

IDEENGESCHICHTE UND WISSENSCHAFTSTHEORIE

Johannes Kepler, Meister der *scientiae mediae*

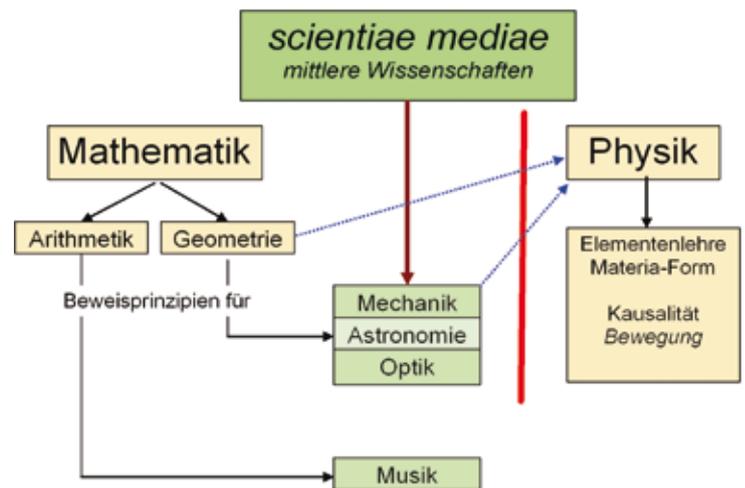
IN BUENOS AIRES FAND EIN FORSCHUNGSSEMINAR ÜBER WISSENSCHAFTSHISTORISCHE ANKÜPFUNGSPUNKTE ZWISCHEN MITTELALTER UND FRÜHER NEUZEIT STATT.

VON DANIEL A. DI LISCIA

Abb. 1: Eine schematische Darstellung der wissenschaftstheoretischen Problematik der *scientiae mediae* nach Aristoteles (*Physica II, 2* und *Analytica posteriora I, 7*).

Nach vielen Jahren intensiver Arbeit und Bemühungen ist es der modernen Forschung gelungen, die alten Vorurteile über das Mittelalter als „Zeit der Dunkelheit“ definitiv aus dem seriösen Wissenschaftsbetrieb zu verbannen. Während neue Studien immer wieder die historische Bedeutung der Scholastik in den Bereichen der Philosophie- und der Wissenschaftsgeschichte hervorhoben, ist allmählich das Bedürfnis entstanden, mehr Aufmerksamkeit auf die Schnittstellen zwischen beiden Disziplinen zu richten. Ganz besonders gilt das für diejenigen Transformationsperioden, die wie die Zeit der Renaissance und der Frühen Neuzeit unsere moderne Denkweise entscheidend geprägt haben.

Ziel eines in Buenos Aires gehaltenen Forschungsseminars, das vom DAAD unterstützt wurde, war es, einige der Schnittstellen zwischen Philosophie und Wissenschaft, die in der heutigen Forschung als ein möglicher Verbindungsweg zwischen der spätmittelalterlichen Naturphilosophie und der frühneuzeitlichen Naturwissenschaft angesehen werden, zu untersuchen: die Problematik der sog. *scientiae mediae*, d. h. der „mittleren Wissenschaften“. Das Seminar bestand in der Analyse ausgewählter Quellen, hauptsächlich vom 14. bis zum 17. Jahrhundert, ergänzt durch mehrere Vorträge und Diskussionen, in denen u. a. die Forschungs- und



Editionsarbeit der Kepler-Kommission ausführlich dargestellt wurden. Zu den Teilnehmern gehörten außer einer breitgefächerten Gruppe von Studenten und Interessenten mehrere Dozenten und Spezialisten Argentiniers. Da die Arbeit zum großen Teil darin bestand, die Keplerschen Gedanken in historischer Perspektive zu betrachten, stand die Thematik der *scientiae mediae* in ihrer Entwicklung zu Keplers Zeit und zu Keplers Werk hin im Vordergrund. Der folgende Bericht will einige der Hauptstationen dieser Entwicklung präsentieren und einem weiteren ideengeschichtlich interessierten Publikum zugänglich machen.

Aristoteles und die wissenschaftstheoretischen Grundlagen

Die Erforschung dieses Bündels von Fragen muss mit Aristoteles begin-

nen, auch wenn der Schwerpunkt auf späteren Autoren liegt. Denn obwohl der Begriff *scientia media* bei Aristoteles streng genommen nicht vorkommt, ist er doch mit dessen Hauptwerken zur Physik und zur Wissenschaftstheorie unmittelbar verbunden. Aristoteles lieferte die grundlegende Begrifflichkeit und den wichtigsten Diskussionsrahmen bis zur Zeit Keplers (Abb. 1). Nach unserer gängigen Vorstellung der Physik ist gerade diese Disziplin von einer mathematischen Behandlung ihres Gegenstandes untrennbar. „Die Natur zu kennen“ heißt in der Regel nichts anderes, als sie in ihren quantitativen oder quantifizierbaren Eigenschaften zu untersuchen (gäbe es noch andere?). Diese Position ist durch zwei weitere Prämissen ideenhistorischer Natur zu ergänzen: 1. Die allgemeine Idee einer Mathematisierung der Natur ist ein Hauptergebnis der sog. wissenschaftlichen Revolution oder

wohl ihre wichtigste Errungenschaft überhaupt; 2. Dabei bezog die Wissenschaftsgemeinschaft der Frühen Neuzeit mehr oder weniger stark Stellung gegen Aristoteles und dessen Wissenschaftstheorie.

