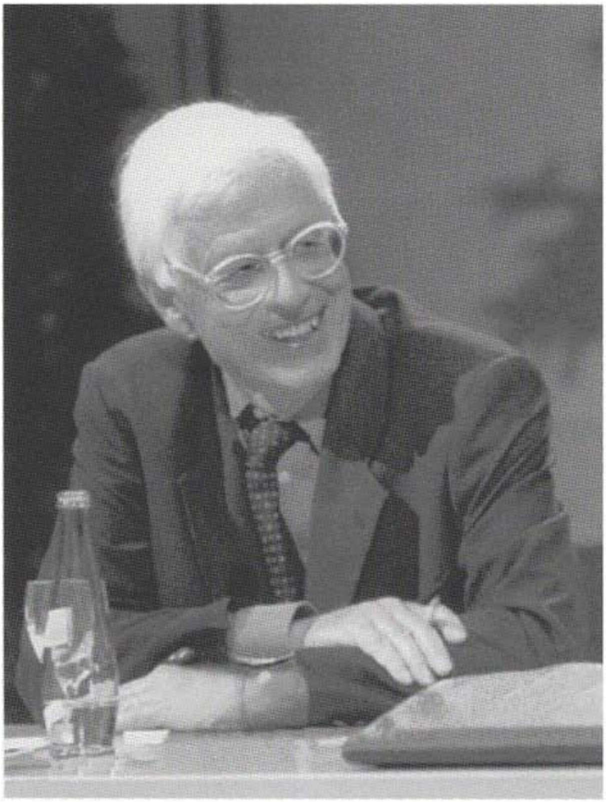
Homo Sapiens und Homo Faber



Homo Sapiens und Homo Faber

Epistemische und technische Rationalität in Antike und Gegenwart

Festschrift für Jürgen Mittelstraß

Herausgegeben von

Gereon Wolters und Martin Carrier

Walter de Gruyter · Berlin · New York

Gedruckt mit Unterstützung der Schering AG, Berlin.

⊚ Gedruckt auf säurefreiem Papier,
das die US-ANSI-Norm über Haltbarkeit erfüllt.

ISBN 3-11-017885-0

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

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

Printed in Germany
Satz: Claudia Wild, Stuttgart
Einbandgestaltung: Christopher Schneider, Berlin

Einleitung

Martin Carrier und Gereon Wolters

Das Schlagwort von der *Wissensgesellschaft* soll zum Ausdruck bringen, dass wissenschaftliches Wissen zum Gestaltungsprinzip der Gesellschaft und zur Grundlage gesellschaftlichen Wandels geworden ist. Die Wissenschaft durchzieht alle Lebensbereiche; eine Vielzahl von Alltagsproblemen und Politikfeldern unterliegt einem Prozess der Verwissenschaftlichung. Deshalb ist auch die Reflexion über Wissenschaft und Forschung von erheblicher Bedeutung; sie zählt zu den herausragenden Aufgaben der Philosophie der Gegenwart. Auf diese Aufgabe konzentriert sich das Werk Jürgen Mittelstraß'. Drei Aspekte seien stellvertretend genannt, nämlich der Zusammenhang von Handeln und Verstehen, die Wesensmerkmale des Wissens und die disziplinäre Organisation der Wissenschaft.

Erstens hängen für Mittelstraß Wissen und Tun eng miteinander zusammen; Wissenschaft ist mit Technik untrennbar verbunden. Dies besagt nicht einfach, wie verbreitet – und durchaus zu Recht – anerkannt wird, dass sich technisches Können auf wissenschaftliches Verstehen stützt. Für Mittelstraß besagt es vielmehr (und in erster Linie), dass Wissen durch den tätigen Eingriff in die Natur gewonnen wird: »in den Händen liegt ein gut Stück Klugheit des Menschen« (Mittelstraß, 1992, S. 13). Der *homo faber* und der *homo sapiens* gehören zusammen. Diese systematische Lehre spiegelt sich in der historischen Entwicklung wider. Wie Mittelstraß hervorhebt, ist die neuzeitliche Wissenschaft bei Galilei wesentlich aus der Verbindung von akademischer Theorie mit der Praxis der Werkstätten erwachsen. Die Botschaft ist, dass der Mensch versteht, indem er handelt.

Darüber hinaus ist auch die Welt der Wissenschaft, die Welt, die wir erforschen, eine technische Welt, von Menschen gemacht. Tatsächlich spielt in der Laborwissenschaft der Gegenwart die unberührte Natur kaum noch eine Rolle. In dieser nämlich stößt man nur selten auf Transistoren oder Laser. Und manche Teilchenreaktion, die heute in Beschleunigern untersucht wird, ist in der freien Natur letztmalig kurz nach dem Urknall aufgetreten. In diesem Sinn spricht Mittelstraß von unserer Welt als einer »Leonardo-Welt«: die Welt, der wir uns erkennend nähern, ist in wichtiger Hinsicht von uns produziert, ist ein Artefakt (ebd., S. 14, 18).

Mit dieser Entwicklung ist das Problem einer Verselbständigung wissenschaftlich-technischer Rationalitäten verbunden. Der Mensch läuft Gefahr, von seinen eigenen Schöpfungen gleichsam vereinnahmt zu werden; er sieht sich den Sachzwängen wissenschaftlich-technischer Rationalitäten ausgeliefert, die ihm, wie vormals Naturzustände, als ein vom Menschen Getrenntes mit einer Eigendynamik ausgestattet entgegentreten. Daraus erwächst die Herausforderung, wie Mittelstraß deutlich macht, dem technischen Verstand nicht das Feld zu überlassen. Vielmehr ist dieser an die praktische Vernunft zu binden, an ethische und politische Randbedingungen. Die Verwissenschaftlichung und Technisierung bedeutet nämlich keineswegs schon deren Humanisierung. Diese verlangt vielmehr, ethische Imperative zum Tragen zu bringen. An dieser Stelle ist die Philosophie in besonderer Weise gefordert, das Verfügungswissen der Naturwissenschaften durch ein Orientierungswissen zu ergänzen (ebd., S. 19–20, 28).

Ein zweiter Schwerpunkt in Mittelstraß' Werk ist der näheren Bestimmung des Wissens gewidmet. Es geht dabei unter anderem um die Beziehung von Information und Wissen oder um die Klärung der Voraussetzungen von Verstehen. Die schier unbegrenzten technischen Möglichkeiten der Informationsbeschaffung sind nämlich keineswegs gleichbedeutend mit einer Vertiefung des Wissens. Vielmehr bergen diese Möglichkeiten die Gefahr einer Fragmentierung der Kenntnisse in sich, die die Orientierung des Menschen zunehmend beeinträchtigt. »Auf den Strömen der Information entfernen wir uns immer weiter von den Quellen, die das Wissen sind« (ebd., S. 234). Der unbeschränkte Zugriff auf gewaltige Informationsmengen führt zu einer Partikularisierung des Wissens und zur Orientierungslosigkeit des im Informationsstrom dahintreibenden Menschen. Die Wissensgesellschaft, so lautet die nur vordergründig paradoxe Diagnose, ist durch den Verlust des Wissens gekennzeichnet, durch die Preisgabe des Wissens zugunsten bloßer Information, die ohne sinnstiftenden Zusammenhang und ohne interne Kohärenz bedeutungslos bleibt. Erst durch Einbindung und Verknüpfung dieser Informationspartikel entsteht Wissen.

Einen dritten Schwerpunkt von Mittelstraß' Arbeiten bildet die Organisation der Wissenschaft. Mittelstraß rückt hier zu Recht den artifiziellen Charakter der Disziplinenstruktur in den Vordergrund und weist darauf hin, dass sich die drängenden Probleme unserer Zeit nicht nach Maßgabe des disziplinären Zugriffs präsentieren. Diese Probleme überschreiten vielmehr solche menschengemachten Ordnungsgefüge und verlangen interdisziplinäre oder sogar transdisziplinäre Forschungsansätze. Transdisziplinarität zeichnet sich durch eine tief greifende Verschränkung der Disziplinen aus, die über deren bloße Addition weit hinaus geht.

Allen diesen Themen nähert sich Mittelstraß nach Möglichkeit mit einem doppelten, historisch-systematischen Zugriff. Für Sachzusammenhänge sucht er nach historischen Belegen. Das drückt sich etwa in dem genannten ersten Themenschwerpunkt aus, in dem Mittelstraß die These der inneren Verknüpfung von Wissen und Tun (wie angedeutet) durch die Galileische Wende der Verbindung von Wissenschaft und Technik illustriert und untermauert. Trotz der primär systematischen Stoßrichtung seines Denkens besitzt Mittelstraß daher auch einen klaren Blick für die geistesgeschichtlichen Linien und die philosophiehistorischen Bögen.

Mittelstraß macht darauf aufmerksam, dass die Gestaltung der Zukunft eine gemeinsame Anstrengung von Wissenschaft und Politik erfordert. Über diese Anstrengung hat sich Mittelstraß nicht nur in philosophischer Reflexion geäußert, er hat sie selbst erbracht. Die in philosophischer Hinsicht betonte Verbindung von Wissen und Handeln hat Mittelstraß nachdrücklich in praktisches Tun umgesetzt. Es hat ihm nie gereicht, Einsichten zu artikulieren; es ging ihm stets auch darum, diese in der Praxis wirksam werden zu lassen. Mittelstraß hat *vita contemplativa* und *vita activa* stets miteinander verschlungen gesehen. Handeln ohne Nachdenken ist sicher blind, aber umgekehrt bleibt nachdenkendes Betrachten ohne Handeln leer. Bessere Einsicht muss zu besserem Tun führen. Wie die Wissenschaft immer auch auf die Lösung praktischer Aufgaben gerichtet war, so muss auch die philosophische Reflexion der Bewältigung der konkreten Herausforderungen der Zeit dienen. In der Aufklärung wurde der Ausdruck *Weltweisheit* als Übersetzung von *Philosophie* vorgeschlagen. Das Wort hat sich nicht durchgesetzt. Aber für Mittelstraß hätte es gepasst. In ihm ist die Einsicht inkarniert, dass sich die Philosophie aktiv in der Welt entfalten muss, wenn sie Frucht bringen soll.

Mittelstraß' doppeltes Interesse an der Geschichte der Versuche, sich die Welt durch Denken anzueignen, und an den Herausforderungen der Gegenwart spiegelt sich auch in dem vorliegenden Band wider. Die nachstehend gesammelten Beiträge von Schülern, Freunden und Weggefährten gliedern sich in einen historischen und einen systematischen Teil. Dass der Schwerpunkt des historischen Teils auf der Antike liegt, ist kein Zufall, sondern hat mit den philosophischen Leidenschaften von Jürgen Mittelstraß zu tun.

Die Beiträge dieser Festschrift nehmen auf Mittelstraß' Werk Bezug. Sie zielen in aller Regel auf eine inhaltliche Auseinandersetzung mit den in diesem vertretenen Thesen und Interpretationen. Der vorliegende Band dient nicht allein der Ehrung dieses umtriebigen Denkers aus Anlass seiner Emeritierung, sondern verfolgt darüber hinaus wesentlich den Zweck, im Dialog mit diesem Werk das Streben nach Wahrheit und Begründung in der Philosophie voranzutreiben.

Literaturverzeichnis

Mittelstraß, Jürgen, 1992, *Leonardo-Welt. Über Wissenschaft, Forschung und Verantwortung*, Frankfurt/M: Suhrkamp.

