Christoph Markschies & Klaus Pinkau

Die *eine* Welt und die *vielen* Weltbilder

(Akademievorlesung am 22. April 2004)

Christoph Markschies eröffnet die Vorlesung:

I

Wir verwickeln Sie, meine sehr verehrten Damen und Herren, gleich in ein Experiment nicht ohne Risiko. Heute abend sprechen nämlich nacheinander zwei Wissenschaftler aus ganz verschiedenen Wissenschaftsbereichen, die normalerweise beruflich wenig miteinander zu tun haben, jedenfalls bislang keinen gemeinsamen Vortrag gehalten haben. Eine solche experimentelle Paarung birgt zunächst einmal ein *zeitliches Risiko* – solche ersten Versuche gemeinsamer Vorträge können einen bedrohlichen Umfang annehmen. Wir haben uns bemüht – ich betone: bemüht –, dieses zeitliche Risiko zu minimieren. Freilich besteht ein weiteres, ein *inhaltliches Risiko*. Sie hören, wie Horst Bredekamp in seiner freundlichen Einleitung schon gesagt hat, zunächst einen Kirchenhistoriker und Theologen und darauf einen Astrophysiker. Eine solche Teilung der Verantwortung für die Akademievorlesung könnte nun nahelegen, daß die Referenten auch im Blick auf ihr Thema – das Verhältnis der *einen* Welt und der *vielen* Weltbilder – einer schlichten Zweiteilung das Wort reden wollten. Ich meine die ebenso schlichte wie vertraute Zweiteilung zwischen „mythischen“ und „wissenschaftlichen“ Weltbildern, die dann gern auch noch chronologisch vertieft wird: „mythische Weltbilder“ wären dann ein Kennzeichen der alten Welt, „wissenschaftliche“ eines der neuzeitlichen Welt. Von einem Risiko spreche ich, weil eine solche doppelte Zweiteilung keineswegs nur von schlichten Geistern, die ohnehin zur übersichtlichen Ordnung ihrer Welt tendieren, vorgenommen wurde und wird, sondern – mindestens gelegentlich – auch von den ganz Großen eines Faches. Ich wähle als Beispiel einen Theologen des zwanzigsten Jahrhunderts; man könnte beispielsweise mit Nietzsche auch einen Philosophen des

neunzehnten Jahrhunderts anführen[1]. So prägt der schlichte Dual von einem mythischen und einem wissenschaftlichen Weltbild beispielsweise den berühmten Vortrag „Neues Testament und Mythologie. Das Problem der Entmythologisierung der neutestamentlichen Verkündigung“[2], mit dem der Marburger Neutestamentler Rudolf Bultmann (Abb. 1) seit 1941 gewaltige Aufregung in der Theologie beider Konfessionen und in den Kirchen auslöste. Bultmann konstatierte scheinbar unberührt von der politischen Lage mit relativ schroffen Worten, daß das mythische Weltbild, das die biblischen Texte präge, „unglaubhaft“ sei, „weil […] das mythische Weltbild vergangen ist“. Es sei auch gar nicht spezifisch christlich, „sondern einfach das Weltbild einer vergangenen Zeit, das noch nicht durch wissenschaftliches Denken geformt ist“[3]. Besonderen Anstoß erregten damals einige Sätze des Vortrags, mit denen Bultmann die alltägliche lebenspraktische Dementierung des mythischen Weltbildes durch jeden vernünftigen Zeitgenossen behauptete, weil der Referent hier den Vorwurf eines inneren Selbstwiderspruchs gegen alle die erhob, die das mythische Weltbild nicht ebenso energisch verabschiedeten, wie er es tat: „Man kann nicht elektrisches Licht und Radioapparat benutzen, in Krankheitsfällen moderne medizinische und klinische Mittel in Anspruch nehmen und gleichzeitig an die Geister- und Wunderwelt des Neuen Testaments glauben“[4]. Wenn Bultmann und viele andere Gelehrte nach ihm, die wie er mit einen solchen schlichten Dual von mythischem und wissenschaftlichem Weltbild operierten, recht hätten, dann bliebe dem Historiker die Aufgabe, das mythische Weltbild vergangener Zeiten zu erläutern und dem Naturwissenschaftler die Arbeit, das wissenschaftliche Weltbild der Gegenwart zu erklären. Dann wären auch die Aufgaben der beiden Teile dieser Akademievorlesung ziemlich klar verteilt: Der Kirchenhistoriker dürfte dann das mythische Weltbild der Religion erläutern und vielleicht noch ein wenig verteidigen, der Physiker würde das wissenschaftliche dagegenstellen und das veraltete mythische je nach persönlicher Disposition freundlich ironisieren, gleichgültig beiseite rücken oder ihm doch noch einen Wert zubilligen – dann freilich in einer μετάβασις εἰς ἄλλο γένος. Einen so langweiligen Vortrag werden Sie, meine sehr verehrten Damen und Herren, von uns schon deswegen nicht hören, weil keiner von uns beiden an so schlichte Duale glaubt. Interessanterweise wurde auch schon der eben erwähnte Referent Bultmann nach seinem Vortrag im Jahr 1941 – wenn man einer unveröffentlichten Zusammen-

---

1 Nietzsche, F.: Aus dem Nachlaß (1870): 6 [9] 24. Das wissenschaftliche Weltbild und das religiöse Weltbild im Kampf: ein neuer Contrast des Apollinischen und des Dionysischen. Nur in der Kunst zu bezwingen. Der Philosoph und der Mystiker (die Künste können sich in Anschluß an eins oder das Andre entwickeln).

2 Bultmann, R.: Neues Testament und Mythologie. Das Problem der Entmythologisierung der neutestamentlichen Verkündigung. Nachdruck der 1941 erschienenen Fassung hrsg. von E. Jüngel (BETh 96), München 1985.

3 Ebenda, S. 14.

4 Ebenda, S. 16.

Abbildung 1

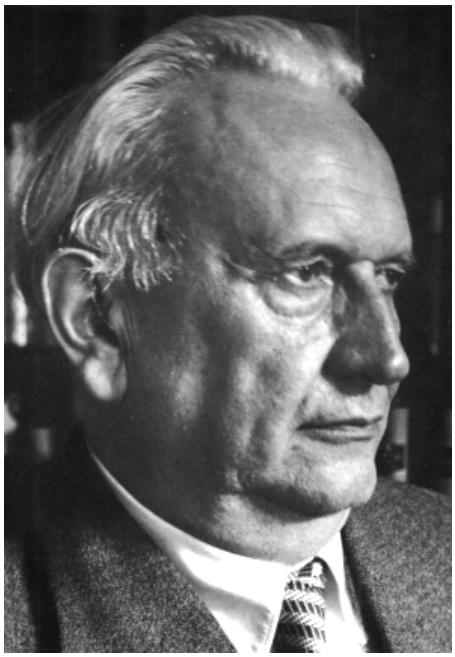


Abbildung 2

fassung der Tagung glauben darf, die mir vorliegt – von klugen Kollegen gefragt, ob denn tatsächlich *die* neuzeitliche Wissenschaft mythenfrei sei[5]. Man muß dabei nun gar nicht – wie der emeritierte Kieler Philosoph Kurt Hübner – mit Berufung auf die Kontroverse zwischen Einstein und Bohr der modernen Naturwissenschaft metaphysische Restbestände und unabgestreifte mythische Eierschalen nachweisen[6], um die Künstlichkeit jener verbreiteten Dichotomie zu erkennen. Schon gar nicht muß man sich (beispielsweise mit Hübner) auf eine Debatte über die spezifische Form einer „Rationalität des Mythos" einlassen und gemeinsame Strukturen von mythischer wie wissenschaftlicher Denkform zu erweisen suchen (wie etwa das

---

5 Ich zitiere aus den unpaginierten hektographierten Mitteilungen für die Mitglieder der „Gesellschaft für evangelische Theologie" (1/1941) den Bericht von Ernst Fuchs. Die Position ist p. 6 „Brunner" (d. i. Emil Brunner) zugewiesen. In einer „Denkschrift der Ev. theol. Fakultät der Universität Tübingen" unter dem Titel „Für und wider die Theologie Bultmanns" (SGV 198/199, Tübingen 1952, S. 27) wird bemerkt, daß der im Vortrag „enthaltene Begriff von 'Mythos' ungeklärt ist und schillert".

6 Hübner, K.: Die Wahrheit des Mythos, München 1985, S. 40–46.

Prinzip „trial and error“ oder „vorrationale Axiome“[7]). Für unsere Zwecke reicht die Beobachtung, daß die allermeisten mythischen Weltbilder schon der Antike auch Elemente wissenschaftlicher Forschung enthalten, so daß man zwar nicht mythische und wissenschaftliche Weltbilder einfach gleichsetzen muß, aber doch wahrnehmen sollte, daß diese beiden Kategorien unhistorische Extrapolationen, bestenfalls didaktisch motivierte Vereinfachungen sind. Die meisten Weltbilder sind weder ganz mythisch noch ganz wissenschaftlich, sondern eine Mischung aus beidem. Mir jedenfalls scheint, daß dies sowohl für antike wie für neuzeitliche Weltbilder gilt und hier kein epochenbildender Unterschied postuliert werden kann. So hat auch Karl Jaspers (Abb. 2) 1953 in einer ebenfalls recht schroffen Replik auf Bultmanns Vortrag von der Gefahr der „Übertreibung des Unterschieds des Geistes der Zeitalter“ gesprochen, der dazu führe, das zwischen alter und neuer Welt Gleichbleibende zu übersehen[8]. Ich demonstriere die Angemessenheit dieser Position durch einen knappen Hinweis auf das geradezu biblische Alter der Differenzierung eines mythischen und eines wissenschaftlichen Zugriffs auf die Welt: In seiner „Tierkunde“ referiert Aristoteles die Ansicht, es gäbe nur zwölf Tage im Jahr, an denen eine Wölfin Junge werfen würde. In dieser Position, so schreibt der Philosoph weiter, sei freilich λόγος mit μῦθος verbunden: Die Zahl der Tage gehe auf den Mythos zurück, daß Leto in Gestalt einer Wölfin zwölf Tage auf Delos vor Hera verborgen worden sei. Ob dieser Mythos stimme, könne aber solange nicht entschieden werden, wie keine exakte Beobachtung (σύνοψις) vorliege, und an der fehle es bisher[9].

Über das zeitliche und inhaltliche Risiko unseres Unternehmens habe ich nun gesprochen – und trotzdem muß ich unter den Risiken dieser Veranstaltung wenigstens noch ein drittes hervorheben. Eine Vorlesung über Weltbilder, die von einem Natur- und einem Geisteswissenschaftler gemeinsam gehalten wird, ist wohl vor allem von einem *terminologischen Risiko* bedroht. Es gibt wohl wenig Begriffe, bei denen so stark die Gefahr der Äquivokation droht wie eben beim Begriff „Weltbild“. Am Anfang jeder Beschäftigung mit dem Thema „Weltbild“ muß wenigstens eine Arbeitsdefinition stehen. Auch wenn bislang eine umfassende Geschichte des Begriffs fehlt[10], lassen sich doch grundsätzlich seit der ersten Verwendung eines vergleichbaren Begriffes im Althochdeutschen im zehnten Jahrhundert *zwei* Bedeutungen

---

7 Ebenda, S. 287f.

8 Jaspers, K.: Wahrheit und Unheil der Bultmannschen Entmythologisierung. In: ders. & R. Bultmann, Die Frage der Entmythologisierung (Serie Piper 207), München 1981, S. 29–80, hier S. 32.

9 Arist., hist. An. 35 (580 a 11–22); eine (relativ unpräzise) Übersetzung bei Aristoteles, Tierkunde (Aristoteles, Die Lehrschriften, hrsg., übertragen und in ihrer Entstehung erläutert von P. Gohlke 8/1), 2. Auflage, Paderborn 1957, S. 299.

