

Paul Feyerabend  
Wider den Methodenzwang

Die vorliegende Ausgabe ist text- und seitenidentisch mit der 1983 erschienenen revidierten und erweiterten Fassung von *Wider den Methodenzwang*. Eine erste gedruckte Fassung erschien 1975 unter dem Titel *Against Method. Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge* im Verlag New Left Books. Für die 1976 in der Reihe *Theorie* des Suhrkamp Verlags erschienene Fassung unter dem Titel *Wider den Methodenzwang. Skizze einer anarchistischen Erkenntnistheorie* hat Paul Feyerabend den englischen Text revidiert und erweitert. Die von Hermann Vetter übersetzte Textfassung wurde anschließend von Paul Feyerabend für die Neuauflage von 1983 gekürzt, ergänzt und zum Teil umgeschrieben.

Paul Feyerabend (1924-1994) studierte Philosophie, Astronomie und Physik und lehrte u. a. in Berkeley, Kalifornien und an der ETH Zürich. Von Paul Feyerabend sind im Suhrkamp Verlag erschienen: *Briefe an einen Freund* (es 1946); *Erkenntnis für freie Menschen* (es 1011); *Irrwege der Vernunft*; *Wissenschaft als Kunst* (es 1231); *Zeitverschwendung* (st 2722).

Suhrkamp

Die vorliegende Taschenbuchausgabe ist text- und seitenidentisch mit der 1983 erschienenen revidierten und erweiterten Fassung von *Wider den Methodenzwang*. Eine erste gedruckte Fassung erschien 1975 unter dem Titel *Against Method. Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge* im Verlag New Left Books. Für die 1976 in der Reihe *Theorie* des Suhrkamp Verlags erschienene Fassung unter dem Titel *Wider den Methodenzwang. Skizze einer anarchistischen Erkenntnistheorie* hat Paul Feyerabend den englischen Text revidiert und erweitert. Die Übersetzung wurde von Hermann Vetter besorgt. Diesen Vettterschen Text hat Paul Feyerabend für die Neuausgabe von 1983 teils gekürzt, teils ergänzt, teils umgeschrieben.

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation  
in der Deutschen Nationalbibliografie  
<http://dnb.ddb.de>

suhrkamp taschenbuch wissenschaft 597  
Erste Auflage 1986

© Suhrkamp Verlag Frankfurt am Main 1976, 1983  
Suhrkamp Taschenbuch Verlag

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das  
der Übersetzung, des öffentlichen Vortrags sowie  
der Übertragung durch Rundfunk und Fernsehen,  
auch einzelner Teile.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form  
(durch Fotografie, Mikrofilm oder andere Verfahren)  
ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert  
oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet,  
vervielfältigt oder verbreitet werden.

Druck: Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden  
Printed in Germany

Umschlag nach Entwürfen von  
Willy Fleckhaus und Rolf Staudt  
ISBN 3-518-28197-6

10 11 12 13 14 - 09 08 07

## Inhalt

Vorwort . . . . . 11

### Einleitung

Vernunft und Wissenschaft gehen oft verschiedene Wege. Ein heiterer Anarchismus ist auch menschenfreundlicher und eher geeignet, zum Fortschritt anzuregen, als »Gesetz- und Ordnungs«-Konzeptionen. . . . . 13

### I

Das wird sowohl durch eine Untersuchung historischer Episoden als auch eine abstrakte Analyse des Verhältnisses von Denken und Handeln gezeigt. Der einzige allgemeine Grundsatz, der den Fortschritt nicht behindert, lautet: *Anything goes*. . . . . 21

### 2

Zum Beispiel kann man Hypothesen verwenden, die gut bestätigten Theorien und/oder experimentellen Ergebnissen widersprechen. Man kann die Wissenschaften fördern, indem man kontrainduktiv vorgeht. . . . . 33

### 3

Die Konsistenzbedingung, nach der neue Hypothesen mit anerkannten *Theorien* übereinstimmen müssen, ist unvernünftig, weil sie ältere und nicht bessere Theorien am Leben erhält. Theorienvielfalt ist für die Wissenschaft fruchtbar, Einförmigkeit dagegen lähmt ihre kritische Kraft. Die Einförmigkeit gefährdet auch die freie Entwicklung des Individuums. 39

### 4

Kein Gedanke ist so alt oder absurd, daß er nicht unser Wissen verbessern könnte. Die gesamte Geistesgeschichte wird in die Wissenschaft einbezogen und zur Verbesserung jeder einzelnen Theorie verwendet. Auch politische Einflüsse werden nicht abgelehnt. Sie sind notwendig, um den wissenschaftli-

chen Chauvinismus zu überwinden, der sich oft der Einführung von Alternativen zum Status quo widersetzt. Den Alternativen muß es aber erlaubt sein, sich zu vollständigen Subkulturen auszubilden, die nicht mehr auf Wissenschaft und Rationalismus beruhen. . . . . 55

5

Keine Theorie stimmt jemals mit allen *Tatsachen* auf ihrem Gebiet überein, doch liegt der Fehler nicht immer bei der Theorie. Tatsachen werden durch ältere Ideologien konstituiert, und ein Widerstreit von Tatsachen und Theorien kann ein Zeichen des Fortschritts sein. Er ist auch ein erster Schritt bei unserem Versuch, die Grundsätze aufzudecken, die in den üblichen Beobachtungsbegriffen stecken und kann so ihre Untersuchung ermöglichen. . . . . 71

6

Als Beispiel für einen solchen Versuch betrachte ich das *Turmargument*, mit dem die Aristoteliker die Erdbewegung widerlegten. Es enthält *natürliche Interpretationen* – Vorstellungen, die so eng mit Beobachtungen verbunden sind, daß es besonderer Anstrengung bedarf, ihr Vorhandensein zu erkennen und ihren Inhalt zu bestimmen. Galilei ermittelt die natürlichen Interpretationen, die Kopernikus behindern, und ersetzt sie durch andere. . . . . 89

7

Die neuen natürlichen Interpretationen bilden eine neue und abstrakte Beobachtungssprache. Sie werden eingeführt *und versteckt*, so daß man die vollzogene Veränderung nicht bemerkt (Methode der Anamnesis). Sie enthalten den Gedanken der *Relativität aller Bewegung* und das *Gesetz der Trägheit der Kreisbewegung*. . . . . 105

8

Anfängliche Schwierigkeiten, die die Veränderung aufwirft, werden durch *ad-hoc-Hypothesen* entschärft, die also gele-

gentlich eine positive Funktion haben; sie verschaffen neuen Theorien eine Atempause, und sie deuten die Richtung der zukünftigen Forschung an. . . . . 120

9

Außer natürlichen Interpretationen verändert Galilei auch *Wahrnehmungen*, die Kopernikus in Gefahr zu bringen scheinen. Er gibt das Vorhandensein solcher Wahrnehmungen zu, lobt Kopernikus dafür, daß er sie nicht beachtet hat, und behauptet, er habe sie mit Hilfe des *Fernrohrs* entfernt. Doch er gibt keine *theoretischen* Gründe für die Unzuverlässigkeit des Fernrohres bei himmlischen Beobachtungen. . . . . 128