Wie denkt Aristoteles über diese Frage? Seine *Physik* ist eine philosophische Untersuchung der Natur. Er untersucht deren Prinzipien und konstituierende Hauptelemente; Sonderfälle und Tatsachen vernachlässigt Aristoteles nicht ganz, aber von der Fragestellung her müssen sie in den Hintergrund rücken. Nach Aristoteles ist der Hauptgegenstand der physikalischen Untersuchung zweifellos die Bewegung. Die Mathematik, welche neben der „ersten Philosophie“ oder Metaphysik – letztere Bezeichnung stammt jedoch nicht von Aristoteles – zur Gruppe der „spekulativen Wissenschaften“ gehört, hat die Quantität als Gegenstand und diese trennt Aristoteles – aus nicht wenig durchdachten *metaphysischen* (hier soviel wie: nicht physikalischen, sondern „*metatheoretischen*“) Gründen – von der Bewegung, und das, obwohl er auch viele abstrakte, nicht also durch Experimente gewonnene, quantitative Eigenschaften der Bewegung thematisiert.

Nun war Aristoteles alles andere als naiv und dem Wissensstand seiner Zeit gegenüber verschlossen (etwas, was man von den Aristotelikern zur Zeit Galileis und Keplers nicht uneingeschränkt sagen kann). Er wusste sehr wohl von Ergebnissen in den Disziplinen, die unleugbar auf eine Mathematisierung der Natur hinausliefen, und versuchte, sie in seine wissenschaftstheoretischen Überlegungen zu integrieren. Im zweiten Buch seiner *Physik* (*Physik* II,2) erwähnt er z. B. die Astronomie, die Optik und die Musik. Diese seien zwar zu den *mathematischen Disziplinen* zu zählen – das ist für die spätere Diskussion bestimmend –, sie seien aber auch

von den mathematischen Disziplinen diejenigen, die Naturobjekte zum Gegenstand haben, wie etwa die Planetenbewegung und die Ausbreitung des Lichtes für Astronomie und Optik und der Klang für die Musik. Diese Gruppe von Disziplinen erweitert Aristoteles in den *Zweiten Analytiken*, einem für die wissenschaftstheoretische Diskussion der Renaissance bestimmenden Text, noch um die Mechanik (als Wissenschaft der Gewichte, nicht der Bewegungen; also etwa im Sinne unserer Statik). Dabei geht er auf ein heikles Problem der Wissenschaftstheorie ein, nämlich auf das Problem der Übertragung (*μετάβασις*) von Sätzen einer Wissenschaft in eine andere. Eine solche Übertragung ist für Aristoteles prinzipiell nicht zulässig. Beweise der Geometrie können nicht in die Arithmetik übertragen werden und ebenso wenig umgekehrt. Es gibt jedoch eine nennenswerte Ausnahme, wenn nämlich Disziplinen einer anderen untergeordnet sind, wie z. B. die Optik, die Mechanik und die Astronomie bezüglich der Geometrie und die Musik bezüglich der Arithmetik. In diesen Fällen können die Sätze von der oberen auf die darunterstehende Disziplin übertragen werden. Darin besteht in der Tat die logische Unterordnung oder Subalternation einer Disziplin bezüglich einer anderen.

Einige weitere Überlegungen aus den *Zweiten Analytiken* (Kap. 9 und insb. Kap. 13) müssen noch knapp erwähnt werden. Aristoteles unterscheidet zwischen einer Erkenntnis der *Fakten* (mit denen man gewöhnlich anfangen muss) und einer Erkenntnis der *Ursachen* (die man erreichen will). Damit sind zwei Formen des „Warum“ verbunden, denen er zwei verschiedene Beweisarten anknüpft und die man in der Kommentartradition als zwei „Wege“ oder zwei Arten, Wissenschaft zu betreiben, angesehen hat. Bei der ersten Art ist

die Ursache unserer Kenntnis eines Tatbestandes oder Phänomen gemeint (Beispiel: „die Planeten sind nah, weil sie nicht funkeln“. Bei Aristoteles *ἀπόδειξις τοῦ ὅτι*; für die lateinische Tradition: *demonstratio quia* oder auch *a posteriori* bzw. *ex effectu*). Bei der zweiten geht es um die Ursache des Phänomens selbst (Beispiel „Die Planeten funkeln nicht, weil sie nah sind“: bei Aristoteles *ἀπόδειξις τοῦ διότι*; *demonstratio propter quid* oder auch *a priori* bzw. *ex causa*). Die inhaltliche Verbindung mit der obigen Problematik der Disziplinen besteht darin, dass für Aristoteles die untergeordnete Disziplin eine Art *scientia a posteriori* darstellt, in Bezug auf die die überstehende Disziplin die *scientia a priori* ist. Diese nämlich liefert die Ursache für jene.

Die aristotelische Tradition

Mit der Rezeption der Werke des Aristoteles im 12. und im 13. Jahrhundert setzte die lateinische Kommentartradition ein, die während der Spätscholastik und vielleicht noch mehr in der Renaissance den Inhalt des standardisierten Lehrbetriebes bestimmte.

Die oben geschilderte Begrifflichkeit der aristotelischen *Zweiten Analytiken* und der *Physik*, welche man mit parallelen Stellen aus der *Metaphysik* und der *Ethik* des Aristoteles und mit einigen anderen Texten (insbesondere aus Boethius' *De trinitate*) zu ergänzen wusste, bot einen Rahmen sowohl für eine wissenschaftstheoretische Begründung der überlieferten mittleren Wissenschaften als auch für eine Einverleibung neuer derartiger Disziplinen. Ein Beispiel des Ersten findet man in dem ab dem 13. Jahrhundert überall gelesenen Physikkommentar von Averroes (1126–1198). Er vertrat allerdings die „harte“ aristotelische Linie, nach der solche mittleren Diszipli-

