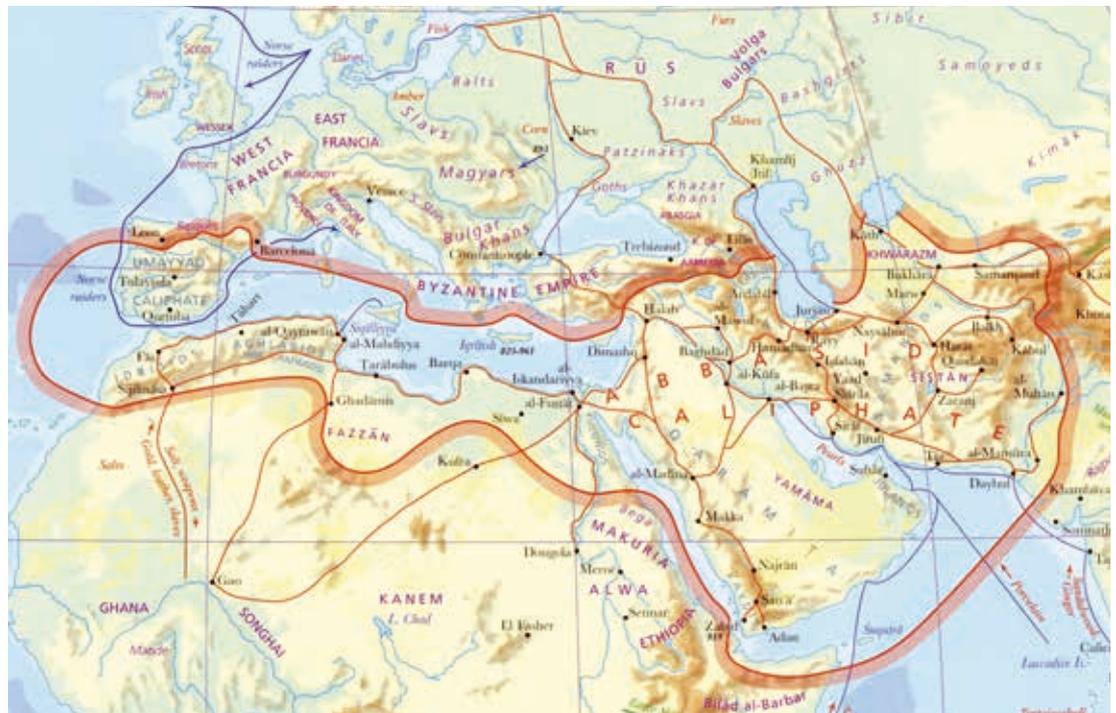


Ptolemäus in der islamischen Welt

Von Spanien bis Indien: Seit dem späten 8. Jahrhundert waren die Werke des Ptolemäus auch in der islamischen Welt bekannt.

Sie prägten die „Zij“ genannten astronomischen Tafelwerke islamischer Wissenschaftler über Jahrhunderte und übten durch Übersetzungen wiederum weitreichenden Einfluss auf die umliegenden Kulturkreise aus, etwa in Europa oder Asien.

VON BENNO VAN DALEN



Die vom abbasidischen Kalifat beherrschte islamische Welt um das Jahr 750 n. Chr.

AM ANFANG DES ISLAM als Weltreligion kennzeichnet die Auswanderung des Propheten Muhammad von Mekka nach Medina im Jahre 622 n. Chr. Innerhalb von wenigen Jahrzehnten breitete sich das islamische Gebiet enorm aus und erstreckte sich bald von Spanien bis Indien. Ausführliche wissenschaftliche Aktivitäten im islamischen Raum begannen im Laufe des 8. Jahrhunderts, auf dem Gebiet der Astronomie waren anfangs persische und indische Quellen einflussreich. Insbesondere von einigen Horoskopen und astrologischen Historien aus dieser Periode weiß man, dass sie mit Hilfe einer arabischen Übersetzung aus dem Pahlavi (Mittelpersischen) des „Zik-i Shatro-ayār“, des wichtigsten astronomischen Tafelwerks der iranischen Sassaniden-Dynastie (224–651 n. Chr.), berechnet wurden.

