

Alfred Holl

Die Deutsche Sphära des Konrad von Megenberg.

Ein astronomischer Forscher im Spannungsfeld zwischen der Freude an Beobachtung und dem Leid mathematischer Modellierung

Konrads 700. Geburtstag bietet eine gute Gelegenheit, den Stand der Astronomie in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts für die Germanistik genauer in den Fokus zu nehmen. Das damalige astronomische und astronomisch relevante mathematische Wissen geht in der Tat ein beträchtliches Stück über die in der *Deutschen Sphära* präsentierten Aspekte hinaus. Soweit aus Konrads astronomischen Werken bekannt, klammert er nämlich, um mit der Formulierung des Untertitels zu sprechen, das „Leid von mathematischer Modellierung“ aus und konzentriert sich eher auf die „Freude an Beobachtung“. Diese Beschränkung anhand geeigneter Beispiele herauszuarbeiten, nach Ursachen für sie zu suchen und vor diesem Hintergrund eine Bewertung von Konrads Leistung in der Astronomie – sowohl als Wissenschaftler wie auch als Enzyklopädist – zu versuchen, ist das Ziel dieses Beitrags. Dabei treten philologische gegenüber astronomiehistorischen Gesichtspunkten zurück.¹

In einem gerafften Überblick werden Konrads Quellen, seine eigenen Vorläuferwerke und Parallelen bei anderen Autoren vorgestellt. Im zweiten Abschnitt wird der Blick auf den europäischen Kontext erweitert. Dies geschieht in doppelter Hinsicht, synchron bezogen auf Konrads Zeitgenossen und diachron auf die Entwicklung der Astronomie im Mittelalter und auf die sie tragenden Persönlichkeiten. Für ein genaueres Verständnis ist der arabische Kulturkreis zu berücksichtigen, insbesondere der arabische Westen, der Maghreb, zusammen mit dem maurischen Spanien. Es schließt sich im dritten Abschnitt eine Diskussion von teilweise konkurrierenden Weltbildern an, d.h. von Modellen der Geometrie des Sonnensystems, die eine erstaunliche Komplexität des mittelalterlichen mathematischen Denkens offenbaren und die Konrad nur zum Teil nennt. Der vierte Abschnitt verlässt das Gebiet der reinen Astronomie und begibt sich mit Winkelfunktionen und Planetentabellen in den Bereich der astronomierelevanten Mathematik, der von Konrad ebenfalls nicht angesprochen wird. Der Beitrag schließt mit dem Versuch einer Würdigung Konrads aus der Sicht der Astronomiegeschichte.

1. Quellen, Vorläufer und Parallelen der Deutschen Sphära

Die *Deutsche Sphära* (ed. Matthaei, 1912a und Brévar, 1980a) entstand wahrscheinlich zwischen 1342 und 1348 in Wien, nach Gottschall eher am Ende dieses Zeitraums (Gottschall, 2004, 86). Sie ist „the first astronomical and physical textbook in the German language“ (Sarton 1947/48, 819); der gut 100 Jahre ältere *Lucidarius* gehört mit seiner eher

¹ Für viele spannende Diskussionen und entscheidende Hinweise im Umfeld des Themas bin ich meinem akademischen Lehrer der Mathematikgeschichte, Herrn Peter May in Erlangen, zu Dank verpflichtet. Meinem Sohn Johannes Meier danke ich herzlich für die Gestaltung der Graphiken.

kosmologisch-theologischen als astronomischen Ausrichtung zu einer anderen Textgattung, was allein schon am Fehlen von Illustrationen erkennbar ist. Das Titelwort *Sphära* bezieht sich auf die Kugelgestalt der Erde sowie auf die – sie in einem geozentrischen Modell umgebenden – durchsichtigen, kristallinen neun Kugelschalen, an die man sich untere Planeten, Sonne, obere Planeten und Fixsterne – ohne die heute üblichen physikalischen Konzepte Gravitation und Fliehkraft – mechanisch angeheftet vorstellte (vgl. jedoch Abschnitt 3 zur Komplexität dieses Modells im Detail). Der Inhalt von Konrads *Sphära* besteht im Wesentlichen aus Betrachtungen zu Kosmologie, sphärischer Geometrie und einfacher Himmelsmechanik, die hier nicht näher ausgeführt werden sollen. Astrologische Aspekte behandelt Konrad in seiner *Sphära* nicht. Details zur Überlieferung in zehn Sammelhandschriften geben Brévar, 1980a, XI-XV und Brévar 1980b; Sarton 1947/48, 819 nennt erst drei Handschriften.