10 Mir lag freilich der entsprechende Artikel im HWPh von Horst Thomé im Manuskript vor (inzwischen erschienen).

unterscheiden[11]: Weltbild kann *erstens* bedeuten *imago mundi* oder *orbis pictus* im Sinne einer realen bildlichen Darstellung, kann aber *zweitens* auch als *idea mundi* synonym zu „Weltanschauung" gebraucht und damit in einem übertragenen, leicht diffusen Sinn[12] verwendet werden. Ich möchte mich in meinem Teil dieser Akademievorlesung auf die erste, engere Bedeutung konzentrieren und verstehe unter Weltbild die als Bild präsentierte Synopse eines alltäglichen, mythologischen oder wissenschaftlichen deskriptiven Weltwissens. Auf der Basis einer solchen Präzisierung des Begriffs ergeben sich dann mindestens *zwei* Charakteristika eines Weltbildes: Ein Weltbild zeichnet sich *zum einen* durch seine (mindestens tendenziell) *auf Totalität hin orientierte kosmologische Perspektive* aus, die das Ganze der Welt in den Blick nehmen will. Wenn man mit Blick auf diese kosmologische Perspektive einen Anspruch auf Erfassung von Totalität allerdings zum unabdingbaren Charakteristikum von Weltbildern erklären will, bleibt angesichts der Segmentierung und Fragmentierung neuzeitlicher Wissenschaft nur – wie beispielsweise für Jaspers in seinen erwähnten Beiträgen – die Konsequenz, zu behaupten, es gebe in der Neuzeit überhaupt gar kein „wissenschaftliches Weltbild". Jaspers sagt, es sei ein entscheidendes Kennzeichen moderner Wissenschaft im Unterschied zu antiker, „daß sie auf ein Weltbild verzichtet, weil sie erkennt, daß dies unmöglich ist"[13]. In gewissem Sinne haben das ja auch Heisenberg und Hund mit ihrer Beschränkung auf ein „Naturbild" anstelle eines „Weltbildes" bestätigt[14], und einige zeitgenössische Physiker folgen ihnen dabei. Mit der Einfügung der Worte „mindestens tendenziell" in unsere Definition haben wir freilich diese nicht unproblematische Konsequenz einer allzu engen Begriffsbestimmung vermieden. Aus unserer gleichwohl eben vorgenommenen Präzisierung des Begriffs folgt aber noch ein weiteres Charakteristikum der Weltbilder: Ein Weltbild ist *zum zweiten* (auch wenn, wie wir sahen, der Begriff gelegentlich so gebraucht wird[15]) keine bloß bebilderte Reihe von Überzeugungen über das Ganze der Welt, sondern spezifisch durch seine bildliche Dimension geprägt. Bild dient hier als Erkenntnismittel und ist notwendig, um einen Gedanken zur Erscheinung und in die Vorstellung zu bringen. Dabei unterscheide ich Bild und Modell, obwohl auch diese Begriffe gern synonym gebraucht werden: Ein Welt*bild* ist zweidimensional angelegt, ein Welt*modell* dreidimensional. Als Bild ist es von dem geprägt, was man in modifizierter Aufnahme von Gedanken Gottfried

---

[11] Mart. Cap., nupt. 68 (21,13): imago ideaque mundi; vgl. die Übersetzung bei Notker dem Deutschen, Martianus Capella, De nuptiis Philologiae et Mercurii, hrsg. von J. C. King (Altdeutsche Textbibliothek 87), Tübingen 1979, 60.

[12] So auch Thomé: Art. Weltbild (Manuskript, S. 4, HWPh, Bd. 12, Sp. 461).

[13] Jaspers (Anm. 8), S. 33.

[14] Heisenberg, W.: Das Naturbild der heutigen Physik, Hamburg 1955. – Ob man freilich, wie Heisenberg und Hund meinen, auf diese Weise „außerwissenschaftliche Elemente" eines Weltbildes vermeiden kann, ist mir – gerade im Falle Heisenbergs! – äußerst fraglich.

[15] Diese oft übersehene Äquivokation macht den Begriff schwierig.

Böhms die für das Bild charakteristischen „ikonischen Differenzen“ nennen könnte, zuerst natürlich durch die grundlegende Differenz zwischen Bild und Realität, dann aber auch durch die Differenz zwischen dargestellter (hier: kosmologischer) Totalität und dem Reichtum dargestellter Vielfalt[16]. In gewisser Weise ist ein Welt*bild* im strengen Sinne des Wortes sogar der Idealfall dieser zweiten Differenz, weil die dargestellte Totalität die vollkommene Totalität des ganzen Kosmos darstellen soll. Das impliziert zugleich die erste Differenz: Die dargestellte Totalität kann natürlich keine rein abbildliche Totalität sein – ein derartig großes Weltbild könnte nirgendwo erstellt oder gelagert werden, sondern eine Interpretation von Realität, die zugleich unsere Realitätswahrnehmung bestimmt und in gewisser Weise – wie auch Klaus Pinkau gleich ausführen wird – fesselt. Das Weltbild macht Welt verfügbar[17] und fesselt insofern nicht nur uns, sondern zugleich auch die Welt. Meine These ist daher: Die Bildlichkeit der Weltbilder spielt eine höchst ambivalente Rolle. Sie ermöglicht zwar durch ihre bildspezifischen Reduktionen von abgebildeter Wirklichkeit überhaupt erst die verknappte Darstellung komplizierter Sachverhalte, vereinfacht aber auch so grundsätzlich die Wirklichkeit auf eine unter Umständen gefährliche Weise. Positiver formuliert: Bilder können Theorien vor den Phänomenen retten et vice versa die Phänomene vor den Theorien.

II

Ich expliziere diese theoretisch durch Arbeit am Begriff erhobenen Charakteristika nun noch durch die aus Zeitgründen äußerst fragmentarische Analyse eines *antiken Beispiels*. Wir beschäftigen uns dazu mit einem Zeitgenossen des byzantinischen Kaisers Justinian, einem Indienfahrer mit mutmaßlichem Namen Cosmas (Κοσμᾶς ὁ Ἰνδικοπλεύστης). Er bereiste zunächst als Kaufmann große Teile der damaligen bewohnten Welt und beschloß sein Leben vermutlich als Einsiedler irgendwo in Ägypten oder in Raïthou/El Tûr auf der Sinaihalbinsel[18]. Sein Hauptwerk ist eine

---

[16] Böhm, G.: Die Wiederkehr der Bilder. In: ders. (Hg.), Was ist ein Bild? (Bild und Text), 3. Auflage, München 2001, S. 11–38, hier S. 30. Eine knappe Zusammenfassung der Diskussion über die verschiedenen bildtheoretischen Ansätze und eine Weiterführung der Diskussion findet sich bei Abel, G.: Zeichen- und Interpretationsphilosophie der Bilder. In: Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik I/1, 2003, S. 24ff.

[17] Böhm (Anm. 16), S. 30; vgl. auch Abel, G.: Die Macht der Weltbilder und Bildwelten. In: ders. u. a. (Hg.), Neuzeitliches Denken. FS für Hans Poser, Berlin, New York 2002, S. 23–48.

[18] Zuletzt Schneider, H.: Art. Cosmas der Indienfahrer. In: LACL, 3. Auflage, 2002, S. 165f. (Lit.). – Der Name Cosmas ist nur durch eine späte Handschrift überliefert; zur alexandrinischen Herkunft Anastos, M. V.: The Alexandrian Origen of the *Christian Topography* of Cosmas Indigopleustes. In: DOP 3 (1946), S. 75–80.

zunächst anonym publizierte und erst später unter dem richtigen Namen überlieferte zwölfbändige *Christliche Topographie* (Χριστιανικὴ τοπογραφία), die von der Herausgeberin der jüngsten kritischen Ausgabe auf die Jahre 547–549 n. Chr. datiert wird[19]. Uns interessieren hier nicht die enzyklopädischen Bücher VI–XII der *Christlichen Topographie* des Cosmas, auf die auch der Beiname „Indienfahrer" zurückgeht, sondern die ersten vier Bücher des Werkes, in denen der Autor versucht, das, was er als das in der Bibel überlieferte und schon deswegen angemessene Weltbild empfindet, gegen verschiedenste Anwürfe und vor allem gegen das ptolemäische Weltbild zu verteidigen. Auf den ersten Blick – meint: ohne Blick in den Text – wirkt eine solche Verteidigungsstrategie des spätantiken Autors wie eine nachträgliche Bestätigung der eingangs verworfenen These, es gebe die zwei streng voneinander geschiedenen Typen eines mythischen und eines wissenschaftlichen Weltbildes. Cosmas als Anwalt des ohne Zweifel mythisch geprägten biblischen Weltbildes stünde, so betrachtet, dann gegen die antike Wissenschaft und ihr von Claudius Ptolemaeus entwickeltes Weltbild. Wenn wir aber die – mutmaßlich auf Skizzen des Cosmas[20] zurückgehenden – Illustrationen aus dem Sinaiticus Graecus 1186, einer kappadozischen Handschrift des elften Jahrhunderts[21], näher in den Blick nehmen und die zugehörigen Texte studieren, wird ganz im Gegenteil unsere eingangs entfaltete Zurückweisung des schlichten Duals von mythischem und wissenschaftlichem Weltbild bestätigt.

Cosmas stellte sich die Welt nach dem Modell eines zweistöckigen Hauses vor, dessen Fundament die als flache Scheibe gedachte Erde bildet und das eine rechteckige Form hat (Abb. 3). Dabei berief er sich allerdings, wie der Text seiner *Christlichen Topographie* zeigt, durchaus nicht nur auf die Heiligen Schriften der Juden und Christen als formativen Autoritäten seines Weltbildes. Im zweiten Buch der Topographie zitierte er beispielsweise zum Beleg seiner Ansichten eine Zeugenreihe fünf prominenter antiker Wissenschaftler mit längeren Textpassagen[22]. Dabei verwies er unter anderem auf den griechischen Universalhistoriker Ephorus (ca. 400–330 v. Chr.), zitierte aus dessen Weltgeschichte eine längere Passage über die Verteilung der Völker auf der Erdscheibe und bildete schließlich eine dem Ephorus zugeschrie-

---

[19] Cosmas Indigopleustès, Topographie Chrétienne, Tome I (Livres I-IV). Introduction, Texte critique, illustration, Traduction et Notes par W. Wolska-Conus (SC 141), Paris 1968, 15–19; so auch Grillmeier, A. Kardinal: Jesus der Christus im Glauben der Kirche, Bd. 2/4 Die Kirche von Alexandrien mit Nubien und Äthiopien nach 451 unter Mitarbeit von Th. Hainthaler, Freiburg/Breisgau 1990, S. 150–165, hier S. 151f.

[20] Weitzmann, K.: Illustrations in Roll and Codex, 1947 (2. Auflage 1970), S. 198f.

[21] Wolska-Conus (Anm. 19), S. 47.

[22] Wolska-Conus, W.: La Topographie Chrétienne de Cosmas Indicopleustes, Théologie et Science au VIe siècle, Bibliothèque Byzantine 3, Paris 1962, S. 147–192; dies.: Art. Geographie. In: RAC X, Stuttgart 1978, S. 155–222, hier S. 185–187.