Einfluss der indischen Astronomie

In den 770er Jahren besuchte eine Gesandtschaft aus Sind (damals der östlichste Teil Indiens, heute eine Provinz in Pakistan) Bagdad, die Hauptstadt des Abbasiden-Reiches. Zu dieser Gesandtschaft gehörten mehrere Astrologen und Astronomen, die einige der wichtigsten indischen astronomischen Werke mitbrachten. Die arabischen Gelehrten al-Fazārī und Ya'qūb ibn Ṭāriq übersetzten eines dieser Werke unter dem Titel „Zij al-Sindhī“ ins Arabische. Das persisch/arabische Wort „Zij“ soll ursprünglich die Bedeutung von parallel gezogenen Kettfäden in einem Webstuhl gehabt haben

und wurde später auch für Tabellen und dann für ganze astronomische Tafelwerke benutzt. Die Bezeichnung „Sindhind“ wurde wahrscheinlich vom Sanskrit-Wort *siddhānta* abgeleitet, das „Lehren“ oder „Tradition“ bedeutete und u. a. für die kanonischen astronomischen Werke aus dem 5. bis 7. Jahrhundert benutzt wurde. Noch bis ins 11. Jahrhundert wurden im islamischen Raum viele astronomische Tafelwerke in dieser indischen Sindhind-Tradition geschrieben, nicht nur im östlichen Teil (insbesondere im Irak und in Iran), sondern auch im westlichen (Spanien). Das einzige Tafelwerk in der Sindhind-Tradition, das in mehr oder weniger vollständiger und originaler Form erhalten ist, ist das „Zij“ von al-Ḥwārizmī (ca. 850), der bei Mathematikhistorikern vor allem wegen seiner grundlegenden Arbeiten zu Algebra und Arithmetik und bei Informatikern als Namensgeber des Wortes „Algorithmus“ bekannt ist. Von al-Ḥwārizmī's „Zij al-Sindhind“ existieren heute allerdings nur einige Handschriften einer lateinischen Übersetzung durch Adelard von Bath (ca. 1150) einer Bearbeitung durch Maslama al-Mağriṭī (Cordoba, ca. 1000). Trotzdem zeigt eine Analyse des Textes und der mathematischen Tabellen in diesen Handschriften, dass die „Sindhind“-Tradition insbesondere auf Werke des indischen Astronomen Brahmagupta (598–668) zurückgeht.

Ptolemäus in der islamischen Welt

Ab dem späten 8. Jahrhundert war auch Ptolemäus' „Almagest“ in der arabischen Welt bekannt. Vor allem unter dem Kalifen al-Ma'mūn (813–833), der die Wissenschaften stark förderte, wurden Handschriften griechischer wissenschaftlicher Texte in Byzanz oder in christlichen Gemeinden der islamischen Welt erworben, in Bagdad studiert und ins Arabische übersetzt. Die älteste arabische Übersetzung des „Almagest“, die erhalten geblieben ist, erstellte al-Ḥağğāğ ibn Yūsuf ibn Maṭar in den Jahren 827/28. Eine zweite erhaltene Version wurde um 880 von Ishāq ibn Ḥunain übersetzt und von Ṭābit ibn Qurra korrigiert. Dank diesen Übersetzungen entwickelte sich im Laufe des 9. Jahrhunderts auch eine Tradition *ptolemäischer* astronomischer Tafelwerke. Man erkannte bald, dass die Berechnungen der Planetenpositionen und von Sonnen- und Mondfinsternissen mit Hilfe der ptolemäischen Astronomie zu deutlich genaueren Ergebnissen führten als die bis dahin weit verbreiteten indischen Methoden.

Deshalb wurde die Astronomie des „Almagest“ bald die vorherrschende Lehre und verdrängte in den nächsten zwei Jahrhunderten die „Sindhind“-Tradition schließlich vollständig.