Anhang I . . . . . 141

10

Auch die ersten *Erfahrungen* mit dem Fernrohr liefern keine solchen Gründe. Die ersten Himmelsbeobachtungen mit dem Fernrohr sind undeutlich, unbestimmt, widersprüchlich und widerstreiten dem, was jedermann mit unbewaffnetem Auge sehen kann. Und die einzige Theorie, die teleskopische Illusionen von sachgerechten Eindrücken hätte unterscheiden können, war im Konflikt mit einfachen Tatsachen. . . . . 145

Anhang 2 . . . . . 169

11

Andererseits gibt es Fernrohrbeobachtungen, die eindeutig für Kopernikus sprechen. Galilei führt sie als unabhängige Daten für Kopernikus an; in Wirklichkeit ist es aber so, daß eine widerlegte Auffassung – die Kopernikanische – eine gewisse Ähnlichkeit mit Erscheinungen hat, die sich aus einer anderen widerlegten Auffassung ergeben – nämlich daß Fernrohrbilder getreue Abbildungen des Himmels seien. Galilei behält wegen seines Stils und seiner geschickten Überredungsmethoden die Oberhand, weil er auch in Italienisch und nicht nur in Lateinisch schreibt und weil er sich an Leute wendet, die gefühlsmäßig gegen die alten Ideen und die mit ihnen verbundenen Maßstäbe der Gelehrsamkeit eingenommen sind. . . . 184

Dieses »irrationale« Vergehen ist notwendig wegen der »ungleichmäßigen Entwicklung« (Marx, Lenin) der verschiedenen Teile der Wissenschaft. Der Kopernikanismus und andere wesentliche Bestandteile der neueren Wissenschaft blieben nur deshalb am Leben, weil in ihrer Geschichte die Vernunft oft überspielt wurde. . . . . 188

Galileis Methode funktioniert auch auf anderen Gebieten. Man kann sie beispielsweise zur Ausschaltung der vorhandenen Argumente gegen den Materialismus verwenden und so das *philosophische* Leib-Seele-Problem beerdigen (die entsprechenden *wissenschaftlichen* Probleme bleiben dagegen unberührt). Dennoch ist ihre universelle Anwendbarkeit in den Wissenschaften noch kein Argument zu ihren Gunsten. Es gibt nämlich sowohl ethische als auch wissenschaftliche Gründe, die uns gelegentlich zwingen, ganz anders vorzugehen. . . . . 203

Die Kirche zur Zeit Galileis hielt sich viel enger an die Vernunft als Galilei selber und sie zog auch die ethischen und sozialen Folgen der Galileischen Lehren in Betracht. Ihr Urteil gegen Galilei war rational und gerecht, und seine Revision läßt sich nur politisch-opportunistisch rechtfertigen. . . . . 206

Galileis Untersuchungen waren nur ein kleiner Teil der sogenannten Kopernikanischen Revolution. Fügt man ihnen weitere wichtige Elemente hinzu, dann wird es noch schwieriger, den ganzen Vorgang mit rationalen Prinzipien in Übereinstimmung zu bringen. . . . . 221

Auch der scharfsinnige Versuch von Lakatos, eine Methodologie aufzustellen, die die historische Wirklichkeit der Wissen-

schaften ernst nimmt, sie aber doch aufgrund von in ihr selbst entdeckten Regelmäßigkeiten einer Kontrolle unterwirft, ist von dieser Folgerung nicht ausgenommen. Denn erstens gibt es die Regelmäßigkeiten nicht, auf die sich Lakatos beruft – er idealisiert die Wissenschaften genauso wie seine Vorgänger –, zweitens wären die Regelmäßigkeiten, wenn es sie gäbe, Regelmäßigkeiten der Wissenschaften und also unbrauchbar zur »objektiven« Beurteilung etwa der Aristotelischen Philosophie, und drittens sind die Regelmäßigkeiten, so wie sie Lakatos verwendet, nur ein Aufputz, hinter dem sich ein im Grunde anarchisches Verfahren verbirgt. . . . . 238

Anhang 3 . . . . . 288

Außerdem sind die Maßstäbe von Lakatos nicht immer anwendbar. Sie setzen voraus, daß sich zwischen Sätzen, die verschiedenen Forschungsprogrammen entspringen, immer Beziehungen herstellen lassen. Aber die Gehaltsklassen von alternativen wissenschaftlichen Theorien sind oft unvergleichbar in dem Sinn, daß sich keine der üblichen logischen Beziehungen (Einschließung, Ausschließung, Überschneidung) zwischen ihnen herstellen lassen. Eine solche Unvereinbarkeit besteht sicher zwischen Mythen und wissenschaftlichen Theorien. Man findet sie wieder in den fortgeschrittensten, allgemeinsten und daher mythologischsten Teilen der Wissenschaften selbst. . . . . 295

Anhang 4 . . . . . 372

Die hier vorgetragenen Gedanken sind nicht neu. Sie finden sich bei den klügeren Wissenschaftlern des 19. Jahrhunderts. An die Stelle dieser Gedanken tritt mit dem Wiener Kreis ein neuer philosophischer Primitivismus. Popper beseitigt einige Schwierigkeiten dieser primitiven Philosophie, bringt sie aber der Praxis der Wissenschaften um keinen Schritt näher. 376

Es gibt also keinen klar formulierbaren Unterschied zwischen Mythen und wissenschaftlichen Theorien. Die Wissenschaft ist eine der vielen Lebensformen, die die Menschen entwickelt haben, und nicht unbedingt die beste. Sie ist laut, frech, teuer und fällt auf. Grundsätzlich überlegen ist sie aber nur in den Augen derer, die bereits eine gewisse Position bezogen haben oder die die Wissenschaften akzeptieren, ohne jemals ihre Vorzüge und Schwächen geprüft zu haben. Und da das Annehmen und Ablehnen von Positionen dem einzelnen oder, in einer Demokratie, demokratischen Ausschüssen überlassen werden sollte, so folgt, daß die Trennung von Staat und *Kirche* durch die Trennung von Staat und *Wissenschaft* zu ergänzen ist. . . . . 385

Sachregister . . . . . 401

Namenregister . . . . . 417

#### Vorbemerkung des Übersetzers zur Zitierweise

Anstelle der zahlreichen Verweise »op. cit.« des Verfassers wurde jeweils ein Hinweis auf die Stelle mit der vollständigen Literaturangabe eingesetzt, und zwar in der Form /2<sup>3</sup>/ für Kap. 2, Anm. 3.