Konrads unmittelbare Quelle ist der 1233 in Paris geschriebene *Tractatus de sphaera materiali*, auch *Sphaera mundi* betitelt (ed. Thorndike, 1949, 76-142 und Brévar, 1980a, 62-88) des Johannes von Sacrobosco / Sacrobusto oder John of Holywood / Halifax (~1200~1256), der dort an der Artistenfakultät lehrte. Dieser sehr populäre *Tractatus* wurde bis um 1600 gedruckt (Sarton, 1931, 618) und diente als das universitäre Standard-Einführungswerk zur Astronomie – ein Erfolg, der Konrad nicht beschieden war, wobei dessen genaue Zielsetzung in Abschnitt 5 erst einmal zu klären sein wird.

Sacroboscos lateinische *Sphära* fußt auf *De scientia astrorum* (ed. Campani, 1910 und Carmody, 1943) des Persers al-Farghani / Alfraganus (~811~863) in der Übersetzung des Johannes Hispalensis (aktiv 1135-1153) und *De motu stellarum / Kitab al-Zidsch / Buch der Tafeln* (ed. Nallino, 1903) des Syrsers al-Battani / Albategnius (~858-929) in der Übersetzung des Plato von Tivoli / Plato Tiburtinus (aktiv 1134-1145). Sie „was slavishly derived from al-Farghani and al-Battani“ (Sarton 1931, 617). Diese beiden muslimischen Astronomen halten sich ihrerseits an den *Almagest* (aus *Μεγίστη σύνταξις*, früher *Μεγάλη σύνταξις*) des Claudius Ptolemaios (~85~165). Zu Sacroboscos *Sphära* gibt es zahlreiche Kommentare (Sarton 1931, 617-618), darunter die bekannte *Enarratio in sphaeram mundi* (ed. Thorndike, 1949, 343-411) des Cecco (Francesco) d’Ascoli (-1327).

Während seines Rektorats an der Wiener Stephansschule verfasst Konrad im Rahmen seiner Lehrverpflichtungen zwei lateinische, in der Form universitätsüblicher Textgattungen gestaltete Sacrobosco-Kommentare, die jeweils nur in einer Handschrift erhalten sind (Gottschall, 2004, 58-60). Die *Expositio super speram* (St. Emmeram Clm 14687, 1v-57vb) – ohne explizite Nennung des Autors – wendet sich an die *pueri*, die Studienanfänger; die 1347 vollendeten *Questiones super speram / Quaestiones in Johannis de Sacrobosco tractatum de sphaera* (Clm 14687, 71ra-93vb) richten sich an die fortgeschrittenen Studenten. Von den beiden schwer lesbaren Texten sind bisher leider nur die Prologe ediert (Arnold,

1976). Aus diesen schließt Gottschall (2004, 61-63), dass Konrad die Astronomie als Hilfswissenschaft für die astrologische Prognostik favorisiert, die ihrerseits u.a. für die Arbeit des Arztes von Bedeutung ist. Nebenbei sei hier bemerkt, dass im nicht-empirischen mittelalterlichen Weltbild – im Gegensatz zum heutigen astrologischen Denken – kein kausaler Einfluss der Sterne auf die Menschen angenommen wird; in einer göttlichen Schöpfung, die verstanden wird als eine geschlossene, in sich vollständig verwobene, deterministische und so in Grenzen für den Menschen berechenbare Einheit, spiegeln menschliche Zustände nur bestimmte Sternkonstellationen wider. Genaueres zu Konrads Bewertung der Astrologie verspricht eine vollständige Edition der *Expositio* und der *Questiones*, die einstweilen ein Desiderat der Wissenschaft bleibt.

Neben der *Deutschen Sphära* existiert ein weiterer deutscher *Sphära*-Text aus der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts, das anonyme *Puechlein von der Spera* (ed. Brévar, 1979a; vgl. Brévar, 1979b).

Über hundert Jahre später wird Sacroboscus *Sphära* noch einmal – teilweise unter Verwendung von Konrads Version – ins Deutsche übersetzt, und zwar 1516 als *Sphaera materialis* (ed. Brévar, 1981) von Konrad Heinfogel (~1450/55-13.02.1517) in Nürnberg.

2. Die Astronomie um 1350 im europäischen Kontext

2.1 Synchroner Blickwinkel

Die einzige nach Durchsicht von Sartons Untersuchung (Sarton, 1947/48) zu findende volkssprachliche Parallele zu Konrads *Sphära* ist der zwischen 1362 und 1377 entstandene *Traité de l'espère* (ed. Myers, 1940 und McCarthy, 1943) des Nicole Oresme (~1323-1382). „Oresme's fame depends largely upon his translations of various Aristotelian treatises from Latin into French, these being the earliest translations of their kind into any vernacular“ (Sarton, 1947/48, 1493). Mit diesen zwei *Sphära*-Versionen werden die ersten beiden volkssprachlichen Wissenschaftssprachen begründet: „He [Conrad] may be called the founder of the German scientific language, even as his younger contemporary Nicole Oresme would be a little later the founder of the French scientific language“ (Sarton, 1947/48, 351).