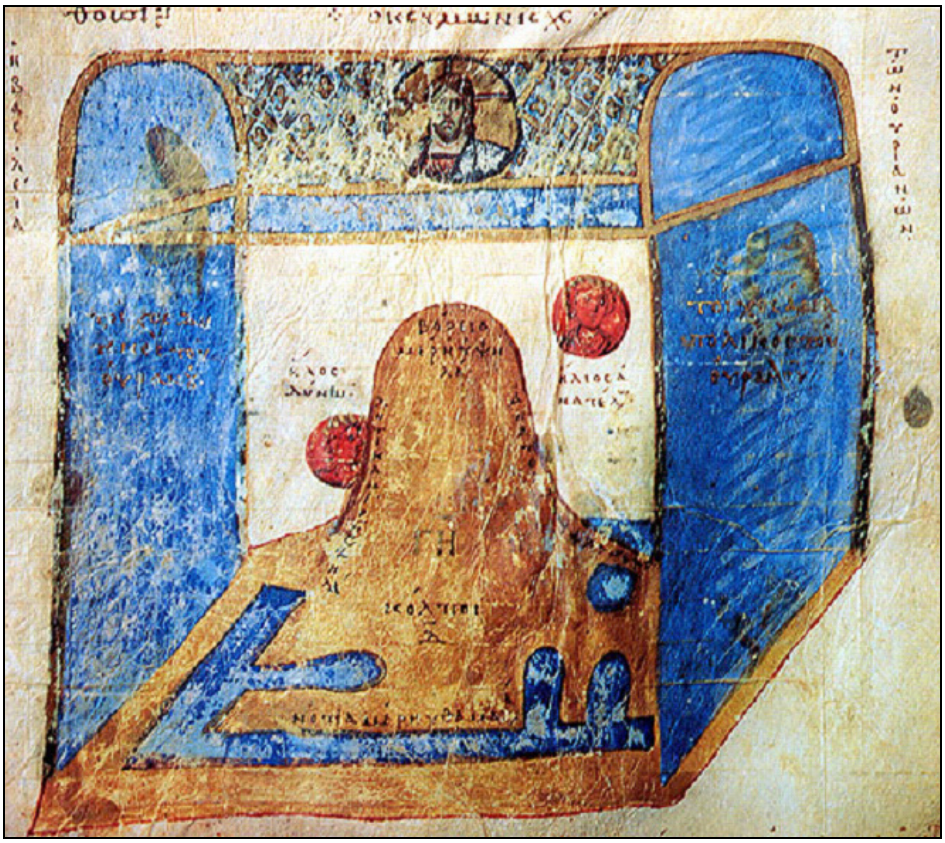


Abbildung 3

bene Erdkarte ab[23] (Abb. 4a und b). Dem gebildeten Leser wurde so signalisiert, daß die formative Autorität der Erddarstellung im Weltbild der Begründer der griechischen Universalgeschichtsschreibung war. Es reicht für den heutigen Abend, sich klarzumachen, daß in dieser Karte des Ephorus und Cosmas Griechenland als Zentrum der Erde vorgestellt ist und den vier Winden (Apeliotes, Notus, Zephyrus und Boreas) bzw. vier Himmelsrichtungen vier Völkerschaften (Inder, Äthiopier, Kelten und Skythen) zugewiesen werden. Jener Ephorus stand in der Antike in hohem Ansehen, wird beispielsweise im Geschichtswerk des Diodor ausführlich zitiert und

[23] Cosm. Ind., top. II 79 (= FGrH I, nr. 70, frg. 30b, p. 243f. = GGM I, p. 201f.) bzw. II 80 (Karte).

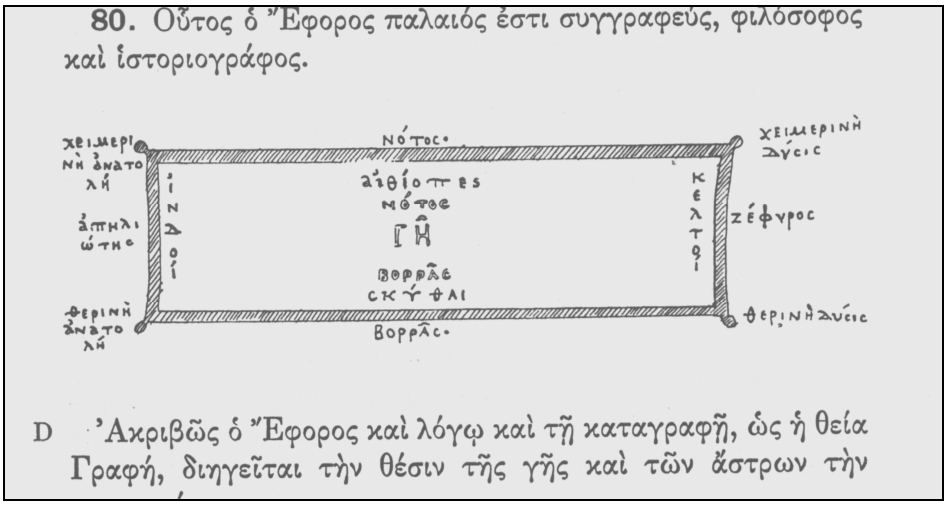


Abbildung 4a

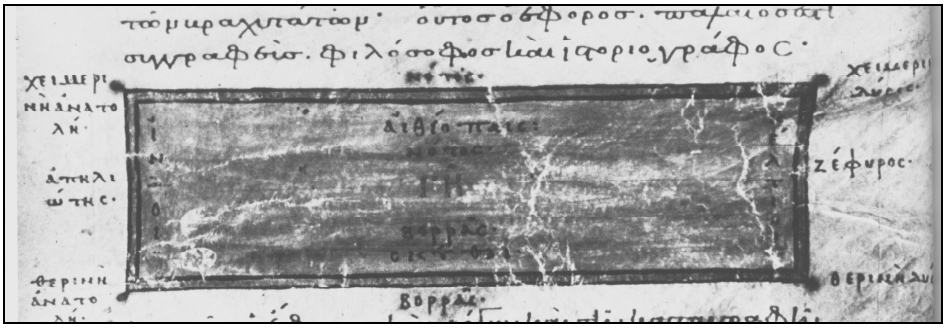


Abbildung 4b

als Überwinder der alten Mythologen bezeichnet[24]. Daran, daß es sich nach antiken Maßstäben um eine *wissenschaftliche*, von Geographen und Historikern bei allen Einwänden gegen Details gern herangezogene *Autorität* handelte, kann man eigentlich nicht zweifeln. Und nach allem, was wir wissen, entsprach die rechteckige Karte des Ephorus mindestens ihrer Form nach der ebenso rechteckigen Erdkarte eines ungleich berühmteren Zeitgenossen, des durch seinen Himmelsglobus bis heute be-

[24] Diod. Sic. IV 1,3 (BiTeu I, 335,18-21 Dindorf): Ἔφορος μὲν γὰρ ὁ Κυμαῖος, Ἰσοκράτους ὢν μαθητής, … τὰς μὲν μυθολογίας ὑπερέβη (= FGrH 2a 70 Test. 8).

kannten Astronomen und Mathematikers Eudoxus von Cnidus[25]. Die extreme geometrische Reduktion der Erde bei Ephorus und Eudoxus darf man nun nicht als unwissenschaftliche Naivität mißverstehen: Noch in der ungleich detailreicheren Erdkarte, die vermutlich im Hintergrund der von Petrarca und Boccaccio hoch geschätzten und in der Antike recht verbreiteten „Länderbeschreibung" (*chorographia*) des Pomponius Mela (43/44 n. Chr.) steht, werden geographische Gegebenheiten auf einfachste geometrische Formen zurückgeführt: Sizilien und Britannien sind nach Pomponius Mela Dreiecke wie das griechische Delta (II 115; III 50), und Sardinien ist, „abgesehen davon, daß es sich weniger gen Westen als nach Osten erstreckt", ein Rechteck (II 123)[26]. Der Naivitätsverdacht gegenüber solchen didaktisch motivierten Komplexitätsreduktionen ist alt: Während die Rekonstruktion von Hans Philipp aus dem Jahre 1912 diese didaktische Reduktion von Komplexität auf einfache geometrische Formen relativ präzise umsetzt[27], ist der ersten gedruckten Ausgabe des Pomponius aus dem späten fünfzehnten Jahrhundert eine nach Claudius Ptolemaeus korrigierte Erdkarte beigegeben, die sich um größeren kartographischen Realismus bemüht[28] (Abb. 5). Pomponius kann diese Karte freilich schon deswegen nicht im Hinterkopf gehabt haben, da sie erst etwa hundert Jahre später entstand. Man darf aber nach den sorgfältigen Untersuchungen von Kai Brodersen auch bezweifeln, daß eine graphische Darstellung der Erdgeographie des Claudius Ptolemaeus bis zum Ausgang der Antike überhaupt ein selbstverständlicher Teil der wissenschaftlichen Allgemeinbildung war[29].

Wie gesagt: Der Vorwurf der Naivität trifft nicht die antiken Autoren, sondern ihre neuzeitlichen Interpreten. Auch der Indienfahrer Cosmas ist sich durchaus über den Grad der Abstraktion seiner Abbildungen im Klaren gewesen (Abb. 3). Deswegen führt er sein Bild des Weltalls, das ein neuzeitlicher Gelehrter etwas abschätzig als einen „kosmischen Koffer" (Paul Huber[30]) bezeichnet hat, auch mit einem keineswegs nur rhetorisch gemeinten Gestus der Distanz ein: Der Kosmos sei hier „nach dem Maß des Möglichen" (κατὰ τὸ ἐνδεχόμενον), also nach dem in einer solchen

---

[25] So jedenfalls Dilke, O. A. W.: Greek and Roman Maps (Aspects of the Greek and Roman Life), London 1985, S. 26f.

[26] Pomponius Mela: [De chorographia], Kreuzfahrt durch die antike Welt. Zweisprachige Ausgabe von K. Brodersen, Darmstadt 1994 (zur Karte a. a. O. S. 20–26).

[27] Geographie des Erdkreises von Pomponius Mela. Aus dem Lat. übers. und erl. von H. Philipp, Voigtländers Quellenbücher 11, Leipzig 1912, Taf. 1.

[28] Dilke (Anm. 25), S. 75–86.

[29] Brodersen, K.: Terra Cognita. Studien zur römischen Raumerfassung, Spudasmata 59, Hildesheim 1995.

[30] Huber, P.: Die Kunstschätze der Heiligen Berge, 3. Auflage, Augsburg 1987, S. 58. Zur Geschichte dieser Vorstellung Scholten, C.: Antike Naturphilosophie und christliche Kosmologie in der Schrift „De opificio mundi" des Johannes Philoponos, Berlin 1996, S. 280–297.

Abbildung 5

symbolischen Repräsentation erreichbaren Grad an Präzision, in Form einer Skizze dargestellt[31]. Natürlich glaubte weder der Autor noch irgendein halbwegs gebildeter antiker Leser, daß der obere Himmel die Gestalt eines Kofferdeckels besitzen würde. Schließlich glaubte niemand, daß der obere Himmel aus geschaffener Materie zusammengesetzt sei. Mit der Beischrift „das Königreich der Himmel" (ἡ βασιλεῖα τῶν οὐρανῶν) und dem Pantokratormedaillon macht Cosmas für antike Leser deutlich, daß das Bild nicht im Sinne einer schlichten 1:1-Reproduktion Wirklichkeit abbildet, sondern hier ein Bild über eine höchst komplexe Ähnlichkeitsrelation mit einer eigentlich bildlich nicht darstellbaren Sache verbunden ist. Ikonische Differenz meint hier: Ähnlichkeit wird von noch größerer Unähnlichkeit umfangen. Daß Cosmas diese engen Grenzen der Bildlichkeit seines Weltbildes ernst nahm, erkennt man auch daran, daß er die Bilder nach Bedarf wechseln kann – alle diese Bilder sind der Sache gleich angemessen und zugleich unangemessen. Während im Bild des „Koffers" die aufgehende und die untergehende Sonne als eigenständige Personifikationen erscheinen, wird die Sonne in einem späteren Bild zu einer Passage aus dem

[31] Die Darstellungen werden bezeichnet als „Abbildungen der Gestalten der Welt entsprechend der Heiligen Schrift": διαγραφὴ σχημάτων τοῦ κόσμου κατὰ τὴν θείαν γραφήν.