*Galileis Untersuchungen waren nur ein kleiner Teil der sogenannten Kopernikanischen Revolution. Fügt man ihnen weitere wichtige Elemente hinzu, dann wird es noch schwieriger, den ganzen Vorgang mit rationalen Prinzipien in Übereinstimmung zu bringen.*

Galilei war nicht der einzige Wissenschaftler, der an der Reform der Astronomie und der Physik beteiligt war. Er befaßte sich nicht einmal mit dem Ganzen der Astronomie, sondern nur mit einem sehr beschränkten Teil dieser Wissenschaft. Zum Beispiel hat er sich in das Problem der Bahnberechnung der Planeten nie in dem Ausmaß vertieft, in dem dies Kopernikus und Kepler taten, und die mehr fachtechnischen Teile des Kopernikanischen Hauptwerkes hat er höchstwahrscheinlich nie gelesen. Das war kein ungewöhnliches Vorgehen. Wie heute waren auch damals die Wissenschaften in verschiedene Gebiete aufgespalten, und wer Fachmann war auf einem Gebiet, war nicht unbedingt auch Fachmann auf einem anderen. Und wie heute konnten Forscher mit sehr unterschiedlichen philosophischen und erkenntnistheoretischen Einstellungen und mit sehr unterschiedlichen Reaktionen auf angeblich schlüssige Beweise sich erfolgreich an ein und demselben Forschungsgebiet beteiligen. Tycho Brahe zum Beispiel war ein ganz hervorragender Astronom, und seine Beobachtungen haben ganz wesentlich zum Zusammenbruch des antiken Weltbildes beigetragen. Er hielt aber sowohl aus physikalischen als auch aus theologischen Gründen an der Ruhe der Erde fest. Kopernikus war ein gläubiger Christ und ein guter Aristoteliker – dennoch glaubte er, die Bewegung der Erde sowohl mit der Kirchenlehre als auch mit der Aristotelischen Philosophie vereinbaren zu können. Maestlin, der Lehrer Keplers, war einer der hervorragendsten Astronomen seiner Zeit, er war der erste, der Kometen für solide Objekte hielt und der die Bahn

eines Kometen berechnete. Ihm kam es nur auf die mathematische Formulierung einer Lehre an. War diese befriedigend, dann war die Lehre auch physikalisch richtig. Das war der Grund, warum er die Kopernikanische Lehre akzeptierte. Wir sehen, die individuellen Verschiedenheiten der Forscher, die an den Wissenschaften der Zeit teilnahmen, waren sehr groß.

Dazu kommt die Verschiedenheit der Fächer, die zur Astronomie ihren Beitrag leisteten. Da müssen wir unterscheiden zwischen der Situation in der

Kosmologie

Physik

Astronomie

Optik

Theologie

Erkenntnistheorie

sowie der Berechnung astronomischer Tafeln.

Ich treffe diese Unterscheidungen nicht, um »präzise zu sein«, sondern weil sie tatsächlich vorliegende Abteilungen der Forschung wiedergeben. Die Physik zum Beispiel war eine allgemeine Bewegungslehre, die die Natur der Bewegung ohne Rücksicht auf die Umstände untersuchte, in denen sie eintrat. Die Kosmologie beschrieb die Struktur des Universums und die besonderen Bewegungen, die in ihm auftraten. In der Physik galt das Gesetz, daß eine Bewegung ohne Motor zum Stillstand kommt – die »natürliche« Situation eines Gegenstandes ist also die Ruhe (das schließt die qualitative Unveränderlichkeit ein). In der Kosmologie galten als »natürliche« Bewegungen jene, die ohne äußere Einwirkungen vor sich gingen, also die Bewegung der leichten Elemente nach oben und die Bewegung der schweren Elemente nach unten. Physik und Kosmologie erhoben Anspruch darauf, wahre Aussagen zu machen. Die Theologie, die auch den Anspruch auf Wahrheit erhob, war eine notwendige Randbedingung für die Forschung auf diesen beiden Gebieten. Sie war nicht eine notwendige Randbedingung für die Astronomie, die sich mit der genaueren Bewegung der Gestirne beschäftigte, allerdings ohne den Model-

len, die sie zur Vorhersage verwendete, immer Wahrheit zuzuschreiben. Astronomen zogen natürlich Modelle, die der wirklichen Natur der Himmelskörper entsprachen, Modellen vor, die nur als Rechenkunstgriffe gelten konnten – aber Rechenkunstgriffe verachteten sie nicht, ganz im Gegenteil, sie machten freien Gebrauch davon. Ein besonders kluger Rechenkunstgriff verführte den Erfinder gelegentlich dazu, an seine Wahrheit zu glauben, aber jeder Astronom sah ein, daß Harmonie der mathematischen Mittel und Übereinstimmung mit den tatsächlich beobachteten Bewegungen am Himmel noch nicht eine Übereinstimmung mit der Wirklichkeit bedeuteten. Die Berechnung astronomischer Tafeln war noch einen Schritt weiter von der Wirklichkeit entfernt, denn sie verwendete nicht nur mathematische Modelle, sie machte auch Gebrauch von Approximationen. Es kam vor, daß die Approximationen eines »fortgeschritteneren« Forschers (vom heutigen Standpunkt aus betrachtet) schlechter und die daraus folgenden Vorhersagen ungenauer waren als die Approximationen eines älteren Astronomen.<sup>1</sup> Grundlegende optische Gesetze, wie das Gesetz der geradlinigen Ausbreitung des Lichtes, wurde bei Triangulationen verwendet – sonst kümmerten sich Astronomen nur sehr wenig um die Gesetze der Optik. Die Erkenntnistheorie wurde in noch geringerem Ausmaß studiert, und erkenntnistheoretischer Argumente bediente man sich, wie auch heute, nur dann, wenn die Physik oder die Astronomie aber schon gar keine Hilfe mehr boten. Eine fruchtbare und fortschrittliche Verwendung der Erkenntnistheorie war in jenen Jahren genau so selten wie heute.

Die eben beschriebene Situation spiegelt sich in den Lehrbüchern und Einführungswerken. Sacrobosco und seine Nachahmer geben eine Skizze der Kosmologie, beschreiben die Hauptphären der Astronomie, ohne auf die Details der Bewegung in diesen Sphären einzugehen. Der Rest ist Schwei-

<sup>1</sup> Das Beispiel Ptolemäus-Kopernikus behandelt Stanley E. Babb Jr. in *Isis*, Vol. 68 (Sep. 77), besonders S. 432.