Inhaltsverzeichnis

A. Philosophiegeschichte

Rekonstruieren, was es nie gab?
Gedanken über Phantasie und Methode in der Mathematikgeschichte

Christian Thiel

Rekonstruiert im Sinne des Wiederherstellens haben die Menschen immer schon, beispielsweise wenn sie durch Erdbeben zerstörte Tempel in der alten Gestalt wieder aufbauten. Das Bedeutungsspektrum dieses Ausdrucks jedoch erstreckt sich heute von diesem praktisch-handwerklichen Sinn fast kontinuierlich bis zu seiner inzwischen vorherrschenden metaphorischen Verwendung. Rekonstruiert wird also alles mögliche: Archäologen rekonstruieren Pfahlbauten aufgrund weniger aufgefundener Reste, Bibelwissenschaftler die Arche Noah nach Gestalt und Maßen aufgrund alttestamentlicher Texte, Technikhistoriker alte Mess- und Beobachtungsinstrumente allein anhand lückenhafter Beschreibungen, schon im 19. Jahrhundert haben historische Sprachwissenschaftler eine indogermanische Ursprache und Entwicklungsverläufe einzelner Sprachen oder Sprachfamilien rekonstruiert. In den achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts wurde in Nürnberg die im Zweiten Weltkrieg zerstörte Holztonnendecke des alten Rathaussaals nach den Konzeptionen Albrecht Dürers und Willibald Pirckheimers rekonstruiert, und soeben haben Gerd Grasshoff und Timm Lampert die Text- und Druckgeschichte des Wittgensteinschen *Tractatus* rekonstruiert.

Doch der Sprachgebrauch der Historiker, nach dem schon Mitte des 19. Jahrhunderts »die Tätigkeit des Historikers, der aus den Zeugnissen der Vergangenheit eine sinnvolle Ergänzung der Ereignisabfolge erarbeitet«,[1] als Rekonstruktion bezeichnet wird, legt eine noch weitere Ausdehnung des metaphorischen Gebrauchs nahe, bei deren Vollzug sich nach einer von J. Mittelstraß 1981 gestellten Diagnose »in der Rede von ›Rekonstruktion‹, zum Unwillen mancher professioneller Historiker und Philologen, ein ungewohnter philosophischer Ton breitgemacht«[2] hat. Zwei Beispiele mögen genügen:

Nachdem R. Carnap 1928 die im Konstitutionssystem seines *Aufbaus* »in rationalisierender oder schematisierender Weise« vorgenommenen Nachbildungen wirklicher Erkenntnisprozesse »rationale Nachkonstruktionen« genannt hatte,[3] fand dieser Terminus, durch Übersetzung zur *rational reconstruction* transmutiert, in der empiristischen und analytischen Philosophie des angelsächsischen Sprachraums

1 Scholtz, 1992, als Kurzcharakteristik der Auffassung Droysens.
2 Mittelstraß, 1981, S. 89.
3 Carnap, 1928, S. 10, S. 74, S. 115 u. ö.

und nach dem Zweiten Weltkrieg auch im Alten Europa Eingang. Entsprechend dem jeweiligen Verwendungskontext – vor allem Heuristik, Wissenschaftspsychologie, Wissenschaftsgeschichte oder Theoriendynamik – wechselt die genauere Bedeutung bei Popper, Lakatos, Stegmüller und anderen, die gegenüber den oft wildwüchsigen Forschungs- und Erkenntnisprozessen an einer rationalen Begründung der Ergebnisse interessiert sind, aber anders als Carnap im *Aufbau* doch zugleich Interpretationen der faktischen historischen Abläufe mitliefern möchten. Insofern Rekonstruktionen Muster liefern, wie die jeweiligen Ergebnisse auf wohlbegründete Weise hätten gewonnen werden können oder sollen, ist die Idee solcher Rekonstruktionen normativ – auch wenn man den Wissenschaften um Himmels willen nicht hineinreden möchte. Meines Wissens hat nur Carnap (etwas lakonisch) festgestellt, dass »die Konstitution nicht die Form des wirklichen Erkenntnisprozesses wiederzugeben hat, sondern nur als rationale Nachkonstruktion zu demselben Ergebnis zu führen braucht« (Carnap, 1928, S. 115).

Eine Art Tieferlegung der Fundamente eines an jeder Stelle kontrollierbaren Aufbaus zunächst der wissenschaftlichen Sprache versuchten dann im sog. »Methodischen Konstruktivismus« W. Kamlah und P. Lorenzen, indem sie für alle Termini der aufzubauenden Disziplin eine nur von problemlosen Teilen der Umgangssprache Gebrauch machende »fiktive Neu-Einführung« verlangten, so dass wir selbst Sprachhandlungen, die zum Umgang mit solchen Termini längst etabliert sind, doch »*rekonstruieren* können in einer Weise, die uns zu der Zuversicht berechtigt, daß wir gleichsam nachträglich ihrer Geburtsstunde beigewohnt haben«.[4] Ich habe diese Idee, nachdem sie sowohl hinsichtlich der Details als auch ihrer Durchführbarkeit zu m.E. überflüssigen Kontroversen geführt hatte, selbst noch einmal ausführlicher wie folgt formuliert:[5]

> Auch bei längst vertrauten Wörtern und Wendungen können sich also Zweifel einstellen, ob sie im Hinblick auf das Ziel ausreichender Verständlichkeit so erfolgreich verwendet werden, *als ob* sie irgendwann einmal streng eingeführt worden wären. In einem solchen Falle empfiehlt es sich, eine Präzisierung dadurch vorzunehmen, daß die *methodische Fiktion* gemacht wird, die bislang unhinterfragt verwendeten Wörter würden erst jetzt streng eingeführt. Diese Fiktion erfolgt unter Angabe eines Vorschlags zu einer solchen Einführung – fiktiv ist daran also nur, daß dies die *erste* Bereitstellung dieser Wörter sei und wir sie dabei erstmals kennenlernten. Die Zweifel an der Zuverlässigkeit der tatsächlich erfolgten Bereitstellung (der umgangs- oder bildungssprachlichen Erlernung) der Wörter wird behoben durch diese fiktive Neueinführung und den von der betroffenen Gruppe von Sprechern zu fassenden Entschluß, von diesen Wörtern künftig nur noch in der Weise Gebrauch zu machen, die bei der fiktiven Neueinführung festgesetzt wurde. Obwohl bei dieser nicht alle Verwendungsweisen beibehalten werden, die ein

4 Kamlah/Lorenzen, 1973, S. 25.

5 Thiel, 1973, S. 100 f.

> Wort bis dahin hatte, ist es üblich, das Verfahren einer fiktiven Neueinführung als eine ›Rekonstruktion‹ der Wortverwendung zu bezeichnen. – Für welche Wörter oder Wendungen eine solche Rekonstruktion erforderlich sein wird, läßt sich auf keine Weise antizipieren; je nach den Zielen, die wir unter Beiziehung sprachlicher Hilfsmittel verfolgen, und je nach den Situationen, in die wir dabei geraten, werden jeweils andere sprachliche Mittel zu verwenden sein und von ihnen wieder jeweils andere problematisch werden.

Es konnte kaum ausbleiben, dass nun auch Argumentationen für die Geltung mit solchen sprachlichen Mitteln formulierter Aussagen und Normen sowie ganzer Theorien und Normensysteme rekonstruiert wurden. Gatzemeier verwendet 1973 »Rekonstruktion« mit Bezug auf Wortgebrauch, aber auch auf Beweisgänge,[6] Schwemmer spricht 1974 von einem »Rekonstruktionsversuch des Terminus ›Dialektik‹«,[7] bezeichnet allgemein als »kritische Rekonstruktion« von Texten

> deren Neuschreibung in einer methodisch aufgebauten Interpretationssprache [...] unter Angabe und Beurteilung eines jeden Schrittes, der – nach Meinung des Interpreten – für den Argumentationsgang erforderlich ist bzw., wenn er im Text selbst nicht gemacht wird, gewesen wäre,[8]

und gelangt 1976 zu einem kulturwissenschaftlichen Erklärungsbegriff, nach dem eine Handlung dadurch erklärt wird, dass man die »relativen, also sinnrationalen, Begründungsschritte zu ihr rekonstruiert«,[9] sowie zu einer »genetische[n] Rekonstruktion« ganzer Normensysteme.[10]

Diese Erweiterung verlangte eine Rückbesinnung auf den inzwischen ziemlich facettenreichen Rekonstruktionsbegriff einerseits, einen Vergleich mit den Gedanken zur rationalen Rekonstruktion in der analytischen Wissenschaftstheorie andererseits. Diesen beiden Aufgaben hat sich gleich in mehreren Arbeiten J. Mittelstraß gewidmet, zuerst mit dem Blick auf die Geschichtsschreibung der exakten Wissenschaften (wobei er schon hier eine die Wirkungsgeschichte ergänzende »Gründegeschichte« konzipierte), dann allgemeiner für die »Rekonstruktionen von *Argumenten*, *Theorien* und (Wissenschafts-) *Geschichte*«.[11] Freilich ist die vorgeschlagene Ergänzung nicht bloß additiv, sondern gibt dem wissenschaftshistorischen Unternehmen eine ganz neue Wendung, denn in einer »konstruktiven Theorie der Wissenschaftsgeschichte« (wie es jetzt heißt) dienen historische Rekonstruktionen »dem Ziel einer Reorganisation der bestehenden wissenschaftlichen Praxis unter dem Gesichtspunkt ihrer konstruktiven Begründung« (Mittelstraß, 1974, S. 143). Eine auf dieses Ziel gerichtete Wissenschaftsgeschichtsschreibung geht (ebd., S. 143 f.)

---

6 Gatzemeier, 1973, S. 305, S. 306.
7 Schwemmer, 1974, S. 149 Anm. 2.
8 Ebd., S. 152 f., Anm. 4.
9 Schwemmer, 1976, S. 139.
10 Ebd., S. 198.
11 Mittelstraß, 1981, S. 101; vgl. auch ders. 1965, 1974 und 1985.

> von der Möglichkeit eines methodischen Aufbaus von Wissenschaft einschließlich ihrer Rechtfertigung über gerechtfertigte Anwendungen aus und sucht historische Entwicklungen in Form einer Gründegeschichte darzustellen. Sie muß deswegen auf eine Rekonstruktion wirkungsgeschichtlicher Zusammenhänge nicht verzichten, sieht diese aber unter dem Gesichtspunkt der Folgen.

Begriffene historische Erfahrung setzt dann Rekonstruktionen voraus, die sich »auf konstruktive Entwürfe vernünftiger Verhältnisse und kritische Beurteilungen faktischer Verhältnisse zu stützen vermögen«, und hat bezüglich der Geschichte »eine begründungsorientierte Beurteilung wissenschaftlicher Genese zum Ziele« (Mittelstraß, 1985, S. 78). Natürlich birgt dies die Gefahr, dass (etwa wenn die untersuchten historischen Entwicklungen selbst gar nicht begründungsorientiert waren, oder aber die Begründungen ihrer Ergebnisse krass verfehlt wurden) die Wissenschaftsgeschichtsschreibung den Kontakt mit der historischen Wirklichkeit verliert. Da ich mich dazu schon einmal ausführlich geäußert habe (Thiel, 1992), soll hier nicht nochmals auf diese Problematik eingegangen werden.

Merkwürdig ist, dass bei allem Bemühen um die Fruchtbarmachung des neuen Rekonstruktionsbegriffs für die Wissenschaftsgeschichte und trotz seiner erfolgreichen Anwendung auf die thaletische Geometrie durch Mittelstraß selbst ein recht umfänglicher Anwendungsbereich von Rekonstruktionen bisher kaum Aufmerksamkeit erfahren hat: die voreuklidische Arithmetik. Natürlich eignen sich frühgriechische und vorgriechische Mathematik als Tummelplätze für Rekonstrukteure ganz besonders, da hier die Quellen für die Herleitung überlieferter Ergebnisse (Sätze oder Beweise) ebenso spärlich sind wie verlässliche Zeugnisse für deren Datierung – eine Notlage, die zur Ausbildung einer Tugend plausibler Rekonstruktionsversuche geradezu zwingt.