Zu einem exemplarischen Vergleich des lexikalischen Verhältnisses von Wissenschafts- und Volkssprache in den verschiedenen *Sphära*-Texten bietet sich Wolfs Untersuchung des Terminus *Horizont* als Ausgangspunkt an (Wolf, 2006, 274-276), den ich um Nicole Oresme ergänze. Sacrobosco verwendet neben dem griechischen Terminus *orizon* die Erklärung *terminator visus* (Brévar, 1980a, 72). Der *Traité* hat mit seiner dem Lateinischen nahestehenden französischen Sprache keinen ausgeprägten Sprachgegensatz zu überwinden, behält *orizon*, übergeht die prägnante Erklärung Sacroboscus und umschreibt statt dessen ziemlich wortreich (ch. 14; McCarthy, 1943, Myers, 1940, 20). Das anonyme *Puechlein* bezeugt den Primat der griechisch-lateinischen Wissenschaftssprache, belässt den Fachausdruck *orizon* und gibt nur die Erklärung *ender des gesichtes* auf Deutsch wieder (Brévar, 1979a, 72). Allein Konrad verzichtet gänzlich auf

das Griechische und macht mit dem volkssprachlichen Terminus *augenender* den ursprünglichen Erklärungsausdruck zum neuen deutschen Fachausdruck.

Oresmes französische astronomische Terminologie, die sich stark an die lateinisch-griechische anlehnt, hat Bestand. Dagegen gehen Konrads teilweise wundervoll bildhafte Wortschöpfungen, von denen wenigstens einige besonders prägnante hier genannt werden sollen, leider zugunsten der lateinisch-griechischen Termini der heutigen Wissenschaftssprache wieder verloren:

augenender ‚Horizont‘

ebennehter, mittlenehter ‚Äquator‘

ebenverrer ‚Breitenkreis‘

mittentager ‚Meridian‘

zaichentrager, tirkraiz, scheinprecherinne, krummer kraiz, schilhender kraiz ‚Ekliptikkreis, Tierkreis‘, auf dem sich Finsternisse ereignen und der zum Himmelsäquator $23,5^\circ$ geneigt ist

scheingeprechen ‚Finsternis‘

Die Sprache der *Deutschen Sphära* ist lexikalisch weitgehend sachlich ohne poetische Verbrämungen und syntaktisch einfach gehalten. Es liegt also sprachlich ein schon in vielen Zügen modern wirkender naturwissenschaftlicher Text vor. Wenn man mit den Grundlagen der Astronomie vertraut ist, kann man ihn fast ohne Zuhilfenahme eines mittelhochdeutschen Wörterbuches flüssig lesen.

2.2 Diachroner Blickwinkel

Einige religiöse Gebote des Islam führten zu einem besonderen Interesse an Astronomie: der Mondkalender, der Monatsbeginn bei der erstmaligen Sichtbarkeit der zunehmenden Mondsichel, die Bestimmung der Gebetsrichtung nach Mekka (*Kibla*) und die Berechnung der täglichen Gebetszeiten (Gingerich, 2006a, 41-42). So beginnt im 8. Jahrhundert unter den Abbasiden am Kalifenhof in Bagdad die Rezeption von griechischen und indischen mathematischen und astronomischen Werken, darunter auch des *Almagest* von Claudius Ptolemaios, der im 9. und 10. Jahrhundert von Astronomen meist persischer Abstammung kommentiert und verfeinert wird. Im 11. Jahrhundert verlagern sich die Forschungsaktivitäten in den Maghreb, insbesondere ins heutige Andalusien (Cordoba, Toledo).

Nach dem Fall von Toledo 1085 entsteht dort unter Erzbischof Raymond I. (1126-1151) auch die erste Übersetzerschule (ab 1126), in der arabische Texte ins Lateinische übertragen werden und an der der herausragende Gerhard von Cremona (1114-1187) wirkt, der 90 Werke übersetzt. Dem 12. als dem Jahrhundert der Übersetzungen folgt das 13. als das der Rezeption im christlichen Mitteleuropa, das mathematisch-astronomische Kenntnisse zumindest für Kalenderrechnung, Zeitbestimmung und Navigation benötigt. In Bezug auf tiefer liegende mathematische Inhalte (vgl. Abschnitt 4), die arabischen Gelehrten im 11. Jahrhundert bekannt waren, dauert der vielschichtige, vernetzte Rezeptionsprozess jedoch drei Jahrhunderte bis zum Beginn der Neuzeit und schließt erst mit Forscherpersönlichkeiten wie Regiomontan (1436-

1476), Nikolaus Kopernikus (1473-1543) und Adam Ries (1492-1559). Dieses Faktum ist auch für die Beurteilung der *Sphära* Konrads wesentlich, der ja um 1350 erst in der Mitte dieses Rezeptionszeitraums lebt.

