pauli nahm nun an, dass neben den Elektronen noch ein anderes unbeobachtetes Teilchen den Kern des jeweiligen Atoms verlässt und einen Teil der Energie auf sich vereint, so dass die Elektronen unterschiedliche Energien haben können, ohne dass der Energieerhaltungssatz verletzt wird. Um etwas zu erklären, was man nicht verstand, hatte Pauli etwas angenommen, was man nicht nachweisen konnte, wie er selbst gesagt haben soll. Doch 23 Jahre später wurde die Existenz des Neutrinos, das heute ein fester Bestandteil der Stan-

7 Charles Coutelle, Die verführerische Illusion „einfacher“ Konzepte. Kritische Betrachtungen zum Prinzip Einfachheit an Hand von Beispielen aus Molekularbiologie und Medizin. Vortrag in der Leibniz-Sozietät am 20. November 2014, Ms. S. 2

8 Hierbei wandelt sich ein Neutron des Kerns eines Atoms mit Neutronenüberschuss in ein Proton um, wobei ein Elektron und ein Elektron-Antineutrino emittiert werden.

dard-Theorie ist, experimentell bestätigt. In ganz ähnlicher Weise war Paul Dirac auf die Existenz des Positrons gekommen. Bei der Ausarbeitung der relativistischen Elektronentheorie ergaben sich die Elektronenenergien sowohl positiv wie auch negativ. Man freute sich über die relativistische Theorie und tat das negative Vorzeichen im Ergebnis zunächst als „Plus-Minus-Schwierigkeit“ ab. Dirac aber nahm das unverstandene negative Vorzeichen der Elektronenenergie ernst und postulierte 1928 die Existenz des Positrons, des positiv geladenen Antiteilchens zum Elektron. Es wurde 1932 in der kosmischen Strahlung entdeckt. Nicht minder „verrückt“ waren die Postulate von Niels Bohr. Entgegen allen gesicherten Erkenntnissen aus der klassischen Physik entwarf er ein Atommodell, in dem die Elektronen ganz bestimmte, durch ihre Energie gekennzeichnete Bahnen durchlaufen konnten, ohne dass es zur Abstrahlung elektromagnetischer Wellen kam. Sein Chef und Lehrmeister Rutherford soll die Idee mit den Worten kommentiert haben „Sind Sie verrückt geworden?“. Aber er sorgte glücklicherweise trotzdem für die rasche Publikation der Arbeit (Abb. 5). Von allen Dreien – Dirac, Pauli und Bohr – könnte man mit Unzicker sagen, sie hätten leichtfertig für etwas Unverstandenes neue, nicht nachweisbare Dinge eingeführt. Aber genau auf diese Weise hatten sie Erfolg. Weshalb will man das dann den jetzigen Forschern zum Vorwurf machen? Dass dabei manchmal etwas Wegweisendes herauskommt und manchmal auch nicht, hat Rainer Schimming in seinem Beitrag „Optimierung von Erkenntnis: Einfachheit, Einheitlichkeit, Anschaulichkeit“⁹ gezeigt. Für mich geht daraus hervor, dass man die Vorgehensweise nicht a priori als absurd betrachten kann, sondern die experimentellen Ergebnisse abwarten muss, die gegebenenfalls noch folgen.

Lassen Sie mich ein anderes Beispiel aus der Zeit von Hegel und Gauss berichten. Damals beschäftigten sich viele Astronomen mit der auffallend großen Abstandslücke zwischen den Planeten Mars und Jupiter, die schon Kepler aufgefallen war. In der Überzeugung, dass die Abstände der Planeten einem einfachen Gesetz folgen, versuchte man, eine Zahlenreihe zu finden, die dieses Gesetz beschrieb. Im Ergebnis fand man die bekannte Titius-Bodesche Reihe, derzufolge sich der Abstand eines Planeten von der Sonne aus der Formel

$$a = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n$$

berechnen lässt.