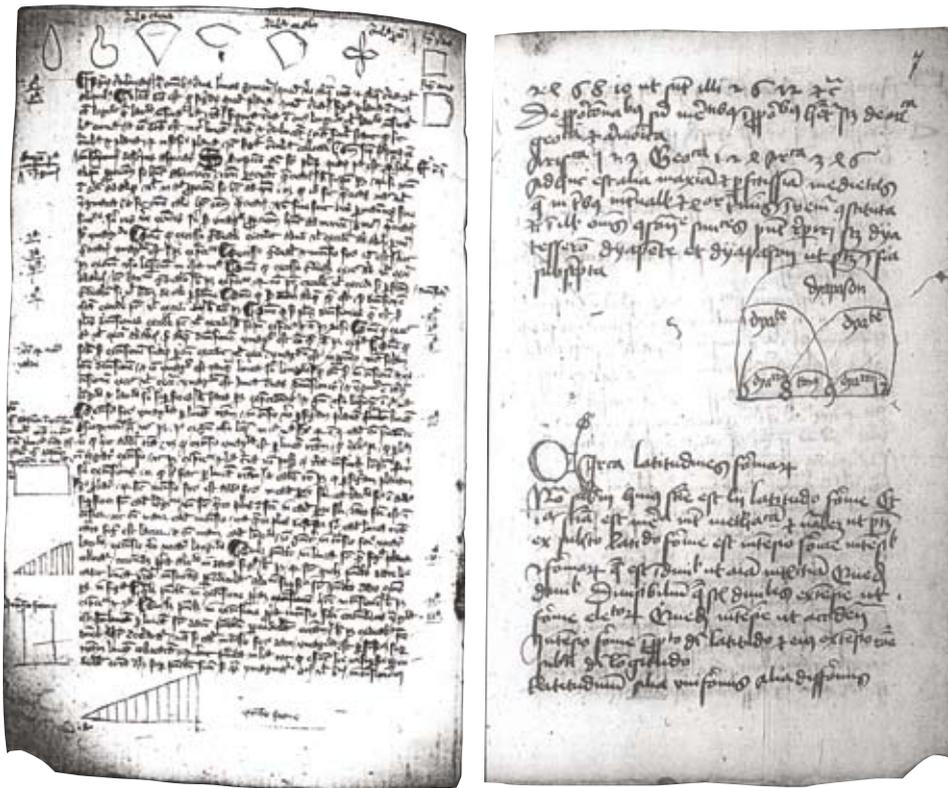


Abb. 2: Links ein Blatt des im 14. Jahrhundert entstandenen Traktates *De latitudinibus formarum* von Jacobus de Sancto Martino (München, Bayerische Staatsbibliothek, clm 4377, f. 120v); rechts: eine Textbearbeitung aus dem 15. Jahrhundert, in die die Einordnung dieser Disziplin als *scientia media* hinzugefügt wurde (Bayerische Staatsbibliothek, clm 19850, fol. 7r): „Circa latitudines formarum. Notandum subiectum huius scientie est ly latitudo forma. Et ista est scientia media inter mathematicam et naturalem...“. Der davor stehende Text behandelt die Musik auch als *scientia media*.

nen als mathematische Disziplinen anzusehen sind. Eine etwas andere Haltung findet man bei Albertus Magnus (ca. 1193–1280). Er zählt zu den mittleren Disziplinen nicht nur die üblichen, im aristotelischen Text vorkommenden Disziplinen, sondern auch die mittelalterliche *scientia de ponderibus* (Wissenschaft der Gewichte), die bisher wenig untersuchten *scientia de ingeniis* und *scientia de sphaera mota*. Dabei vertrat er die Meinung, dass alle diesen Disziplinen einen physikalischen Gegenstand haben, der mit mathematischen Eigenschaften versehen ist, so dass sie doch der Mathematik eher als der Physik unterzuordnen sind.

Bei Texten, die sich auf andere Texte beziehen, ist der Ideenhistoriker mit einem doppelten Text- und Auslegungsproblem konfrontiert: der Kommentar legt einen Text aus, der natürlich die Vorlage für jenen bildet. Ob das nur allgemeine Weisheit ist und mit der Geschichte der mittleren Wissenschaften zu tun hat? Sehr wohl nicht, wie man im Falle von Thomas von Aquin sehen kann. Denn der Fachausdruck *scientiae mediae* geht auf Thomas zurück, aber er ist – so scheint es nach

heutigem Forschungsstand – durch ein gewisses Missgeschick entstanden. Kurzum: in seinen Vorlesungen zur aristotelischen *Physik* versuchte Thomas soweit möglich den Text des Aristoteles treu, aber auch sinngemäß darzulegen. Er bemühte sich oft, die höchste Unabhängigkeit von Averroes zu zeigen, der – wie erwähnt – dazu neigte, Mathematik und Physik scharf zu trennen. Doch die Textstelle, die Thomas kommentieren muss, ist verderbt: sie besagt nicht, wie sie sollte, dass die Optik, die Astronomie und derartige mathematische Disziplinen der Natur, d. h. der Physik näher liegen, sondern dass sie *eher physikalischer als mathematischer Natur* sind. Für diese Disziplinen schafft Thomas den Ausdruck *scientiae mediae* und dieser bleibt in der Kommentartradition für längere Zeit fixiert. Daraus ergibt sich auch von allein die Meinung des Thomas von Aquin, die ihm die Folgezeit zuschreibt: die *scientiae mediae* sind für Thomas eher physikalischer als mathematischer Natur. Wird nicht dadurch eine mathematische Betrachtung der Natur eher ermöglicht als verhindert? Die Diskussionen darüber sind längst nicht abgeschlossen.

Basierend auf den von der arabischen Welt tradierten Quellen entwickeln sich die *scientiae mediae* schnell und erfolgreich. Neue Texte zur Astronomie wie die *Theorica planetarum* (unbekannter Autor) und die *Sphaera* von Sacrobosco entstehen und dominieren die Disziplin bis ins 16. Jahrhundert hinein. Die *scientia de ponderibus* gewann an Anerkennung, und vor allem die Optik erreichte in den Werken von Robert Grosseteste (1175–1253), Roger Bacon (ca. 1214–1294), John Pecham (ca. 1240–1292) und Witelo (ca. 1230/35–1280/90) ihre Höhepunkte. Entscheidend für die spätere Entwicklung bis zu Keplers *Ad Vitellionem paralipomena* ist der vor allem bei Bacon vorherrschende Gesichtspunkt, dass die Analyse des Lichts, dieser Art „Urmaterie“, ein Modell für die gesamte Naturforschung liefert. Somit war dann eine besondere, einzelne, mittlere Wissenschaft in der Lage, die dominierende Position der aristotelischen Wissenschaft der Bewegung zu ersetzen, zu verändern oder zumindest zu bedrohen.