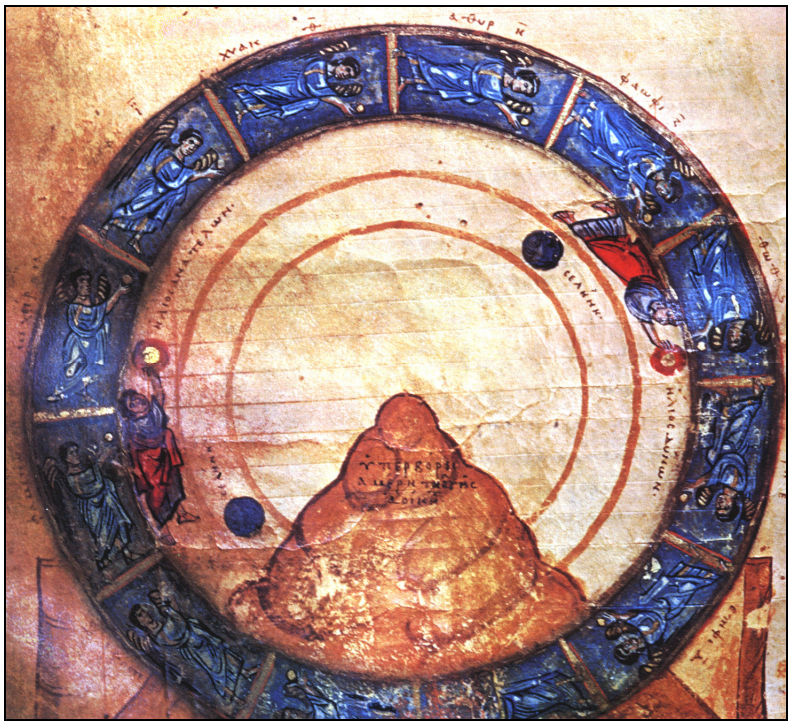


Abbildung 6

neunten Buch (fol. 181[v] zu IX 6) über astrologische Fragen als Scheibe dargestellt, die von einem Engel auf einer Kreisbahn entlang geschoben wird (Abb. 6). Die Illustration zeigt zwölf Engel, die als „Lampenträger" Sterne über den Himmel schieben, und dazu zwei weitere Engel, die Sonne und Mond um die Erde drehen. Dieser ebenfalls nur scheinbar naive Anthropomorphismus ist in Wahrheit die symbolische Repräsentation der wissenschaftlichen Position des Cosmas. Der Indienfahrer lehnte wie verschiedene andere antike Fachgelehrte die unter anderem von Claudius Ptolemaeus vertretene Annahme von Sphären und selbständigen Planetenbewegungen, die sich an den Gesetzen der Drehung von Kugeln orientieren, ab. Von einem „scheinbaren" Anthropomorphismus muß man schon deswegen sprechen, weil für Cosmas jene Engel, die Sonne, Mond und die Planeten schieben, mit einer geschaffenen, aber unsichtbaren und rein denkenden Substanz ihres Körpers natürlich nur menschen*ähnlich* gedacht sind[32]. Es handelt sich um Personifikationen himmlischer δυνάμεις,

[32] Bezeugt ist diese Position für Theodor von Mopsuestia bei Jo. Philop., opif. I 8 (FChr 23/1, 104, S. 12–17 Reichardt/Scholten). Cosmas wird sie auch vertreten haben.

also von Kräften, die nur sehr eingeschränkt mit irdischen Personen verglichen werden können. Es würde sich an dieser Stelle lohnen, nun zu Vergleichszwecken auf einen anderen christlichen Autor der Spätantike und schroffen Kritiker des Cosmas einzugehen, auf den alexandrinischen Theologen *Johannes Philoponus*. Dieser Gelehrte interpretierte die einschlägigen biblischen Aussagen über die Weltschöpfung im Unterschied zu Cosmas explizit auf der Basis der Weltsicht des Claudius Ptolemaeus und warf Cosmas vor, in „oberflächlicher Weise" zu argumentieren, unverständig und dumm zu sein[33]. Seine eigene „Verteidigung eines platonischen Denkmodells einer christlichen Welt"[34] enthält ausführliche astronomische Beweisgänge[35] und behandelt komplizierte Sachverhalte wie Parallelkreise, die Milchstraße und den Horizont[36]. Eine ausführliche Darstellung der Kontroverse zwischen Cosmas Indigopleustes und Johannes Philoponus muß aus Zeitgründen unterbleiben, kann aber auch unterbleiben, weil bereits deutlich geworden ist, daß die beiden Autoren ja nicht den Konflikt eines mythischen mit einem wissenschaftlichen Weltbild ausfechten, sondern eine Debatte um die rechte Zuordnung von vorwissenschaftlichen Axiomen, die eher aus dem Mythos gewonnen werden, und wissenschaftlichen Beobachtungen. Dies braucht nicht mehr in extenso dargestellt zu werden. Ich kann vielmehr diesen ersten Teil abschließen, weil hoffentlich auch deutlich geworden ist, daß das gewählte Beispiel – die *Christliche Topographie* des Indienfahrers Cosmas – nicht nur unsere Thesen über die enge Verbindung von mythologischen und wissenschaftlichen Zügen in antiken Weltbildern bestätigt, sondern auch die Bemerkungen über die Bedeutung der Bildlichkeit für Weltbilder und die spezifische Ambivalenz der Bilder zu illustrieren vermag. In einem Weltbild erscheint als Bild, was im Grunde bildlich gar nicht darstellbar ist. Noch pointierter formuliert: Die scheinbare didaktische Reduktion von Komplexität in einem Weltbild verschärft die komplexen Probleme eines Weltbildes. Bilder sind, wie der Physiker Heinrich Hertz in einer lesenswerten Passage über den Modellbegriff der Naturwissenschaften so schön formuliert hat, in diesem Sinne „Scheinbilder", „unsere Vorstellung von den Dingen", die in gewisser Hinsicht mit den Dingen übereinstimmen sollten, aber keineswegs müssen[37].

---

[33] Joh. Philop., opif. I proem. (72, S. 14f.).

[34] Suchla, B. R.: Verteidigung eines platonischen Denkmodells einer christlichen Welt. Die philosophie- und theologiegeschichtliche Bedeutung des Scholienwerks des Johannes von Skythopolis zu den areopagitischen Traktaten. In: NAWG.PH 1 (1995), Göttingen 1995, S. 12 (eine Passage, die Frau Suchla Philoponus zuweist).

[35] Joh. Philop., opif. III 6-13; ausführlich referiert und kommentiert bei Scholten (Anm. 30), S. 383–419.

[36] Joh. Philop., comm. in Arist. Mete. (CAG XIV/1, 112,5–32 Hayduck).

[37] Hertz, H.: Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt (Gesammelte Werke III), Darmstadt 1963 (= Leipzig 1894), S. 35; Jammer, M.: Die Entwicklung des Modellbegriffs in den physikalischen Wissenschaften. In: Studium Generale 18 (1965), S. 166.

Bevor ich in vollkommener Überschreitung meiner Kompetenzgrenzen weiter über neuzeitliche Physiker rede, sollte ich den Stab nun aber an meinen verehrten Kollegen für den zweiten Teil dieses Vortrages weitergeben.

Klaus Pinkau ergreift das Wort:

1 Der Wandel

Der Wandel zum modernen naturwissenschaftlichen Weltbild ist verknüpft mit den Namen Kopernikus (1543 De revolutionibus), Kepler (1609 Astronomia Nova), Galilei (1633 von der Inquisition gezwungen, der Lehre des Kopernikus abzuschwören), Newton (1687 Principia) und auch Leibniz (1646–1716) besonders wegen seiner Wirkung auf das neue System der Naturwissenschaften und die Integration der Mathematik und Physik.
Denn während noch Aristoteles die Unterschiedlichkeit von Mathematik und Physik gelehrt hatte[38], und Kopernikus ursprünglich von der Inquisition verschont blieb, weil Astronomie Mathematik, also Kunst sei, und deshalb ihre Hypothesen nie mit Sicherheit bewiesen werden könnten, begann gerade durch Kopernikus der Wandel, die Mathematik als Instrument zur Erschließung der Welt zu begreifen[39]: „Was also diese Unsicherheiten der mathematischen Überlieferung, die Berechnungen der Bewegungen der Weltkugeln betreffend, angeht: als ich darüber bei mir lange nachdachte, erfaßte mich Unwillen darüber, daß keine unangreifbare Berechnung der Bewegungen der Weltmaschine, die um unseretwillen vom besten und genauesten aller Werkmeister gebaut ist, den Wissenschaftlern glücken wollte“.
Der Wandel besteht zwar durchaus darin, „im Buch der Natur“ lesen zu lernen und nicht mehr der Natur vorzuschreiben, wie sie sein müsse, um bestimmte Textstellen der Bibel zu belegen. Aber das Ziel bleibt ursprünglich die Erhöhung Gottes durch bessere Erkenntnis der Wunder seiner Schöpfung, selbst wenn dieser religiöse Bezug während der Entwicklung der modernen Naturwissenschaften verloren gegangen zu sein scheint. Und diese bessere Erkenntnis soll durch die wissenschaftliche Methode gelingen, welche die Integration von Mathematik und Physik voraussetzt.

---

[38] Aristoteles: Physik II(2).

[39] Schröder, Richard: Wissenschaft contra Religion? Zum Fall Galilei. In: Buchheim, Thomas, Schönberger, Rolf & Walter Schweidler (Hg.), Die Normativität des Wirklichen, Stuttgart 2002, S.112ff., insbes. S. 141.

2 Das Programm der Physik

Das physikalische Weltbild läßt sich als Ergebnis eines Programms formulieren. Sein Ziel ist: Die Physik hat etwas damit zu tun und sie gibt sich damit zufrieden, zukünftige Zustände auszurechnen.

Dieses Ziel ist einfach, es erhebt keine metaphysischen Ansprüche, es scheint nicht Ansprüche an „Verstehen“ einlösen zu können. In diesem einfachen Satz und in dieser einfachen Zielsetzung verbergen sich jedoch viele Gründe für den Erfolg naturwissenschaftlicher Forschung: es entsteht daraus „Verstehen“ in dem Sinn, daß die Welt offenbar so beschaffen ist, daß ihre Wirkungen durch die begriffliche Konstruktion von „Meßgrößen“, zwischen denen mathematisch formulierbare Gesetze „entdeckt“ (nicht: erfunden) werden, beschrieben werden können.

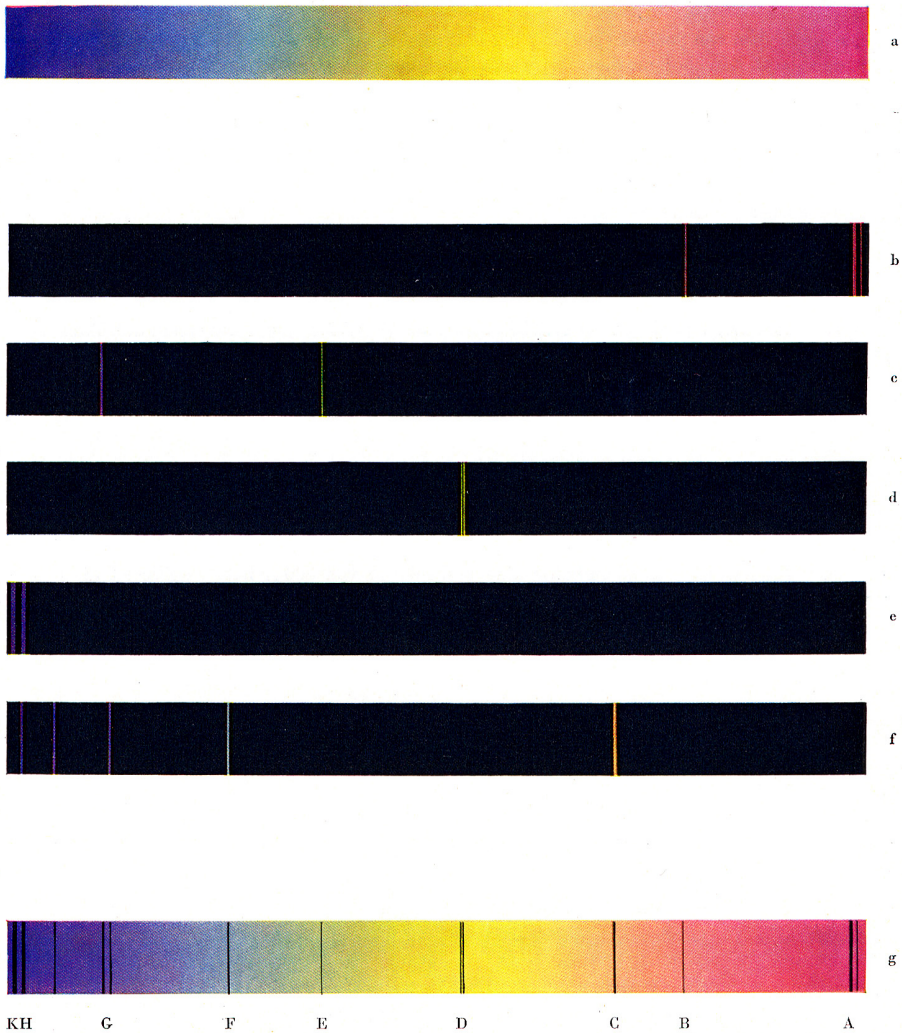
Der Ausführung eines solchen „Programms“ und damit der wissenschaftlichen Methode liegt die Vorstellung zugrunde, daß es eine „reale Außenwelt“ gibt, die sich in einem gewissen Zustand befindet, den man beschreiben kann. Dazu muß man meßbare Größen definieren, die den Zustand des untersuchten Teils der realen Außenwelt zu beschreiben, beobachten und messend zu erfassen gestatten. Die Beobachtungen (Experimente) sollen seine Beeinflussung unter äußeren Einwirkungen beschreiben.