Ein besonders prägnantes Beispiel hierfür bilden die sog. Psephoi-Beweise. »Psephoi« sind kleine polierte Kieselsteine, die als Mosaiksteine, einzeln aber auch für Abstimmungen, als Spielsteine in Brettspielen, für magisch-mantische Zwecke und als Rechensteine im frühen Griechenland, und nach neueren Belegen sogar schon in vorgriechischer Zeit im Orient Verwendung fanden.[12] In neupythagoreisch-neuplatonischen Traktaten zur elementaren Arithmetik (Nikomachos von Gerasa, Theon von Smyrna, Iamblichos im 1. bis 4. Jh. n. Chr.) finden sich Veranschaulichungen arithmetischer Sachverhalte mit Hilfe von Psephoi, deren geeignete Anordnung als *figurierte Zahlen* unmittelbare Einsicht in den jeweiligen Sachverhalt verschafft, ohne eine Deduktion aus bereits bekannten anderen arithmetischen Sätzen zu erfordern. Legt man eine Anzahl n von Steinchen statt in einer einzigen geraden Linie in zwei Dimensionen in Dreiecks-, Quadrat- oder Rechtecksform aus, so werden manche Eigenschaften von n sichtbar, welche die

12 Vgl. Schmandt-Besserat, 1979, Waschkies, 1989.

heutige Zahlentheorie durch Formeln ausdrückt, die i. a. mit dem Beweisprinzip der vollständigen Induktion bewiesen werden müssen. Z. B. *zeigt* die Quadratanordnung, besonders deutlich bei Verwendung verschiedenfarbiger Steinchen, dass jede Quadratzahl n^2 die Summe aller ungeraden Zahlen von 1 bis $2n - 1$ ist; die Rechtecksanordnung einer Zahl $n \times (n + 1)$ zeigt, dass diese Zahl das Doppelte der Dreieckszahlen $1 + 2 + \ldots + n$, also $2 \times \frac{1}{2} (n \times (n + 1))$ ist, so dass sich die Summe der Zahlen von 1 bis n als $\frac{1}{2} (n \times (n + 1))$ ergibt, und ähnliches mehr.

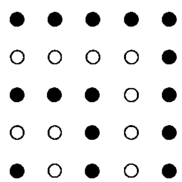


Abb. 1

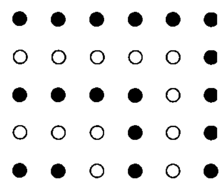


Abb. 2

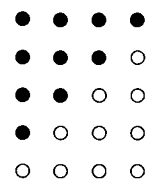


Abb. 3

Die neupythagoreischen Autoren behaupten, dass solche Überlegungen (alt-)pythagoreischen Ursprungs sind, doch haben wir dafür keine (jenen Autoren vielleicht noch zugänglichen) Belege außer einigen wenigen Anspielungen auf mathematisches »Steinchenlegen« in einer Komödie des Epicharmos,[13] bei Platon und bei Aristoteles.[14] Nachdem diese Verfahren lange Zeit als bloße Veranschaulichungen von Einzelfällen angesehen wurden, die keine allgemeine Geltung eines arithmetischen *Gesetzes* (wie es eine moderne zahlentheoretische Formel ausdrückt) begründen könnten, hat in neuerer Zeit die Auffassung der Psephoi-Beweise als Veranschaulichungen nicht einzelner Sachverhalte, sondern einer allgemeinen Regel zur Herstellung einer Psephoi-Figur Boden gewonnen.[15] Implizit war dies wohl von vielen Historikern der antiken Mathematik so gesehen worden, denn die Suche nach Psephoi-Beweisen für elementare arithmetische Sachverhalte, seien sie nun bei Euklid verzeichnet oder nicht, wurde in der Art attraktiver Denksportaufgaben populär, nachdem Oskar Becker 1936 sozusagen ein Durchbruch gelungen war.

Becker befasste sich mit der Frage, weshalb am Ende des (arithmetischen) IX. Buches von Euklids *Elementen* nach dem berühmten Satz vom Nichtabbrechen der Primzahlenreihe (IX, 20, mit selbst nur loser Verbindung zu den vorhergehenden Sätzen) auf einmal Sätze über die Eigenschaften und gegenseitigen Beziehungen

---

13 Epicharmos, Fragment 23 [alt: 13] b 2 (170 b), in: Diels, 1951, S. 196.

14 Z. B. Platon, *Theaitetos* 198a, *Gorgias* 453e – 454a, *Nomoi* 819d – 820d; Aristoteles, *Met.* 1092b.

15 Vgl. Thiel, 1995, Waschkies, 1989.

von geraden und ungeraden Zahlen auftauchen, deren letzter ein ebenfalls berühmter Satz über vollkommene Zahlen ist – ein krasser Abbruch der vorausgehenden deduktiven Argumentation oder Herleitung. Becker fragte (Becker, 1936, S. 534), »ob hier nicht eine Verdunkelung des ursprünglichen Gedankenaufbaus stattgefunden hat. [...] Sollte [...] nicht ursprünglich der Satz von den vollkommenen Zahlen das Ziel und Ende der ›Lehre vom Geraden und Ungeraden‹ gebildet haben?« Und als bejahende Antwort liefert er (ebd.) »eine Rekonstruktion des ursprünglichen Zusammenhangs der Sätze [Euklid] IX, 21–36 [...] mit der ferneren Absicht, ein Stück stilistisch sehr alter griechischer Mathematik wieder ans Licht zu ziehen.«

Beckers »Rekonstruktion« einer altpythagoreischen Lehre vom Geraden und Ungeraden ist mehr als ein bloßes Kabinettsstückchen und bietet m.W. erstmals einen nachvollziehbaren Vorschlag zum Verständnis der beiden Stellen in Aristoteles' *Analytica priora* (41a26, 50a37), nach denen aus der Annahme der Kommensurabilität von Seite und Diagonale des Quadrats folgen würde, dass die geraden Zahlen den ungeraden Zahlen gleich seien, was absurd ist. Während daher schon auf logischer Ebene zu Tage liegt, dass hier auf einen damals offenbar in Kreisen der Gebildeten bekannten indirekten Beweis der Inkommensurabilität von Seite und Diagonale des Quadrats angespielt wird, legt Becker konkret dar, worin die dabei benutzte Absurdität material-arithmetisch bestehen könnte. Die Chronologie bereitet ihm dabei keinerlei Skrupel: »Daß das Operieren mit ψῆφοι oder πεττοί eine ›altpythagoreische‹ Methode ist, ist [...] seit langem bekannt und hier nicht von neuem zu beweisen« (Becker, 1936, S. 546, im Original z.T. hervorgehoben). So scheint die Interpretation nicht nur tatsächlich »die ursprüngliche Form eines später in die systematische Gesamtdarstellung Euklids einbezogenen Satzgefüges wiederher[zu]stellen« (ebd., S. 534 f.); Becker ist, darüber hinausgehend, überzeugt, er habe

> ein Stück ältester griechischer Arithmetik wiederhergestellt und zwar ein solches von wirklichem *mathematischen* Wert; denn weder der Satz über die vollkommenen Zahlen noch der von der ›Unmeßbarkeit‹ der Quadratdiagonale mit ihrer Seite ist mathematisch trivial. Die aus Platon wohlbekannte ›Lehre vom Geraden und Ungeraden‹ [vgl. Platon, *Theait.* und *Nomoi* 737e–738a, C.T.] hat damit über ihren etwas nebelhaften ›philosophischen‹ einen genau faßbaren *mathematischen* Sinn gewonnen und ihre allein erhaltenen Trümmer haben sich zu einem sinnvollen Ganzen, das nicht ohne Anmut ist, zusammenfügen und ergänzen lassen. (ebd., S. 545)

Man kann darüber streiten, ob damit eine historische Behauptung verbunden ist, zumal sich Becker in späteren Schriften zu dieser Frage eher vorsichtig und zurückhaltend äußert. Die Lehre von den figurierten Zahlen ist jetzt nur mehr eine »als altpythagoreisch überlieferte Lehre« (Becker, 1957, S. 13), Zeitpunkt und Urheber der Entdeckung des Irrationalen liegen »nicht dokumentarisch fest; trotzdem kann man darüber begründete Vermutungen anstellen« (ebd., S. 71), und gleich am Anfang seiner Darstellung der griechischen Mathematik in (Becker/Hofmann, 1951, S. 42) weist Becker den Leser auf die Schwierigkeit hin, die in

> dem fast völligen Fehlen unmittelbarer Quellen [liegt]. Wenige Fragmente und zwar zahlreiche, aber unzuverlässige spätere Berichte stehen zur Verfügung; daraus muß das geschichtliche Bild rekonstruiert werden.

Trotzdem lassen sich etwa für die thaletische Geometrie des 6. Jahrhunderts v. Chr. manche Beweise durchaus »mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit rekonstruieren« (Becker, 1954, S. 22), denn oft sind »Rückschlüsse auf Früheres aus manchen Stellen der vorsokratischen Philosophen, des *Platon* und des *Aristoteles* und Späterer und auch aus *Euklid* selbst möglich« (ebd.). So bleibt nicht nur Beckers Glanzstück von 1936 in der Diskussion, ausdrücklich wird auch auf Dijksterhuis' Rekonstruktion mancher »Möndchen«-Quadraturen des Hippokrates von Chios (Becker, 1957, S. 60 Anm.) und auf J. E. Hofmanns Psephoi-Rekonstruktion der Auffindung der Summe der ersten *n* Quadratzahlen schon in der babylonischen, also vorgriechischen Mathematik (Becker, 1954, S. 36 Anm.) als gelungene Wiederherstellungen verwiesen.

Dass dies nicht naive Gläubigkeit verrät, sondern eine besondere, ganz bewusste Einstellung zu den Aufgaben der Mathematikgeschichtsschreibung dokumentiert, sieht man an Beckers in seinem letzten Lebensjahr geäußerter Einschätzung im Vorwort zu dem von ihm herausgegebenen Sammelband (Becker, 1965, S. XIII f.), wo er auf den Gegensatz, aber auch die gegenseitige Ergänzung von »sachlicher Aufklärung« und historisch-hermeneutischer Interpretation in der Mathematikgeschichtsschreibung hinweist und erklärt, dem schließe sich

> eine weitere mögliche Fragestellung an, die allerdings vielleicht nicht mehr zur Mathematik-Geschichte im strengen Sinn zu rechnen ist, sondern eine Art weitergehender, jedoch unter Umständen sehr reizvoller Spekulation darstellt. Man kann nämlich manchmal fragen: Was hätte mit den in einem bestimmten Zeitpunkt nachweislich schon erworbenen Mitteln in einem bestimmten Felde erreicht werden können? Das kann man auch dann fragen, wenn keine oder auch nur eine sehr schwache Andeutung in dieser Richtung in unseren Quellen vorliegt.

Solche Spekulation kann man reizvoll finden und den belassenen großen Freiraum nutzen, um sich die unterschiedlichsten Szenarien auszudenken, wie dies z. B. Árpád Szabó für die voreuklidische Mathematik tut, wenn er die Begriffsgeschichte der zentralen mathematischen Termini der Antike rekonstruiert mit dem Ergebnis, dass die Methode des indirekten Beweises und die Entdeckung inkommensurabler Größen auf die eleatische Dialektik zurückgehen (Szabó, 1969); dies führt ihn dann zu einer ganz anderen Rekonstruktion der frühgriechischen Mathematik als bei Becker, obwohl Szabó keineswegs auf mehr oder auf andere Belege zurückgreifen konnte als dieser (worauf insbesondere Waschkies, 1989 hingewiesen hat). Man kann auf derlei Spekulationen aber auch gereizt reagieren, wie angesichts der von

Frank, van der Waerden und Becker unternommenen Rekonstruktionen Walter Burkert, der wohl beste Kenner der Pythagorastradition. Die Geschichte der Mathematik, schreibt er (Burkert, 1962, S. 382), verlocke

> noch mehr als jede andere historische Disziplin zum Rekonstruieren; da in der Mathematik jede Einzelheit in ein Netz von Beziehungen fest und notwendig eingefügt ist, läßt sich zuweilen auf Grund einer kurzen und zufälligen Notiz ein ganzes Gedankengebäude aufbauen.

Burkert schwebt dabei als (gelungenes?) Musterbeispiel die Rekonstruktion des Eudoxischen Planetenmodells vor. Doch ebenso wie sie, leidet auch Beckers »Wiederherstellung« der pythagoreischen Arithmetik unter der allgemeinen Problematik wissenschaftsgeschichtlicher Rekonstruktionen (ebd., S. 383):

> Der logische Rückschluß kann nie eine individuelle Zuweisung des Erschlossenen an Zeit, Ort, Person bestimmen; so exakt sich feststellen läßt, welche Sätze Hippokrates von Chios als bewiesen voraussetzt, so wenig folgt daraus, daß Pythagoras oder Pythagoreer diese Sätze gefunden und bewiesen haben; in diesem Punkt treten an Stelle logisch exakten Schließens die Probleme der historischen Quellenkritik.