Während die Diskussion über die reinen wissenschaftstheoretischen Grundlagen der *scientiae mediae* zu stagnieren begann, entstanden im 14. und 15. Jahrhundert neue Disziplinen, bei denen nun – und das war einer der Schwerpunkte unserer Seminararbeit – die aristotelische Bewegungstheorie mathematisch behandelt wurde. Es ist in der Tat kaum bekannt in der Fachliteratur, dass diese zwei Disziplinen im ausgehenden Mittelalter als neue *scientiae mediae* galten. Es handelt sich erstens um die *scientia de proportionibus motuum* bzw. *velocitatum*, welche die aristotelischen Bewegungsregeln, die die Verhältnisse zwischen Zeiten, Strecken, Widerständen und Kräften ausdrücken, zum Gegenstand hat, und zweitens um die *scientia de latitudinibus formarum*, bei der mittels der Verwendung von geometrischen

Figuren die Veränderung von Qualitäten und Geschwindigkeiten statisch oder der Zeit nach dargestellt werden können (Abb. 2).

Die frühe Neuzeit und die *scientiae mediae*

Für die wichtigsten Wissenschaftler der frühen Neuzeit, für Galilei, Kepler und Descartes, stellt die Mathematik den zentralen Schlüssel zum Verständnis der Natur dar. Interessant ist es daher zu erforschen, in welcher Art und Weise diese Autoren die Beziehungen zwischen Erfahrung und Mathematik herstellten, und wie sie diesbezüglich zur überlieferten Tradition der *scientiae mediae* stehen. Mit einigen Einschränkungen und dementsprechend aktualisiert, stellt die von Pierre Duhem und anderen Wissenschaftshistorikern vertretene Kontinuitätsthese einen noch immer nützlichen Diskussionsrahmen dar. Nach der Kontinuitätsthese waren die Grundlagen und Hauptergebnisse der wissenschaftlichen Revolution schon in der Spätscholastik entwickelt worden, so dass in der Renaissance kein Traditionsbruch stattfand. Dementsprechend hätte es René Descartes (1596–1650) oder Galileo Galilei (1564–1642) nicht ohne ihre wahren Vorläufer wie Jean Buridan (ca. 1300–1358) und Nicole Oresme (ca. 1323–1382) gegeben. Eine Untersuchung über die Beziehung der verschiedenen wissenschaftstheoretischen Prämissen von Descartes, Galilei und Kepler zur Tradition der *scientiae mediae* könnte neues Licht in diese Diskussion bringen.

In unserem Seminar haben wir intensiv über die Möglichkeit beraten, verschiedene Typologien herauszuarbeiten, die den wichtigsten historischen Positionen gerecht werden. An erster Stelle suchten wir nach Argumenten und Texten, die eine eher ablehnende Haltung gegenüber der Tradition

der *scientiae mediae* aufweisen. Eine analytische Algebraisierung der philosophischen Fragen, die für Descartes und viele andere frühmoderne Autoren charakteristisch ist, würde offensichtlich das aristotelische Hauptprinzip der Nicht-Übertragbarkeit, welche im begrifflichen Rahmen der *scientiae mediae* eine wichtige Rolle spielt, in Frage stellen. Deutliche Hinweise darauf, die Übertragung von Beweisen der Arithmetik auf die Geometrie als zulässig und sogar wünschenswert anzusehen, findet man in Descartes' frühem Werk *Regulae ad directionem ingenii*.

An zweiter Stelle wurde der Versuch unternommen, Galileis Haltung gerecht zu werden. Galileis Fall ist durch alte positive und negative Vorurteile besonders dornig. Er beschäftigte sich in seiner wahrscheinlich früh anzusetzenden *Tractatio de demonstratione* (welche bezeichnenderweise in die monumentale Edition von Favaro nicht aufgenommen, sondern erst 1988 von Edwards und Wallace ediert wurde) mit den Beweisen *quia* und *propter quid*, mit dem *regressus demonstrativus*, einem der Schwerpunkte der Renaissance-Aristoteliker und mit beinahe allen Sonderfragen der traditionellen Wissenschaftstheorie. Im Anschluss an die aristotelische Kommentartradition tauchen in vielen seiner Werke – jedoch oft auch sehr kritisch – Diskussionen über die Methode auf. In seinem wichtigsten Werk zur Mechanik, in den berühmten *Discorsi*, geht er schließlich auf die Begrifflichkeit der *scientiae mediae* direkt ein, wobei er die sozusagen groben „Effekte“ und rauen Beobachtungen der Wissenschaftsphilosophie durch „gut fundierte Experimente“ zu ersetzen sucht.

Kepler und die wissenschaftstheoretische Tradition

Wie steht nun Kepler der Tradition der *scientiae mediae* gegenüber?

Johannes Kepler (1571–1630), der große Theoretiker, ist auch derjenige Astronom, der imstande war, den Kollegen die wohl größte und die genaueste Sammlung von Beobachtungen seiner Zeit, seine *Tabulae Rudolphinae* (Ulm 1626, Johannes Kepler Gesammelte Werke = KGW, Bd. 10), vor Augen zu führen. Auch viele der *Ephemeriden* (KGW 11,1) und weitere Werke belegen seine Bemühungen, eine befriedigende Beziehung zwischen Theorie und Erfahrung herzustellen. Die Kriterien, nach denen Kepler diese Beziehung erarbeitete, bilden zu einem großen Teil seine Wissenschaftstheorie; und diese kann nicht ohne inhaltlichen Verlust von der Tradition der *scientiae mediae* getrennt werden. Das heißt längst nicht, dass Kepler unmittelbar und ohne Weiteres den Kriterien der aristotelischen Wissenschaftstheorie nachläuft; für einen so selbständigen Kopf wie Kepler wäre dies kaum denkbar. Nein, es scheint vielmehr so zu sein, dass Kepler diese Kriterien sehr gut kannte und in einer äußerst fruchtbaren Form umgestaltete, ja revolutionierte. Das ist die dritte Haltung gegenüber der Tradition der *scientiae mediae*, die uns beachtenswert erschien. Die Forschungsaufgabe unseres Seminars war dann, an verschiedenen Textstellen des Keplerschen Opus genauer zu untersuchen, welche Begrifflichkeit für Kepler den Kern seiner Wissenschaftstheorie bildet, welche eher eine instrumentale Funktion hat und welche sehr stark von der tradierten Fachterminologie abhängig ist.

