

# Ptolemäus und die Astronomie: der „Almagest“

Das erste astronomische Werk des Ptolemäus – zugleich eines seiner Hauptwerke – prägte die Astronomie in Europa und im arabisch-islamischen Kulturkreis rund 1.500 Jahre.

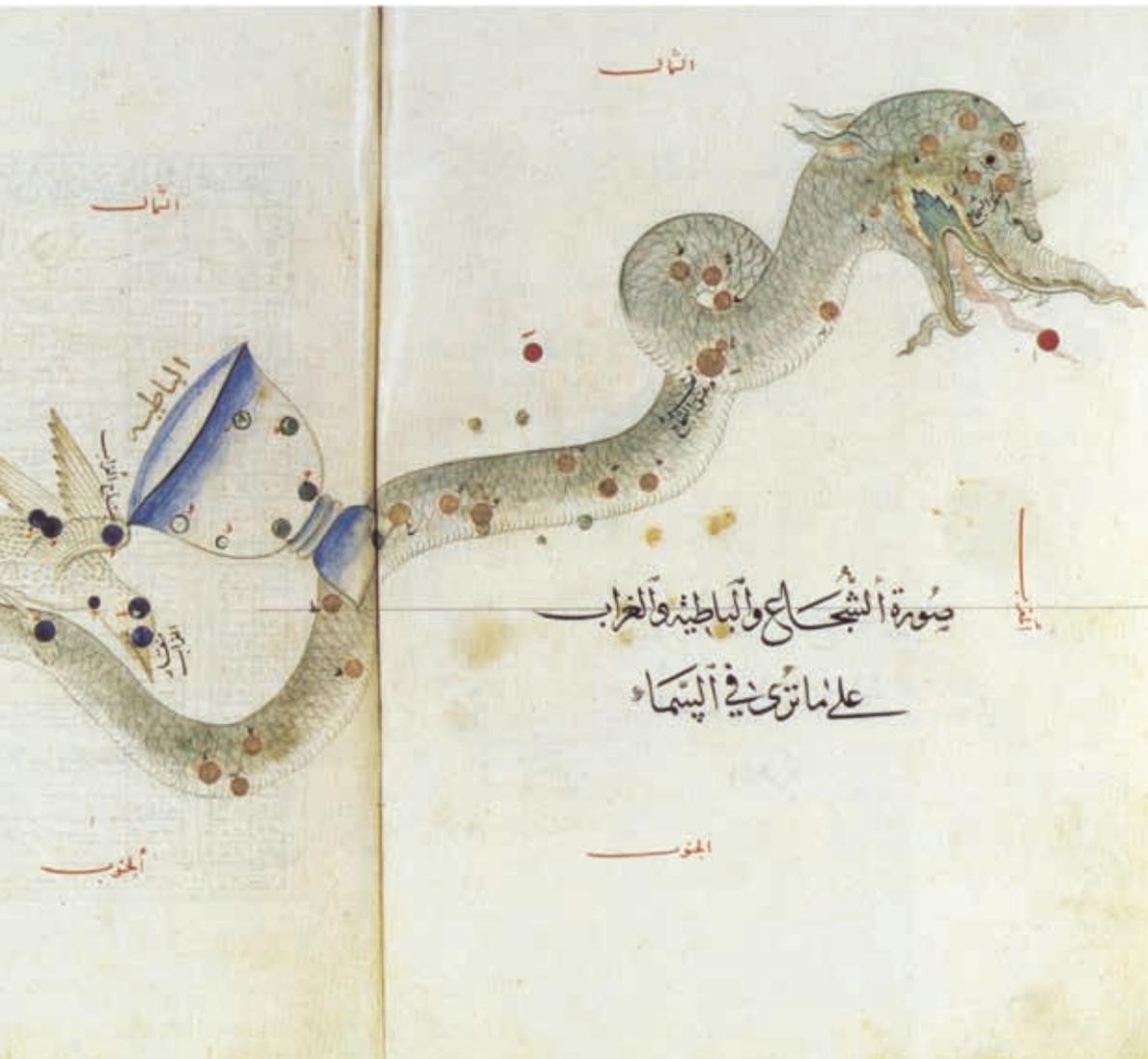
VON PAUL KUNITZSCH

WENN WIR UNS MIT der Astronomie der Antike und des Mittelalters beschäftigen wollen, müssen wir uns dabei stets dessen bewusst sein, dass diese Disziplin in zwei große Hauptperioden zerfällt: zunächst die Astronomie des bloßen Auges, und ab 1609, als Galilei zum ersten Mal die Gestirne durch die Linsen eines Fernrohres betrachten konnte, die Astronomie des „bewaffneten Auges“. Wissenschaftliche Astronomie wäre heute ohne die zahllosen ständig weiter verfeinerten Hilfsgeräte gar nicht mehr denkbar. Andererseits können wir aber auch heute noch – soweit Luft- und Lichtverschmutzung es zulassen – die Himmelsbetrachtung der Alten mit bloßem Auge nachvollziehen.

**Das Sternbild Draco (Drache) in der lateinischen Šūfi-Tradition in einer unvollständigen Handschrift aus dem 14. oder 15. Jhd.**



Das Sternbild Hydra oder Wasserschlange (zusammen mit den kleineren Konstellationen Crater [Becher] und Corvus [Rabe]) in dem Kitāb Šuwar al-kawākib („Buch der Sternbilder“) des arabischen Astronomen ‘Abd al-Rahmān al-Šūfi (10. Jhd.). Al-Šūfi stützte sich, wie die meisten Astronomen im islamischen Raum, auf den Sternkatalog des Ptolemäus, dessen ekliptikale Längen er für seine Zeit anpasste. Er stellte jedes Sternbild zweifach künstlerisch dar: einmal wie am Himmel und einmal wie auf der Oberfläche des Himmelsglobus zu sehen. Hs. Paris, Bibliothèque nationale de France, ar. 5036, fol. 225v–226r.