In den meisten „Zij“-Werken in der ptolemäischen Tradition finden wir die gleichen Themen, obwohl die theoretischen Abhandlungen und die Tabellen in ihrer Ausführlichkeit und Genauigkeit sehr unterschiedlich sein konnten. Die meisten Werke erläuterten in einem ersten, chronologischen Kapitel die verschiedenen Kalender, die im islamischen Raum benutzt wurden, und die Methoden der Datumsumrechnung. Dann folgten die Grundlagen der trigonometrischen



Links: In der Sternwarte zu Marāgha (spätes 13. Jhd.). Miniatur in der „Ġāmi' al-tawārīḥ“ („Universalgeschichte“) des Raṣīd al-Dīn Faḡlallāh (1247–1318), Teheran, Bibliothek des Golestan Palast.

Rechts: Astronomen bei der Arbeit in der Istanbuler Sternwarte (spätes 16. Jhd.). Miniatur in der „Shāhīnshāh-nāma“ des 'Alā al-Dīn Maṣ'nūr Shīrāzī, geschrieben für den osmanischen Sultan Murad III., aus der Handschrift FY 1404 der Universität Istanbul.

Funktionen (insbesondere Sinus und Kotangens) und Algorithmen für die Berechnung von Kreisbögen auf der Himmelssphäre. Der Hauptteil eines jeden „Zij“-Werks waren die Tabellen zur Berechnung der Planetenpositionen, denen die Vorhersage der Zeit und Größe von Sonnen- und Mondfinsternissen und die Bestimmung der Breite, der rückläufigen Bewegung und der Sichtbarkeit der Planeten folgten. Dank einer Tabelle geographischer Koordinaten konnten die gleichen Berechnungen auch für andere Orte durchgeführt werden. Zudem ermöglichte es eine Sterntabelle, in der Nacht die Positionen



von Planeten zu bestimmen, indem man ihren Abstand zu deutlich sichtbaren Fixsternen maß. Weil „Zij“-Werke in erster Linie das Werkzeug des praktizierenden Astrologen waren, enthielten sie häufig auch ein Kapitel zu astrologischen Methoden und mehrere Tabellen, um astrologische Berechnungen durchzuführen, z. B. des Aszendenten und der sonstigen Häuser, der Aspekte („Projektion der Strahlen“), der Umwandlung der Geburtsjahre und Weltjahre usw.