Sodann muß man die gegenwärtigen und die zukünftigen Zustände unter dem Einfluß äußerer Einwirkungen zueinander ins Verhältnis setzen: man muß ein Modell entwerfen, so zum Beispiel das Modell der Bewegung von Körpern, der Erdanziehung, des Planetensystems, oder das Rutherfordsche Atommodell, aber auch das abstrakte Modell der „Resonanz“.

Um die gegenwärtigen Zustände zu den zukünftigen im Rahmen eines solchen Modells ins Verhältnis setzen zu können, muß das Modell mathematisierbar sein, und man muß rechnen können. Parallel mit der ernsthaften naturwissenschaftlichen Forschung, die im 16. und 17. Jahrhundert ihren Ausgang nimmt, wird die Differential- und Integralrechnung entwickelt, und die Mathematik blüht auf.

Die nächst bessere Annäherung an die wissenschaftliche Wahrheit ist dann beschrieben, wenn das Modell im Rahmen der Messungen bestätigt wird, wenn die zukünftigen Zustände im Rahmen der Genauigkeit der Messung mit den berechneten Voraussagen des Modells übereinstimmen. Insbesondere muß das Modell dazu in der Lage sein, alle ihm zurechenbaren Naturphänomene mit dem gleichen Ansatz zu erklären: so zum Beispiel den Fall eines Apfels vom Baum mit dem gleichen Modell der Schwerkraft wie die Planetenbewegungen um die Sonne. *Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit* des Modells und seine größtmögliche *Einfachheit* (eine aus der Philosophie übernommene Vorstellung) werden gefordert. Gelingt das nicht, so wird es zum Anlaß, das Modell durch Veränderung zu verbessern. Deshalb wird es immer dann besonders interessant, wenn die Modelle der Wissenschaft an ihre Grenzen stoßen.

Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, hat man diesen Teil der Natur „verstanden“. Daraus ergibt sich eine genaue und überprüfbare Definition der „Wahrheit“. Unter



Typen von Spektren. (a): Das kontinuierliche Spektrum im sichtbaren Gebiet zwischen 3900 und 7000 Å. Dieses Spektrum entsteht in den heißen und dichten Gasen der unteren Photosphäre; (b)—(f): Die Emissionsspektren mehrerer Atome und Ionen (man beachte besonders das gewöhnlich mit dem Buchstaben *D* bezeichnete enge gelbe Dublett des Natriums *(d)*, und die ersten fünf Linien der Balmer-Serie des Wasserstoffs (f)); (g): Das Absorptionsspektrum der Sonne, das den Untergrund der kontinuierlichen Emission zeigt, dem Absorptionslinien verschiedener Atome und Ionen überlagert sind. Die schwarzen Linien weisen auf Lichtabsorption aus dem kontinuierlichen Spektrum hin.

Abbildung 7
Fraunhofer-Spektrum des Sonnenlichtes.
Die Linien K und H (Absorptionslinien des Ca) liegen bei 3950 Å,
die Doppellinie D (Na) liegt knapp unterhalb 5900 Å.

dem Druck der Erkenntnisse aus Beobachtungen und Experimenten haben sich die Modelle zu immer abstrakteren Theorien entwickelt, ist die verwendete Mathematik immer komplexer geworden.

3 Das physikalische Weltbild

Im Bezug auf die Forderung der Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit der Modelle war als erstes Beispiel bereits darauf hingewiesen worden, daß das Fallgesetz – zum Beispiel der Fall eines Apfels vom Baum – mit den Keplerschen Gesetzen des Planetensystems in innerem Zusammenhang stehen: das dritte Keplersche Gesetz ergibt sich daraus, daß die Anziehungskraft der Sonne auf die Planeten – die Fallkraft auf die Sonne hin – gleich ihrer Fliehkraft ist, die sie auf ihrer Umlaufbahn erfahren; dadurch werden ihre Bahnen stabil.

Das physikalische Weltbild soll hier an einem Leitmotiv, einem einzigen Beispiel entwickelt werden, nämlich dem der Spektrallinien unter Rückgriff auf die Forderungen der Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit, um gleichzeitig durch die innere Vernetzung darzustellen, wie die physikalischen Erkenntnisse miteinander zusammenhängen.

Ein Spektrum im hier gebrauchten Zusammenhang nennt man ein Bild des Lichtes einer Lichtquelle, welches als Band in Abhängigkeit von der Wellenlänge die Intensität der Strahlung darstellt. Es wird experimentell dadurch erzeugt, daß man das Licht beispielsweise durch ein Prisma auf einen Schirm fallen läßt.

1814 entdeckte Joseph von Fraunhofer dunkle Linien im Spektrum der Sonne, die nach ihm benannten Fraunhoferlinien, die er mit Buchstaben K, H oder D bezeichnete. 1859 identifizierte Gustav Robert Kirchhoff die Fraunhofersche Absorptions-Doppellinie D als vom Natrium stammend, denn sie stimmten mit der Wellenlänge einer gelben Emissions-Doppellinie überein, die er erhielt, wenn er Kochsalz in eine Flamme streute.

Die Chemie hatte damals die Kenntnis über die chemischen Elemente so weit entwickelt, daß 1869 Mendeléev das periodische System der Elemente aufstellen konnte (Abb. 8).

Man kannte die atomare Natur der Materie und studierte die chemische Verbindung dieser Elemente zu komplexeren Substanzen. Am Experiment von Kirchhoff wurde deutlich, daß die verschiedenen chemischen Elemente unterschiedliche Spektrallinien erzeugten, und daß man deshalb durch die Spektralanalyse die Gegenwart dieser Elemente in den verschiedensten Stoffen identifizieren konnte.

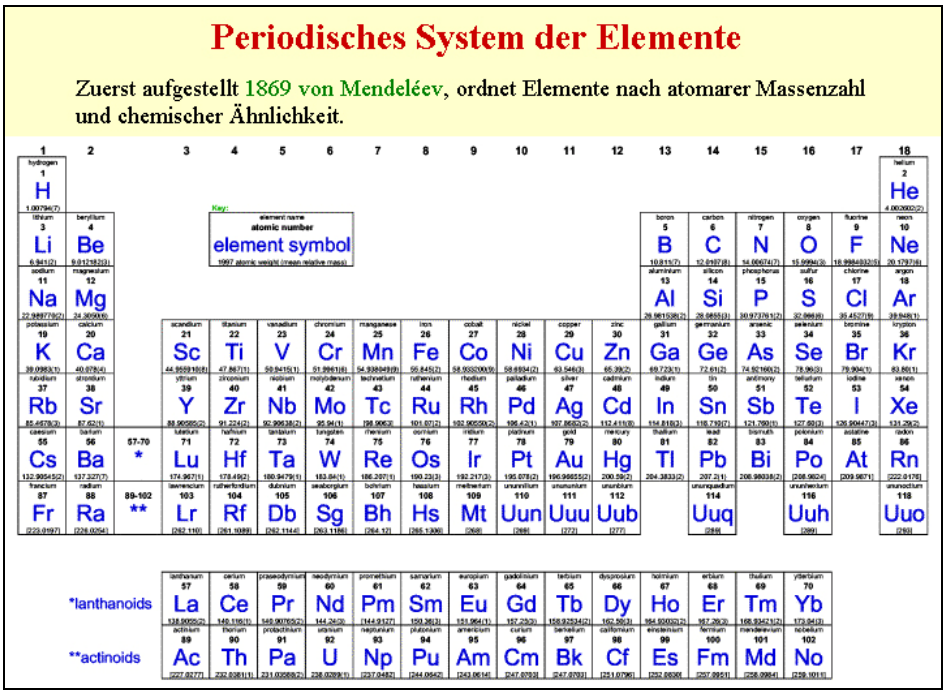


Abbildung 8
Periodisches System der Elemente.
Eine Anordnung nach dem Atomgewicht, in der sich Elemente mit ähnlichen chemischen Eigenschaften in der gleichen Spalte finden.

1885 entdeckte Balmer, daß sich die Frequenz der Linien des Wasserstoffatoms im Bereich sichtbaren Lichtes aus der Formel

$$\nu = R\{1/4 - 1/m^2\}$$

ableiten ließ. Nachdem man gelernt hatte, auch Licht aus dem ultravioletten und infraroten Frequenzbereich spektroskopisch zu untersuchen, ergab sich für alle Linien des Wasserstoffatoms die Formel

$$\nu = R\{1/n^2 - 1/m^2\}$$

mit n=1 für die sogenannte Lyman-Serie, n=2 für die Balmer-, n=3 für die Paschen – und n=4 für die Brackett-Serie. Balmer bestimmte die sogenannte Rydberg-Konstante zu

$$R = 109721\ \mathrm{cm}^{-1},$$

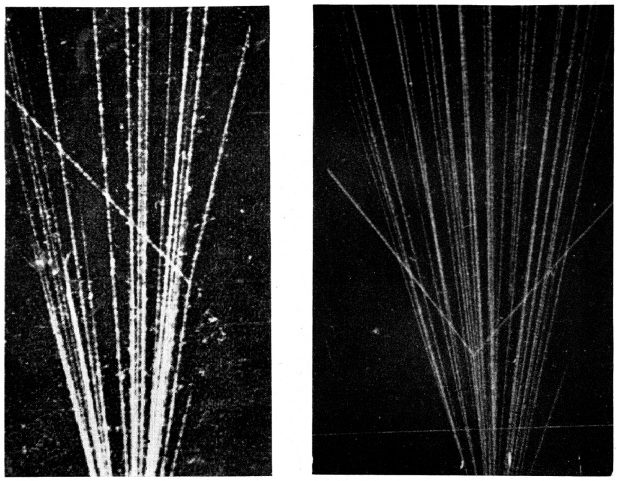
deren Wert sich bis heute kaum verändert hat. Mit Paschens Gitterspektrographen habe ich in Tübingen 1952 im Fortgeschrittenen-Praktikum gearbeitet.

Von hier aus verzweigen sich die Schlußfolgerungen aus den Erkenntnissen der Spektralanalyse. In der Astronomie dient sie zum Studium der Sterne, in der Physik verfolgt man die Frage, warum die Atome Licht besonderer Wellenlänge aussenden[40].

Bereits 1899 hatte Joseph John Thomson Elektronen identifiziert, die viel leichter als Atome waren, aber in allen Atomen vorhanden sein mußten, weil sie mittels elektrischer Kräfte aus jedem Material herausgezogen werden konnten. J. J. Thomson und Lord (William Thomson) Kelvin schlugen ein Atommodell vor, in welchem positive und negative (Elektronen) elektrische Ladungen verteilt sind, aber die Zahl der Elektronen nicht ausreichte, um die Masse der Atome zu erklären.

Zwischen 1908 und 1911 hatten Ernest Rutherford und seine Mitarbeiter, insbesondere Geiger und Marsden, zunächst herausgefunden, daß die von radioaktiven Substanzen ausgesandten α-Strahlen aus zweifach positiv geladenen Teilchen mit der Masse von Heliumatomen bestehen. Wenn man diese durch Materie laufen läßt, so fliegen sie meistens ungestört geradeaus; wenn jedoch ein Stoß mit der Umgebungsmaterie stattfindet, dann geschieht eine große Ablenkung der Teilchenbahn.