## Der „Almagest“

Offenbar das erste astronomische Werk, das Ptolemäus schuf, war dieses große, umfangreiche Handbuch, dem hernach anderthalb tausend Jahre intensiver Nachwirkung in Europa sowie im arabisch-islamischen Kulturkreis beschieden waren. In mehreren seiner späteren Werke nimmt er darauf Bezug, zitiert daraus, und gelegentlich modifiziert und verbessert er die darin dargebotenen Werte. Da Ptolemäus in diesem Werk – neben zahlreichen astronomischen Beobachtungen aus älterer babylonischer Zeit bis hin zu nicht allzu fernen Vorgängern – auch eigene Beobachtungen aus den Jahren von 127 bis 141 n. Chr. heranzieht, haben wir auf diese Weise einen zuverlässigen chronologischen Hinweis auf die annähernde Entstehungszeit des „Almagest“: Das Werk muss zwischen dem Jahr 141 n. Chr. und dem 10. Regierungsjahr des Kaisers Antoninus Pius entstanden sein, also 147/48 n. Chr. Auf die-

ses Jahr ist nämlich die „Inscript von Kanobos“ datiert, in der viele Einzelheiten und Zahlenwerte aus dem „Almagest“, gelegentlich auch bereits mit Verbesserungen, aufgeführt sind. Ob Ptolemäus diese Informationen tatsächlich selbst auf jener Säule in Kanobos anbrachte oder Spätere, ist umstritten.

Alle Werke des Ptolemäus waren in seiner vermutlichen Muttersprache Griechisch geschrieben. In dieser lautete der Titel des astronomischen Handbuches „Mathematiké Syntaxis“, also „Mathematische Zusammenstellung“. Daneben kommt gelegentlich die Formulierung „Megále Syntaxis“ („Große Zusammenstellung“) vor. Der Titel „Almagest“, der, wie schon die Vorsilbe „al-“ des arabischen bestimmten Artikels zeigt, mit dem Arabischen in Verbindung stehen

muss, lässt jedoch einen griechischen Superlativ anklingen: „Megíste Sýntaxis“ („Größte Zusammenstellung“). Dieser Superlativ findet sich in der älteren Überlieferung des Buchtextes selbst nicht, er erscheint jedoch an vereinzelt