Diese hat die Pythagorastradition entmythisiert, ja aufgelöst, und hat die Frage, »inwieweit die eingehenden Darstellungen bei Theon, Nikomachos, Iamblich als Zeugnisse altpythagoreischer Mathematik gelten dürfen« (ebd., S. 407), eindeutig negativ beantwortet. Schon die Annahme, dass der pythagoreischen Zahlenphilosophie »eine Mathematik in wissenschaftlich-deduktiver Form vorausging, ist eine Rekonstruktion des Aristoteles, die für uns unverbindlich ist« (ebd., S. 392), und man versteht angesichts des Fehlens authentischer Zeugnisse das von den Neupythagoreern bis zu den Mathematikhistorikern des 20. Jahrhunderts erkennbare »Bemühen [...], durch Rekonstruktion und Uminterpretation eine offenbar als erstaunlich empfundene Lücke zu schließen« (ebd.). Vergebens – selbst an Beckers »Wiederherstellung« der Lehre vom Geraden und Ungeraden zeigt sich, dass »der scheinbar so fest gefügte Bau Risse [enthält], die die Rekonstruktion zum Einsturz bringen« (ebd., S. 410). Denn ein Psephoi-Beweis

> ist seinem Wesen nach induktiv und anschaulich; er kann, nach dem Grundsatz der vollständigen Induktion, als stringent gelten, aber er setzt nicht andere Sätze voraus, jeder Sachverhalt wird für sich evident. Damit aber entfällt die Notwendigkeit des systematischen Aufbaus, entfällt das Wesen der deduktiven Mathematik. Gewiß wußten die Pythagoreer, daß Ungerade und Ungerade eine gerade, Ungerade und Gerade eine ungerade Zahl ergibt, sie haben sich dies sicher auch an ψῆφοι-Figuren klargemacht; aber sie sahen darin eben die Kraft des ungeraden, ›männlichen‹ Prinzips, das ›zeugungskräftig‹ ist und aus sich darum Gerade wie Ungerade hervorbringen kann, und das im Zusammentreffen mit dem geraden, ›weiblichen‹ Prinzip sich als das stärkere erweist. (ebd., S. 411)

Dass die solcherart auf Zahlenmystik und Zahlenspekulation fixierten Pythagoreer die Sätze IX, 21–34 von Euklids *Elementen* durch deduktive Beziehungen verknüpft und den Satz IX, 36 hergeleitet, ja sogar (wie Becker plausibel machen wollte) schon die Unlösbarkeit der Gleichung $2x^2 = z^2$ in ganzen Zahlen erkannt hätten, hält Burkert schlechterdings für unmöglich.

Der Blick auf eine ebenso ernstzunehmende Gegenkritik mag diese selektive Durchmusterung des historischen Hintergrundes und der neueren Diskussion beschließen. Sie stammt von Hans-Joachim Waschkies, dem wir eine sehr interessante neue Hypothese über die Entdeckung der Inkommensurabilität durch Psephoi-Verfahren verdanken[16] und der die Vorgeschichte dieser Verfahren bis in das alte Mesopotamien zurückverfolgt hat (Waschkies, 1989). Waschkies wehrt sich entschieden gegen Burkerts Gleichsetzung der »vorplatonische[n] ψῆφοι-Arithmetik in toto mit einem Teilbereich der stark spekulativen Zahlenlehre [...], die von den Pythagoreern vorgetragen wurde« (Waschkies, 1989, S. 278). Schon Aristoteles hatte in *Met.* 1092b10–13 die mit figurierten Zahlen arbeitenden Mathematiker gerade von Pythagoreern wie dem (an dieser Stelle veralberten) Eurytos unterschieden, wozu Waschkies den Hinweis nachschiebt, dass ja manche zu spekulativen Zahlendeutungen neigende Pythagoreer sogar ganz ausgezeichnete Mathematiker gewesen seien, wie z. B. Hippasos von Metapont und Archytas von Tarent. In der Tat hat die grundsätzliche Ablehnung von mathematikhistorischen Rekonstruktionen selbst bei so dürftiger Quellenlage wie im Fall der voreuklidischen Arithmetik nicht die behauptete Durchschlagskraft, wenn nicht mehr dahinter steht als der Hinweis auf die Lücke, und dass man »Dunkelmännern« wie den Pythagoreern weder Interesse noch Fähigkeit zu mathematischen Beweisen zutrauen könne. Doch steht diese Meinungsverschiedenheit nicht im Zentrum unserer Überlegungen und wir wollen hier nicht versuchen, sie zu entscheiden.

Was aber ist rückblickend unter systematischem Gesichtspunkt, d. h. aus der Sicht einer Methodologie der Wissenschaftsgeschichtsschreibung, zu »Rekonstruktionen« der erörterten Art zu sagen? Darf sich der Mathematikhistoriker, um es scharf zu formulieren, der Gefahr aussetzen, etwas zu »rekonstruieren«, was es möglicherweise niemals gegeben hat? Denn es wird sich nicht leugnen lassen, dass wir z. B. mit der voreuklidischen Arithmetik in einer ganz anderen Lage sind als bei der Rekonstruktion eines verderbten alten Textes, der sich durch plausible Konjekturen über zu eliminierende Kopierfehler, frühere Interpolationen u.ä. glaubhaft wiederherstellen lässt, oder bei der Restauration eines antiken Mosaikfußbodens, Fälle übrigens, in denen Phantasie und Spekulation oft ebenfalls im Spiel sind. Lässt sich

16 Waschkies, 1970/71, wo sich Waschkies auch zustimmend zu älteren Rekonstruktionsversuchen dieses Typs äußert, z. B. zu Treutlein, 1883, der seinerseits auf Nesselmann, Hankel, M. Cantor und anderen fußt.

für das Rekonstruieren vorgriechischer und frühgriechischer Diskussionskontexte im allgemeinen, und gewisser Beweisverfahren oder Argumentationen im einzelnen, ein Sinn für die Mathematikgeschichtsschreibung aufzeigen, der über den eines Denksports für hochrangige Experten hinausführt?

Becker war davon überzeugt, sogar in der zitierten (auch selbstkritischen) Äußerung von 1965, wo er mathematikhistorische Rekonstruktionen als Antworten auf die Frage begreift, was »mit den in einem bestimmten Zeitpunkt nachweislich schon erworbenen Mitteln in einem bestimmten Felde [hätte] erreicht werden können« (Becker, 1965, S. XIII f.). Sicher kann es passieren, dass hin und wieder ein Beweis »rekonstruiert« wird, der in Wahrheit an dieser Stelle zum ersten Mal geführt wird. Auch wenn die Rede von »Rekonstruktion« oder »Wiederherstellung« in einem solchen Falle das damit üblicherweise Gemeinte verfehlt, so sind solche Versuche wissenschaftlich doch keineswegs nutzlos. Sie haben nämlich eine wichtige heuristische Funktion (ein Aspekt, den ich andernorts einmal ironisch als »spekulative Hermeneutik« bezeichnet habe), indem sie oft Wertvolles zum Entwurf eines historischen Gesamtbildes beisteuern, in dem ganz andere Stellen einer Prüfung sehr wohl zugänglich sind und bei der angestrebten Bestätigung oder Widerlegung des Ganzen ihre Funktion haben.

Dies wird besonders deutlich, wenn man sich klarmacht, dass Wissenschaftsgeschichte (als Ganze, aber auch als Disziplingeschichte einzelner Wissenschaftszweige) nicht nur Geschichte der wissenschaftlichen Erkenntnisse – also der Tatsachen, der Funde, »Sätze« oder übergreifender Zusammenhänge – sein soll und will, sondern auch Geschichte der wissenschaftlichen Methoden. Und hier scheint es mir für die Mathematikgeschichtsschreibung eine geradezu befreiende Einsicht zu sein, dass es zur Gewinnung mathematischer Erkenntnisse nicht nur die (im Verlauf des 20. Jahrhunderts nahezu allein herrschend gewordene) deduktiv-axiomatische Methode des Beweisens gibt, sondern auch kombinatorische, operative und andere (etwa, wie wir gesehen haben, auf Psephoi-Anordnungen beruhende) Methoden. Unter den Mathematikhistorikern haben diesen erweiterten Horizont schon im 19. Jahrhundert Moritz Cantor und Peter Treutlein gehabt,[17] die bei den Pythagoreern die Freude am »mathematische[n] Experiment« feststellten und erwogen, ob nicht in der frühgriechischen Mathematik »das arithmetische Experimentiren sogar noch als das dem geometrischen vorausgehende und das letztere erst bedingende« gesehen werden müsse.[18] Sicher gehörte Phantasie und vielleicht Spekulation dazu, sich bei so dürftiger Quellenlage derartiges auszumalen, und sicher kann man im Einzelfall ganz leicht über das Rechtfertigbare hinausschießen. So wäre z. B. die Frage kaum sinnvoll, ob schon die Pythagoreer den Fall $n = 3$ des großen Fermat-

17 Cantor, 1863; Treutlein, 1883.

18 Cantor, 1863, S. 105, bzw. Treutlein, 1883, S. 211.

schen Satzes durch einen geeigneten räumlichen Psephoi-Beweis hätten »erledigen« können, denn die Antike hatte nach allem, was wir wissen, noch nicht einmal diese Frage (sondern allenfalls das *Delische Problem*) gestellt. Dennoch wird man nicht auf die seit M. Cantors Zeiten gewonnenen Einsichten in Erkenntnisstand und Methoden der vorgriechischen Arithmetik verzichten wollen, auch wenn die Gewinnung dieser Einsichten ein gehöriges Maß an Phantasie und Spekulation erforderte. Aber ohne Phantasie und Spekulation – über die systematische Kompetenz hinaus – wird man nicht einmal den »Knackpunkt« des modernen Abstraktionsverfahrens in Freges *Grundlagen der Arithmetik* entdecken, deren Text uns vollständig im Original (und nicht etwa nur durch unzuverlässige *Neo-Fregeans*) überliefert ist und die sich eines Autors erfreuen können, an dessen historischer Existenz zumindest bislang niemand gezweifelt hat.

Literaturverzeichnis

Becker, Oskar, 1936, »Die Lehre vom Geraden und Ungeraden im neunten Buch der Euklidischen Elemente. (Versuch einer Wiederherstellung in der ursprünglichen Gestalt)«, in: Neugebauer, O./Stenzel, J./Toeplitz, O. (Hrsg.), *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik, Astronomie und Physik, Abt. B: Studien*, Bd. 3, Berlin: Julius Springer, S. 533–553.

Becker, Oskar (Hrsg.), 1954, *Grundlagen der Mathematik in geschichtlicher Entwicklung*, Freiburg/München: Karl Alber.

Becker, Oskar, 1957, *Das mathematische Denken der Antike*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Becker, Oskar (Hrsg.), 1965, *Zur Geschichte der griechischen Mathematik*, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Becker, Oskar/Hofmann, Joseph Ehrenfried, 1951, *Geschichte der Mathematik*, Bonn: Athenäum-Verlag

Burkert, Walter, 1962, *Weisheit und Wissenschaft. Studien zu Pythagoras, Philolaos und Platon*, Nürnberg: Hans Carl.

Cantor, Moritz, 1863, *Mathematische Beiträge zum Kulturleben der Völker*, Halle: H.W. Schmidt.

Carnap, Rudolf, 1928, *Der logische Aufbau der Welt*, Berlin-Schlachtensee: Weltkreis-Verlag.

Diels, Hermann, 1951, *Die Fragmente der Vorsokratiker. Griechisch und Deutsch*, Band 1, Kranz, Walter (Hrsg.), 6. Aufl., Berlin: Weidmann.

Euklid, 1975, *Die Elemente. Buch I-XIII*, Thaer, Clemens (Hrsg.), Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.

Gethmann, Carl Friedrich, 1992, »Universelle praktische Geltungsansprüche. Zur philosophischen Bedeutung der kulturellen Genese moralischer Überzeugungen«, in: Janich, Peter (Hrsg.), *Entwicklungen der methodischen Philosophie*, Frankfurt a. M.: Suhrkamp, S. 148–175.