Zu Beginn wurden die aristotelisch geprägten Stellen in Keplers *De quantitatibus* (KGW 21,1, S. 445–461) analysiert und mit einigen Stellen des logisch-wissenschaftstheoretischen Werks von Andreas Planer (1546–1606) verglichen (Planer war seit 1578 Professor für Logik und Metaphysik in Tübingen, wo Kepler studierte). Kepler äußert sich

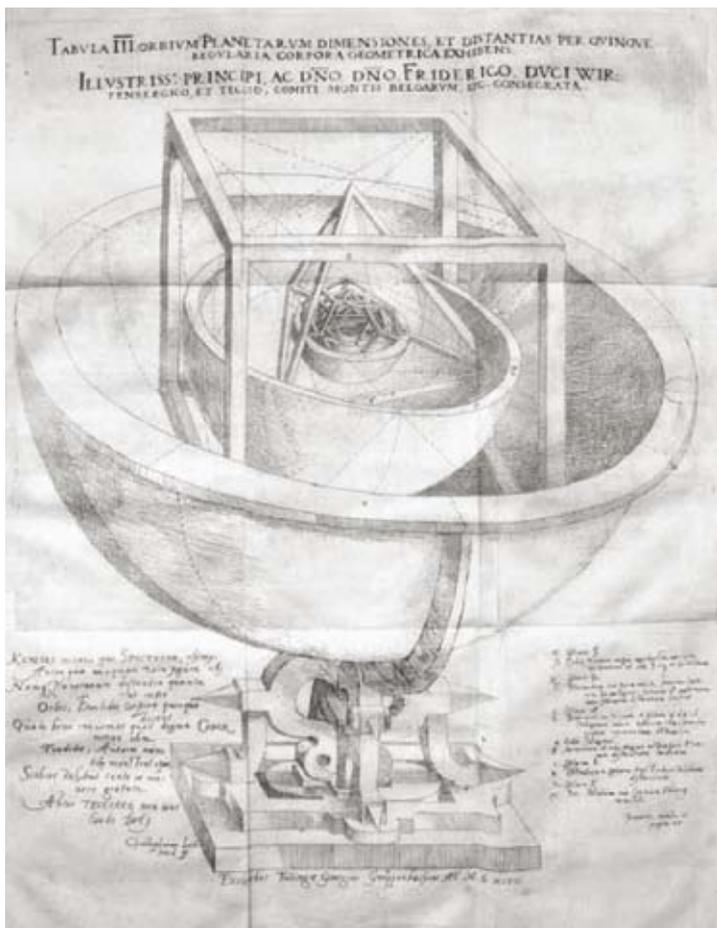


Abb. 3: Keplers Modell zur Veranschaulichung der Polyederhypothese in seinem *Mysterium cosmographicum* (Tübingen, 1596, KGW 1 und Frankfurt 1621, KGW 8).

positiv über ihn in der so genannten „Selbstcharakteristik“, vgl. KGW 19, S. 328–337; hierfür S. 329). Dieser Text belegt Keplers Auseinandersetzung mit der aristotelischen Tradition: mit deren Einteilung der Wissenschaften, mit dem Kontinuum, mit dem Unendlichen und mit dem Zahlbegriff.

An zweiter Stelle konzentrierten wir uns auf das *Mysterium cosmographicum*, ein Werk, das Kepler selbst als entscheidend für seine späteren astronomischen Untersuchungen ansah. Dabei handelt es sich um die erste umfangreiche Veröffentlichung überhaupt nach dem *De revolutionibus* von Nicolaus Copernicus (1473–1543), in der das neue Weltbild offen und eingehend verteidigt wird. Nach Kepler ist das neue Weltbild von Copernicus zwar wahr und nicht auf ein bloßes Berechnungsverfahren reduzierbar; es bedarf jedoch einer Begründung anderer Art. Diese Begründung führte Kepler durch, indem er sich auf seine „Polyederhypothese“ berief, die auf den *Elementen* von Euklid, also auf der reinen Geome-

trie, basiert (Abb. 3). Da sie – wie er selbst mehrfach betont – *a priori* aufgestellt ist, ergänzt sie endgültig das neue Weltbild des Copernicus, denn dieser – so Kepler – habe seine astronomische Theorie bloß *a posteriori* präsentiert.

Untersucht wurde näher, inwiefern sich Keplers Vorgehensweise mit der *a priori* Begründung des Copernicanischen Weltbildes der aristotelischen Begrifflichkeit der Unterordnung nähert. Denn, in der Tat, Keplers Ansatz im *Mysterium Cosmographicum* ist eher kosmologischer (oder: „cosmographischer“) als astronomischer Natur. Ordnete er nicht die Astronomie, die sich um die konkrete Form des Alls kümmert, der Kosmologie, die die letzten Gründe für diese Form liefert, unter? Beachtenswert ist jedenfalls, dass er in der Ausgabe von 1621 des *Mysterium Cosmographicum*, als er über die Beobachtungen von Tycho Brahe (1546–1601) schon lange verfügte und die astronomische Bedeutung der fünf platonischen Körper etwas relativiert hatte, dennoch immer die Fachterminologie der aristotelischen Wissenschaftstheorie aufrechterhielt, und zwar sogar auf griechisch. Eine Perspektivwandlung darf jedoch nicht übersehen werden: für *a posteriori* oder die Analyse τού ὄντος, d. h. nach den „Effekten“, steht jetzt Tycho (d. h. Tychos Beobachtungen: doch nicht Tychos Weltsystem!); für *a priori* oder die Analyse τού διότι, d. h. nach den Ursachen, stehen hingegen nicht die Polyeder allein, sondern die Polyeder zusammen mit den harmonischen Proportionen.