Das Weltbild des Ptolemäus

Das Weltbild, in dem sich Ptolemäus bewegte, seine Beobachtungen machte und seine Theorien über die Bewegungen der Himmelskörper aufstellte, war das von Aristoteles her bekannte geozentrische Weltbild. Demnach stand die Erde, in Form einer Kugel, ruhend im Zentrum der sichtbaren Welt. Über ihr kreisten in sieben Sphären sieben Planeten, Gestirne, die innerhalb ihrer Sphären eigene Bewegungen vollzogen. Das waren, in zunehmendem Abstand von der Erde: der Mond, Merkur, Venus, die Sonne, Mars, Jupiter und Saturn – also die fünf mit bloßem Auge sichtbaren Planeten sowie Mond und Sonne. Über diesen waren auf einer achten Sphäre die „Fixsterne“ befestigt, die in all ihren Eigenschaften unveränderlich waren, keine eigenen Bewegungen im Verhältnis zueinander ausführen konnten und die, da ja sämtlich an der gleichen Sphäre fixiert, alle die gleiche Entfernung von der im Zentrum stehenden Erde hatten. Der Himmel vollzog täglich eine volle Umdrehung um die Erde, von Ost nach West. Gleichzeitig vollzogen die sieben Planeten mit ihren Sphären je nach ihrem Erdbstand

ABB. Z. VESELET AL. (ED.), IMAGES OF ISLAMIC SCIENCES, VOL. 1



Das Sternbild Aquarius (Wassermann) bei al-Šūfi. Hs. Paris, Bibliothèque nationale de France, ar. 5036, fol. 175v.

Stellen der älteren und jüngeren Nebenüberlieferung. Sprachliche und literarische Hinweise scheinen darauf hinzudeuten, dass der Name des Ptolemäus und der Werktitel (in der Superlativform), ja vielleicht sogar Teile des Textes selbst, den Persern in der Sassanidenzeit bekannt wurden, möglicherweise bereits ein erstes Mal unter dem König Šāhpūr I. (reg. 241–272 n. Chr.) oder nach 529, als nach der Schließung der Athener Akademie durch Kaiser Justinian mehrere griechische Gelehrte am persischen Hof Zuflucht suchten. Noch bevor die Araber dann selbst die „Sýntaxis“ ins Arabische übersetzten und zu studieren begannen, lernten sie offenbar von den Persern den Namen des Autors (Baṭlamyūs) und den Werktitel in der Superlativform kennen, den sie von da an als „al-Mağastī“ zitierten. Daraus wurde später in Europa in lateinischen Übersetzungen einschlägiger Texte die Form „almagesti“ gebildet, aus der die heute so weit verbreitete Kurzform des Werktitels des ptolemäischen Handbuchs der Astronomie entstand: der „Almagest“.



ABB. UNIVERSITY OF PENNSYLVANIA LIBRARIES. MANUSCRIPT LIS 268. FOL. IV-12R

verschieden schnelle Umläufe um die Erde von West nach Ost, was sich an ihren Vorübergängen an den auf der achten Sphäre feststehenden Fixsternen beobachten ließ. Aus den Umläufen von Sonne und Mond leitete man die Zeiteinteilung in Tage, Monate und Jahre ab. Die genannten Objekte bildeten also den Kosmos, das Weltall. Erscheinungen wie Kometen, Meteore oder Novae ließen sich in dieses festgefügte Himmelsbild nicht einordnen. Gemäß Aristoteles wurden sie als sublunare, atmosphärische Erscheinungen gewertet, d. h. sie gehörten in die Zone zwischen der Erde und der Mondsphäre und fielen damit nicht in das Fachgebiet der Astronomen, sondern der Meteorologie. Da sie volkstümlich als Verkünder böser Ereignisse, also schlimme Vorzeichen, galten, findet man gelegentlich Berichte über sie in Chroniken, Geschichtswerken und Texten der Astrologie, Magie und sonstiger Deutekünste.

Was enthält der „Almagest“?