gen.<sup>2</sup> Handbücher der Astronomie wie das Handbuch des Ptolemäus und seine Popularisierungen enthalten die detaillierten Modelle der Astronomie, desgleichen einfache Tafeln sowie die Rudimente der Kosmologie und der Physik. Theologie und Erkenntnistheorie fehlen. Physiklehrbücher diskutieren die Physik, d. h. die allgemeine Bewegungslehre, Teile der Kosmologie, sonst aber nichts. Sie sind meistens Kommentare zur Physik des Aristoteles und entwickeln diese gelegentlich in sehr interessanter Weise weiter (Beispiel: die Entwicklung der Theorie der Kontinuität im Mittelalter). Textbücher der Optik sprechen nur selten von astronomischen Dingen.<sup>3</sup> In der Philosophie aber besteht man auf der Unterscheidung zwischen physikalischen und mathematischen Untersuchungen (vgl. Aristoteles, *Met.*, Buch xiii Kap. 2 sowie *Physik* Buch ii, Kap. 2). In den Encyclopädien des frühen Mittelalters ist die Unterscheidung eine Selbstverständlichkeit. Die theologischen Argumente endlich gehen davon aus, daß die Bibel das Wort Gottes ist. Dies wurde bis spät ins 19. Jahrhundert ernst genommen. William Thomson (Lord Kelvin), einer der hervorragendsten Wissenschaftler des 19. Jahrhunderts, verfolgt

2 Vgl. *The Sphere of Sacrobosco and its Commentators*, Lynn Thorndyke ed., University of Chicago 1949. Die Elemente und ihre Bewegungen werden kurz im ersten Kapitel erwähnt, desgleichen ein einfaches Argument für die Ruhe der Erde: die Erde ist im Zentrum (das ist unmittelbar vorher durch optische Argumente wie die gleichbleibende Größe der Konstellationen gezeigt worden) und »quicquid a medio movetur versus circumferentiam ascendit. Terra a medio movetur, ergo ascendit, quod pro impossibile relinquitur« (85). Equant, Deferent und Epicykel werden im vierten Kapitel kurz erwähnt, desgleichen der wunderbare Charakter der Sonnenfinsternis beim Tode Jesu.

3 Als Beispiel sei die Optik des John Pecham (zitiert nach David Lindberg ed. *John Pecham and the Science of Optics*, Madison 1970) erwähnt: astronomische Gegenstände kommen hier vor auf Seite 153 (Mondillusion und die nordwärtige Verschiebung von Sonne und Sternen, erklärt durch die Wirkung von Dämpfen am Horizont), 209 (Flimmern der Sterne erklärt durch die Unebenheiten ihrer rotierenden und das Sonnenlicht reflektierenden Oberflächen), 218 (Unmöglichkeit, die Größe der Sterne aus ihrer Erscheinung zu bestimmen), 233 (Sterne erscheinen kleiner, als sie wirklich sind), 225 (sie sind am Horizont nach Norden verschoben, und zwar um so mehr, je weiter sie vom Meridian abstehen).

Entwicklungsreihen zurück, bis er auf ein Muster stößt oder auf eine klare Regelmäßigkeit – und diese schreibt er dann dem Herrgott zu. Kopernikus, Kepler, Galilei, Newton, sie alle nehmen die theologische Randbedingungen sehr ernst, und zwar nicht nur aus reinem Opportunismus – sie halten sie für eine wichtige, weil wahre Einschränkung (aber auch Hilfe) der Forschung. Soweit ein sehr kurzer und sehr oberflächlicher Überblick über die großen Verschiedenheiten in den Kenntnissen und den Haltungen der Forscher und über die zahlreichen Disziplinen, deren Entwicklung einen Teil der »Kopernikanischen Revolution« darstellt.

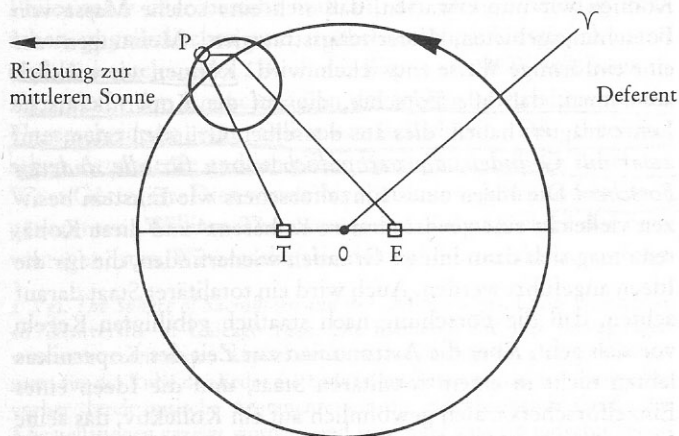
Können wir nun erwarten, daß sich eine solche Masse von Forschungsgebieten, Forschungsstrategien, Meinungen auf eine einförmige Weise entwickeln wird? Können wir wirklich annehmen, daß alle Forscher, die auf die Kopernikanische Lehre reagiert haben, dies aus denselben Gründen taten, und zwar aus Gründen, die verbindlich waren für alle anderen Forscher? Die Ideen eines Einzelforschers wie Einstein besitzen vielleicht eine gewisse innere Kohärenz<sup>4</sup> und diese Kohärenz mag sich dann in den Gründen wiederfinden, die für die Ideen angeführt werden. Auch wird ein totalitärer Staat darauf achten, daß die Forschung nach staatlich gebilligten Regeln vor sich geht. Aber die Astronomen zur Zeit des Kopernikus lebten nicht in einem totalitären Staat, und die Ideen eines Einzelforschers trafen gewöhnlich auf ein Kollektiv, das seine Monomanie nicht mehr teilte. Fassen wir also zwei Astronomen näher ins Auge, die an der Entwicklung Anteil hatten, Kopernikus selber und Maestlin, den Lehrer von Kepler.

Kopernikus wollte die Astronomie reformieren. Er gab genau an, was ihn störte und was er verändern wollte. Er schrieb: »Die Planetentheorien der Ptolemäer und anderer Astrono-

4 Das gilt nur für die Ideen zu einer gewissen Zeit und in einem gewissen Forschungsbereich. Einstein zum Beispiel hat auch für die individuelle Forschung einen lockeren Opportunismus empfohlen und er hat davor gewarnt, daß »man einen guten Witz nicht zu oft wiederholen solle«. Phillip Frank, *Einstein, His life and Times*, London 1946, S. 261.



men ... schienen ... eine nicht unbedeutende Schwierigkeit darzustellen. Denn diese Theorien stimmten nicht, es sei denn, man fügte gewisse Equanten hinzu; es schien dann, daß sich ein Planet weder auf seinem Deferenten noch in bezug auf sein wirkliches Zentrum mit einförmiger Geschwindigkeit bewegte ... Als ich diese Mängel bemerkt hatte, überlegte ich mir oft, ob es vielleicht eine vernünftiger Anordnung der Kreise gebe, die die Ableitung jeder scheinbaren Ungleichung gestatten würde und bei der sich alles gleichförmig um das eigene Zentrum bewegt, so wie es die Regel der absoluten Bewegung erfordert ...<sup>5</sup>



Die Kritik des Kopernikus bezieht sich auf das folgende Modell (vgl. die beiliegende Abbildung), das zur Berechnung der Bahnen von Mars, Jupiter und Saturn verwendet wurde. Der Planet P bewegt sich auf einem kleinen Kreis, dem sogenannten Epizykel, dessen Zentrum auf einem größeren Kreis,