Gatzemeier, Matthias, 1973, »Methodische Schritte einer Textinterpretation in philosophischer Absicht«, in: Kambartel, Friedrich/Mittelstraß, Jürgen (Hrsg.), *Zum normativen Fundament der Wissenschaft*, Frankfurt a. M.: Athenäum, S. 281 – 317.

Kamlah, Wilhelm/Lorenzen, Paul, 1973, *Logische Propädeutik. Vorschule des vernünftigen Redens*, 2., verb. u. erw. Auflage, Mannheim/Wien/Zürich: Bibliographisches Institut – B.I. Wissenschaftsverlag.

Lakatos, Imre, 1971, »History of Science and Its Rational Reconstructions«, in: Buck, Roger C./Cohen, Robert S. (Hrsg.), *PSA 1970. In Memory of Rudolf Carnap. Proceedings of the 1970 Biennial Meeting Philosophy of Science Association*, Dordrecht: D. Reidel, S. 91 – 136.

Lorenzen, Paul/Inhetveen, Rüdiger, 1973, »Die Einheit der Wissenschaften«, in: Kambartel, Friedrich/Mittelstraß, Jürgen (Hrsg.), *Zum normativen Fundament der Wissenschaft*, Frankfurt a. M.: Athenäum, S. 70 – 78.

Mittelstraß, Jürgen, 1965, »Die Entdeckung der Möglichkeit von Wissenschaft«, in: *Archive for History of Exact Sciences*, 2, S. 410 – 435.

Mittelstraß, Jürgen, 1974, *Die Möglichkeit von Wissenschaft*, Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

Mittelstraß, Jürgen, 1980, »What does ›reconstruction‹ mean in the analysis of science and its history?«, in: *Communication & Cognition*, 13, S. 223 – 236.

Mittelstraß, Jürgen, 1981, »Rationale Rekonstruktion der Wissenschaftsgeschichte«, in: Janich, Peter (Hrsg.), *Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsforschung*, München: C.H. Beck, S. 89 – 111.

Mittelstraß, Jürgen, 1985, »Über den Begriff der Rekonstruktion«, in: *Ratio*, 27, S. 71 – 82.

Popper, Karl R., 1966, *Logik der Forschung*, Zweite, erweiterte Auflage, Tübingen: J.C.B. Mohr.

Schmandt-Besserat, Denise, 1979, »Reckoning before Writing«, in: *Archaeology*, 32, S. 22 – 31.

Scholtz, Gunter, 1992, »Rekonstruktion«, in: *Historisches Wörterbuch der Philosophie*, Band 8, Basel: Schwabe & Co., Sp. 570 – 578.

Schwemmer, Oswald, 1974, »Appell und Argumentation. Aufgaben und Grenzen einer praktischen Philosophie. Versuch einer Antwort auf die »Kritik der praktischen Philosophie der Erlanger Schule«, in: Kambartel, Friedrich (Hrsg.), *Praktische Philosophie und konstruktive Wissenschaftstheorie*, Frankfurt a. M.: Suhrkamp, S. 148 – 211.

Schwemmer, Oswald, 1976, *Theorie der rationalen Erklärung. Zu den methodischen Grundlagen der Kulturwissenschaften*, München: C.H. Beck.

Szabó, Árpád, 1969, *Anfänge der griechischen Mathematik*, München/Wien: R. Oldenbourg.

Thiel, Christian, 1973, »Was heißt ›wissenschaftliche Begriffsbildung‹?«, in: Harth, Dietrich (Hrsg.), *Propädeutik der Literaturwissenschaft*, München: Wilhelm Fink, S. 95 – 125.

Thiel, Christian, 1992, »Neuere Überlegungen zur Geschichtsschreibung einzelwissenschaftlicher Disziplinen«, in: Janich, Peter (Hrsg.), *Entwicklungen der methodischen Philosophie*, Frankfurt a. M.: Suhrkamp, S. 125 – 147.

Thiel, Christian, 1995, »Psephoi«, in: *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*, Bd. 3, S. 390 – 391.

Treutlein, Josef Peter, 1883, »Ein Beitrag zur Geschichte der griechischen Geometrie«, in: *Zeitschrift für Mathematik und Physik. Historisch-literarische Abteilung*, 28, S. 209 – 226.

van der Waerden, Bartel Leendert, 1956, *Erwachende Wissenschaft. Ägyptische, babylonische und griechische Mathematik.* Basel/Stuttgart: Birkhäuser.

Waschkies, Hans-Joachim, 1970/71, »Eine neue Hypothese zur Entdeckung der inkommensurablen Größen durch die Griechen«, in: *Archive for History of Exact Sciences,* 7, S. 325–353.

Waschkies, Hans-Joachim, 1989, *Anfänge der Arithmetik im Alten Orient und bei den Griechen,* Amsterdam: B.R. Grüner.

»Saving the phenomena« between Eudoxus and Eudemus

Leonid Zhmud'

> Eudoxus of Cnidus, as Eudemus reports in the second book of his *History of Astronomy* and as Sosigenes repeats on the authority of Eudemus, is said to have been the first of the Greeks to deal with this type of hypothesis. For Plato, Sosigenes says, set this problem for students of astronomy: ›By the assumption of what uniform and ordered motions can the apparent motions of the planets be accounted for?‹.[1]

This much discussed passage, the first part of which goes back to Aristotle's student Eudemus, and the second to the Peripatetic of the late second century A.D. Sosigenes, was analyzed in great detail by J. Mittelstraß, who came to a well-founded conclusion: the mentioning of Plato belongs not to Eudemus, but to Sosigenes.[2] Thus Simplicius (sixth century A.D.), to whom Eudemus' *History of Astronomy* was still available, could not find anything in it relating to Plato. In my recent paper I discussed this and similar evidence, trying to show that they all go back to the Academic legendary tradition on Plato as an »architect of science«, a tradition that does not find support in the reliable evidence of the classical period.[3] The author of the idea »saving the phenomena« was Eudoxus of Cnidus (c. 390 – 337 B.C.), a brilliant mathematician and astronomer. As for Plato, nothing points out that he knew of this idea or shared Eudoxus' intentions.

In this paper I would like to clarify some points related to the early history of the notion »saving the phenomena«. Before going back to Eudemus' testimony, we have to look into the origin of two notions which are important to Plato and his students – namely, of the uniform circular movement of the planets, and of their divine nature, to which they owe the perfect circularity of their orbits.[4] A still more detailed argumentation for the divine nature of heavenly bodies is to be found in the *Epinomis* (986 e 9 f.), written by Philip of Opus. Aristotle, discussing the circular movement of heavenly bodies, also used a combination of metaphysical and theological arguments,[5] which were to be repeated until the end of Antiquity.

---

1 Καὶ πρῶτος τῶν Ἑλλήνων Εὔδοξος, ὁ Κνίδιος ὡς Εὔδημός τε ἐν τῷ δευτέρῳ τῆς ἀστρολογικῆς ἱστορίας ἀπεμνημόνευσε καὶ Σωσιγένης παρὰ Εὐδήμου τοῦτο λαβών, ἅψασθαι λέγεται τῶν τοιούτων ὑποθέσεων, Πλάτωνος, ὥς φησι Σωσιγένης, πρόβλημα τοῦτο ποιησαμένου τοῖς περὶ ταῦτα ἐσπουδακόσι, τίνων ὑποτεθεισῶν ὁμαλῶν καὶ τεταγμένων κινήσεων διασωθῇ τὰ περὶ τὰς κινήσεις τῶν πλανωμένων φαινόμενα (Simpl. *In Arist. De caelo comm.*, p. 488.18 f. Heiberg = Eudem. fr. 148 Wehrli).

2 Mittelstraß, 1963, pp. 149 ff. See also: Krafft, 1965; Knorr, 1990.

3 Zhmud, 1998.

4 See, e. g. *Crat.* 397 c-d; *Leg.* 885 e, 886 e, 887 e.

5 *Met.* 1072 a 6 f., 1073 a 36 – 39; *Cael.* 269 a 3- 270 b 30; *Mete.* 339 b 20 – 27; fr. 12 Rose.

The idea of the uniform circular movement is attested first in Philolaus, but goes back to the earlier Pythagorean astronomy.[6] As a matter of fact, the circular movement of all heavenly bodies follows from their order as established by the Pythagoreans (Eudem. fr. 146 Wehrli), which is based on the period of their revolution around the Earth: Moon, Sun, Venus, Mercury, Mars, Jupiter, Saturn. According to Geminus,

> the hypothesis underlying the whole astronomy is that the Sun, the Moon and the five planets circulate at uniform speeds in the direction opposite to that of the heavenly sphere. The Pythagoreans were the first to approach such questions, and they assumed that the motions of the Sun, the Moon and the five planets are circular and uniform.[7]

Ascribing the circular movement, postulated by Anaximander for the Sun and the Moon, to the planets as well, the early Pythagoreans must have aspired to bring the movement of all heavenly bodies under the same principle, rather than to do justice to empirical observations. The circle being at the time the only figure that could account for the movements of the planets from a *geometrical* point of view, their numerous deviations from circular orbits were simply ignored. The same geometrical logic demanded that this circular movement had to be uniform, since even at the time of Eudoxus one could not conceive of an irregular movement otherwise as reducing it to a combination of several uniform movements.[8]

When Anaximander, in his turn, postulated the circular movement of the Sun and the Moon, he did not argue from its special divine nature. The main factors for him were, first, the uniform circular movement of the stars, which, unlike the circular movement of the planets, is an *empirically observed* fact, and second, the natural logic of the cinematic model, which does not allow for conceiving of a continuous movement differently.[9] To professional astronomers, empirical observations and mathematical arguments must have been of still greater importance. It is to them that Euclid refers in his preface to the *Phaenomena*:

> Since the fixed stars are always seen to rise from the same place and to set at the same place, and those which rise at the same time are seen always to rise at the same time and those which set at the same time are seen always to set at the same time and these stars in their courses from rising to setting remain always at the same distances from one another, while this can only happens with objects moving with circular motion [...] we must assume that the [fixed] stars move circularly, and are fastened in one body, while

6 Zhmud, 1997, pp. 254 f., 258 f.

7 *Eisag.* I, 19. It is unlikely that Geminus should have projected on the Pythagoreans what Eudemus ascribed to Eudoxus (Mittelstraß, 1963, pp. 156 f.), by the Pythagoreans he might have meant the system of Philolaus.

8 See: Mendell, 2000, p. 65.

9 Cf.: Rozhansky, 1988, p. 229.

> the eye is equidistant from the circumferences of the poles [...][10] For all these reasons, the universe must be spherical in shape, and revolve uniformly about its axis [...][11]

It is revealing that the opinion of Ptolemy as to how the ancients came to this idea is very similar:

> They were, however, led to the view of a spherical heaven chiefly by the observed circular movement described about one and the same center by those stars that are always above the horizon [...] And so from these phenomena alone they first conceived the aforesaid idea, and then from the consideration of its consequences they adopted the other ideas that follow from it, since all the phenomena without qualification refuted the alternative hypotheses.[12]

While the notion of the uniform circular movement emerged as a result of the observation of stars and was later applied to other heavenly bodies, the notion of the divine origin of the planets had a different source. Absent from traditional Greek religion[13] and not found in the Ionian physics (cf. 59 A 79 DK), it was attested, among the Pythagoreans, only in Alcmaeon (24 A 12 DK).[14] Explicitly it was first formulated by Plato,[15] who associated it with the spherical shape of the Universe and the circular movement of heavenly bodies. The Pythagorean saying calls the circle and the sphere »the most beautiful«,[16] with Plato these shapes become »the most perfect«, therefore they belong to heavenly bodies (*Tim.* 33 b – 34 a). This doctrine was obviously projected by Plato onto the contemporary astronomy that brought together heavenly bodies which from the point of view of religion were absolutely heterogeneous: the Sun and the Moon, on the one hand, the stars and the planets, on the other. Acquaintance with Pythagorean astronomy, ascribing uniform circular

10 Follows a number of other considerations and observations of a mathematical character.

11 Tr. by T. L. Heath (1913).

12 *Alm.* I, 3, p. 10.20 – 11.13 Heiberg, tr. by T. L. Heath (1913). The divine nature of the heavenly bodies is mentioned by Ptolemy in the very end of the chapter, after the major astronomical arguments have already been exposed.