Um Konrads wissenschaftliche Leistung einzuordnen, soll ein tabellarischer Überblick über die arabischen Astronomen (vertikal), ihre Übersetzer und die mitteleuropäischen Astronomen des Mittelalters (horizontal) gegeben werden (Tabelle 1). Dies kann in sehr kompakter Weise geschehen, da in dem Jahrtausend von 500 bis 1500 im Kontext der Astronomie nur höchstens drei Dutzend Personen eine herausragende Rolle spielen, zu denen auch Konrad gehört. Allerdings darf die zwangsläufig unvollständige Tabelle nur als ein allererster Versuch gelten, denn „die Geschichte der Weiterentwicklung [sc. der griechischen Astronomie] durch islamische Gelehrte wird erst jetzt geschrieben. Tausende von Manuskripten sind noch nicht untersucht“ (Gingerich, 2006a, 38). Die Tabelle beschränkt sich auf im europäischen Kulturkreis rezipierte arabische Autoren, geht aber über die im Kontext von Konrad einschlägigen hinaus. *X* bzw. Jahreszahl bezeichnet eine Übersetzung, *E* einen Einfluss.

In Tabelle 1, die vor allem auf Carmody, 1956, Gericke, 1993, Mazal, 2006 sowie in Teilen auf Bond, 1921, Braunmühl, 1900-1903 basiert, lassen sich drei Rezeptionslinien feststellen: die der Werke von al-Fargani, von al-Battani und von al-Zarqali. Auf den beiden ersteren Linien kann man die *Sphära*-Abhandlungen des Johannes und Konrad verorten. Alle drei Linien treffen sich offensichtlich erst bei Regiomontan, der alle Vorläufer rezipiert.

2.3 Vorstellung von Vergleichstexten:

***Liber ysagogarum* und al-Zarqalis *Canones* im Clm 13021**

Durch den Vergleich der *Deutschen Sphära* mit lateinischen Übersetzungen arabischer Werke soll anhand einiger weniger ausgewählter Beispiele der Frage nachgegangen werden, welche astronomischen Kenntnisse der damaligen Zeit Konrad übergeht.

Dazu werden in erster Linie zwei nicht edierte, aber sehr gut lesbare Texte herangezogen, die ebenfalls einen Bezug zu Regensburg haben und fast 200 Jahre vor der *Deutschen Sphära* niedergeschrieben wurden. Sie finden sich im den 1160er Jahren zuzuordnenden mathematischen Kodex Clm 13021 (*Ratisb. civit.* 21), der aus dem 1109 gegründeten Hirsauer Reformkloster Prüfening stammt, das zusammen mit dem 1118 gegründeten Kloster Reichenbach das damalige Zentrum astronomischer Forschung im Regensburger Raum bildete. Inhaltsübersichten zum Clm 13021 geben Curtze, 1898, 5-8, und die Jordanus-Datenbank; Folkerts, 1970, 11, verweist auf die Parallelen in Clm 18927 (*Teg.* 927).

	Ade lhard von Bath (-1142)	Gerhard von Cremona (-1187)	Plato von Tivoli / Tiburtinus (-1145)	Robert von Chester / Reading (-1150)	Johannes Hisp. / von Sevilla / Luna (-1153)	Wilhelmus Anglicus / Marsiliensis (~1231)	Robert Grosseteste (-1253)	Johannes von Sacrobosco (-1256)	Richard Wallingford (-1335)	Johannes de Muris / Jean de Meurs (-1350)	Johannes Lineris / Jean de Linières (-1355)	Konrad von Megenberg (1309-1374)	Johann von Grunden (-1442)	Johannes Müller / Regiomontanus (1436-1476)
Euklid (~300 v.Chr.): <i>Elementa</i>	~11 30	X					E						E	
Claudius Ptolemaios (~165): <i>Almagest</i>		11 75											E	X
al-Khwarizmi / Alchorismus (~850): <i>Tafeln</i>	11 26			X										
al-Khwarizmi: <i>Algebra</i> (820)		X		11 45	X									
al-Khwarizmi: <i>Liber ysagogarum</i>	X						E							
al-Fargani / Alfraganus (~863): <i>De scientia astrorum</i>		<11 75			11 37		E	E				E		E
Thabit bin Qurra (-901): <i>Elementa astronomiae</i> <i>De figura sectorae</i> <i>De anno solis</i>		X												
al-Nayrizi (~922): <i>Euklid-Kommentar</i>		X												
al-Battani / Albategnius (-929): <i>Zidsch / Tafeln</i>			X	X			E	E				E		X
Abu'l-Qasim al-Madjriti (-1007): <i>De astrolabio</i>			X		X									
al-Haytham / Alhacen (~1020): <i>De aspectibus; De crepusculis</i>		X												
al-Zarqali / Arzachel (~1087): <i>Tabulae Toletanae, Canones</i>		X				X			E	E	13 22		E	E
al-Zarqali: <i>Liber sapheae</i>						~12 31								
Jabir ibn Aflah / Geber (-1145): <i>Elementa astronomica</i>		X												E
Jabir ibn Aflah: <i>Almagestum parvum</i>		X												