<sup>5</sup> Die folgende Darstellung beruht zum Teil auf Fritz Krafft, »Copernicus Retroversus I« und »Copernicus retroversus II«, in: *Colloquia copernicana* III and IV, Proceedings of the Joint Symposium of the IAU and the IUHPS Torun 1973. Übersetzung der Stellen aus dem *Commetariolus* nach Rosen, *Three Copernican Treatises*, third edition, New York 1971, teilweise korrigiert von Krafft I, 119.

dem Deferenten D, fortschreitet. Die Bewegung des Epizykels auf dem Deferenten hat konstante Winkelgeschwindigkeit nicht in bezug auf das Zentrum des Deferenten O, sondern in bezug auf den Punkt E, den Equanten (Ausgleichspunkt). Der Planet wird von der Erde T aus betrachtet, die vom Zentrum gleich weit entfernt ist wie O. Er bewegt sich mit konstanter Winkelgeschwindigkeit auf seinem Epizykel, und zwar so, daß der Radiusvektor vom Zentrum des Epizykels zum Planeten der mittleren Länge der Sonne immer parallel ist. Die Breiten werden separat berechnet.

Die Kritik des Kopernikus betrifft nicht die empirische Adäquatheit des Modells. Er sagt ganz ausdrücklich (*Commentariolus*, ed. Rosen, S. 59) daß sich die Planetentheorien des Ptolemäus und anderer »trotz ihrer Konsistenz mit den numerischen Daten« in Schwierigkeit befinden. Auch glaubt er nicht, daß die vorliegenden Daten der Verbesserung bedürftig sind. Statt neue Beobachtungen aufzuzählen, die seine Revision der Astronomie erklären könnten, sagt er, daß »wir auf ihren (der Griechen) Spuren folgen müssen und an ihren Beobachtungen festhalten müssen, die uns wie eine Erbschaft überliefert worden sind. Und wenn einer im Gegensatz dazu die Alten hier nicht für vertrauenswürdig hält, dann sind ihm die Tore dieser Kunst ganz sicher verschlossen.«<sup>6</sup> Die Schwierigkeit, an der sich Kopernikus stößt, ist eine rein theoretische Schwierigkeit. Untersuchen wir sie genauer.

Im Zitat unterscheidet Kopernikus zwischen scheinbarer und absoluter Bewegung. Die Ungleichungen, d. h. das Voraneilen und Zurückbleiben der Planeten sowie ihre wechselnde Geschwindigkeit im Deferenten sind »scheinbar« – sie sind durch Rückführung auf andere Bewegungen zu erklären. Nach Kopernikus hat die Erklärung aufgrund von zentrierten Kreisen mit konstanter Winkelgeschwindigkeit um das Zentrum zu geschehen. Ptolemäus verletzt diese Forderung, denn er verwendet Equanten. Equanten erklären scheinbare Bewegungen nicht aufgrund wahrer Bewegungen, sondern aufgrund anderer scheinbarer Bewegungen, wo sich ein Planet »weder in 6 Brief gegen Werner, zitiert nach Rosen, /15<sup>5</sup>/, S. 99.

seinem Deferenten noch in bezug auf das wirkliche Zentrum mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt«. Wirkliche himmlische Bewegung ist für Kopernikus (und für viele seiner astronomischen Kollegen) eine gleichförmige Kreisbewegung um das Kreiszentrum. Wir können sagen, daß Kopernikus versucht, die Astronomie an die Kosmologie anzugleichen, und vor allem an die Aristotelische Lehre vom fünften Element und seiner Bewegung.

Kopernikus entfernt Exzenter und Equanten und ersetzt sie durch Epizyklen.<sup>7</sup> Behalten wir das Ptolemaische Schema bei, dann hat jeder Planet jetzt drei Epizyklen: den Hauptepizykel zur Erklärung der zweiten Ungleichung (Schleifen, Vorwärts-eilen, Zurückbleiben) und zwei weitere Epizyklen anstelle von Exzenter und Equant.

Kopernikus will diese Häufung der Epizyklen vermeiden, denn sie trägt die Planeten stellenweise zu weit in den Raum hinaus. Er sucht also nach einer anderen Erklärung der zweiten Ungleichung. Dabei hilft ihm der Umstand, daß die zweite Ungleichung immer mit der Lage der Sonne übereinstimmt.<sup>8</sup> Es ist daher möglich, sie als eine scheinbare Bewegung aufzufassen, geschaffen durch eine wirkliche Bewegung der Erde. Das Argument, so wie ich es bis jetzt (nach Krafft) rekonstruiert habe, enthält zwei Elemente, ein rein formales Element und eine Wirklichkeitsbehauptung. Rein formal wird eine Reduktion beliebiger periodischer Vorgänge auf zentrierte gleichförmige Kreisbewegungen gefordert. Die Forderung ist verbunden mit der Annahme, daß Unregelmäßigkeit scheinbar, die sie erklärende regelmäßige Bewegung aber wirklich ist. Ich nenne das die *erste Realitätsannahme*. Kopernikus behauptet die Wirklichkeit der Erdbewegung nicht aufgrund dieser Annahme allein, sondern aufgrund dieser Annahme

<sup>7</sup> Das gilt für den *Commentariolus*. In seinem Hauptwerk verwendet Kopernikus wieder exzentrische Deferenten. Nur der Equant wird durch eine Epizykel ersetzt.

<sup>8</sup> Der *mittleren* Sonne bei Kopernikus. Erst Kepler bringt die Reduktion auf die wahre Sonne zustande und schafft damit ein sehr starkes Argument für die Kopernikanische Anordnung der Planeten.

verbunden mit der Entdeckung, daß die Rückführung der zweiten Ungleichung auf die Erdbewegung nicht mehr die separate Kalkulation jeder Planetenbahn erlaubt. Bei Ptolemäus wurde das weiter oben erklärte Schema für jeden Planeten neu angesetzt. Was zählte, war das Verhältnis der Bahnradien Epizykel/Deferent und nicht ein absoluter Wert. *Nun* ist jede Bahn an den Großkreis, d. h. die Erdbahn und damit an jede andere Bahn gebunden. Wir haben ein Planetensystem, das heißt einen »Plan des Universums mit einer wohlbestimmten Symmetrie aller Teile«. »Alle diese Phänomene«, schreibt Kopernikus in seinem Hauptwerk<sup>9</sup>, »sind auf höchst vornehme Weise miteinander verbunden wie mit einer goldenen Kette; und jeder Planet mit seiner Lage und Ordnung und jede Ungleichung seiner Bewegung legen Zeugnis dafür ab, daß sich die Erde bewegt und daß wir, die wir auf der Erdkugel wohnen, statt ihre eigene Bewegung anzuerkennen, den Planeten alle möglichen Eigenbewegungen zuschreiben.« Es ist diese innere Verbundenheit aller Teile seines Planetensystems, die Kopernikus von der Wirklichkeit der Erdbewegung überzeugt. Ich nenne das die *zweite Realitätsannahme*.