9 Rainer Schimming, Optimierung der Erkenntnis: Einfachheit, Einheitlichkeit, Anschaulichkeit In: Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin 108 (2010) 67–77. http://leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2012/11/05_schimming.pdf (Zugriff: 04.03.2015)

a bedeutet den mittleren Abstand eines Planeten von der Sonne in Astronomischen Einheiten (AE), n durchläuft für die damals bekannten Planeten von Merkur bis Uranus die Zahlenreihe $-\infty, 0, 1, 2, 3, 4, 5$.

Die bereits erwähnte Lücke macht sich in der Reihe dadurch bemerkbar, dass man für $n = 3$ keinen Planeten kannte.

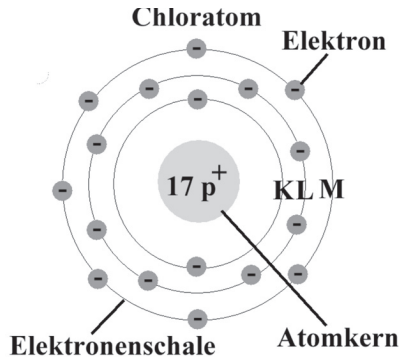


Abb. 5: Bohrs Schalenmodell des Atoms

In dem Modell können Elektronen strahlungsfrei auf bestimmten, durch ihre Energie gekennzeichneten Bahnen umlaufen.

Von der Gültigkeit der Reihe fest überzeugt, folgerten die Astronomen daraus die Existenz eines Planeten zwischen Mars und Jupiter, der nur noch nicht entdeckt sei. Bei der planmäßigen Suche nach dem Planeten fand der italienische Astronom Giuseppe Piazzi in der Neujahrsnacht des Jahres 1801 im gesuchten Abstand ein Objekt, von dem wir heute wissen, dass es der erste Vertreter der zwischen Mars und Jupiter umlaufenden sogenannten Asteroiden (Kleinplaneten) war. Speziell das gefundene Objekt namens Ceres zählt nach heutiger Terminologie zu den Zwergplaneten.

Just um dieselbe Zeit befasste sich auch Hegel in seiner Dissertation mit den Abstandsgesetzen im Sonnensystem. Ihn leitete die Überzeugung der Einfachheit, was er in der „Dissertatio“ mit folgenden Worten umschrieb:

„... die Erfahrung und Erkenntnis der Naturgesetze stützt sich ja auf nichts anderes als darauf, dass wir glauben, die Natur sei aus der Vernunft gebildet, und darauf, dass wir von der Identität aller Naturgesetze überzeugt sind. Diejenigen, die anhand von Erfahrung und Induktion nach Gesetzen forschen, nehmen jene Identität der Vernunft und der Natur dann in folgender Weise wahr: Sobald sie endgültig auf die Gestalt eines Gesetzes stoßen, freuen sie sich an dem Gefunde-

nen, und wenn andere Erscheinungen damit schlecht zu vereinbaren sind, zweifeln sie ein wenig an den (bisherigen) Experimenten und bemühen sich auf jede Art, eine Harmonie zwischen beidem herzustellen. Dafür bietet das Verhältnis der Planetenbahnen, über das wir (hier) sprechen, ein Beispiel: Weil nämlich die Entfernungen der Planeten ein Verhältnis einer arithmetischen Entwicklung nahe legen, wobei dem fünften Glied der Entwicklung aber in der Natur kein Planet entspricht, wird vermutet, dass zwischen Mars und Jupiter tatsächlich ein gewisser (Planet) existiert, der – uns zwar unbekannt – durch den Raum zieht, und eifrig wird geforscht.