Tabelle 1: Arabische Astronomen, Übersetzer und Rezipienten

Bei dem ersten Text (CIm 13021, 31v-68v) handelt es sich um eine Version der Einführung in die Astronomie von al-Zarqali / Arzachel (~1030-~1090), vermutlich in der Übersetzung des Gerhard von Cremona, mit dem Titel *Canones sive regule super tabulas astronomiae* bzw. *Canones in tabulas toletanas*. Enthalten sind Tabellen zur Bestimmung der täglichen Positionen von Sonne, Mond und Planeten, die sogenannten *Tafeln von Toledo (Tabulae Toletanae)*, und die zugehörigen Verwendungsanleitungen, die *Canones*. Das bei Carmody, 1956, 158 genannte Incipit des Prologs *Quoniam cuiusque actionis quantitatem temporis metitur spatium celestium motuum doctrinam querentibus eius primum ratio occurrit investiganda* stimmt bis auf die Vertauschung der Wörter *spatium* und *metitur* mit dem Beginn auf 31v überein und erlaubt daher eine Identifizierung des Textes. Diese wird gestützt durch die Angabe des Beobachtungshorizonts von Córdoba (58v), der Wirkungsstätte al-Zarqalis. Die Edition in Millás Vallicrosa, 1943-1950, bezieht sich auf eine andere Version.

Der Text ist in der Folge gekennzeichnet durch häufige systemisch erkennbare Ziffernschreibfehler und durch Unvollständigkeiten bei Text und Tafeln (nicht jedes Buch- oder Kapitel-incipit bei Carmody ist verifizierbar). Daher wurde der Text vom Schreiber mit Sicherheit in vielerlei Hinsicht nicht verstanden. Ich habe den Eindruck, dass er einfach als Kopie in den Bestand der Prüfeninger Handschriften aufgenommen wurde, um ihn für eine spätere Verwendung im Rahmen astronomischer Forschungen verfügbar zu haben.

Al-Zarqalis *Canones* folgen unmittelbar und übergangslos auf die allgemeine Einführung ins Quadrivium von al-Khwarizmi (~780-~850), den *Liber ysagogarum Alchorismi*, (27r-31v) in der Übersetzung des Adelhard von Bath (aktiv 1116-1142). Letzteres geht aus der Parallele Bibl. Nat. Paris, Lat. 16208, 67r hervor. Die *Canones* werden also vom Schreiber gewissermaßen als eine Fortführung des Astronomieteils des *Liber ysagogarum* betrachtet, der wie üblich aus Arithmetik, Geometrie, Musik und Astronomie besteht. Nur die Arithmetik, ein ausführlicher Algorithmus-Traktat, also eine Anleitung zum Rechnen mit Zahlen in arabischer Zifferndarstellung, ist ediert (Curtze, 1898 und Allard, 1992). Im Zusammenhang mit der vorliegenden Thematik ist nur der Astronomieteil (30r-31v) von Belang.

Anhand dieser beiden Texte, teilweise noch ergänzt um Parallelen in ähnlichen Texten, werden nun beispielhaft folgende mathematisch-astronomischen Themen behandelt, die sich nicht in Konrads *Sphära* finden: Details zu Modellen des Sonnensystems in Abschnitt 3 sowie Trigonometrie und Sonnentafeln in Abschnitt 4.