Die erste Realitätsannahme war ein Teil der Platonischen Tradition. Die Annahme, daß die grundlegende Bewegung der Gestirne eine zentrierte Kreisbewegung sei, hatte schon bei Aristoteles ein physikalisches Fundament erhalten.

Die zweite Realitätsannahme widersprach der Aristotelischen Kosmologie und Physik. Aristoteles hatte eine frühere (nämlich die Pythagoreische) Fassung dieser Annahme mit dem Hinweis auf seine eigene Theorie der Bewegungen kritisiert: mathematische Harmonien gelten nur dann als Anzeichen der Wahrheit, wenn sie mit wohlbegründeten physikalischen Prozessen übereinstimmen. Das Prinzip ist vernünftig und wurde auch in unserem Jahrhundert verwendet, um schöne, aber nicht wahre Theorien und Deutungen von Theorien zu elimi-

<sup>9</sup> *De Revol.* Vorwort an Papst Paul. Krafft vermutet, daß Kopernikus die Harmonie erst im Verlauf seines Versuchs entdeckte, den Equanten zu beseitigen, und sie erst später zum grundlegenden Argument für die Realität der Erdbewegung machte.

nieren (Beispiel: Schrödingers eigene Deutung seiner Wellenmechanik). Es ist vernünftig vor allem für jene Denker, die die Mathematik für eine Hilfswissenschaft halten, die physikalische Prozesse zwar beschreiben, aber nicht konstituieren kann. Es ist unvernünftig für Platoniker. Der Gegensatz zwischen zwei verschiedenen Auffassungen von der Natur mathematischer Sätze spielte also in der »Kopernikanischen Revolution« eine wichtige Rolle.

Kopernikus verteidigt seinen Standpunkt, d. h. die zweite Realitätsannahme, durch Hinweis auf alte Traditionen wie die Hermetische Tradition und die Idee von der außerordentlichen Stellung der Sonne.<sup>10</sup> Beim Versuch, die Bewegung der Erde mit den Aristotelischen Argumenten vereinbar zu machen, führte er zwei Annahmen ein. Nach der ersten Annahme ist die Bewegung eines Körpers seiner Gestalt angemessen. Die Gestalt der Erde ist kugelförmig, also ist auch ihre Bewegung ein Kreis. Aber die Erde ist nicht eine exakte Kugel, obwohl ihre Bewegung bei Kopernikus exakte Kreise enthält. Erst Galileis Entdeckung, daß auch die Himmelskörper nicht exakte Kugeln sind (Berge auf dem Mond), macht diesen Teil des Arguments akzeptabel. Nach der zweiten Annahme bewegen sich die Teile eines Körpers mit dem Hauptkörper, von dem sie getrennt wurden. Darum bleibt nach Kopernikus der fallende Stein beim Turm. Diese Annahme ersetzt die sehr interessante Aristotelische Theorie der natürlichen Bewegungen durch eine Theorie ganz anderer Art. Nach Aristoteles folgen die natürlichen Bewegungen, d. h. also das Aufwärtstreben des Feuers und der Fall schwerer Körper, *der Struktur des Raumes*, nicht der Verteilung der Materie. Gerade das wird aber bei Kopernikus angenommen. Die Annahme »rettet die Phänomene«, kann aber in diesem frühen Stadium der Debatte kein unabhängiges Argument zu ihren Gunsten anführen.

<sup>10</sup> Die Wendung »und in der Mitte steht die Sonne« war nicht neu. Auch in den älteren Auffassungen stand die Sonne ja in der Tat inmitten der Planeten, mit Mars, Jupiter und Saturn über ihr und Mond, Venus und Merkur unter ihr, und sie »regierte« die Planeten in dem Sinn, daß sich die Sonnenbewegung in der Bewegung aller Planeten (den Mond ausgenommen) spiegelte. Vgl. etwa Macrobius, *Somnium Scipionis*.

Mein zweites Beispiel ist Michael Maestlin, der Lehrer Keplers. Maestlin war ein Fachmann auf dem Gebiet der Astronomie. Sein Urteil war in der Fachwelt gesucht und geachtet. Nach seiner eigenen Aussage gab er die Ptolemaische Verteilung der Planetensphären »nur widerstrebend auf« – d. h., er wurde durch gewisse Umstände dazu gezwungen.<sup>11</sup> Die Umstände scheinen die folgenden gewesen zu sein. Erstens die Entdeckung, daß sich die Nova des Jahres 1572, die er beobachtete und deren Parallaxe er maß, jenseits des Mondes in der Fixsternsphäre befand. Der erste Teil der Aussage (jenseits des Mondes) folgte für Maestlin aus der fehlenden Parallaxe, der zweite Teil (Fixsternsphäre) aus der fehlenden Eigenbewegung. Nach Kopernikus (dessen Lehre Maestlin für diesen Punkt ausdrücklich benützt) bewegt sich ein Planet um so langsamer, je weiter er von der Sonne entfernt ist. Maestlin (und auch Tycho, der den neuen Stern auf dem Weg zu seinem alchemistischen Laboratorium sah) schließt aus der Veränderung der Farbe und der Helligkeit der Nova, daß die Ansicht des Aristoteles von einer ewig unveränderlichen Region oberhalb des Mondes falsch sein müsse. Es ist aber vielleicht etwas voreilig zu behaupten, daß Maestlin (und Tycho) in der Nova »einen Schlag gegen die Peripatetische Philosophie sahen« (Jarrell, S. 108). Viele Kirchenleute, unter ihnen Theodor Beza, hielten die Erscheinung für eine Rückkehr des Sterns von Bethlehem, d. h. für ein übernatürliches Ereignis.<sup>12</sup> Tycho hielt den Vergleich mit dem Stern von Bethlehem für zu bescheiden: hier handelte es sich um das größte Wunder seit Weltbeginn – es sei zumindest dem Stillstand der Sonne auf Befehl des Josua zu vergleichen.<sup>13</sup> Tychos Bemerkung macht

<sup>11</sup> Im folgenden benütze ich die Dissertation von R. A. Jarrell, *The Life and Scientific Work of the Tübingen Astronomer Michael Maestlin*, Toronto 1972, sowie R. S. Westman, »Michael Maestlins Adoption of the Copernican Theory«, in: *Colloquia Copernicana IV*, Ossolineum 1975, S. 53 ff. Westman hat viel zur Aufdeckung der sehr verschiedenen zeitgenössischen Reaktionen zur Kopernikanischen Theorie beigetragen.

<sup>12</sup> Vgl. die Literatur bei P. H. Kocher, *Science and Religion in Elizabethan England*, New York 1969, S. 174, Fn. 12.