Der „Almagest“ ist in 13 „Bücher“ gegliedert. Die Bücher I und II bieten eine allgemeine philosophisch-kosmologische Einführung in die

Astronomie, wie sie sich zu Ptolemäus' Zeit im Anschluss an Aristoteles darstellte, sowie eine Darstellung der im Folgenden angewandten Trigonometrie, wobei in den Berechnungen stets die Sehne (im Kreis) eine wichtige Rolle spielte. Der „Sinus“ war damals noch nicht in Gebrauch: Er kam erst im 8. Jahrhundert von den Indern zu den Arabern und über diese später durch lateinische Übersetzungen nach Europa, wobei das lateinische „sinus“ fälschlich einen arabischen Schriftzug übersetzte, der eigentlich nur die Lautung der indischen Bezeichnung für diese trigonometrische Funktion transkribierte.

Buch III behandelt die Sonne und alles, was mit ihrem jährlichen Umlauf zusammenhängt, die Länge des siderischen und des tropischen Jahres, die Abstände zwischen ihren Durchgängen an den Äquinoktial- und an den Wendepunkten, die mittlere Sonnenbewegung usw.

Buch IV und V sind der Theorie des Mondes gewidmet, ebenfalls seinen Umlaufzeiten, regelmäßigen periodischen Wiederkehren bestimmter Stellungen usw. In Buch VI werden dazu auch die Bedingungen für Sonnen- und Mondfinsternisse analysiert.

Die Bücher VII und VIII befassen sich mit den Fixsternen. Im Vergleich mit älteren und eigenen Beobachtungen und Messungen ermittelt Ptolemäus darin die Positionen der Sterne in ekliptikalischen Koordinaten, Länge und Breite, und fixiert dabei auch die Präzession, d. h. die west-östliche Verschiebung der achten Sphäre um den Ekliptikpol, auf 1° in 100 Jahren.

Zur Abrundung des Ganzen fügt er einen Katalog von 1.025 mit bloßem Auge sichtbaren Sternen hinzu (1.022 Sterne plus die drei Sterne des „Haupthaars“, d. h. eigentlich die Locke der Berenike). Diese 1.025 Sterne sind angeordnet in 48 Sternbildern; jedem Stern sind seine ekliptikalischen Koordinaten beigegeben, Länge (gemessen – oder berechnet? – für den Beginn der Regierungszeit des Kaisers Antoninus Pius, also das Jahr 137 n. Chr.) und Breite sowie Größe (d. h. scheinbare Helligkeit, eingeteilt in sechs Größenklassen mit Zwischen-Größen).

Zwei Seiten aus Buch I des „Almagest“ in einer erst in letzter Zeit bekannt gewordenen arabischen Handschrift, die sich jetzt in der Lawrence J. Schoenberg-Sammlung in Philadelphia befindet.