Besondere Aufmerksamkeit galt in unserer Seminararbeit Keplers Beschäftigung mit einer weiteren *scientia media*, der Optik. Nicht nur, dass das Licht für Kepler eine besonders wichtige – metaphysische und physische – Rolle in seiner Astronomie spielte, er

schrrieb drei Werke über Optik, die mehr oder weniger direkt, je nach Zusammenhang und Fragestellung, eine ganze Fülle von methodischen und wissenschaftstheoretischen Problemen berühren: *Ad Vitellionem paralipomena, quibus astronomiae pars optica traditur* (Frankfurt, 1604; KGW 2), *Dioptrice* (Augsburg 1611; KGW 4, S. 326–414), und *Dissertatio cum Nuntio Sidereo* (Prag, 1610; KGW 4, 281–325). Im ersten dieser drei Werke, den *Nachträgen zu Witelo, in denen der optische Teil der Astronomie dargestellt wird*, knüpft Kepler an die mittelalterliche Optiktradition des polnischen Mathematikers Witelo an, die er zum Teil widerlegt, aber auch ergänzt und vertieft. Er ergänzt z. B. Witelos Werk mit einem philosophischen ersten Teil über die Natur des Lichtes, der mit der Vorbemerkung beginnt, er würde nun von der Geometrie in den Bereich der Physik übergehen: ein Fall von wissenschaftlicher Unterordnung? Ausführlicher ist vor allem das Vorwort Keplers, wo er den wissenschaftstheoretischen Kontext erörtert, in dem er von dem *optischen Teil der Astronomie* handeln wird. Die Astronomie – meint Kepler – hängt eigentlich von *beiden* rein mathematischen Disziplinen ab, denn sie hat zwei Hauptteile: einen theoretischen und einen praktischen. Nicht der erste, sondern der zweite, praktische, Teil der Astronomie stellt den Höhepunkt dieser Wissenschaft dar („*summus Astronomiae apex*“, KGW 2, S. 14); denn hier werden Ephemeridentafeln verwendet, die letztendlich zur genauen Voraussage der Planetenpositionen führen. Diese Tafeln basieren ihrerseits auf Berechnungen, so dass die Hauptdisziplin, die dahinter steckt, die Arithmetik ist. Der theoretische Teil der Astronomie basiert eher auf der Geometrie und hat deshalb mit Beweisen zu tun. Wir haben gesehen, wie sich das etwa in der aristotelischen Tradition verhält: Die

Astronomie gibt die Ursachen für die Phänomene an; sie ist zugleich eine der Geometrie, und insofern der Mathematik (nicht der Physik) untergeordnete Disziplin. Kepler lehnt diese Begrifflichkeit der Unterordnung nicht ab, er verwandelt und ergänzt sie. So sind in diesem Teil der Astronomie die Prinzipien des Beweises keine rein geometrischen, sondern physikalische Prinzipien und Beobachtungen. Eine Auslegung dieser beiden Arten von Prinzipien als Ausgangspunkte für jeweils den Beweis aus den Ursachen (die *demonstratio propter quid*) und für den Beweis aus den Effekten (*demonstratio quia*) kann nicht ohne weiteres ausgeschlossen werden. Denn die erste Gruppe gibt die Ursachen der Phänomene und die physikalischen (d. h. die in der Natur vorkommenden und nicht bloß erdachten) Intensitäten der Geschwindigkeiten an. Die zweite Gruppe ihrerseits beinhaltet die Mechanik der Instrumente – Kepler lehnt sich hier an die von Tycho Brahe verwendete Bedeutung des Begriffs „Mechanik“ an (Abb. 4) –, mit denen die Beobachtungen angestellt werden, und die Ansammlung der Daten (*historia*), welche die Basis für die Berechnungen darstellen. Gerade die Optik hat es als Bestandteil der Astronomie zur Aufgabe, die Beobachtungen kritisch zu betrachten und sie sicherzustellen. (Der gegebene Anlass, der zum Verfassen dieses Werkes führte, war ein optisches Phänomen: der Mond erscheint offenbar kleiner bei Sonnenfinsternissen als bei Vollmond.) Dass es eine Verbindung zwischen Astronomie und Optik geben müsse, war selbstverständlich und altbekannt; Copernicus selbst hatte die Optik als eine der Astronomie nahestehende Disziplin in seinem *De revolutionibus* eingeschlossen. Doch Kepler, von dem neuen Beobachtungsschatz Brahes und den neuen Entdeckungen Galileis gleichermaßen angespornt, gestaltet die Optik vollkommen um und macht

der Nachwelt von Wissenschaftlern und Philosophen deutlich, dass eine naive Annahme der Erfahrungstatsache nicht sinnvoll, ja kaum möglich ist. Ganz im Gegenteil: Je genauer unsere Beobachtungen werden, z. B. durch Verbesserung des Instrumentariums, desto exakter muss die Begründung der Theorie sein, die hinter diesen Instrumenten steht. Wer ein Fernrohr auf den Himmel richtet und neue empirische Entdeckungen macht, wie etwa Galilei die Jupitermonde, muss wissen, wie sich das Licht verhält und die optisch-geometrische Grundlage des Instruments kennen, das er benutzt: und das wusste Kepler, der zu der Zeit kein Fernrohr hatte und auch keines von Galilei erhielt, – besser als Galilei selbst.