<sup>13</sup> Tycho *Progymnasmata*, S. 548: quid ergo prohibite quin dicamus to-

klar, daß zumindest er aus der Nova kein Argument gegen *den Physiker* Aristoteles konstruieren konnte: auch der Stillstand der Sonne war ja für ihn kaum »ein Schlag gegen« die gängigen astronomischen Theorien von der Sonnenbewegung. Wunder zeigen die Unrichtigkeit der Annahme, daß die Naturgesetze *autonom* sind – sie widerlegen nicht *bestimmte* Naturgesetze. Andererseits ist es durchaus möglich, daß Maestlin in Verkenning dieses Umstandes (oder die Wundertheorie nicht ernst nehmend) an Aristoteles zu zweifeln begann. Die Frage ist in diesem Fall, wie weit der Zweifel reichte. Die Idee der Unveränderlichkeit des Firmaments gehört zur Kosmologie und enthält eine spezielle Hypothese, nämlich die Hypothese eines fünften Elements. Stellt sich diese Hypothese als falsch heraus, dann ist damit die grundlegende Bewegungslehre des Aristoteles, die zur Physik gehört und von der das Turmargument lebt, noch nicht betroffen. Sowohl Clavius als auch Tycho nahmen eine Veränderlichkeit des Himmels an,<sup>14</sup> betrachteten aber weiterhin die Bewegung der Erde wegen des Turmarguments als absurd. Reicht der Zweifel weiter, so beruht er entweder auf einer von der normalen Deutung abweichenden Deutung der Aristotelischen Lehre oder aber auf einer, wenn auch sehr vagen, Prädisposition zu einer nichtaristotelischen Weltauffassung. Es scheint, daß im Falle Maestlins das letztere angenommen werden kann.

Das nächste entscheidende Ereignis auf Maestlins Weg zu Kopernikus ist der Komet des Jahres 1577. Wieder verlegt Maestlin das Ereignis in den superlunaren Bereich. Er schreibt: »Hätte ich nicht durch persönliche, sichere, wiederholte und höchst eifrige Beobachtungen gefunden, daß sich der Komet in der Region des Äthers befindet, dann hätte man mich nicht überzeugen können. Aber so machte ich meine Entdeckung durch zahlreiche Untersuchungen, weil in diesen Dingen der

tum hyperphysicum stellamque hanc novam a summo Creatore his novissimis temporibus creatam esse atque uti miraculose coepit its miraculose desituram cuius utriusque causa omnem humanum captum effugit.

<sup>14</sup> Zu Clavius vgl. seinen Kommentar zur Sphäre des Sacrobosco, Ausgabe von 1593, S. 210–211.

göttlichen Werke weder die Autorität noch die Meinung der Menschen anstelle der Wahrheit akzeptiert werden kann« (Jarrell, S. 112).

Hier wird also die Idee aufgegeben, daß der »aetherische Bereich« frei von Veränderungen sei.

Maestlin geht einen Schritt weiter. Er versucht, auch die Bahn des Kometen zu bestimmen. Der Versuch nimmt an, daß ein Komet eine wohldefinierte Entität ist, der man eine Bahn zuschreiben kann – eine drastische Abweichung von der Aristotelischen Theorie der Kometen, die selbst Galilei noch verteidigte. Maestlin fand, daß sich der Komet in der kopernikanischen Bahn der Venus bewegte, so, wie sie im 6. Buch, Kap. 12, von *de Revolutionibus* beschrieben wird (es scheint, daß es vor allem die Breitenbewegung des Kometen war, die ihn zu diesem Schluß führte). Etwas zögernd erklärte er sich nun für das Kopernikanische System: »Nur sehr unwillig bin ich von der akzeptierten Ansicht über die Verteilung der Sphären abgewichen« (Jarrell, 117). Aber, so fügte er später hinzu, er war »durch äußerste Notwendigkeit gezwungen« (120).

Diese »äußerste Notwendigkeit« ergibt sich nur, wenn geometrische Überlegungen die Kraft kosmologischer Argumente erhalten. Galilei hat viele Jahre später vor einem solchen Schluß gewarnt und, in der Tat, er nimmt an, daß die Natur des Gemessenen schon bekannt ist (zum Beispiel es handelt sich nicht um einen Gegenstand von der Art des Regenbogens). Maestlin ist von solchen Zweifeln nicht geplagt. Er akzeptiert zwar die traditionelle Unterscheidung zwischen Astronomie und Physik und er weist die Astronomie auch den Mathematikern zu: »Kopernikus schrieb sein Werk als ein Astronom, nicht als ein Physiker« steht am Rande von Maestlins Kopie von *de Revolutionibus*.<sup>15</sup> Aber die Ergebnisse mathematischer Überlegungen deutet er ohne weiteres im Sinne der ersten und zweiten Realitätsannahme, das heißt, er *überwindet nicht* den Aristotelischen Widerstand gegen eine solche Deutung, er handelt, als ob er diesen Widerstand (und die mit ihm verbundenen Argumente) *nicht gebe*: »Dieses Argument  
<sup>15</sup> Westman, /15<sup>11</sup>/, S. 59.

(des lückenlosen Zusammenhangs der Kopernikanischen Kreise) stimmt mit der Vernunft völlig überein. Die Anordnung dieser ganzen immensen Maschinerie ist so beschaffen, daß sie uns mehr sichere Demonstrationen erlaubt. In der Tat dreht sich die ganze Welt in einer Weise, daß nichts ohne Verwirrung der Teile versetzt werden kann, und so lassen sich also die Phänomene der Bewegung auf sehr genaue Weise demonstrieren, denn nichts Unpassendes geschieht im Verlauf ihrer Bahnen« (Westman, *loc. cit.*). Auch Kepler wurde, wie er selber sagt, durch Maestlins Kometen und durch die Harmonie zu Kopernikus hinübergezogen, wobei die Bemerkung nicht unwichtig ist, daß Maestlins Berechnung des Kometen keinesfalls stimmt – in der Venusbahn bewegte er sich nicht.

Das sind nur einige wenige Beispiele für das Denken, das im 16. und 17. Jahrhundert die Menschen zur freundlichen Betrachtung und sogar zur Annahme der Kopernikanischen Doktrin bewegt hat. Wir sehen, daß dieses Denken sich nie auf eines der weiter oben aufgezählten Fächer beschränkt, daß es aber auch nie alle Fächer in Betracht zieht. Von der Erkenntnistheorie zum Beispiel ist bei Maestlin nicht die Rede. Kopernikus redet von erkenntnistheoretischen Problemen, aber nur sehr kurz. Auch sind die Argumente verschiedener Forscher nie sehr zwingend – sie sind oft Plausibilitätsüberlegungen und sie beeinflussen nur Forscher mit ähnlichen Intuitionen. Philosophen und philosophisch eingestellte Wissenschaftler haben diese sehr komplexe Situation oft auf kindlich einfache Weise beschrieben. Ohne Zweifel lag das an ihrem Glauben, daß Wissenschaftler gewisse Prinzipien gemeinsam haben und daß eine Entwicklung in den Wissenschaften das Ergebnis des Versuchs ist, diese Prinzipien durchzusetzen. Die Prinzipien werden gelegentlich vergessen oder unterdrückt – und dann stagnieren die Wissenschaften. Sie beleben sich, so sagt der Glaube, wenn man die Prinzipien wieder hervorholt und unterschieden anwendet. Einige moderne Wissenschaftstheoretiker, wie etwa Lakatos, geben zu, daß Wissenschaftler oft wie Schlafwandler handeln – sie halten ein Vorgehen für das rich-

tige, praktizieren aber ein ganz anderes, und es ist dieses andere Vorgehen, das die Wissenschaften vorantreibt. Auch sie glauben aber, daß selbst revolutionäre Entwicklungen eine einfache Struktur besitzen. Überprüfen wir diesen Glauben noch einmal am vorliegenden Material, und zwar indem wir die verschiedenen Ansichten über die Struktur mit dem Material konfrontieren.