Systematische eigene astronomische Beobachtungen im Islam

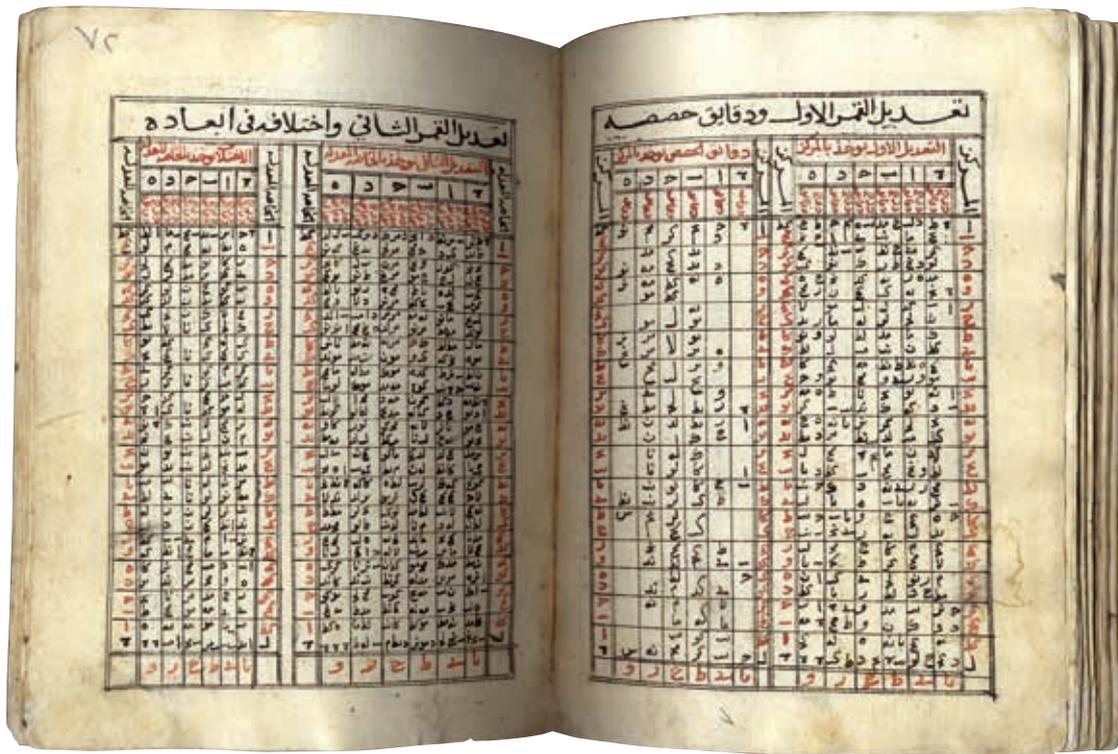
DER AUTOR

Dr. Benno van Dalen ist einer der drei Antragsteller und seit Mai 2013 auch führender wissenschaftlicher Mitarbeiter des Projekts „Ptolemaeus Arabus et Latinus“ der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und der Universität Würzburg. Er wurde 1993 in Utrecht zur mathematischen Analyse mittelalterlicher astronomischer Tabellen promoviert und forschte von 2000 bis 2007 im Rahmen von zwei DFG-Projekten am Institut für Geschichte der Naturwissenschaften in Frankfurt am Main.

Aus bibliographischen Werken und durch Verweise bei späteren Astronomen wissen wir, dass vom 9. bis zum 11. Jahrhundert insgesamt mehr als 50 astronomische Tafelwerke geschrieben wurden. Allerdings sind nur sehr wenige dieser Werke erhalten geblieben. Aus der Anfangsperiode sind dies außer dem schon erwähnten „Zij“ des al-Ḥwārizmī die Tafelwerke des Yaḥyā ibn Abī Maṣṣūr (Bagdad, ca. 830) und Ḥabash al-Ḥāsib. (Samarra im Nordirak, ca. 870; *al-ḥāsib* bedeutet „der Rechner“, womit häufig ein Astronom oder Astrologe gemeint war.) Beide Werke beruhen auf ptolemäischen Grundlagen, aber zeigen auch noch zahlreiche indische Einflüsse, u. a. in den Algorithmen für die Berechnung von Finsternissen. Sonst unterscheiden sie sich vor allem vom „Almagest“ in der Benutzung neuer Parameterwerte. Dem ptolemäischen Himmelsmodell lagen sehr viele solcher Parameter zu Grunde,

z. B. die Ekliptikschiefe (im modernen Sprachgebrauch: die geographische Breite der Wendekreise, ca. 23 1/2 Grad), die geographische Breite des Beobachtungsortes, außerdem für Sonne, Mond und die fünf mit dem bloßen Auge sichtbaren Planeten die Parameter des ptolemäischen geozentrischen, geometrischen Planetenmodells, insbesondere die mittleren Bewegungen, die Exzentrizität der Planetenbahn und der Radius des Epizykels. Während Ptolemäus' Modelle an sich geeignet waren, die Planetenbewegungen über Jahrtausende hinweg mit der ohne Hilfsmittel am Himmel beobachtbaren Genauigkeit darzustellen, stellten die frühesten islamischen Astronomen schon bald fest, dass die von Ptolemäus benutzten Parameterwerte entweder falsch waren oder sich im Laufe der Jahrhunderte geändert hatten. Sie fingen deshalb schon im späten 8. Jahrhundert an, einzelne neue Beobachtungen anzustellen. Unter dem Kalifen al-Ma'mūn wurde dann um 830 – sicherlich nicht zufälligerweise kurz nachdem der „Almagest“ von al-Ḥaḡḡāḡ übersetzt worden war – in Bagdad das erste systematische Beobachtungsprogramm durchgeführt, dem in den nächsten tausend Jahren im islamischen Raum viele weitere folgten. Zu den bekanntesten islamischen Sternwarten, die teilweise auch noch erhalten sind, gehören die von dem berühmten Universalgelehrten Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī in Maragha gegründete Sternwarte