3. Was Konrad nur zum Teil erwähnt: Modelle des Sonnensystems

Die aktuelle Fachterminologie zur Beschreibung von Weltbildern (d.h. Modellen des Sonnensystems) berücksichtigt zwei Merkmale: Erstens, um welchen Himmelskörper sich die anderen drehen – heliozentrisch (um die Sonne) und geozentrisch (um die Erde) –, und zweitens, welcher Himmelskörper als in Ruhe befindlich, im physikalischen Sinn als

Koordinatenursprung, betrachtet wird – heliostationär und geostationär. Unser heutiges Modell des Sonnensystems ist heliozentrisch-heliostationär, und mittelalterliche Modelle sind oft geozentrisch-geostationär, aber es gibt auch einige wichtige Hybridmodelle, wie im Folgenden gezeigt wird. Als untere Planeten bezeichnet man die sonnennahen innerhalb der Erdbahn, nämlich Merkur und Venus, als obere die sonnenfernen außerhalb der Erdbahn, d.h. Mars, Jupiter und Saturn; weitere waren im Mittelalter nicht bekannt.

Zu Beginn gilt es, mit einem in vielen Köpfen fest verankerten Vorurteil aufzuräumen: Ein geozentrisches Modell mit an durchsichtige, zur Erde konzentrische Kugelschalen fest angehefteten Himmelskörpern (Abb. 1, wie z.B. in Andreas Cellarius 1708 nach Strohmaier, 2006, 29) gab es in wissenschaftlichen Kreisen des Mittelalters nie. Das ist eine grob vereinfachte Vorstellung für damalige Laien, die bereits mit einfachen Beobachtungsergebnissen nicht vereinbar ist. Weder war das Mittelalter so finster – plakativ gesprochen –, noch waren dessen Astronomen so naiv.

Zu einer Annäherung an tatsächliche geozentrische Modelle verhelfen drei Beobachtungsergebnisse, die nun schrittweise zu betrachten sind.

Um Zeichnungen, auf denen die Himmelskörper zwischen Kugelschalen dargestellt werden (Abb. 2, wie z.B. in der Schedel'schen Weltchronik, 1493, AKG Berlin, Sign. Inc. 119, 5v nach Gingerich, 2006b, 72; im Bamberger Hauskalender des Nürnbergers Konrad Heinfogel, vor 1517, nach Schottenloher, 1917, Tafel 3; und auch in Konrads *Sphära* selbst, Cgm 156, 2v), zu verstehen, braucht man das *erste Beobachtungsergebnis*, die scheinbare Rückläufigkeit der Planetenbewegung. Planeten bewegen sich nämlich aus der Sicht eines irdischen Beobachters im Jahreslauf vor dem Fixsternhintergrund zwar meist von West nach Ost (wegen der Drehung der Erde um die Sonne) – nicht zu verwechseln mit der täglichen Bewegung von Ost nach West (wegen der Erdrotation). Aber bei ‚Überholvorgängen‘ – wegen der mit zunehmendem Abstand von der Sonne abnehmenden Bahn- und Winkelgeschwindigkeit der Planeten – bewegen sie sich auch von Ost nach West. Dies gilt für obere wie untere Planeten. Rückläufigkeitsschleifen sind mit Helligkeitsänderungen verbunden, die leicht mit Abstandsänderungen assoziiert werden können. So erfindet man schon im antiken Griechenland das Epizykelmodell: Jeder Planet kreist auf einem Epizykel (Konrad: *überkraiz*), dessen Mittelpunkt sich auf einem zur Erde konzentrischen Kreis, dem Deferenten (Konrad: *fürer*), um die Erde bewegt (Abb. 3). Diese Vorstellung wird von Ptolemaios in seinem *Almagest* niedergeschrieben und von arabischen Astronomen weiter gepflegt. Die Epizykel rotieren also im Hohlraum zwischen zwei konzentrischen Kugelschalen, wie sich Ptolemaios in seinem späteren Werk *Hypothesen der Planeten* ausdrückt (Sambursky, 1970, 209) und was die zeichnerische Platzierung von Planeten zwischen Kreislinien genau erklärt.

Die scheinbare Bewegung der Sonne weist keine Rückläufigkeiten auf, die mit dem Epizykelmodell beschreibbar wären, hat aber eine andere Besonderheit, nämlich ihre veränderliche Geschwindigkeit vor dem

Fixsternhimmel auf ihrem Jahreslauf durch den Tierkreis. Dieses *zweite Beobachtungsergebnis* verlangt viel Beobachtungsakribie. Heute erklären wir Geschwindigkeitsschwankungen mit dem zweiten Kepler'schen Gesetz, das eine kontinuierlich sich verändernde Bahngeschwindigkeit von Planeten auf Ellipsenbahnen modelliert. Im Mittelalter stellt man sich eine gleichförmige Bewegung der Sonne auf einer Kreisbahn um die Erde vor und muss nun in dieses Modell Geschwindigkeitsänderungen einbauen. Dazu verwendet schon das antike Griechenland einen sehr intelligenten Ausweg, der bei Ptolemaios dokumentiert ist: Man legt den Kreis so, dass sein Mittelpunkt (*M*) nicht mit der Position der (punktförmig zu denkenden) Erde übereinstimmt (Konrad: *auzpūnctig*). Bei diesem Exzentermodell erscheint die Sonnenbewegung in Erdferne (Apogäum) langsamer als in Erdnähe (Perigäum; Abb. 4; wie in der *Deutschen Sphära* Cgm 156, 29r).