α-Strahlen.

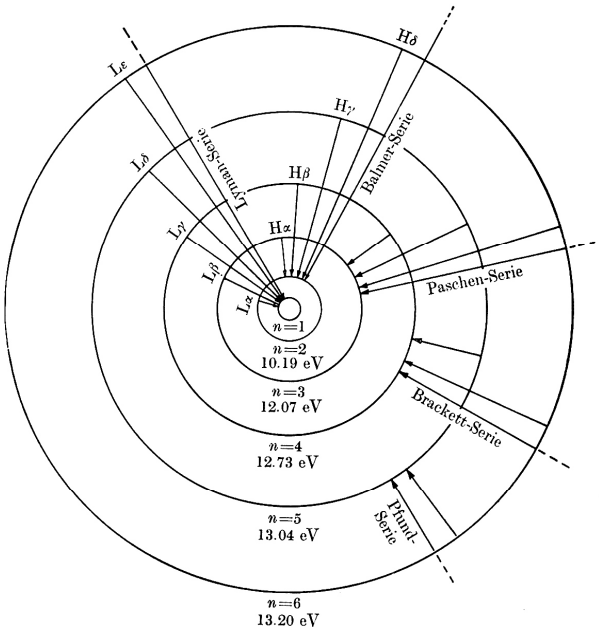


a b

Streuung von α-Teilchen an Wasserstoff und Helium.
a Wasserstoff: $\Phi = 8° 27'$, $\Theta = 68° 0'$. b Helium: $\Phi = 38° 34'$, $\Theta = 50° 53'$.

Abbildung 9
Nebelkammeraufnahme Streuung von α-Teilchen

[40] Hier wird weitgehend dem Vortrag gefolgt, den Jürgen Ehlers am 12. Dezember 2003 in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften gehalten hat.



$r_{n=1} = 0.529 \times 10^{-8}$ cm

Das Wasserstoffatom. Im Mittelpunkt befindet sich das Proton, das ungestörte Elektron in Schale $n = 1$. Wenn dem Atom Energie in Form eines Quants von 10,19 eV oder in Form von Bewegungsenergie desselben Betrags zugeführt wird, springt das Elektron von Bahn $n = 1$ nach Bahn $n = 2$. Es bleibt in der letzteren Bahn im Mittel für 10^{-8} sec und fällt dann auf Bahn $n = 1$ zurück unter Emission von Strahlung der L_α-Wellenlänge. Wenn die Energie des Photons oder des stoßenden Teilchens gleich oder größer als 13,595 eV ist, wird das Elektron von dem Proton abgetrennt und wird ein freies Elektron. Das verbleibende freie Proton mit seiner positiven elektrischen Ladung kann dann ein anderes freies Elektron einfangen. Wenn es zuerst in einen angeregten Zustand eingefangen wird, z. B. $n = 3$, kann es nach etwa 10^{-8} sec in den niedrigeren angeregten Zustand $n = 2$ fallen und dabei die H_α-Wellenlänge emittieren. Nach einem weiteren Intervall von 10^{-8} sec fällt es von der Bahn $n = 2$ auf die Bahn $n = 1$ unter Aussendung der Wellenlänge von L_α. Wenn das freie Elektron kinetische Energie besaß, bevor es in den zweiten angeregten Zustand $n = 3$ überging, so würde es ein Lichtquant einer Wellenlänge länger als 8206 Å ausstrahlen und daher zur kontinuierlichen Emission jenseits der Paschen-Grenze beitragen.

Abbildung 10
Das Wasserstoffatom

Im „Rutherfordschen Atommodell“ ist die Masse des Atoms im Atomkern versammelt, seine Neutralität wird durch eine Elektronenhülle gewährleistet. Wie im Planetensystem sorgt eine Bahnbewegung der Elektronen dafür, daß sie nicht durch die Coulombsche elektrostatische Anziehungskraft in den Atomkern gezogen werden. Die positive Ladung des Atomkerns und damit seine Elektronenzahl ist für die Atommasse und die chemische Natur des Atoms charakteristisch und erklärt damit im nachhinein das Periodische System der Elemente.

Aber erst das „Bohrsche Atommodell“ konnte den Widerspruch beseitigen, daß nämlich die um den Kern kreisenden Elektronen nicht durch Strahlungsverluste abgebremst werden und das ganze Atom zusammenstürzt. Bohr nutzte die Entdeckung des Planckschen Wirkungsquantums und postulierte, daß die Elektronen im Atom auf solchen Kreisbahnen strahlungslos umlaufen, für die ihr Drehimpuls ein ganzzahliges Vielfaches des Wirkungsquantums beträgt. Spektrallinien entstehen beim Übergang zwischen den Umlaufbahnen; die Rydberg-Konstante kann berechnet werden zu

$$R = \frac{me^4}{4\pi c\hbar^3}$$

Nunmehr war das Bild unter den Begriffen der Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit in sich stimmig. Die Spektrallinien konnten erklärt werden, das Periodische System der Elemente und damit die Natur der Atome. Allerdings blieb das Bohrsche Atommodell ein Postulat, bis es mit Hilfe der Schrödinger-Gleichung auf eine feste theoretische Grundlage gestellt werden konnte. Das Modell des Wasserstoffatoms (Abb. 10) ist nunmehr die Lösung der Gleichung

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta - \frac{e^2}{r}\right)\Psi = E\Psi$$

An die Stelle eines Modells tritt eine mathematische Struktur. Parallel zur Entwicklung der Spektroskopie im Labor wurde diese auf die astronomischen Beobachtungen angewandt. Man konnte damit die chemische Zusammensetzung der Sternmaterie studieren. Miss Annie J. Cannon von der Harvard-Universität hatte empirische „Spektralklassen“ O, B, A, F, G, K, M, R, N aufgestellt.

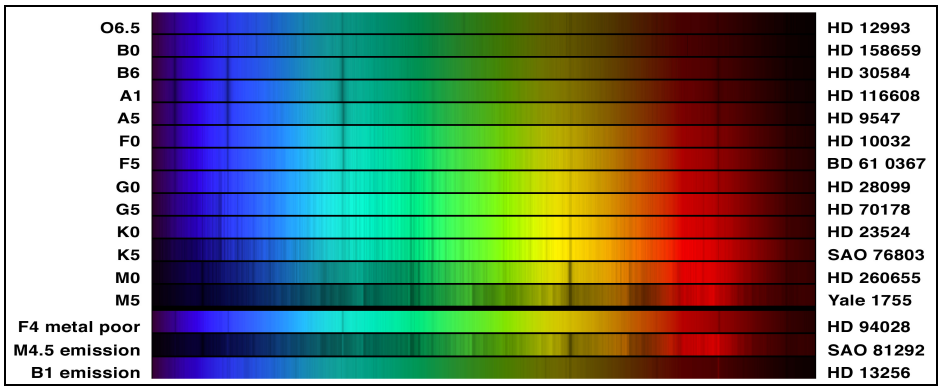
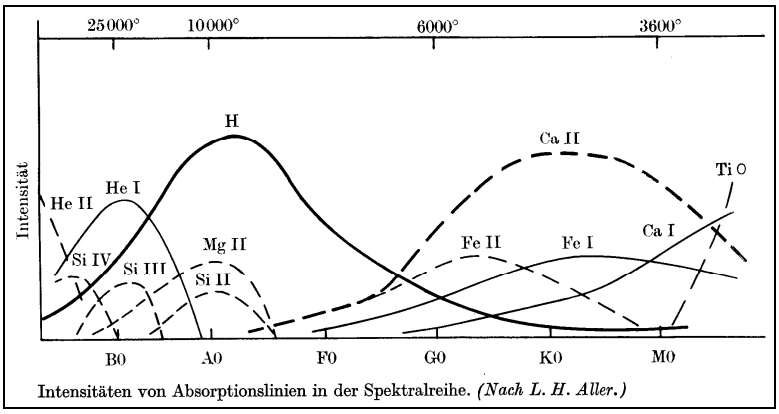
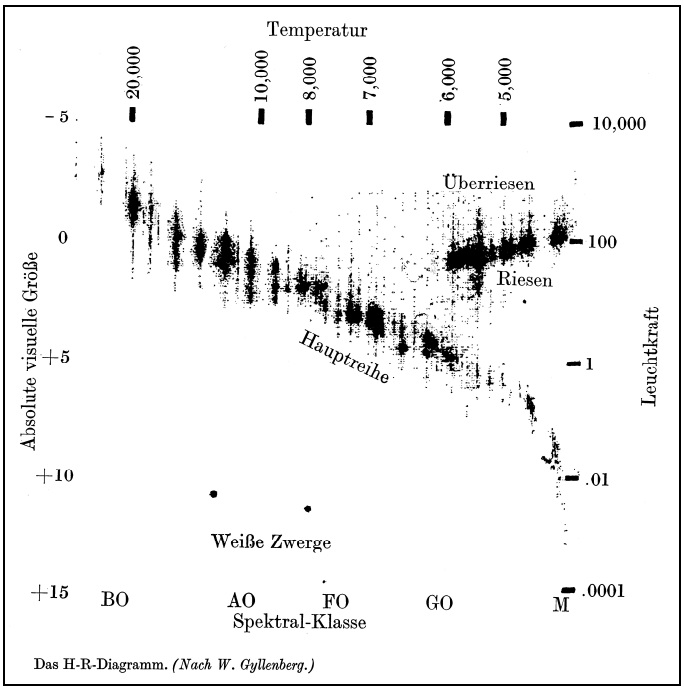


Abbildung 11
Spektralklassen



Intensitäten von Absorptionslinien in der Spektralreihe. *(Nach L. H. Aller.)*

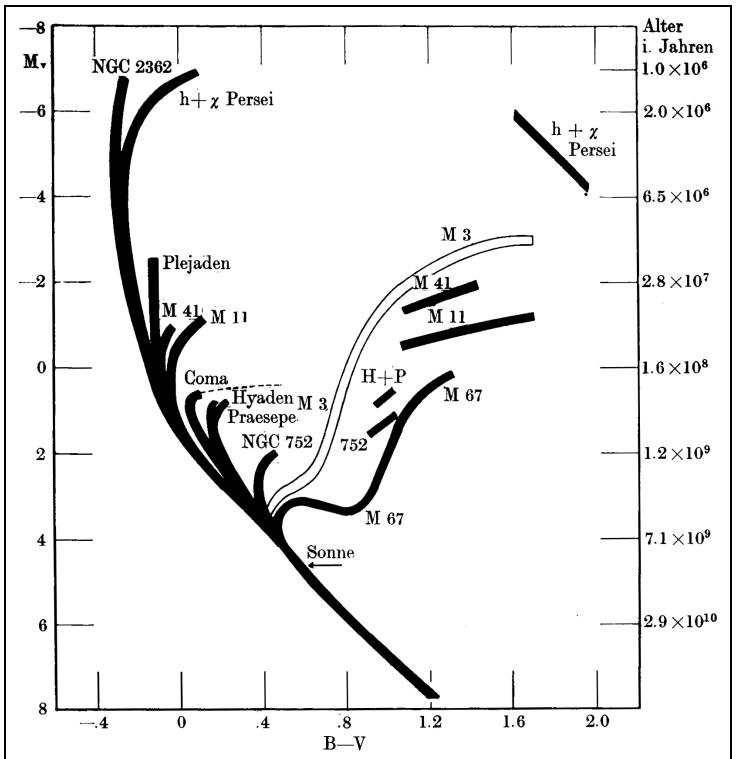
Abbildung 12
Temperaturmaß der Spektralklassen



Das H-R-Diagramm. *(Nach W. Gyllenberg.)*

Abbildung 13
Hertzsprung-Russel Diagramm von Sternen, die der Erde so nahe sind, daß ihre Entfernungen gemessen werden können und deshalb ihre absolute visuelle Größe bekannt ist. Der diagonale mit Sternen besetzte Bereich heißt die „Hauptsequenz“.