Wenige historische Rekonstruktionen sind sicher und, möglicherweise, ist keine historische Rekonstruktion, die nicht trivial ist, absolut vertrauenswürdig. Jedenfalls, ganz bestimmt nicht bezüglich eines Werkes, das – wie das Keplersche Werk – große Komplexität und Vielfalt aufweist. Es genügt oftmals, wenn man Forschungsansätze herausarbeiten kann, in denen die Werke der großen Meister mit Berücksichtigung des entsprechenden historischen und begrifflichen Kontextes mit neuer Kraft strahlen und die Forschungsgemeinschaft mit neuen Fragestellungen zu beleben vermögen. Sinnvoll und für weitere Analysen geeignet erschien uns das Spektrum von Fragen, die sich auf Keplers spätere, ja „klassische“ Werke beziehen. Welche Rolle spielt die *scientia media* für Keplers kausalen Ansatz in der *Astronomia nova* (Prag 1609, KGW 3)? Wieso sagt Kepler im Kern dieses revolutionären Werkes oft, er könne diesen einen bestimmten Beweis (hierbei spielt es nun keine Rolle, welchen Beweis), den er *a posteriori* geliefert hat, auch *a priori* geben, und zwar „aus der ganz besonderen Bedeutung“, die der Sonne im Welt-

system zukommt (*Astronomia nova*, cap. 33; KGW 3, S. 236-242; hier S. 238)? Es scheint wenig durchdacht, den von Kepler wiederholt verwendeten Ausdruck *a priori* bloß als „unabhängig von der Erfahrung“ aufzufassen. Dieser Ausdruck, den Kepler nicht aufgegeben, sondern seinen wichtigsten theoretischen Arbeiten einverleibt hat, scheint doch primär mit dem Begriff der Kausalität zusammenzuhängen, der Keplers Idee einer Himmelsphysik (*physica coelestis*) – so bezeichnet er schon auf dem Titelblatt seine *Astronomia nova* – zugrunde liegt.

Und wie steht es mit Keplers philosophischem Hauptwerk, mit der *Harmonice Mundi* (Linz, 1619, KGW 6)? Hat es auch etwas mit der Tradition der *scientiae*

Abb. 4: Der mittelgroße, aus Messing hergestellte quadrans azimuthalis ist eines der Instrumente, die Tycho Brahe in seinem bahnbrechenden *Astronomiae instauratae mechanica* (Wandenburg, 1598) präsentierte.

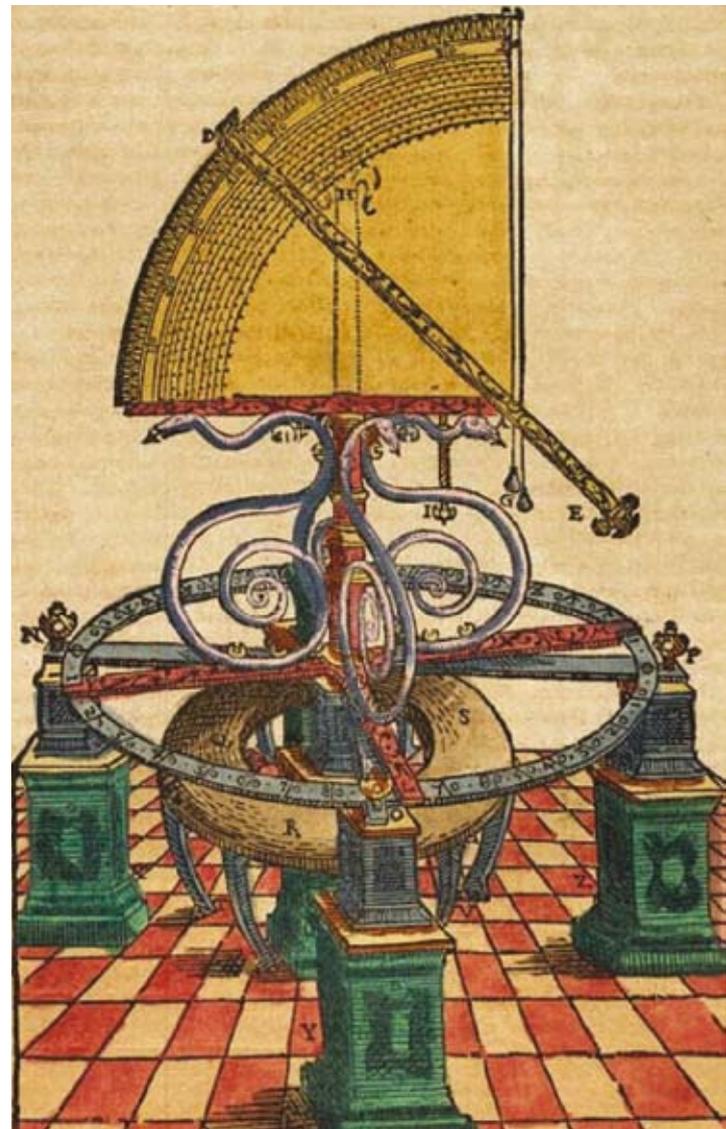
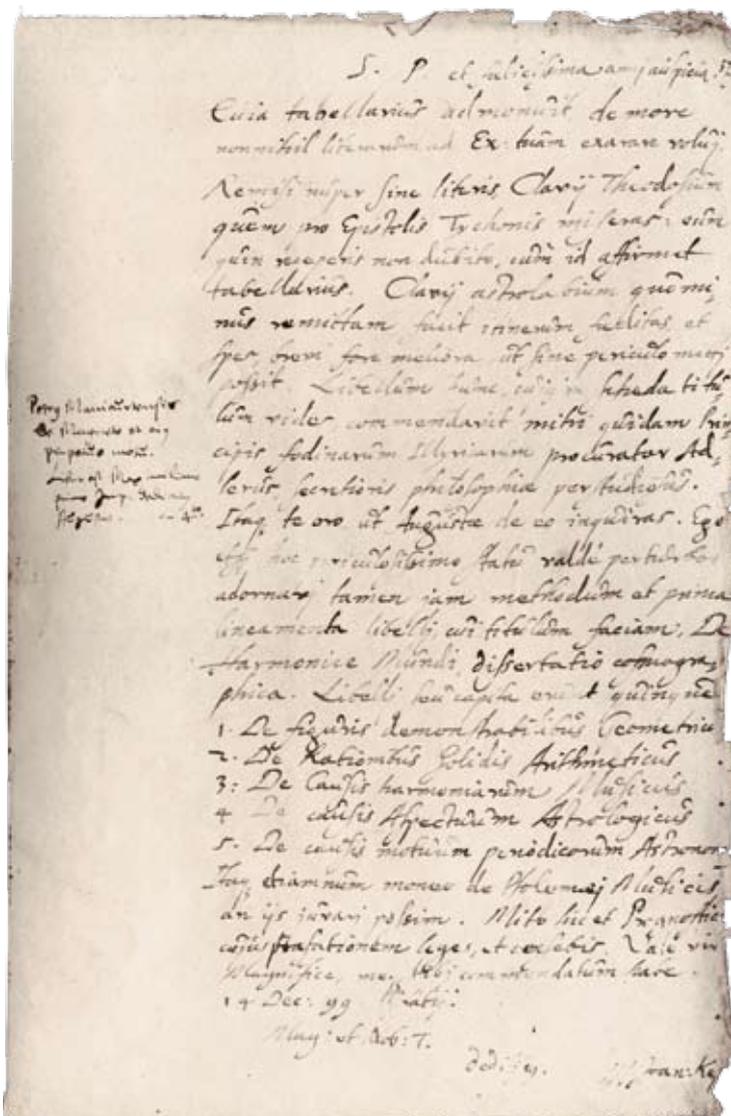