13 In the 6th – 5th centuries B.C. the Sun and the Moon did not belong to popular deities; they figured in very few myths and had no cults dedicated to them. They were, of course, regarded as deities, but not of a higher rank than, e. g., a god of wind or a goddess of dawn. Stars, let alone planets, were not regarded as deities; the very word »planet«, which means a vagrant star, was very far from suggesting a uniform circular movement. The planets did not have any divine names; these were borrowed from the Babylonians and first mentioned in Plato's *Timaeus* (38 d) and later in the *Epinomis* (986 e – 987 a). See: Cumont, 1935. Plato himself noted that many of the barbarians believe in the divinity of heavenly bodies (*Crat.* 397 c-d).

14 Archytas, unlike Plato, considered the circular movement to be characteristic of nature as a whole (ἡ φυσικὴ κίνησις, 47 A 23a DK), not of heavenly bodies alone. For the founder of a mechanics which reduced the action of different mechanisms to the principle of the unequal concentric circles this idea is only natural.

15 Nilsson, 1967, pp. 839 ff.

16 Diog. Laert. VIII, 35. See: Burkert, 1972, pp. 168 n. 18, 169 n. 23, 171 n. 41.

movement to all heavenly bodies without exception, could strengthen Plato's belief in the divine origin of the planets but could hardly serve as its source.

Motives that were significant for Plato could not have played any important role in the development of the astronomical system of Eudoxus, which deliberately abstracted itself from the »nature« of heavenly bodies, no matter physical or divine. Eudoxus was not preoccupied with the question of whether the movement of heavenly bodies was circular or not – astronomy had found the answer to it long before. The problem was different: it was important to find a mathematically correct model that would reduce the apparently irregular planetary movements to their *true* circular movement. That is actually what Simplicius says when he approaches the problem of »saving the phenomena«: in spite of all observable anomalies in the behavior of the planets (their halts, retrogressions, etc.), their true movement is orderly, uniform and circular.[17] That is why the astronomers were trying to find out what hypotheses of the uniform, ordered and circular movement could »save the phenomena« relating to the movement of the planets.

The supposed part of Plato in formulating this problem has been already discussed in my earlier paper.[18] In Plato's dialogues the expression σῴζειν τὰ φαινόμενα, as well as the very idea that a mathematical model has to be verified by empirical observations, are totally absent. In Aristotle, on the contrary, expressions similar in meaning, though not identical (ἀποδιδόναι τὰ φαινόμενα, ὁμολογεῖν τοῖς φαινομένοις, ὁμολογούμενα λέγειν τοῖς φαινομένοις), occur quite often,[19] whereas the conviction which underlies them belongs to the fundamentals of his philosophy. Eudemus, no doubt, also knew and shared the scientific principle expressed by the formula σῴζειν τὰ φαινόμενα. But does it really mean that the principle goes back to Aristotle and Eudemus, rather than to Eudoxus and Callippus?

Let us specify here that what we are discussing is not the general thesis, shared both by many Presocratics[20] and by Aristotle, that phenomena are the visible aspect of hidden things (ὄψις ἀδήλων τὰ φαινόμενα), but rather a more specific theory which explained the movements of heavenly bodies by reducing their apparent variety to a limited number of mathematical regularities. This astronomical theory was anticipated by the mechanics of Archytas, which reduced the action of various tools and devices, such as oar, balance, lever, windlass, pulley, etc., to the principle of un-

17 *In Arist. De Cael. comm.*, p. 488.10 f. Heiberg.

18 Zhmud, 1998.

19 *An. Post.* 89 a 5, *De Cael.* 306 a 7, 309 a 26, *GC* 325 a 26, *GA* 760 b 33, *Met.* 1073 b 36, *EE* 1236 a 26. Cf. »inversed« formulas: βιάζεσθαι τὰ φαινόμενα, ἐναντία λέγειν πρὸς τὰ φαινόμενα (*De Cael.* 315 a 4, *EE* 1236 b 22).

20 Anaxagoras (59 B 21A DK), Democritus (68 A 111 DK). See: Regenbogen, 1961, pp. 141 ff.; Diller, 1932.

even concentrical circles and provided the mathematical analysis of their movement, of linear and angular speeds in particular.[21] Another parallel to this theory can be found in the mathematical harmonic of the same Archytas.[22] It is worth noting that the Peripatetic Aristoxenus criticized the mathematical treatment of music by the Pythagoreans, reproaching them for their neglect of phenomena.[23] Similar to his was the criticism by Theophrastus (fr. 716 FHSG). Hence, the principle ὁμολογεῖν τοῖς φαινομένοις does not necessarily imply the *mathematical* interpretation of phenomena – moreover, the very concept of φαινόμενα is much wider in Aristotle than in Eudoxus.[24]

As a result, the formula σῴζειν τὰ φαινόμενα became associated not with the explication of phenomena in general, but rather with the astronomical program, so it was very likely related to Eudoxus' theory from the very beginning.[25] It is revealing that the expression ἀποδιδόναι τὰ φαινόμενα appears twice in that very passage of the *Metaphysics* where the modifications introduced into Eudoxus' theory by Callippus are discussed.[26] The nature of these modifications could have been explained to Aristotle and Eudemus by Callippus himself.[27] One of the fragments of Eudemus' *History of Astronomy* ascribes the principle of »saving the phenomena« to Eudoxus (fr. 148 Wehrli), another fragment cites this formula as pronounced by Callippus in person (fr. 149 Wehrli). Since none of the earlier astronomers appears to be associated with this principle,[28] Eudemus must have been fully aware of the radical difference between the system of Eudoxus and the theories of his predecessors. Moreover, this difference could not have escaped Eudoxus himself. It is in full awareness that the author of the astronomical treatise entitled Φαινόμενα must

21 Krafft, 1970, pp. 3 f., 144 f.

22 See Zhmud, 1997, pp. 216 f.

23 Καὶ τούτων ἀποδείξεις πειρώμεθα λέγειν ὁμολογουμένας τοῖς φαινομένοις, οὐ καθάπερ οἱ ἔμπροσθεν, οἱ [...] νοητάς [...] κατασκευάζοντες αἰτίας [...], πάντων ἀλλοτριωτάτους λόγους λέγοντες καὶ ἐναντιωνάτους τοῖς φαινομένοις (*Harm.* I, 32, p. 41.17 f. Da Rios). See: Mittelstraß, 1963, pp. 144 f.; Barker, 1991.

24 In *De Caelo* Aristotle quite often assimilates planets to animals and plants, e. g.: δεῖ νομίζειν καὶ τὴν τῶν ἄστρων πρᾶξιν εἶναι τοιαύτην οἷα περ ἡ τῶν ζῴων καὶ φυτῶν (292 b 1 f.).

25 Mittelstraß, 1963, pp. 141 ff.

26 *Met.* 1073 b 36, 1074 a 1. It is generally assumed that Aristotle inserted chapter Λ 8 into his *Metaphysics* after 330 B.C.

27 According to Jaeger, 1948, p. 343 n. 1, the imperfect used by Aristotle in his story of Eudoxus and Callippus (*Met.* 1073 b 17 f.), corresponds to the situation of a personal talk. See also: Düring, 1966, pp. 148 f.

28 Simplicius mentions several times the »saving of phenomena« by Heraclides Ponticus, Eudoxus' contemporary: *In Arist. De Cael. comm.*, p. 444.33 f. Heiberg = Her. Pont. fr. 106 Wehrli (Heraclides and Aristarchus), p. 519.10 = fr. 108 Wehrli; *In Arist. Phys. comm.*, p. 292 Diels = fr. 110 Wehrli (from Geminus). About the astronomy of Heraclides, see Zhmud, 1998, pp. 238 – 239. – The fact that Sosigenes, contrary to Eudemus, ascribed the formulation of this problem to Plato, only shows that he attempted to find its »real« author, as opposed to mere »assistants« mentioned by Eudemus.

have suggested the principle of »saving the phenomena«, which was soon to become the most important scientific principle of astronomy.[29]

It is significant that the history of the formula σῴζειν τὰ φαινόμενα can be traced from Simplicius back nearly to the time of Eudoxus himself. It is often found in Sosigenes,[30] before him in Plutarch and Theon,[31] and still earlier in Geminus[32] – the latter, however, preferring similar expressions as ἀποδιδόναι τὰ φαινόμενα and, in particular, συμφωνεῖν τοῖς φαινομένοις.[33] Related expressions are to be found in the commentary of Hipparchus on the *Phaenomena* by Aratus and Eudoxus.[34] Our formula, however, occurs also in Hipparchus, as well as in his older contemporary Attalus, who also commented on Aratus.[35] Both of them seem to take the principle of »saving the phenomena« for granted, which betrays the influence of the astronomy of Eudoxus, rather than of the *History of Astronomy* by Eudemus.

A detailed description of Eudoxus' system of homocentric spheres based on his treatise *On Speeds*[36] must have occupied the larger part of the second book of Eudemus' *History of Astronomy*. Simplicius cites it in shortened, yet extensive enough, exposition by Sosigenes.[37] Only in two cases does Simplicius refer to the text of Eudemus directly. In one of them he points out a disagreement between Sosigenes and Eudemus as to whether the program of »saving the phenomena« belongs to Eudoxus or to Plato (fr. 148 Wehrli). In the second case the explanation of reasons for the introduction of additional spheres by Callippus, which interests Simplicius, happens to be absent from Sosigenes (fr. 149 Wehrli).[38] As to the rest of the material, Simpli-

29 Düring, 1966, pp. 142 ff., 152 f.

30 Simpl. *In Arist. De Cael. comm.*, pp. 488.23, 492.28. 30, 493.3 f., 497.21, 499.15, 501.24 (ἀποδιδόναι τὰ φαινόμενα), 502.9, 504.18 f., 505.18, 509.16, 510.31 Heiberg.

31 Plut. *De facie* 923 A; Theon Smyrn. *Expos.*, pp. 180.9, 198.14 Hiller.

32 Simpl. *In Arist. Phys. comm.*, p. 292 Diels = Her. Pont. fr. 110 Wehrli = Posid. fr. 18 Edelstein-Kidd.

33 *Eisag.*, pp. 10.20, 118.26, 122.9 – 11. 23, 142.14 Manitius. Cf.: ἐπιμαρτυρεῖν τοῖς φαινομένοις (p. 178.4).

34 συμφωνεῖν τοῖς φαινομένοις, διαφωνεῖν πρὸς τὰ φαινόμενα, συμφώνως ἀποδιδόναι τῷ φαινομένῳ, etc. (Hipparch. *Comm. in Arat. et Eudox. Phaenom.*, pp. 4.9. 13, 24.10. 15, 34.9, 70.6, 106.6, 128.18 – 20, 138.21 – 22 Manitius).

35 Hipparch. *Comm. in Arat. et Eudox. Phaenom.*, p. 176.10 Manitius; Attalus, fr. 28, p. 23.38 Maass.

36 It is not clear why Mendell, 2000, pp. 65 and 97, changes the commonly accepted title of Eudoxus' book *On speeds* (Περὶ ταχῶν) for that of the *Book on Fast Things* (τὸ περὶ ταχῶν), which, a dozen of pages further, turns into the *book On Fast Things* (περὶ τάχεων)! The author himself does not provide any explanation for it.

37 *In Arist. De Cael. comm.*, pp. 493.11 – 497.8 Heiberg. See: Schramm, 1961, pp. 36 ff. The preference he gives to the text of Sosigenes is accounted for, in particular, by the fact that Sosigenes' book was used by Simplicius as a source for a large section devoted to the discussion of different astronomical theories (pp. 492.31 – 510.23).

38 Sosigenes did not enter into a detailed description of the modifications introduced by Callippus, because they had not, according to him, improved the ability of the theory of homocentric spheres to

cius must have found the exposition of Sosigenes perfectly adequate. It is worth noting, however, that Simplicius' understanding of Eudoxus' system seems to be superficial compared to that of Eudemus. That, at least, is the opinion shared by the majority of scholars who tried to reconstruct the system of Eudoxus, basing themselves on the text of Simplicius.