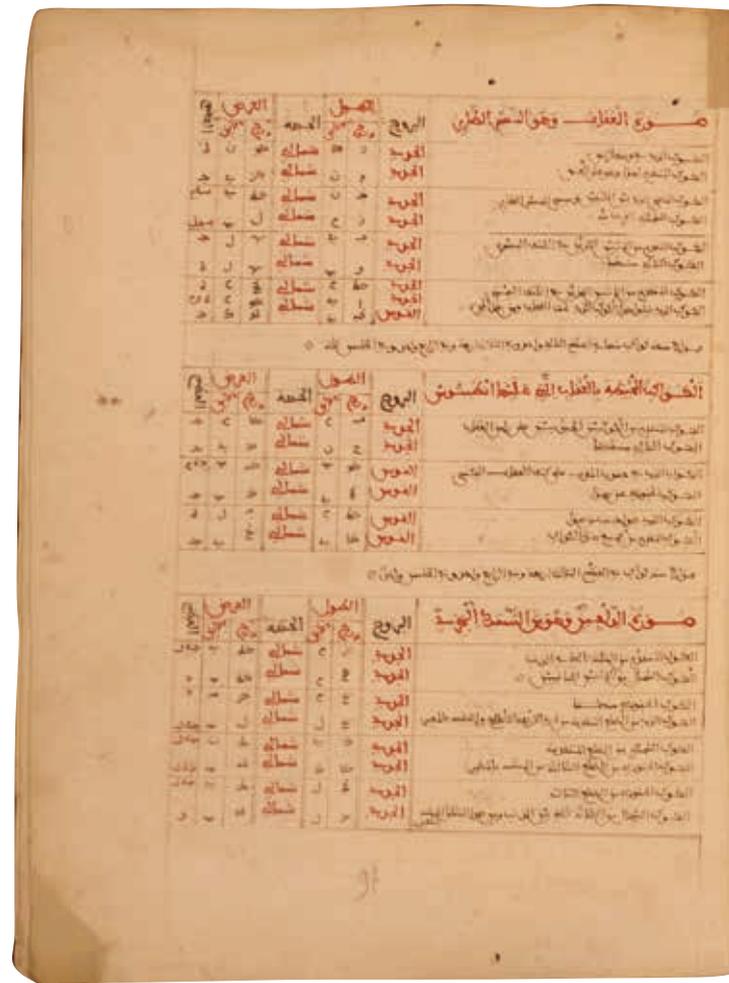


In den letzten fünf Büchern, IX bis XIII, endlich werden die Planeten behandelt, die Formen ihrer Bahnen, die Dauer ihrer Umläufe, das Problem ihrer Stillstände und zeitweiligen Rückläufigkeit usw.

**Systemische Fehler in den Berechnungen**

Ptolemäus bietet also im „Almagest“ ein vollständiges Handbuch der Astronomie, worin alle Elemente der Bewegungen der Himmelskörper erfasst und behandelt werden. Er erweist sich dabei als guter Kenner der älteren Fachliteratur, deren Methoden, Beobachtungswerte und Schlussfolgerungen er häufig zitiert und diskutiert. Das bedeutet jedoch nicht, dass er in seinem Buch lediglich eine zusammenfassende Darstellung der griechischen Astronomie bis zu seiner Zeit gibt. Vielmehr hat er alle dazugehörigen Themenbereiche selbst untersucht und sich bemüht, alle Phänomene auf nachvollziehbare mathematisch abgesicherte Grundlagen zu stellen, die es erlauben, die Positionen der bekannten Himmelskörper für jeden gewünschten Zeitpunkt zu berechnen. In manchen Dingen konnten seine Berechnungen die Resultate der Vorgänger bestätigen, in anderen gelangte er zu abweichenden, anderen Ergebnissen.

Bei alledem müssen wir berücksichtigen, dass die astronomischen Beobachtungs- und Messinstrumente jener Zeit nach unseren heutigen Maßstäben sehr unzulänglich waren und in vielem nur sehr grobe, annähernde Werte liefern konnten. Das führte dazu, dass in Ptolemäus' Berechnungen gewisse systemische Fehler vorkamen, die in den folgenden Jahrhunderten bemerkt und von Zeit zu Zeit verbessert wurden. In seiner Berechnung fiel die Länge des tropischen Jahres (der Sonne) um einen Tag zu kurz aus und die mittlere Länge der Sonne um rund 1° zu klein. Dieser Fehler ging dann weiter in die Mondtafeln ein, die in Abhängigkeit von der Sonne angelegt wurden, und über den Mond weiter in die Koordinaten (Längen) der Fixsterne, da die Positionen gewisser Mustersterne im Verhältnis zu gewissen Mondstellungen gemessen wurden.



Zwei Seiten aus dem ptolemäischen Sternkatalog in der Schoenberg-Handschrift.

So war denn auch der von ihm angesetzte Wert der Präzession, 1° in 100 Jahren, den er wohl in Anlehnung an Hipparchus gewählt hatte, erheblich zu klein (829/30 haben ihn die Araber auf 1° in 66 Jahren verbessert; der moderne heutige Wert liegt bei 1° in 71.4 Jahren). Dadurch passten streng genommen die Längen sämtlicher 1.025 Sterne in seinem Sternkatalog nicht auf die von ihm angesetzte Epoche 137 n. Chr., und wenn sie in folgenden Zeiten mit seinem Präzessionswert auf andere Daten weiterberechnet wurden, natürlich immer weniger.