Weil diese Entwicklung arithmetisch ist und nicht einmal einer Zahlenreihe folgt, die die Zahlen aus sich selbst schafft, also Potenzen, hat sie für die Philosophie keinerlei Bedeutung. Es ist bekannt, wie viel die Pythagoräer über Verhältnisse philosophischer Zahlen gearbeitet haben: Daher stünde frei, die überlieferte und in beiden Timaios-Schriften (von Plato, DBH) behandelte Zahlenreihe heranzuziehen, wo sich Timaios zwar nicht auf die Planeten bezieht, aber urteilt, dass nach diesem Verhältnis der Demiurg das Universum gebildet habe. Die Zahlenreihe heißt 1, 2, 3, 4, 9, 16, 27: Es mag nämlich erlaubt sein, die 16 statt der 8 zu setzen, die wir (im Timaios-Text) lesen. Falls diese Reihe die wahrhaftere Ordnung der Natur angibt als die arithmetische Reihe, dann ist klar, dass zwischen dem vierten und fünften Ort ein großer Raum liegt und dort kein Planet vermisst wird.“¹⁰

Hegels Kritik an der Titius-Bodeschen Reihe folgt insofern dem Prinzip Einfachheit, als er statt einer arithmetischen Reihe, die übrigens genau betrachtet sogar eine Mischung aus arithmetischer und geometrischer Reihe darstellt¹¹, eine solche für sinnvoller hält, die die Zahlen „aus sich selbst schafft“. Tatsächlich ergibt sich die Zahlenreihe aus dem „Timaios“ als Potenzreihe $2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 3^0, 3^1, 3^2, 3^3$.

Allerdings hat Hegel diese Folge dann doch manipulieren müssen, um auf die Zahlenverhältnisse der Abstände im Sonnensystem zu kommen – er hat also, um mit Unzicker zu sprechen, frei gewählte Parameter eingeführt, die 8 durch die 16 ersetzt und die sich dann ergebende Reihe der Operation 3. Wurzel aus x^4 unterzogen. Die mittlere Abweichung, mit der die tatsächlichen Zahlenverhältnisse wiedergegeben wurden, entsprach bei der Titius-Bodeschen Reihe 2,5% und bei der Hegelschen 5,2%. Der wesentlichere

10 Zitiert nach Georg Wilhelm Friedrich Hegel, *Dissertatio Philosophica de Orbitis Planetarum*, Übersetzt, eingeleitet und kommentiert von Wolfgang Neuser (Bd. 2 der Schriften zur Naturphilosophie, hgg. v. R. Löw), Weinheim 1986, S. 137/139.

11 Vgl. Johann Franz Encke, *Gedächtnisrede auf Johann Elert Bode*, *Abhandlungen der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* – Aus dem Jahre 1827 –, Berlin 1830, S. XIX.

Unterschied lag jedoch darin, dass bei Hegel kein Planet zwischen Mars und Jupiter fehlte und sie folglich auch keinen Anlass bot nach einem solchen zu suchen. Man kann sich vorstellen, mit welchem Spott Hegel von den Astronomen überzogen wurde, als die Ceres entdeckt worden war.¹² Damals entstand der fiktive Hegelsche Dialog: „Es gibt nur sieben Planeten“ – „Dem widersprechen aber die Tatsachen“ – „Um so schlimmer für die Tatsachen“.

Interessant bleibt jedoch der heuristische Wert der Titius-Bodeschen Reihe, die ja die Suche nach dem Planeten in der Lücke eingeleitet hatte. Eine zutreffende Beschreibung der Abstandsverhältnisse im Sonnensystem stellt sie trotzdem nicht dar, denn für den später entdeckten Planeten Neptun gilt sie eben so wenig wie für die massenweise gefundenen Kleinplaneten in der Lücke zwischen Mars und Jupiter, wo eben doch kein einziger großer Planet gefehlt hatte. Warum die Reihe für einen großen Teil der Planeten zutreffende Abstandswerte liefert, ist bis heute unverstanden und spricht vielleicht auch für die Beliebigkeit taxonomischer Zuordnungen. Angesichts der Entdeckung einer immer größer werdenden Zahl von Exoplaneten haben aber viele die Hoffnung noch nicht aufgegeben, hinter dieser Reihe tiefer liegende Gesetze der Herausbildung von Planetensystemen zu entdecken. Bei Hegel aber mündeten seine frühen Überlegungen schließlich in einen entschiedenen erkenntnistheoretischen Monismus, nach dem sich alle Vorgänge der Realität auf ein einziges Grundprinzip zurückführen lassen. Hegels ontologische Frage galt der Grundstruktur der Realität.