ABB.: BIBLIOTHECA ALEXANDRINA, HS. 537C, DR. Y. ZIEDAN



Die beiden Doppelseiten stammen aus einer späten Handschrift des astronomischen Tafelwerks „Taysir al-maṭālib“ („Die Erleichterung der Probleme“) des jemitischen Astronomen al-Kawāshī (nach 1284), die sich in der Stadtbibliothek Alexandria befindet. Sie zeigen die Abschnitte zu Finsternissen (links) und die Tabellen der Mondgleichungen.

der mongolischen Ilhaniden-Dynastie in Irak und Iran (ca. 1260), die vom timuridischen Herrscher Ulug Beg gebaute Sternwarte in Samarkand im heutigen Usbekistan (ca. 1420) und die Sternwarten, die um 1730 von Jai Singh in fünf indischen Städten errichtet wurden und in Delhi und Jaipur immer noch mit ihren zahlreichen großen Instrumenten in bunten Farben imponieren (siehe S. 32).

Um 900 blieb al-Battānī, ein Privatgelehrter in Raqqa im nordwestlichen Syrien, der wegen seiner sehr genauen Beobachtungen auch im lateinischen Mittelalter und in der Renaissance unter dem Namen Albategnius geschätzt wurde, in seinem Tafelwerk dem Ptolemäus wesentlich konsequenter als seine Vorgänger treu und nahm kaum noch indische Elemente auf. Den Standardtabellen des „Almagest“ fügten er und seine Nachfolger aber einige typisch islamische astronomische Anwendungen hinzu. Diese betrafen insbesondere die Bestimmung der ersten Sichtbarkeit der Mondsichel, die den Beginn eines neuen islamischen Monats und auch des wichtigen Fastenmonats Ramadan kennzeichnete. Auch Methoden für die Bestimmung der Gebetsrichtung nach Mekka und geographische Tabellen, die diese Richtung aufzeichnen, sowie die Bestimmung der erlaubten Zeiträume für die fünf täglichen Gebete kann man vereinzelt in Tafelwerken finden, sie aber sind in anderen astronomischen Quellen mit religiösem oder juristischem Bezug häufiger anzutreffen.

Aus der Periode um das Jahr 1000 sind die ersten drei islamischen Tafelwerke erhalten, die auch modernen Ansprüchen an wissenschaftliche Methoden genügen. Abū 'l-Wafā' (um 970 in Bagdad), Ibn Yūnus (starb 1009 in Kairo) und al-Bīrūnī (ca. 1030 in Ghazna im heutigen Afghanistan) berechneten nicht nur neue Tabellen auf Grund der von ihnen beobachteten astronomischen Parameterwerte, sondern diskutierten auch ähnlich ausführlich wie Ptolemäus die Art und Weise, wie die Parameter aus Beobachtungen abgeleitet werden konnten, und präsentierten Beweise für die erforderlichen Berechnungen. Auch der populäre iranische Astronom Kūshyār ibn Labbān (ca. 1025), der etwas weniger gründlich arbeitete als seine zeitgenössischen Kollegen, teilte sein „Zij“ in vier Bücher auf, die Anleitungen für die Benutzung der Tabellen beinhalten, die Tabellen selbst, Beschreibungen der benutzten Modelle und Beweise für die geometrischen Ableitungen.