Bald stellte es sich heraus, daß diese ein Maß für die Temperatur der Sterne war und deshalb die Spektralklassen dem „Farbindex“ der Sterne äquivalent sind.
Der „Farbindex“ beschreibt das Verhältnis der Intensitäten des Sternenlichtes in zwei verschiedenen Wellenlängenbereichen.
In den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts konnten Ejnar Hertzsprung und Henry Norris Russell nachweisen, daß die Sterne nicht beliebige Temperaturen und Helligkeiten besitzen, sondern nur bestimmte Zustände einnehmen können.
Der Deutung dieser Beobachtungen widmet sich die Theorie der Sternentwicklung. Wir wissen deshalb heute, daß die Sterne (wie auch die Sonne) Gaskugeln sind, die durch thermonukleare Verschmelzungsprozesse in ihrem Innern Hitze erzeugen und sich deshalb aufblasen können. Erlischt das thermonukleare Feuer aus Mangel an Brennstoff, so muß der Stern letztendlich in sich zusammenstürzen und erlöschen.



Überlagerung der Farben-Helligkeits-Diagramme mehrerer galaktischer Haufen und eines Kugelhaufens (M 3). *(Nach A. Sandage.)*

Abbildung 14
Überlagerung des Farben-Helligkeits-Diagramms verschiedener Sternhaufen

Die chemischen Elemente des Periodischen Systems sind erst durch die thermonuklearen Prozesse im Sterninneren entstanden, deshalb hat es eine über die Zeiten andauernde „chemische Evolution“ des Kosmos gegeben.
Und endlich hat die Spektroskopie es uns ermöglicht, die Größe des Kosmos und seine Entstehung zu erfassen. Das ist das Gebiet, in dem die Allgemeine Relativitätstheorie Albert Einsteins gilt.
Nur die Entfernung zu unseren nächsten Sternen kann trigonometrisch vermessen werden, indem man die Größe der Erdbahn als „Standlinie“ verwendet. Größere Entfernungen vermißt man astronomisch, indem man die „absolute“ Helligkeit eines Sterns (also seine Leuchtkraft am Ort, an dem er sich befindet) mit der „scheinbaren“ Helligkeit vergleicht, wie sie von der Erde aus erscheint.
Es gibt einige Methoden, die „absolute“ Helligkeit zu bestimmen. 1912 hatte Miss Henrietta Leavitt an der Harvard-Sternwarte[41] die sogenannte „Periode-Leuchtkraft-Beziehung“ an den Cepheiden-Sternen der kleinen Magellanschen Wolke entdeckt und damit die Möglichkeit eröffnet, absolute Helligkeiten einzelner Sterne aus dem Zeittakt ihrer Lichtschwankungen festzulegen. Eine andere Methode bestand darin, das Hertzsprung-Russel Diagramm von Sternhaufen zu bestimmen, bei denen ja alle Sterne die gleiche Entfernung von der Erde haben und die scheinbare Helligkeit deshalb ein sinnvolles Maß ist. Durch Vergleich der Hauptsequenz in Abbildung 14 mit der in Abbildung 13 kann man die Entfernung der Sternhaufen messen.
Mit solchen Entfernungs-Meßmethoden konnte 1918 Harlow Shapley die Größe unserer Milchstraße bestimmen.
Danach beträgt die Entfernung der Sonne vom Zentrum der Milchstraße 10 kpc oder 30.000 Lichtjahre. 1924 gelang es Edwin Hubble, die Randsterne der uns am nächsten liegenden Andromedagalaxis zu beobachten und deren Entfernung mit 700 kpc oder 2 Millionen Lichtjahren zu bestimmen. 1929 machte E. Hubble eine zweite Entdeckung; er beobachtete, daß sich andere Galaxien um so schneller von uns weg bewegen, je größer ihre Entfernung von uns ist. Die Methoden der Entfernungsmessung wurden bereits kurz skizziert. Eine Geschwindigkeitsmessung ist möglich durch die Spektroskopie, weil die von Millionen von Sternen einer Galaxis überla-

[41] Es ist auffallend, daß in Harvard relativ viele Frauen um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert bedeutende astronomische Entdeckungen gemacht haben. Dem Autor sind keine Studien darüber bekannt, ob sich diese Frauen besonders intensiv mit der handwerklichen Kunst der Astronomie bei der Auswertung der Fotoplatten beschäftigt hatten. Jedenfalls kann man die Hypothese aufstellen, daß die handwerkliche Beschäftigung mit der Forschung, der Experimentierkunst, eine gute Grundlage zur Innovation ist. So ist auch die moderne Astronomie im Bereich der Röntgen-, Gamma-, und Radiostrahlen sowie die Satellitenastronomie von Physikern und Ingenieuren betrieben worden.

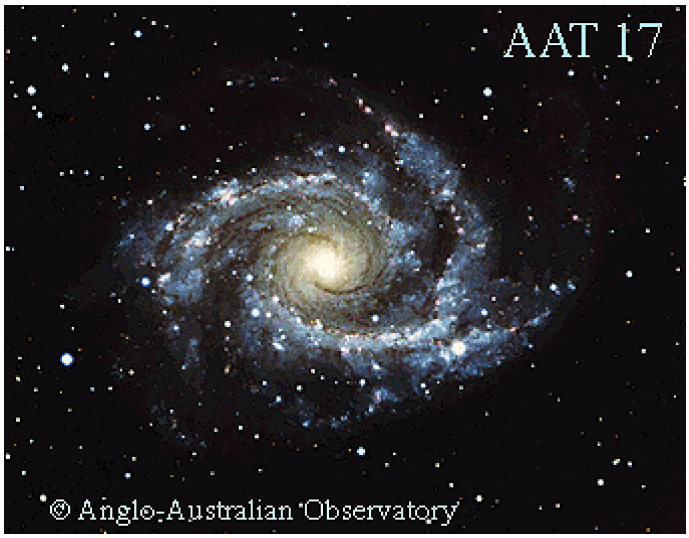


Abbildung 15
Bild der Galaxis NGC 2997, einer Sb Galaxis ähnlich unserer Milchstraße

gerten starken H und K Linien Fraunhofers zum roten Spektralbereich hin verschoben werden, wenn diese Galaxis von uns weg fliegt. Die Verschiebung der Wellenlänge λ um die Größe $\Delta\lambda$ ergibt sich zu

$$\Delta\lambda/\lambda = v/c$$

Das von Hubble entdeckte Gesetz ergibt sich dann zu

$$v = H\,r$$

Aus der Größe 1/H wird heute das Alter des Kosmos zu 13 Milliarden Jahren bestimmt, denn wenn ein solches Gesetz für alle Zeiten gegolten hat, dann muß einmal alle Materie von einem Punkt weg geflogen sein; diesen Zeitpunkt nennt man den „Urknall“[42]. Der Urknall zeichnet keine besondere Position als „Ursprung“ des Urknalls aus. Denn wenn von uns aus (in Vektorschreibweise)

$$v = H\,r$$

gilt und wir einen Stern 1 mit $v_1 = H\,r_1$ ins Auge fassen, so würde das Hubblesche Gesetz vom Stern 1 aus gesehen die Form

$$v - v_1 = H\,(r - r_1)$$

annehmen und damit die gleiche Form haben. Der Urknall hat also überall stattgefunden, auch hier in der Akademie.

---

[42] Greene, Brian: Das elegante Universum, Berlin: Siedler, 2000.

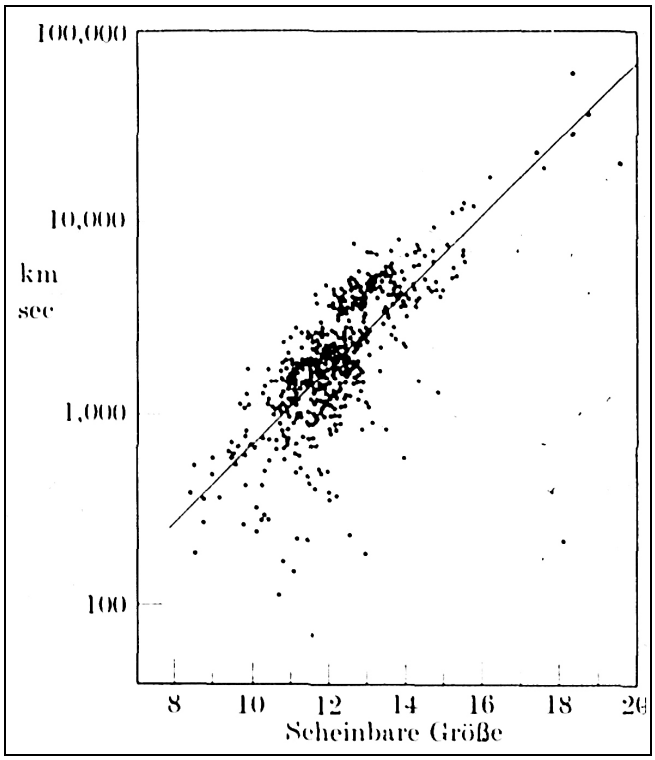


Abbildung 16
Hubble-Gesetz der Galaxien

Mit der Weltraum-Astronomie lassen sich besonders schöne Aufnahmen des Kosmos machen. Mit Hilfe des Hubble – Teleskops ist es gelungen, tief in den Weltraum hinein zu blicken und Galaxien zu sehen, die nur wenige hundert Millionen Jahre nach dem Urknall entstanden sind.
Das physikalische Weltbild, abgeleitet aus Beobachtungen und Experimenten, sagt aus, daß es einen Kosmos gibt, in dem es überall die gleichen Elementarteilchen und Atome gibt, die gleichen physikalischen Gesetze zwischen den Meßgrößen, und überall die gleichen physikalischen Konstanten gelten und sich überall die gleiche Chemie zwischen den Molekülen abspielt. Dieser Kosmos entstand vor 13 Milliarden Jahren im sogenannten „Urknall“ und dehnt sich seitdem aus. Galaxiensterne und Sternsysteme bildeten sich in diesem sich ausdehnenden Kosmos und erlaubten, wie im Fall des Sonnen- und Planetensystems, die Entstehung von Leben. Dieses Leben entwickelte sich in der Evolution zu der uns bekannten belebten Welt und zum Menschen. – So weit unser „Leitmotiv“: Was kann man aus Spektrallinien lernen?

Abbildung 17
Hubble „deep field“ Aufnahme im Sternbild des Herkules.

4 Fesselung. Das Sein und das Sollen

Die Schaffung von Begriffen, von Modellen, engt die Welt ein; sie beschränkt sie auf das, was mit diesen Begriffen beschrieben werden kann; sie „fesselt“ sie.
Der erste Aspekt dieser Fesselung ist erwünscht, denn er erlaubt, zutreffende von nicht zutreffenden Modellannahmen zu unterscheiden. In der Aristotelischen Physik wurde zum Beispiel davon ausgegangen, daß alles, was bewegt ist, von etwas bewegt wird[43]. Erst die Newtonsche Mechanik unterstellt das klassische Trägheitsprinzip, nach dem sich eine gleichförmige Bewegung ungestört fortsetzt und nur unter dem Einfluß von Kräften eine Änderung bewirkt werden kann. Die Möglichkeit, das Fallgesetz mit der Planetenbewegung unter diesem einem Modell gemeinsam zu verstehen war die Stärke der Newtonschen Mechanik. Sie erfüllte die Forderung nach Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit.

---

[43] Janich, Peter: Das Maß der Dinge, Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 1334, 1997, S. 292; vgl. auch Aristotle: Physics, translation by Robin Waterfield, The World’s Classics, Oxford 1996.