**Übersetzungen auf Syrisch, Arabisch und Latein**

Der „Almagest“, dieses umfangreiche Handbuch mit den theoretischen Grundlagen für das Verständnis des Weltgebäudes, behielt seine Gültigkeit bis zum Anbruch der neuen Astronomie mit Copernicus, Tycho Brahe, Galilei und Kepler. Die ältesten erhaltenen griechischen Handschriften sind je zwei aus dem 9. und 10. Jahrhundert. Gedruckt wurde der griechische Text des „Almagest“ dann erst 1538 in Basel, in der



unterzogen. Die letzteren beiden Fassungen, von al-Ḥaġġāġ und von Ishāq/Tābit, die sich in Handschriften bis heute erhalten haben, gelangten sodann in das muslimische Spanien und von da in das rückeroberte christliche Spanien, wo schließlich Gerhard von Cremona um die Jahre 1150 bis 1180 in Toledo daraus eine lateinische Übersetzung herstellte, die bis in die Zeit von Copernicus die im lateinischen Europa zirkulierende und vielfach weiter benutzte Version des „Almagest“-Textes wurde. Daneben entstand, vielleicht um 1150, in Sizilien eine lateinische Übersetzung aus dem griechischen Text, die jedoch kaum Verbreitung in Europa fand und von der heute nur noch vier Handschriften ganz oder teilweise überlebt haben.

Im frühen 12. Jahrhundert ist, offenbar in Antiochia in Nordsyrien, dem Kreuzzugsstaat, ebenfalls eine Übersetzung aus dem Arabischen ins Lateinische versucht worden. Davon ist bisher allerdings nur eine unvollständige Handschrift bekannt, die nur die ersten vier Bücher ohne die zugehörigen Tabellen umfasst.

In der Humanistenzeit hat Georgius Trapezuntius 1451 den „Almagest“ aus dem Griechischen ins Lateinische übersetzt; diese Übersetzung erschien im Druck 1528 in Venedig.

**Der „Almagest“ als Gegenstand der Forschung**

Mit dem Aufkommen der neuen Astronomie durch und seit Copernicus schwand die andertehalb Jahrtausende währende Autorität des Ptolemäus und seines „Almagest“. Für Historiker und Astronomen blieben viele der von ihm überlieferten bzw. errechneten Beobachtungswerte indes weiterhin interessant. So hat sich die historische Forschung in den letzten 200 Jahren verstärkt seines astronomischen Erbes angenommen. Es entstanden kritische Editionen des griechischen „Almagest“-Textes sowie moderne Übersetzungen in verschiedene Sprachen, dazu kritische Studien über seine Methoden und Resultate. Was nun noch zu tun bleibt, ist, die gleiche Aufmerksamkeit auch den verschiedenen arabischen und lateinischen Übersetzungen zuzuwenden, denen das Abendland letztlich seine intensive Bekanntschaft mit der ptolemäischen Astronomie verdankt.

Humanistenzeit. Bis dahin hatten zunächst der Orient und dann das westliche Europa das Werk nur durch eine Kette von Übersetzungen kennen gelernt – im westlichen, lateinischen Europa war ja im Mittelalter die Kenntnis des Griechischen weitgehend ausgestorben.

Im Nahen Osten entstanden im späten 8. Jahrhundert zwei Übersetzungen, eine ins Syrische und eine ins Arabische, die sich als Ganzes nicht erhalten haben und die nur durch bibliographische Erwähnungen und durch Zitate in der späteren Literatur bekannt sind. Im Jahre 212 der Hidschra (= 827/28 n. Chr.) wurde der „Almagest“ in Bagdad durch al-Ḥaġġāġ ibn Yūsuf zusammen mit dem „Byzantiner Elias“ aus dem Griechischen ins Arabische übersetzt. Um 879–890 schließlich übertrug Ishāq ibn Ḥunain das Werk erneut ins Arabische; seine Version wurde anschließend durch Tābit ibn Qurra (gest. 901) einer Revision

**DER AUTOR**

*Prof. Dr. Paul Kunitzsch war bis 1995 Professor für Arabistik an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Er ist seit 1985 Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Zu seinen Forschungsgebieten gehört besonders die Überlieferung der Wissenschaften von den Griechen in die arabisch-islamische Welt und von da weiter nach Europa. Er hat u. a. in drei Bänden den Sternkatalog des „Almagest“ nach zwei erhaltenen arabischen Übersetzungen und die daraus geflossene lateinische Übersetzung von Gerhard von Cremona ediert.*