Der Großteil der erhaltenen islamischen Tafelwerke stammt aus dem 13. Jahrhundert und später. In dieser Periode kann man in der östlichen islamischen Welt grob zwei unterschiedliche Traditionen unterscheiden. In Ägypten und Syrien wurde diese vor allem von an Moscheen tätigen Astronomen bestimmt, die man *muwaqqit* („Zeitmesser“) nannte. Der einfluss-

Riesige Sonnenuhr aus Backstein in der von Jai Singh um 1730 gebauten Sternwarte in Jaipur (Indien). Das Instrument mit Namen „Samrat Yantra“ (wörtlich: „König der Instrumente“) hat eine Höhe von 20 m. Auf seiner Skala kann die Zeit mit einer Genauigkeit von 20 Sekunden abgelesen werden.

Vor allem aus der späteren islamischen Periode sind auch „Zij“-Werke als schön ausgeführte Geschenkexemplare erhalten. Titelseite mit Basmalla aus einer Kopie des „Sulṭānī Zij“ (ca. 1440) des timuridischen Sultans Ulug Beg, Enkel des Tamerlan.

reichste dieser Zeitmesser, Ibn al-Šāṭir (ca. 1350 an der Omajjaden-Moschee in Damaskus aktiv), entwarf zuerst in einem separaten Werk Planetenmodelle, die nicht gegen das aristotelische Prinzip gleichförmiger Bewegung auf Kreisen verstießen, und benutzte diese Modelle später für die Tabellen in seinem „Neuen Zij“. Wie im Artikel von N. M. Swerdlow (S. 37–41) ausführlicher erläutert, kannte und benutzte Kopernikus diese Modelle.

Im Irak und in Iran entstand mit den mongolischen Invasionen ab dem frühen 13. Jahrhundert eine neue Blütezeit der Naturwissenschaften, die sich u. a. in einer großen Zahl meist auf Persisch geschriebener astronomischer Tafelwerke äußerte. Wir treffen hier neue Inhalte an, die von der aktuellen politischen Lage und spezifisch iranischen Interessen bestimmt wurden, z. B. ausführliche Beschreibungen der Variante des chinesischen Kalenders, die von den Ilhaniden für amtliche Zwecke benutzt wurde, und ausführliche Anleitungen für die Herstellung von Jahresalmanachen, die außer Planetenpositionen auch astrologische Informationen enthielten. In der westlichen islamischen Welt, insbesondere in Nordwestafrika und Spanien, entstand eine eigene Tradition, die sich anfangs vor allem von al-Ḥwārizmī und al-Battānī inspirieren ließ, aber unter Einfluss der Bemühungen, die Tabellen besser mit den historischen Werten der wichtigsten Parameter in Übereinstimmung



zu bringen, ganz neue Modelle entwickelte, in denen die Werte der Ekliptiksschiefe und der Exzentrizität der Sonnenbahn periodisch variierten.

Weitreichender Einfluss bis nach Europa und Ostasien

Insbesondere seit der Zeit der frühesten lateinischen Übersetzungen übten islamische astronomische Tafelwerke, und damit die ptolemäische Astronomie, einen starken Einfluss auf umliegende Kulturkreise aus. Im lateinischen Europa verbreiteten sich astronomische Tabellen vor allem durch die „Toledanischen Tafeln“ und die „Alfonsinischen Tafeln“, die beide in zahlreichen Handschriften erhalten sind. Vermutlich über Byzanz und mittels griechischer Übersetzungen erreichten mehrere arabische und persische astronomische Werke Italien. In China erhielt die islamische Astronomie ab der Mongolenzeit

bis zum Anfang des jesuitischen Einflusses im 17. Jahrhundert einen festen institutionellen Platz am kaiserlichen Hof neben der traditionellen chinesischen Astronomie, die auf arithmetischen statt auf geometrischen Berechnungsmethoden beruhte. Islamische Tafelwerke beeinflussten indische Astronomen seit dem 13. Jahrhundert, und insbesondere in der Mogul-Zeit (16. bis 18. Jhd.) führten das Tafelwerk von Ulug Beg und seine damals schon sagenhaft berühmte Sternwarte zu einer großen astronomischen Aktivität, von deren Ergebnissen die oben erwähnten Sternwarten die bekanntesten Zeugen sind. ■