Attempts at such a reconstruction have been made since the beginning of the 19th century.[39] It is an Italian astronomer Schiaparelli, who proved the most successful: his reconstruction has been considered exemplary throughout the 20th century.[40] Heath, however, was probably wrong to maintain that in the absence of new evidence the reconstruction of Schiaparelli will be acknowledged by future historians as the final exposition of Eudoxus' system.[41] Recently it has been criticized by two historians of Greek astronomy.[42] Though I am not qualified to participate in this discussion, I still venture to hope that its results will not change the traditional opinion of Eudemus as a trustworthy and competent historian of early Greek astronomy and mathematics.

Bibliography

Barker, Anthony, 1991, »Aristoxenus' harmonics and Aristotle's theory of science«, in: Bowen, A. C. et al. (eds.), *Science and philosophy in classical Greece*, New York: Garland Press, pp. 188–226.

Burkert, Walter, 1972, *Lore and science in ancient Pythagoreanism*, Cambridge (Mass.): Harvard UP.

Cumont, Franz, 1935, »Les noms des planets et l'astrolâtrie chez les Grecs«, in: *Antiquité Classique*, 4, pp. 5–43.

Diller, Hans, 1932, »Ὄψις ἀδήλων τὰ φαινόμενα«, in: *Hermes*, 67, pp. 14–42.

Düring, Ingemar, 1966, *Aristoteles: Darstellung und Interpretation seines Denkens*, Heidelberg: Winter.

Heath, Tomas L., 1913, *Aristarchus of Samos*, Oxford: Oxford UP.

Jaeger, Werner, 1948, *Aristotle: Fundamentals of the history of his development*, 2nd ed., Oxford: Clarendon Press.

explain the phenomena (*In Arist. De Cael. comm.*, p. 504.17 f. Heiberg). See: Schramm, 1961, p. 46.

39 Heath, 1913, p. 194 n. 1–2, points in this connection to works by Ideler (1828–1830) and E. F. Appelt (1849).

40 Schiaparelli, 1877, pp. 3–112.

41 Heath, 1913, p. 194.

42 Yavetz, 1998; Mendell, 1998; Mendell, 2000. – New evidence since the time of Schiaparelli have not appeared. What has appeared, however, is new computer programs, allowing to model the astronomical phenomena easily. It is these programs, as Mendell points out, that become a major factor in the revision of Schiaparelli's reconstruction (Mendell, 2000, p. 59).

Knorr, Willbur R., 1990, »Plato and Eudoxus on the Planetary Motions«, in: *Journal of the History of Astronomy*, 21, pp. 313 – 329.

Krafft, Fritz, 1965, »Der Mathematikos und der Physikos. Bemerkungen zu der angeblichen Platonischen Aufgabe, die Phänomene zu retten«, in: *Beiträge zur Geschichte der Wissenschaft und Technik*, 5, pp. 5 – 24.

Krafft, Fritz, 1970, *Dynamische und statische Betrachtungsweise in der antiken Mechanik*, Wiesbaden: Steiner.

Mendell, Henry, 1998, »Reflections on Eudoxus, Callippus and their curves: hippopedes and callipedes«, in: *Centaurus*, 40, pp. 177 – 275.

Mendell, Henry, 2000, »The trouble with Eudoxus«, in: Suppes, Patrick et al. (eds.), *Ancient and medieval traditions in the exact sciences. Essays in memory of Willbur Knorr*, Stanford: Center for the Study of Language and Information, pp. 59 – 138.

Mittelstraß, Jürgen, 1963, *Die Rettung der Phänomene*, Berlin: Walter de Gruyter.

Nilsson, Martin P., 1967, *Geschichte der griechischen Religion*, 3. Aufl., Bd. 1, München: C.H. Beck.

Regenbogen, Otto, 1961, »Eine Forschungsmethode Antiker Wissenschaft«, in: id., *Kleine Schriften*, Dirlmeier, Franz (ed.), München: C.H. Beck.

Rozhansky, Ivan D., 1988, *The history of natural science in the Hellenistic and Roman periods*, Moscow: Nauka (*in Russian*).

Schiaparelli, G. V., 1877, »Die homocentrischen Sphären des Eudoxos, des Kallippus und des Aristoteles«, in: *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik*, 1, pp. 101 – 198.

Schramm, Matthias, 1961, *Ibn al-Haythams Weg zur Physik*, Wiesbaden: Steiner.

Yavetz, I., 1998, »On the homocentric spheres of Eudoxus«, in: *Archive for the history of exact sciences*, 51, pp. 221 – 278.

Zhmud, Leonid, 1997, *Wissenschaft, Philosophie und Religion im frühen Pythagoreismus*, Berlin: Akademie Verlag.

Zhmud, Leonid, 1998, »Plato as Architect of Science?«, in: *Phronesis* 43, pp. 211 – 244.

Die Rettung der Phänomene: Zu den Wandlungen eines antiken Forschungsprinzips

Martin Carrier

Es zählt zu den Leitmotiven von Jürgen Mittelstraß' philosophischer Arbeit, dass Philosophie praktisches Wirken in der Welt einschließt. So greift er mehrfach die Darstellung Platons im *Theaitetos* auf, Thales, einer der Weisen der Alten Welt, sei bei seinen astronomischen Erkundungen zu Fall gekommen und habe bei all seinem Schaden auch noch den Spott einer dabeistehenden thrakischen Magd auf sich gezogen. Dem Thales nämlich, der, wie Platon berichtet, den Blick fest auf die Sterne gerichtet, in einen Brunnen gefallen sei, wurde von der bodenständigen Magd vorgehalten, dass ihm bei dem Versuch zu ergründen, was sich am Himmel befände, unbekannt bleibe, was zu seinen Füßen läge (Platon, 1970, 174a–b). Auch Mittelstraß ist sich bewusst, dass man über dem Blick ins Weite und Ferne nicht übersehen darf, was einem am nächsten liegt, dass also Philosophie und Wissenschaft auch den konkreten Herausforderungen der Zeit Beachtung schenken müssen.

Dies konkretisiert sich bei Mittelstraß zu dem Grundsatz, dass in der Wissenschaft Theorie und Praxis eng aufeinander bezogen sind und dass insbesondere die Galileische Wende am Auftakt der Wissenschaftlichen Revolution als Anschluss der akademischen Theoriebildung an die technische Praxis zu werten ist (Mittelstraß, 1972, S. 35–37). Diese anhaltende, das Werk prägende Orientierung kündigt sich in Mittelstraß' 1962 erschienener Dissertation *Die Rettung der Phänomene. Ursprung und Geschichte eines antiken Forschungsprinzips* nachdrücklich an. Dort nämlich steht gerade die Verknüpfung von Erkenntnis und Erfahrung im Mittelpunkt. Es soll deutlich werden, dass es eine besondere Herausforderung und Verpflichtung darstellt, die Probleme der Praxis und die Axiome der Theorie miteinander in Verbindung zu bringen.

Ich möchte Mittelstraß' Rekonstruktion der Entwicklung des Forschungsprinzips der Rettung der Phänomene um einen Aspekt ergänzen, der in seiner Darstellung nur eine Nebenrolle spielt. Dabei geht es um die Frage von Instrumentalismus und Realismus, darum also, ob die erfolgreiche Rettung der Phänomene das Urteil zu begründen vermag, die betreffenden Prinzipien der Natur*erklärung* gäben die wirkliche Beschaffenheit der Naturvorgänge wieder, seien also auch Prinzipien der Natur*erkenntnis*.

1. Der Gegensatz von Wahrheit und Schein

In seiner Arbeit zu den antiken Ursprüngen des Prinzips der Rettung der Phänomene macht Mittelstraß darauf aufmerksam, dass der heute selbstverständliche Anspruch, die Wissenschaft habe den Beobachtungen gerecht zu werden, eine post-Platonische Innovation darstellt. Zuvor war der Anspruch, die wahre Welt hinter den Erscheinungen zu erkennen, keineswegs daran gebunden gewesen, diesen Erscheinungen Rechnung zu tragen. Die Sinne trügen, und unzuverlässigen Wegweisern zu folgen, führt den Wahrheitssucher in die Irre. Platons Höhlengleichnis soll verdeutlichen, dass nur derjenige die Beschaffenheit der Wirklichkeit ergründen wird, der sich nicht von täuschenden Schattenbildern ablenken lässt und statt dessen unter Absehen von den Trugbildern der Sinne durch die Kraft des Denkens dem Weltgefüge auf die Spur kommt. In der Ideenlehre hebt Platon die völlige Verschiedenheit von Ideen und den Sinnendingen hervor. Das Prinzip der »Rettung der Phänomene« besagt statt dessen, dass sich die Welt der Erfahrungen folgerichtig aus der Beschaffenheit der Wirklichkeit ergibt. Bei der Rettung der Phänomene soll also das Wahre im Scheinhaften sichtbar werden (Mittelstraß, 1962, S. 6).

Gegenstand der Auseinandersetzung um die Rettung der Phänomene ist die Astronomie. Für Platon ist die Astronomie nur insoweit von Belang, als sie die Vernunft auf den Weg zur Wahrheit bringt. Mittelstraß rückt Platons Unterscheidung zwischen einer empirischen und einer wahren Astronomie in den Blickpunkt. Jene dient der Erstellung eines Kalenders, ist aber ohne epistemische Relevanz; diese kehrt sich ab von den wahrnehmbaren Himmelsbewegungen, die als bunte Bilder und Verzierungen bloßer Schein sind. Die wahren Bewegungen der Gestirne bleiben dem Auge verborgen und sind allein für die Vernunft erschließbar (Mittelstraß, 1962, S. 119–121).

> Von einer Rettung der Phänomene kann in diesem ›Programm‹ sicher keine Rede sein. Platons apriorische Bewegungskonstruktionen sollen nicht wieder mit den erscheinenden Bewegungen der Gestirne zusammengebracht werden, sondern sollen diese Bewegungen nun ganz vergessen machen (Mittelstraß, 1962, S. 122).

Für Platon können demnach astronomische Beobachtungen die Erkenntnis der wirklichen Himmelsbewegungen nicht befördern. Dahinter steht der angenommene schroffe Kontrast zwischen den erkannt geglaubten wahren Bewegungen der Himmelskörper und deren beobachteten Bewegungen. Platon hielt es für fraglos richtig, dass alle Himmelskörper auf gleichförmig durchlaufenen Kreisbewegungen das Zentrum des Universums umrunden (Platon, 1972, 38c–39e). Die Bewegung der Fixsterne stand mit diesen Annahmen gut in Einklang, nicht aber die Jahresbewegung der Planeten. Deren ostwärts gegen die Sterne gerichtete Verschiebung verläuft im Jahresgang unterschiedlich schnell. Diese sog. erste Ungleichheit spricht offenbar gegen das Gleichförmigkeitspostulat. Zudem treten gelegentliche Intervalle rückläufiger oder retrograder Bewegung auf, bei der der Planet relativ zu den Fixsternen eine schleifenförmige Bahn beschreibt. Diese sog. zweite Ungleichheit stellt auch das Kreisförmigkeitspostulat in Zweifel.

In den Erscheinungen der Sternbewegung finden sich also klare Abweichungen von diesen Vorgaben, und Platon nimmt diese zunächst zum Anlass, die Erscheinungen gänzlich beiseite zu stellen und die wahre Astronomie vom Blendwerk der wahrgenommenen Himmelsbewegungen zu trennen. Die trügerischen Beobachtungen können den Betrachter nicht zu den wahren Bewegungen führen. »So wird gerade am Beispiel der Astronomie deutlich, daß Platon die Bedeutung des *Zusammenhanges von Vernunft und Erfahrung* für eine Wissenschaft noch nicht kennt« (Mittelstraß, 1962, S. 122).

Der von Mittelstraß herausgearbeitete Kontrast von Erkenntnis und Erfahrung ist nicht auf Platon beschränkt, sondern findet sich ähnlich bei den Eleaten. Auf Parmenides geht die Vorstellung zurück, die Wirklichkeit bilde eine ungeteilte und invariante Gesamtheit. Weder Vielfalt noch Veränderung existieren. Parmenides lässt sich dabei von einem rationalistischen Verständnis von Erkenntnis und von der sprachphilosophischen Ansicht leiten, Urteile seien Namen von Dingen und wahre Urteile bezeichneten entsprechend tatsächlich existierende Gegenstände.