Die Fesselung hat zwei weitere Aspekte: Erstens wissen wir nicht, ob die naturwissenschaftlichen Begriffe und Gesetze alle Tatbestände in unserem Kosmos vollständig und konsistent beschreiben, oder ob es andere Wirklichkeiten gibt, die sich uns bisher verborgen gehalten haben, zum Beispiel weil bisher ihre Mathematisierbarkeit nicht entdeckt wurde und deshalb ihr abstrakter Charakter verborgen geblieben ist. Denn die Mathematisierbarkeit der naturwissenschaftlichen Gesetze war als ein besonders überraschendes Phänomen und als Zugang zum Abstrakten aufgefallen.
Der zweite Aspekt ist, daß durch die Naturwissenschaften nur das Sein unserer naturwissenschaftlichen Außenwelt beschrieben wird, nicht aber die durch den Menschen und seine Kultur geformte Welt. Insbesondere können wir aus dem naturwissenschaftlichen Sein keine Maßstäbe für unser Sollen ableiten. Das aber hatten die christlichen Weltbilder durchaus im Sinn. Mit dem Verschwinden der christlichen Weltbilder und ihrem schrittweisen Ersatz durch das naturwissenschaftliche scheint ein Vakuum zu entstehen: Was sollen wir tun?
Im gleichen Zeitraum, in dem die naturwissenschaftlichen Ansichten über unsere reale Außenwelt gebildet wurden, versucht die Aufklärung ein von der christlichen Begründung gelöstes, rationales System des Sollens zu entwickeln. Letztendlich wird der Rechtsstaat den Anspruch erheben, daß der Staat und das Recht und Rechtssystem das moderne Äquivalent bilden sollen für die als überholt geltenden Rechtssetzungen und Handlungsanweisungen des christlichen Glaubens. Damit im Zusammenhang steht die Ablösung des Gottesgnadentums durch die Republik.
Für diese Entwicklungen stehen Namen wie John Locke (Two Treatises on Government, 1690), Montesquieu (De l'Esprit des lois, 1748), Jean Jacques Rousseau (Le contrat social, 1762), Immanuel Kant (1724–1804, in allen seinen Schriften) und, bezogen auf das Rechtssystem und stark bezogen auf Kant, John Rawls (A Theory of Justice, 1972). Diese Entwicklungen stehen nicht eigentlich im Widerspruch zur christlichen Gesellschaftslehre und insofern hat die Aufklärung keinen zerstörerischen Umsturz veranlaßt; der „Unterschied des Geistes der Zeitalter" war nicht so groß. Denn der grundlegende Ansatz besteht darin, daß alle Menschen eine ihnen innewohnende Menschenwürde oder sogar ursprünglich gleiche Rechte hatten (die ihnen als Gottes Kindern im Christentum ebenfalls zustanden), die sie in einem hypothetisch angenommenen Tauschwege unter Garantie des Staates gegen das staatliche Rechtssystem eintauschen.

5 Epilog

Ist also unsere moderne Welt ausreichend beschrieben und ausreichend stabil durch ein Weltbild, in dem die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse das Sein beschreiben und das Sollen ergänzt wird durch die Aufklärung, die den modernen Rechtsstaat hervorgebracht hat? Allenfalls würde man das Sein ergänzen durch die kulturellen Leistungen des Menschen, durch Malerei, Architektur, Musik, Theater, Literatur?

Wobei jenes stärkeren Veränderungen unterworfen ist als das Sein der Naturwissenschaften, weil dieses naturgesetzlich fundiert ist und unveränderlich gilt, während jenes auf menschliches Urteil gegründet und deshalb der Mode unterworfen ist?
Das naturwissenschaftliche Weltbild versetzt den Menschen in Bewunderung oder Schrecken, aber es bleibt ihm fremd, weil er die Schrödingergleichung nicht versteht. Die Resonanz in der Bevölkerung ist Bewunderung oder Schrecken, aber nicht Verinnerlichung. Man fühlt sich wohl in der lauen abendlichen Frühlingsluft, nachdem man alle diese fernen Galaxien mit Überwältigung zur Kenntnis genommen hat. Demgegenüber sind die Ikone des Christentums immer noch verinnerlicht, das Kind in der Krippe, der Mann am Kreuz, selbst wenn man nicht mehr daran glaubt, weil sie erlebt worden sein könnten. Unser Sollen scheint eben doch noch von den Vorstellungen bestimmt zu sein, die bereits unsere Vorfahren hatten.
In jüngster Zeit ist zuerst von dem Verfassungsrichter Ernst-Wolfgang Böckenförde[44] die Frage aufgeworfen worden, ob der freiheitliche, säkularisierte Staat von normativen Voraussetzungen zehrt, die er selbst nicht garantieren kann. Dem hat sich Jürgen Habermas in gewisser Weise in seiner Friedenspreisrede 2001 angeschlossen[45]. Er sieht die Gefahr „eine entgleisende Modernisierung der Gesellschaft im ganzen könnte sehr wohl das demokratische Band mürbe machen und die Art von Solidarität auszehren, auf die der demokratische Staat angewiesen ist". Er sieht die religiösen Gemeinden als Sinnspender der Demokratie, denn „im Gemeindeleben der Religionsgemeinschaften, sofern sie nur Dogmatismus und Gewissenszwang vermeiden, kann etwas intakt bleiben, was anderswo verloren gegangen ist"[46].
Weil nach meiner Meinung eine nachhaltige Sinnspendung nur aus einer wirklichen Überzeugung resultieren kann, nicht jedenfalls aus einer, der man zum Zwecke der Erreichung einer bestimmten Wirkung eine begrenzte Menge Religion beimischt, die man im übrigen als gleichgültig betrachtet, bin ich mit diesen Überlegungen nicht einverstanden. Der moderne Staat muß schon aus sich selbst heraus seine normativen Grundlagen immer neu schaffen und sich auf ein Denkmodell stützen, welches dies leistet.

Christoph Markschies setzt die Vorlesung fort:

Mir bleibt, die heutige Vorlesung mit ganz wenigen Bemerkungen abzuschließen. Dafür erinnere ich zunächst noch einmal an den Anfang: Schlichte Duale wollten wir nicht bieten. Also zum Schluß nun auch nicht so, daß der Theologe neben das vom Naturwissenschaftler gebotene physikalische Weltbild ein religiöses Weltbild

---

[44] Böckenförde, E.-W.: Die Entstehung des Staates als Vorgang der Säkularisation (1967). In: ders., Recht, Staat, Freiheit, Frankfurt am Main 1991.

[45] Habermas, J.: Glauben und Wissen, Frankfurt am Main 2001.

[46] Vorpolitische moralische Grundlagen eines freiheitlichen Staates, Habermas, J. & J. Kard. Ratzinger: Themen der Katholischen Akademie in Bayern, 34. Jg. München 2004, Heft 1/2004.

setzt. Am Beispiel dieses in bestimmten Regionen unserer Welt durchaus sehr virulenten Weltbildkonfliktes ausführlicher zu explizieren, wie sich unter neuzeitlichen Bedingungen konkurrierende Weltbilder zueinander verhalten, ist gewiß ein spannendes Thema, aber doch wohl ein zu großes für den heutigen Abend und den kleinen Rest an Zeit, den Sie, verehrte Damen und Herren, uns vielleicht noch zubilligen wollen.

Mir kommt es am Schluß lediglich noch einmal darauf an, den garstigen Graben zwischen den vorneuzeitlichen Epochen und der Neuzeit nicht allzu groß werden zu lassen. Vollständigkeit, Widerspruchsfreiheit und größtmögliche Einfachheit sind zu allen Zeiten die Richtungswinkel, an denen entlang Weltbilder – jetzt durchaus auch im Sinne des umfassenderen Begriffs – konstruiert werden. Die Entdeckung von Widersprüchen in Weltbildern und die darauf folgende Konstruktion von vollständigeren, widerspruchsfreieren Weltbildern ist ebenso zu allen Zeiten Motor der Weiterentwicklung von Weltbildern. Ein reines Fortschrittsmodell – etwa im Sinne der Regel: Unsere Weltbilder werden immer besser – scheint dem Historiker viel zu schlicht, weil es den wissenschaftlichen Irrtum und Rückschritt bagatellisiert. Wie in der astronomischen Debatte über die Planetenbahnen müssen mindestens Epizykel in das Entwicklungsmodell integriert werden. Ein reines Fortschrittsmodell kann überhaupt nur vertreten werden, weil die Komplexität antiker Welt*vorstellungen* von vielen neuzeitlichen Gelehrten nicht wahrgenommen wird. Sie bescheinigen antiken Weltbildern Naivität, weil sie die durch die Bildlichkeit implizierte Konstruktion und Komplexitätsreduktion nicht verstehen. Ich vermute auch, daß zu keinen Zeiten aus Weltbildern (im strikten Sinne unserer Definition genommen) ohne komplizierte philosophische Digressionen oder religiöse Zusatzannahmen ein Sollen abgeleitet werden konnte. Und wie religiöse Ikonen – Herr Pinkau nannte das Kind in der Krippe und den Mann am Kreuz – in die jeweiligen Weltbilder (im präzisen, bildlichen Sinne genommen) einzufügen sind, war zu allen Zeiten Gegenstand heftiger Debatten.

Natürlich ist es wenig befriedigend, wenn der Historiker unter dem Motto „Es gibt nichts Neues unter der Sonne“ alle Versuche, zwischen den Epochen zu differenzieren und einen wissenschaftlichen Fortschritt auszuweisen, torpediert (oder mindestens zu torpedieren versucht). In der Regel provoziert man mit solchen Versuchen heftige emotionale Reaktionen derer, die an der Front des naturwissenschaftlichen Fortschritts stehen. Wenn solche Provokationen eines Historikers aber wenigstens die Gewißheit erschüttern, mit der gelegentlich von *dem* antiken oder *dem* modernen Weltbild gesprochen wird, wenn die historischen Provokationen die Sicherheit mancher (längst nicht aller[47]) neuzeitlicher Naturwissenschaftler erschüttern, das mythi-

[47] Vgl. den Bericht über eine Debatte zwischen Weizsäcker und Nerbst in Berlin 1938 bei Weizsäcker, C. F. von: Die Sterne sind glühende Glaskugeln und Gott ist gegenwärtig. Über Religion und Naturwissenschaft, hrsg. und eingeleitet von Th. Görnitz, Herder Spektrum 4077, Freiburg u. a. 1992, neunte Vorlesung und den Vortrag von P. C. Hägele

sche Weltbild endgültig hinter sich gelassen zu haben, dann haben die Provokationen mindestens aufklärend gewirkt. Und das ist ja vielleicht nicht das schlechteste, was man über eine wissenschaftliche Unternehmung sagen kann.

Unsere Vorlesung war überschrieben: Die eine Welt und die vielen Weltbilder. Es ist vermutlich ein Zeichen der „neuen Unübersichtlichkeit" dieser Welt (um eine Formulierung von Jürgen Habermas aufzugreifen), wenn ich am Schluß keine entwicklungsgeschichtlich profilierte These zu dieser Überschrift bieten kann: Weder ist es gegenwärtig so, daß die in aller Weltbildproduktion stets vorausgesetzte eine Welt durch ein einheitliches Weltbild repräsentiert wird – und sei es das „Weltbild (oder eben: Naturbild) der Physik" – noch kann man einfach sagen, daß in der Antike noch ein einheitliches Weltbild existierte, das durch die neuzeitlichen Pluralisierungsvorgänge in viele Varianten zerfallen wäre. Vermutlich muß man vielmehr sagen (wie wir ja auch an der Debatte über die wissenschaftlichen Voraussetzungen des Indienfahrers Cosmas sahen), daß zum Weltbild zu allen Zeiten auch der Weltbild*konflikt* gehörte. Wenn dies zutrifft, dann sind Behaglichkeit und Geborgenheit, die nach Ansicht mancher Wissenschaftler die alten Weltbilder im Gegensatz zu ihren neuzeitlichen Nachfolgern vermittelt haben sollen, weniger ein Charakteristikum der Weltbilder als von Menschen zu allen Zeiten, die sich inmitten aller Weltbildkonflikte ruhig und behaglich mit ihrer eigenen Option einrichten. Um es am Schluß noch einmal ins Positive zu wenden: Die Spannung zwischen der *einen* Welt und den *vielen* Weltbildern ist wohl das stärkste Movens dafür, daß bis auf den heutigen Tag stets am Weltbild (im weiten wie im engen Sinne des Begriffs) gearbeitet wird und gearbeitet werden muß. Vielen Dank für Ihre große Geduld mit unserem Experiment.

„Physik – Weltbild oder Naturbild" auf der Tagung der deutschen physikalischen Gesellschaft am 31.03.2000 in Regensburg.