Wir bemerken zunächst folgendes: fast keine der existierenden philosophischen Theorien zieht *alle* der weiter oben erwähnten Disziplinen in Betracht. Die Hauptaufmerksamkeit gilt der Astronomie. Ist sie richtig behandelt, dann gilt damit das Problem als erledigt. Diese fatale Unvollständigkeit ist der erste und grundlegende Einwand gegen die historische Richtigkeit der meisten Wissenschaftsphilosophien.

Auf dem Gebiete der Astronomie selber wurden die folgenden Philosophien entwickelt:

1. Der naive Empirismus: im Mittelalter las man die Bibel, machte aber keine Beobachtungen. Dann erhoben die Menschen ihre Häupter und, siehe da, die Welt war anders, als Aristoteles und Ptolemäus gesagt hatten.

Diese Theorie ist heute praktisch verschwunden – sie spielte aber in verschiedenen Perioden der Geschichte unseres Denkens eine wichtige Rolle. Man widerlegt sie durch den Hinweis, daß Aristoteles ein Erzempiriker war und daß das Ptolemäische Werk auf sorgfältig<sup>16</sup> gesammelten Daten beruht.

2. Der raffinierte Empirismus: neue Beobachtungen wurden angestellt und diese zwangen die Astronomen, eine bereits empirische Astronomie zu modifizieren.

Diese Theorie trifft nicht zu auf Kopernikus selber und auf seine Nachfolger im 16. Jahrhundert. Wie wir gesehen haben, hält Kopernikus das Ptolemäische System durchaus für *empirisch* adäquat – er kritisiert es aus *theoretischen* Gründen. Die Beobachtungen, die er verwendet, sind im wesentlichen die von Ptolemäus – und er sagt das auch.

<sup>16</sup> ›Sorgfältig‹ wird bestritten von R. R. Newton, *The Crime of Claudius Ptolemy*, Johns Hopkins 1977, der gute Argumente für den völlig fiktiven Charakter vieler ›Beobachtungen‹ des Ptolemäus bietet.

Moderne Vergleiche der Voraussagen des Ptolemäischen Schemas mit modernen Voraussagen auf der einen Seite und den Kopernikanischen Voraussagen auf der anderen zeigen außerdem, daß die empirischen Voraussagen der Planetenbahnen nicht verbessert wurden: »Die geometrischen Modelle des Kopernikus und des Ptolemaios unterscheiden sich nicht hinreichend, um das erste besser zu machen; tatsächlich ist es schlechter, wenn man die gleiche Zahl von Parametern verwendet.«<sup>17</sup>

Die einzigen neuen Beobachtungen im Gebiet der Astronomie waren die Beobachtungen Tycho – aber sie führten bereits über Kopernikus hinaus. Die Beobachtungen des Galilei gehörten nicht zur Astronomie, sondern zur Kosmologie. Sie machten einige der von Kopernikus gebrauchten Analogien plausibler. Einen zwingenden Beweis für die Bewegung der Erde gab es aber noch immer nicht, denn die Galileischen Beobachtungen stimmten auch mit dem Tychonischen System überein, in dem eine im Zentrum aller Planetenbahnen stehende Sonne die Erde umkreiste.

3. Der Falsifikationismus: neue Beobachtungen widerlegten wichtige Annahmen der alten Astronomie und erzwangen so den Aufbau einer neuen Astronomie. Sicher nicht richtig für Kopernikus und den Bereich der Astronomie (siehe oben die Bemerkungen zu 2.). Und die Widerlegung der Unveränderlichkeit himmlischer Ereignisse war weder zwingend (Wundertheorie!) noch relevant für die Bewegung der Erde.

Wir sehen an dieser Stelle ganz deutlich, wie verfehlt es ist, wenn man einen komplexen Prozeß wie die »Kopernikanische Revolution« auf ein einziges Prinzip zurückführen will, wie

<sup>17</sup> Stanley E. Babb, »Accuracy of Planetary Theories, Particularly for Mars«, in: *Isis* Sept. 77, S. 426 ff. Vgl. auch die früheren Arbeiten von Derek de Solla Price, »Contra Copernicus«, in *Critical Problems of the History of Science* ed. Clagett, Madison 1959, S. 197–218; N. R. Hanson, in: *Isis* Nr. 51 (1960), S. 150 ff. sowie Owen Gingerich, »Crisis vs. Aesthetics in the Copernican Revolution«, in: *Vistas in Astronomy* Bd. 17, ed. Beer, 1974. Gingerich vergleicht die *Tafeln* von Stöffler, Stadius, Maestlin, Magini und Origanus und findet in allen Fehler derselben Größenordnung.

etwa das Prinzip der Falsifikation. Falsifikationen spielten eine Rolle, wie auch neue Beobachtungen eine Rolle spielten. Aber beide waren Bestandteile eines sehr komplexen Prozesses, der viele ganz andere Überlegungen, Intuitionen, Abneigungen etc. enthielt.

4. Der Konventionalismus: die alte Astronomie wurde immer komplizierter – und so ersetzte man sie am Ende durch eine einfachere Theorie. Es ist diese Annahme, die zum Spottwort der »epizyklischen Entartung« geführt hat. Diese Theorie übersieht, daß das Kopernikanische System ungefähr dieselbe Zahl von Kreisen hat wie das Ptolemäische.<sup>18</sup>

5. Die Krisentheorie: die Astronomie befand sich in einer Krise. Diese führte zu einer Revolution und zum Triumph des Kopernikanischen Standpunktes.

Auch hier ist die Antwort dieselbe wie unter 2.: *empirisch* war keine Krise zu verzeichnen und wurde keine Krise gelöst. Es ist ganz anders, wenn man sich die *philosophische* Situation ansieht, d. h. das Auseinanderfallen der Astronomie (nur mathematische Modelle) und der Physik (wirklich geschehende Prozesse). Aber dieses Auseinanderfallen gab es seit der Antike – warum führte es gerade jetzt zu einer Reform? Ohne weitere Details kann die Krisentheorie *darauf* keine Antwort geben.

<sup>18</sup> Vgl. die sehr instruktiven Zeichnungen in de Santillanas Ausgabe von Galileis *Dialog*, Chicago 1964.