Folglich kann man nicht wahrheitsgemäß über das Nicht-Seiende urteilen, und aus der rationalistischen Erkenntnistheorie folgt dann, dass es das Nicht-Seiende auch nicht gibt. Parmenides identifiziert darüber hinaus Sein mit Raumerfüllung und entsprechend Nicht-Sein mit dem leeren Raum, so dass das Universum zur Gänze mit Materie angefüllt sein muss und keinen leeren Raum enthalten kann. Folglich kann es keine Zwischenräume geben, und eine Vielheit der Dinge ist entsprechend unmöglich. Ebenso verlangt Bewegung leeren Raum, und da jener nicht existiert, ist auch diese und mithin jede Veränderung ausgeschlossen. Das Universum ist homogen und unwandelbar.

Auffallend ist, dass weder für Parmenides selbst noch für seinen Schüler Zenon von Elea eine Anstrengung überliefert ist, die Ergebnisse dieser Deduktion aus Vernunftprinzipien mit dem Erscheinungsbild der Sinnenwelt zu verknüpfen. Tatsächlich sind in dieser ja Vielfalt und Wandel mit Händen zu greifen. Auch die Zenonschen Paradoxien (Thiel, 1995) leisten keinen Beitrag zu einer solchen Verknüpfung, sondern sollen nur die Kraft der Parmenideischen Deduktion durch Aufweis der Absurdität der Positionen der Gegner steigern. Nichts wird unternommen, um den Anschein von Vielfalt und Wandel zu erklären. Das herangezogene Begründungsprinzip ist also der indirekte Beweis oder die *Reductio ad absurdum*, nicht aber die Rettung der Phänomene.

Für Platon und die Eleaten ist demnach eine methodologische Haltung charakteristisch, die Maß- und Sorglosigkeit in Erkenntnisdingen miteinander verbindet. Die Megalomanie des Erkenntnisanspruchs dokumentiert sich darin, dass für die jeweils angenommenen Grundsätze Zuverlässigkeit und Wirklichkeitstreue beansprucht wird; der Prozess der Wahrheitssuche ist bereits an sein Ende gelangt. Zugleich gilt umgekehrt die theoretische Erschließung der Erfahrungswelt als undurchführbar. Die der Sache nach unmögliche Rückführung der von Vielfalt und Wandel überquellenden Erscheinungen auf die postulierte einheitliche und unwandelbare Wirklichkeit wird als gar nicht erforderlich abgewiesen. Statt dessen soll es ausreichen, die Sinnenwelt zum Trugbild und zur Illusion zu erklären. Ein solch eklatanter Mangel an epistemischer Sorgfalt wird später durch die Verpflichtung auf die Rettung der Phänomene behoben.

2. Eudoxos, Apollonius und die Rettung der Phänomene

Bei Mittelstraß rückt Eudoxos von Knidos (ca. 408 – 355 v. Chr.) an den Anfang einer fundamentalen methodologischen Umorientierung, die den zuvor für uneinlösbar gehaltenen Anspruch aufnimmt, Sein und Schein miteinander zu verbinden. Diese Umorientierung ist zunächst auf die Gestirne beschränkt, deren regelmäßiger Lauf dem ordnenden Zugriff des Verstandes weit besser zugänglich ist als die Wechselhaftigkeit des irdischen Geschehens. Eudoxos geht dabei von der bei Platon durch die Vernunft ausgezeichneten gleichförmigen Kreisbewegung aus und ist der Urheber der Forderung, die beobachtete Ungleichförmigkeit der Himmelserscheinungen auf gleichförmig-kreisförmige Bewegungen zurückzuführen (Mittelstraß, 1962, S. 4, 145).

Der Ansatz des Eudoxos sah vor, ungleichförmige Bewegungen als Überlagerung einer Mehrzahl von gleichförmigen Bewegungen aufzuweisen. Dessen *homozentrisches* System ordnete jedem Planeten zwei bis vier Kugelschalen unterschiedlicher Drehachse und unterschiedlichen Drehsinns zu, deren Zentrum stets die Erde bildete. Aus der Überlagerung der gleichförmigen Bewegungen einer Vielzahl solcher Kugelschalen gelang Eudoxos die grobe Wiedergabe der beiden Ungleichheiten, also des Anscheins wechselnder Drehgeschwindigkeit und Rückläufigkeit (Kuhn, 1981, S. 56 – 59; Pedersen, 1993, S. 63 – 66).

Das homozentrische System des Eudoxos ist unhandlich und in seiner konkreten Gestalt schwer zu verdeutlichen. Ich möchte daher die Rückführung ungleichförmiger auf gleichförmige Bewegungen anhand des um 200 v. Chr. von Apollonius von Perge (ca. 240 – 170 v. Chr.) eingeführten Systems von Exzentern und Epizykeln skizzieren. Das Apollonische System ist durchsichtiger und empirisch treffsicherer als das Eudoxische und bestimmt die Gestalt der astronomischen Theorie bis in die Zeit Keplers.

Zur Erklärung der Veränderlichkeit der scheinbaren Geschwindigkeit, setzt Apollonius die Rotation des Planeten exzentrisch an. Der Mittelpunkt des Planetenumlaufs soll also aus dem Zentrum des Kosmos (und der Erde) herausgerückt sein.

Aus diesem Grund ist der Planet zu verschiedenen Zeiten unterschiedlich weit von der Erde entfernt, und deshalb erscheint seine faktisch gleichförmige Bewegung von wechselnder Schnelligkeit. Dem zeitweisen Auftreten retrograder Bewegung trug Apollonius durch Beifügung einer weiteren Kreisbewegung Rechnung. Ein Planet bewegt sich zunächst gleichförmig auf einem Deferenten oder Tragekreis, auf welchem ein Epizykel oder Aufkreis ebenfalls gleichförmig rotiert. Die von der Erde aus beobachtete Bewegung des Planeten stellt sich als Überlagerung dieser beiden gleichförmigen Kreisbewegungen dar. Durch geeignete Wahl von Drehsinn und -geschwindigkeit lässt sich erreichen, dass die resultierende Bewegung eine schleifenförmige Gestalt annimmt – wie es den Beobachtungen entspricht (Carrier, 2001, S. 42 – 43).

Eudoxos' Erklärung der Ungleichheiten kam für Platon überraschend und hatte zur Folge, dass dieser in den späteren Dialogen die Astronomie doch mit den Erfahrungen der Himmelsbewegungen in Verbindung brachte (Mittelstraß, 1962, S. 9, 132, 135). Bis Eudoxos hatte Platon geglaubt, dass der Himmel der wahren Astronomie mit dem sichtbaren Sternenhimmel nichts zu tun hatte.

> Sein Interesse galt den ›Formen und Zahlen‹ (Tim. 53B), nach denen der Demiurg die Planetenbewegungen an seinem Himmel bestimmte, und nun muß er sich von Eudoxos überzeugen lassen, daß dieser Himmel des Demiurgen ebenderselbe Himmel ist, der sich auch über Athen wölbt (Mittelstraß, 1962, S. 135).

Platon akzeptiert also die astronomischen Konstruktionen des Eudoxos und erkennt die Rettung der Phänomene als fruchtbare Aufgabe für die Astronomie an (Mittelstraß, 1962, S. 9). Platon ist sich über die scheinbaren Irregularitäten der Planetenbewegung im klaren; er bezieht sich auf die Retrogression (Platon, 1972, S. 40c). Aber mit Blick auf die Eudoxische Erklärungsleistung formulierte er die seit Simplikios häufig zu Unrecht Platon selbst zugerechnete Konstruktionsaufgabe, die Planetenbewegungen aus gleichförmigen Kreisbewegungen zusammenzusetzen. Dieses Forschungsprinzip der Rettung der Phänomene sah vor, die beobachteten Himmelsbewegungen auf die Überlagerung gleichförmiger Kreisbewegungen zurückzuführen und entsprechend die scheinbaren Bewegungen der Himmelskörper als Folge ihrer wahren Bewegungen aufzuweisen. Durch Eudoxos kehren die wahren Bewegungen in die Erfahrungswelt zurück. Zwar bleibt die Polarität von Sein und Schein erhalten, aber das Sein drückt sich im Schein aus; es erscheint in der Erfahrungswelt (Mittelstraß, 1962, S. 138 – 142, 156 – 161).

3. Rettung der Phänomene und Preisgabe des Wirklichkeitsanspruchs

In Mittelstraß' Darstellung wird das Prinzip der Rettung der Phänomene mit dem Anspruch der Wirklichkeitserkenntnis verknüpft. Eudoxos will die wahren Bewegungen aus den scheinbaren hervortreten lassen. Allerdings tritt dieser realistische

Anspruch im Verlauf der weiteren historischen Entwicklung zunehmend in den Hintergrund. Seit der Spätantike wird der Terminus der Rettung der Phänomene in einem instrumentalistisch geprägten Sinn gebraucht, der die Eudoxische Verbindung zwischen Erklärungserfolg und Wirklichkeitserkenntnis stark einschränkt. Auch Mittelstraß erwähnt die hier zugrunde liegende Trennung von mathematischer Astronomie und physikalischer Kosmologie (Mittelstraß, 1962, S. 165 – 171). Aber Grund und Tragweite dieser Umorientierung verdienen eine ausführlichere Erörterung. Tatsächlich handelt es sich dabei um einen tief greifenden Bruch in der methodologischen Tradition, der sich – wie die Formulierung des Prinzips der Rettung der Phänomene – an Entwicklungen in der Astronomie anschließt. Erst bei Nicolaus Copernicus (1473 – 1543), Christoph Clavius (1538 – 1612) und Johannes Kepler (1571 – 1630) gewinnt das realistische Verständnis wieder die Oberhand.

Das homozentrische System des Eudoxos wurde von Aristoteles aufgenommen und fortentwickelt; es bildete den Kern der antiken und mittelalterlichen Kosmologie. Danach rotieren die Planeten in konzentrischen Kugelschalen, die die Planeten jeweils einfassen und mit den angrenzenden Schalen in Berührung stehen (Aristoteles, 1983, S. 287a, 289b; 1978, S. 1073b). Die Kugelschalen bilden einen wesentlichen Bestandteil der akzeptierten Kosmologie; sie werden auch von Copernicus beibehalten und erst von Brahe aufgegeben.

Hingegen stützt sich das astronomische System des Claudius Ptolemäus (ca. 100 – 170) auf die Epizykel und Exzenter des Apollonius. Zwar setzt auch Ptolemäus auf Kugelschalen, ordnet diesen aber unterschiedliche Mittelpunkte zu. Einer der wesentlichen Vorzüge des Apollonischen Ansatzes bestand darin, der wechselnden Helligkeit der Planeten Rechnung tragen zu können. Das homozentrische System versagte dabei; schließlich sollten sich danach die Planeten stets im gleichen Abstand von der Erde befinden. Ptolemäus gelang durch geschickte Kombination von Exzentern und Epizykeln, unter Beifügung des später berüchtigten sog. Äquanten, eine theoretische Erfassung sämtlicher Himmelsbewegungen.

> Wenn wir uns die Aufgabe gestellt haben, auch für die fünf Wandelsterne, wie für die Sonne und für den Mond, den Nachweis zu führen, daß ihre scheinbaren Anomalien [Ungleichheiten] alle vermöge gleichförmiger Bewegungen auf Kreisen zum Ausdruck gelangen, weil nur diese Bewegungen der Natur der göttlichen Wesen entsprechen, während Regellosigkeit und Ungleichförmigkeit ihnen fremd sind, so darf man wohl das glückliche Vollbringen eines solchen Vorhabens als eine Großtat bezeichnen, ja in Wahrheit als das Endziel der auf philosophischer Grundlage beruhenden mathematischen Wissenschaft (Ptolemäus, 1963, Bd. II, S. 94).

Ptolemäus verstand es als erster, die Phänomene der Himmelsbewegungen vollständig und mit einer als befriedigend eingestuften Genauigkeit zu retten, also auf die »philosophische Grundlage« der gleichförmigen Kreisbewegung zu stellen.