Auch in der Mikrowelt hat es Versuche gegeben, Harmonie und Einfachheit von Zusammenhängen zu finden.

In den 60er Jahren des 19. Jhs. war die Spektralanalyse entwickelt worden. Es begann eine Zeit intensiver Erforschung der Spektren verschiedener Stoffe, besonders von Gasen. Der Schwede Angström hatte 1867 die Wellenlängen des Wasserstoffspektrums gemessen und der Schweizer Mathematiker und Physiker Johann Jacob Balmer beschäftigte sich mit diesen Messungen. Dabei beseelte ihn offenbar der Gedanke einer Harmonie, die zwischen den verschiedenen Wellenlängen walten sollte und er versuchte, die Wellenlängen der vier damals bekannten Linien im Bereich des sichtbaren Lichts in einem zahlenmäßigen Zusammenhang zu ordnen. Dabei fand er 1885 die einfache Beziehung:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

12 Vgl. Dieter B. Herrmann, Über Beobachten, Entdecken und Spekulieren in der Astronomie, In: Mitteilungen der Gauss-Gesellschaft Göttingen 48 (2011) 9–22.

Das erinnert durchaus an die Titius-Bodesche Reihe. R ist eine empirische Konstante.

Als nun aber weitere Linien in anderen Wellenlängenbereichen (z.B. im UV) entdeckt wurden, zeigte sich – und das ist der Unterschied zur Titius-Bodeschen Reihe – dass diese sich ebenfalls sehr gut durch die Balmer-Formel darstellen ließen. Der Schwede Johannes Rydberg verallgemeinerte diese Formeln schließlich und zum großen Erstaunen der Physiker konnte man die empirisch gefundenen Beziehungen auch auf neu entdeckte Serien anwenden.

Die empirische heute sogenannte Rydberg-Konstante ließ sich schließlich aus lauter elementaren Konstanten wie der elektrischen Ladung des Elektrons, der Planckschen Konstanten und der Lichtgeschwindigkeit ableiten.

Die ursprüngliche Überzeugung von obwaltenden harmonischen Beziehungen hatte also in diesem Fall zu einem wichtigen Erkenntnisfortschritt geführt und die Zahlen hatten sich als physikalisch bedeutungsvolle Größen erwiesen. Arnold Sommerfeld schrieb deshalb 1931 in seinem berühmten Buch „Atombau und Spektrallinien“ völlig zutreffend:

„Was wir heutzutage aus der Sprache der Spektren heraushören, ist eine wirkliche Sphärenmusik des Atoms, ein Zusammenklingen ganzzahliger Verhältnisse, eine bei aller Mannigfaltigkeit zunehmende Ordnung und Harmonie.“¹³

„Ordnung“, „Harmonie“ oder auch „Einfachheit“ sind Leitideen. Der US-amerikanische Forscher Gerald Holton hat solche wie auch immer zustande gekommenen Leitideen unter dem Begriff THEMATA zusammengefasst und in seinem Buch „Themata. Zur Ideengeschichte der Physik“¹⁴ diskutiert. „Jeder hat seine eigene, manchmal starrsinnige ‚Sammlung‘ von fundamentalen Leitideen“, schreibt er, „die voneinander unabhängig betrachtet werden können ...“ (ebd., S. 150). An anderer Stelle bezeichnet er die „Themata“ sogar als eine „besondere Art von Vorurteilen“ (ebd., S. 4).