Abb. 5: Brief Keplers von Dezember 1599 an den bayerischen Kanzler, Hans Georg Herwart von Hohenburg (Ms. München UB, Cod. 963 fol. 325; Kritische Edition in KGW 14, N° 148). Zu beachten ist die Nummerierung von 1 bis 5 mit den verschiedenen Teilen oder Kapiteln des künftigen Werkes *De Harmonice Mundi, dissertatio cosmographica*.



mediae zu tun? Die oben zitierten Bemerkungen Keplers aus seiner späteren Ausgabe des *Mysterium cosmographicum* scheint unmissverständlich dafür zu sprechen. Andere Hinweise, wie z. B. Keplers Brief aus Graz vom 14. Dezember 1599 an den Bayerischen Kanzler, Hans Georg Herwart von Hohenburg (1553–1622; Abb. 5) legen die Vermutung nahe, dass Kepler das Projekt der *Weltharmonik* mit einer Umstellung der wissenschaftlichen Disziplinen und somit auch der *scientiae mediae* innerlich verkoppelte. Diese „*dissertatio cosmographica*“ – schrieb Kepler an Herwart –, an der er arbeitete, sollte aus fünf Teilen bestehen: Die beiden ersten Teile beschäftigen sich mit Geometrie und Arithmetik; die drei letzten mit „den Ursachen der Harmonien“ (Musik), „mit den Ursachen der Aspekte“

(Astrologie) und mit „den Ursachen der periodischen Bewegungen“ (Astronomie) (vgl. KGW 14, N° 148, S. 100). Doch diese Skizzen kamen ihm – das geschah Kepler nicht selten – viel zu kurz. Das Projekt sollte zu einem umfangreichen und anspruchsvollen Werk heranwachsen. Das war in der Tat Keplers Lieblingsprojekt. Darin, in der *Weltharmonik*, kam der Geometrie, wie sonst überall bei Kepler, eine führende Rolle zu, aber die Fundgrube, aus der diese neuen Einsichten gewonnen waren, war wieder die Vernetzung von Naturphilosophie, Astronomie und Astrologie mit einer alten *scientia media*: der Musik. Kepler bemühte sich um die klassischen harmonischen Schriften von Porphyrius, Aristoxenos und insbesondere Ptolomäus, wobei er wiederum mit der Hilfe Herwarts

rechnen konnte (vgl. KGW 14, Br. 169, S. 137; KGW 15, Br. 15, Br. 412, S. 408, Br. 424, S. 451). Mithilfe von Ptolomäus’ Schrift über die Harmonik, welche er in einer lateinischen Übersetzung und in einer griechischen Handschrift las und wieder ins Lateinische übersetzte und kommentierte, erarbeitete Kepler den philosophischen Kontext, der ihn zur Aufstellung seines dritten (astronomisch-kosmologischen) Gesetzes führte. Dass gerade die Umdeutung einer Schrift des Ptolomäus einen solch entscheidenden Beitrag zur definitiven Überwindung des Ptolomäischen Weltbildes leistete, ist ein Phänomen, das dem an Ideenentwicklungen, an Brüchen und Kontinuitäten des Denkens interessierten Forscher nicht gleichgültig sein darf. Umso interessanter war für uns die Feststellung, dass gerade durch eine alte *scientia media*, wenn dementsprechend uminterpretiert, eine andere erneuert werden kann, und zwar so, dass ihre Kernbegrifflichkeit, der Begriff der Harmonie, als Grundstein für eine allumfassende Kosmologie gelegt werden konnte.

Diese Art Untersuchungen, die in der Fachliteratur über Kepler noch sehr zurückhaltend vorhanden sind, müssen nun in größerem Umfang durchgeführt werden. Möglicherweise werden sie eine Korrektur der hier präsentierten Begrifflichkeit und geschichtlichen Entwicklung zu Tage fördern, aber sie werden auch unsere Vorstellung vieler Keplerscher Gedanken verändern und neues Leben in die aktuelle Forschung bringen. Inzwischen erscheint es gar nicht übertrieben, wenn wir von Kepler als dem Meister der *scientiae mediae* überhaupt sprechen.

Der Autor ist leitender wissenschaftlicher Mitarbeiter der Kommission für die Herausgabe der Werke von Johannes Kepler.