All diese Themata dienen letztlich dem Zweck, die unübersichtlich erscheinende Realität auf übersichtliche Strukturen zurückzuführen. In diesem Sinne stimme ich auch Herbert Hörz zu, wenn er über die gezielte Suche nach Einfachheit als Erkenntnishilfe ausführt, dass es sich hierbei um ein methodisches Prinzip handelt und schreibt:

13 Arnold Sommerfeld, Atombau und Spektrallinien, Braunschweig 1919, Vorwort

14 Gerald Holton, Themata. Zur Ideengeschichte der Physik. Braunschweig, Wiesbaden 1984.

„Für die Erkenntnis gilt bei der möglichen Auswahl aus verschiedenen Erklärungen für gleiche Phänomene, man solle die auswählen, die mit der einfachsten bzw. der geringsten Anzahl an Annahmen auskommt.“¹⁵

Doch er zitiert auch

„Das Dumme dabei ist nur, dass es keine objektiven Kriterien dafür gibt, wann eine Theorie einfacher oder sparsamer ist als eine andere. Diese Kriterien hängen fundamental von der herrschenden Theorie ab.“¹⁶

Und Hörz ergänzt: „Wer die bestehende Theorie halten will, wird das Einfachheitsprinzip verletzen und kompliziertere Zusätze einfügen.“¹⁷ Das beste Beispiel für diese Verfahrensweise ist die Einführung einer inflationären Phase in der frühesten Geschichte der Expansion des Universums. Und genau deswegen wird sie von Kritikern auch bemängelt. Doch wer sagt uns denn, dass es eine solche Phase, die mehrere der gegenwärtig beobachteten Eigenschaften des Universums gut zu erklären vermag, die man ohne sie nicht verstehen würde, nicht tatsächlich geben hat, auch wenn der öffentlich viel bejubelte scheinbar gelungene Nachweis mit dem BICEP2-Teleskop im vergangenen Jahr sich inzwischen als Fehlinterpretation heraus gestellt hat?

In welch hohem Maß der Begriff „Einfachheit“ durchaus subjektiv ist, habe ich selbst erlebt, als ich Alexander Unzicker mit dem renommierten DESY- und CERN-Mitarbeiter Thomas Naumann zu einer öffentlichen Diskussion in der Berliner Urania zusammenführte, der sogenannten „Unzicker-Naumann-Debatte.“¹⁸ Während Unzicker die Kompliziertheit des gegenwärtigen Standardmodells der Elementarteilchenphysik kritisierte, lobte Naumann dessen Einfachheit. Tatsächlich konnte Naumann darauf verweisen, dass der Teilchenzoo bis in die siebziger Jahre immer größer geworden war und man schließlich mehr als 200 verschiedene Teilchen gefunden hatte, ohne eine vernünftige Ordnung in das System bringen zu können. Als man dann aber nach Ähnlichkeiten hinsichtlich Masse, Spin, Baryonenzahl oder Ladung zwischen den verschiedenen Teilchen und ganzen Teilchengruppen suchte, gelang es, durch Einführung der Quarks (und ihren späteren experimentellen Nachweis), ein viel einfacheres Schema der Elementarteilchenphysik zu finden, eben das heutige Standardmodell. Unzicker aber sieht die-

15 Herbert Hörz, Philosophischer Reduktionismus oder wissenschaftlich berechnete Reduktionen? Zu den erkenntnistheoretischen Grundlagen des Prinzips Einfachheit, Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin 108 (2010) S. 18.

16 Hans-Dieter Radeke, Lorenz Teufel, Was zu bezweifeln war. Die Lüge von der objektiven Wissenschaft, München, 2010, S. 160 (zitiert bei Hörz, siehe Fußnote 15, S. 20).

17 Siehe Fußnote 15, S. 20.

18 <https://www.youtube.com/watch?v=P-U2nGFqulI> (Zugriff: 20.02.2015).

sen Gewinn an Einfachheit als allzu relativ und kommentiert ironisch: „Es mag auch Leute geben, die sofort zugreifen, wenn Schuhe für 1100 Euro um siebzig Prozent billiger werden“.¹⁹ In diesem Punkt stimmt ihm sogar der „Erfinder“ der Quarks, Murray Gell-Mann zu, wenn er schreibt dass die gegenwärtig insgesamt 61 Elementarteilchen des Standardmodells immer noch einen „umfangreichen und heterogenen Katalog fundamentaler Objekte“ darstellen.²⁰ Er sieht für die Zukunft die „Einbettung des Standardmodells in eine umfassendere, weniger willkürliche Theorie, „... vorzugsweise einer einheitlichen Theorie und all ihrer Wechselwirkungen“ (ebd.). Eine solche müsse aber gegenwärtig noch als Spekulation betrachtet werden, da es keinerlei direkte Beweise aus Beobachtungen gebe. Das gegenwärtige Standardmodell – auch jenes der Kosmologie mit seiner unverstandenen Dunklen Materie und Dunklen Energie – ist also gewiss nicht schon der Weisheit letzter Schluss. Nur wird die Forderung nach größerer Einfachheit allein das Problem nicht lösen. Schließlich beruhen die Komplizierungen der Standardmodelle (zumindest teilweise) auf Beobachtungen, die man nicht einfach ignorieren kann. Inwieweit die Interpretationen dieser Beobachtungen stichhaltig sind oder welche anderen Deutungen sich dafür gegebenenfalls anbieten, sei dahin gestellt.

Im übrigen erweist sich auch an dem soeben berichteten Beispiel einer völlig diametralen Beurteilung des Grades an Einfachheit angesichts derselben Fakten, dass es für unseren Arbeitskreis sehr sinnvoll wäre, einen Vorschlag von Erdmute Sommerfeld im Auge zu behalten. Sie forderte die inhaltliche und formale „Beschreibung von Kriterien für Einfachheit“²¹ und die nähere Untersuchung der Wechselbeziehungen zwischen Einfachheit und Komplexität sowie zwischen Einfachheit und Kompliziertheit. Dabei könnte man das Augenmerk auf mögliche Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den verschiedensten Disziplinen lenken und so vielleicht durch Systematisierung zu einem konkreteren Begriff von Einfachheit gelangen, der zumindest Missverständnisse ausschließt, vielleicht aber auch einen vertieften Zugang zu der Frage nach der Rolle von Einfachheit in Theorien und in der Wirklichkeit eröffnet.

Das bisher in diesem Arbeitskreis erarbeitete Material böte meines Erachtens eine ausgezeichnete Grundlage hierfür. Dass auch dies keineswegs

19 Alexander Unzicker, *Auf dem Holzweg durchs Universum*, München 2012, S. 28f.

20 Murray Gell-Mann, *Das Quark und der Jaguar. Vom Einfachen zum Komplexen*, München, Zürich 1996, S. 284.

21 Erdmute Sommerfeld, *Einfachheit – ein Grundprinzip in den unterschiedlichsten Disziplinen? Anregungen zur interdisziplinären Diskussion*, Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin 108 (2010) S. 159.

einfach wird (um diesen undefinierten Begriff hier noch einmal zu verwenden), lassen die anregenden diesbezüglichen Überlegungen und Thesen von Lutz-Günther Fleischer erkennen. Er hat vor diesem Arbeitskreis seine Gedanken zu Begriffselementen und Zuordnungsmerkmalen solcher Begriffe wie einfach/kompliziert oder elementar/komplex und ihrer Korrelationen unter systemtheoretischen Aspekten vorgetragen²² (siehe auch *Fleischer* in diesem Band). Daran sollte unbedingt weiter angeknüpft werden.

22 Lutz-Günther Fleischer, Taxonomie dynamischer ontologischer und kognitiver Mehrebenensysteme (unveröff. Ms.)