Für Planeten werden Epizykel- und Exzentermodell kombiniert (schon bei Ptolemaios, vgl. Gericke, 1993, Teil 1, 242), um Rückläufigkeiten und Geschwindigkeitsschwankungen zu erfassen. Mit zur Erde nicht konzentrischen Deferentenkreisen liegt ein zwar noch geostationäres, aber schon nicht mehr rein geozentrisches Weltbild vor, eine Entwicklung, die manchen Arabern bereits theologische Probleme bereitete.

Bis hierher kommt Konrad in seiner *Sphära*. Alle weiteren konkurrierenden Modelle nennt er nicht. Auf das das Exzentermodell noch verkomplizierende, physikalisch nicht akzeptable Äquantenmodell (Kreisbewegung mit konstanter Winkelgeschwindigkeit um einen zur Erde bezüglich dem Kreismittelpunkt symmetrischen Ausgleichspunkt oder Äquanten *punctum aequans*) will ich hier nicht eingehen (Gingerich, 2006a, 44 und Saliba, 2006, 59).

Das *dritte Beobachtungsergebnis* ist wie das erste sehr leicht zu erzielen. Verfolgt man die unteren Planeten Venus und Merkur im Jahreslauf, so erkennt man, dass sie sich nicht beliebig weit von der Sonne entfernen können (Abb. 5): Jeder der beiden hat einen maximalen Winkelabstand von der Sonne (größte westliche bzw. östliche Elongation). Beide können nie in Opposition zur Sonne treten, d.h. es gibt nie eine Konstellation Planet-Erde-Sonne in dieser Reihenfolge auf einer Linie, wie das bei den oberen Planeten möglich ist.

Diese Besonderheit wird zum Schlüssel für das heliozentrische Weltbild, was aber nur auf dem Weg über eine Zwischenstufe, ein geozentrisch-heliozentrisches Hybridmodell, gelingt. Darin drehen sich die unteren Planeten um die Sonne, die oberen um die Erde. Ein früher graphischer Beleg dafür findet sich in der im zweiten Abschnitt genannten Handschrift des 12. Jahrhunderts im *Liber ysagogarum Alchorismi* aus dem 9. Jahrhundert, wo Merkur und Venus um die ihrerseits die Erde umrundende Sonne kreisen (Abb. 6 nach Clm 13021, 31r). Diese Geometrie wird im Text so beschrieben: *Mercurius autem et Venus in ecentrico tamen motum communem cum sole conficiunt [?] in epicyclis vero circa ipsum.*

Graphisch besonders schön ausgeführt ist dieses Hybridmodell auf 93v in der Handschrift Ms. Voss. Lat. Q. 79 der Bibliothek der Rijksuniversiteit Leiden (Bischoff, 1989) aus dem 9. Jahrhundert; textlich

wird es nicht beschrieben. Es handelt sich um einen Kommentar zu einer lateinischen Übersetzung eines aus dem 3. Jahrhundert v. Chr. stammenden griechischen Lehrgedichts über Sternbilder, nämlich der *Phainomena* des Aratos. In dieser Graphik, die die Planetenkonstellation am 28. März 579 wiedergibt, kreisen Merkur und Venus um die Sonne (merkwürdigerweise gleichzeitig auf geozentrischen Bahnen!), die oberen Planeten bewegen sich auf exzentrischen Bahnen um die Erde (Abb. 7; Bischoff, 1989, Fig. 33; ähnlich Fig. 6, Boulogne, Bibliothèque municipale, Ms. 188, 30v).

Es gibt noch eine Reihe älterer Quellen zur Sonderstellung der unteren Planeten. So finden sich in dem im Mittelalter viel gelesenen Werk *De nuptiis Mercurii et Philologiae* des Martianus Capella aus dem 5. Jahrhundert folgende Ausführungen (VIII, 857), hier zum besseren Verständnis des astronomischen Textes auch in der deutschen Übersetzung von H. G. Zekl wiedergegeben:

Nam Venus Mercuriusque licet ortus occasusque cotidianos ostendant, tamen eorum circuli terras omnino non ambiunt, sed circa solem laxiore ambitu circulantur. Denique circulorum suorum centron in sole constituunt, ita ut supra ipsum aliquando, intra plerumque propinquiores terris ferantur ... Sed cum supra solem sunt, propinquior est terris Mercurius, cum intra solem, Venus, utpote quae orbe vastiore diffusioeque curvetur. – „Was Venus und Merkur angeht, so mögen sie ja tägliche Auf- und Untergänge zeigen, doch laufen ihre Kreise durchaus nicht um die Erde, sondern in etwas lockerem Anschluss um die Sonne. Alles in allem stellen sie das Zentrum ihrer Kreise in der Sonne fest, so dass sie zuzeiten oberhalb ihrer, allermeist aber unterhalb ihrer, erdnäher ihre Kreise ziehen ... Wenn sie oberhalb der Sonne stehen, ist Merkur erdnäher, wenn es unterhalb der Sonne ist, so Venus, da sich ja ihre Bahn zu einer weiteren, ausgedehnteren Kurve krümmt.“

Schon im 1. Jahrhundert v. Chr. formuliert Cicero die Begleitereigenschaft der unteren Planeten prägnant im *Somnium Scipionis*: *Hunc [sc. solem] ut comites consequuntur, alter Veneris, alter Mercurii cursus* (Rep. VI, 17). Darauf greift Macrobius Theodosius um 400 in seinen *Commentarii in somnium Scipionis* zurück (I, 19, 4 und II, 4, 9):

Iam vero ita Veneri proxima est stella Mercurii et Mercurio sol propinquus, ut hi tres caelum suum pari temporis spatio, id est anno plus minusve, circumeant. Ideo et Cicero hos duos cursus comites solis vocavit, quia in spatio pari longe a se numquam recedunt. – Mercurialis et Venerius orbis, pari ambitu comitati solem, viae eius tamquam satellites obsequuntur.

Obwohl diese Vorstellung auf Überlegungen im antiken Griechenland zurückgeht (s.u.), betrachtet Ptolemaios das besondere Verhältnis der Epizykel der unteren Planeten zur Sonne erstaunlicherweise anscheinend eher als Zufälligkeit. Er nimmt eine gemeinsame Achse Erde – Sonne – Epizykelmittelpunkt der Venus – Epizykelmittelpunkt des Merkurs an und zieht daraus keine weiteren Schlüsse. Der Beschreibung der Sonderstellung der unteren Planeten im Lauf der Astronomiegeschichte im Einzelnen nachzugehen, wäre eine eigene Forschungsarbeit.

Zwischen dem Hybridmodell und dem heliozentrischen Modell fehlt nun noch ein Zwischenschritt, denn der geometrische Zusammenhang von Geozentrität mit Heliozentrität ist nicht auf den ersten Blick ersichtlich und kann an dieser Stelle nicht näher ausgeführt werden. Nur so viel soll hier kurz gesagt sein, dass der Radius Epizykelmittelpunkt-Planet für jeden Planeten parallel zum Radius Sonne-Erde ist, was die scheinbare Epizykelbewegung als ein Abbild der Bewegung der Erde um die Sonne

erkennen lässt. Das die Lücke schließende Übergangsmodell ist ein heliozentrisch-geostationäres, in dem alle Planeten außer der Erde um die ihrerseits die Erde umrundende Sonne kreisen (Abb. 8; vgl. Fuchs, 1975, 140). Dieses ägyptische System, so genannt nach dem in Alexandria tätigen Aristarch von Samos (~310~250 v. Chr.), möglicherweise jedoch schon auf Herakleides Pontikos (4. Jahrhundert v. Chr.) zurückgehend (Hoppe, 1911, 184), beeinflusst Kopernikus (1473-1543) und wird noch von Tycho Brahe (1546-1601), dem Lehrer Keplers (1571-1630) in Prag, verwendet. Aristarch behandelt die oberen Planeten wie die unteren, d.h. er überträgt das heliozentrische Bewegungsmodell der unteren auf die oberen und kommt damit einen entscheidenden Schritt weiter als Ptolemaios, der die unteren Planeten wie die oberen, also geozentrisch, beschreibt. Vielleicht kennt Aristarch sogar ein heliozentrisch-heliostationäres Weltbild (Hoppe, 1911, 249-250), das aber erst Kopernikus (noch Kreisbahnen) und Kepler (Ellipsenbahnen) wissenschaftshistorisch nachhaltig entwerfen.

Es ist an dieser Stelle nicht möglich, den Vorstellungen über das Sonnensystem im antiken Griechenland im Einzelnen nachzugehen. Da viele Originalquellen verloren sind und man auf Sekundärüberlieferungen anderer Autoren angewiesen ist, gestaltet es sich äußerst schwierig zu ermitteln, welcher Mathematiker und Astronom welches Modell nur als Hypothese diskutierte und welches er als seine Überzeugung vertrat. Im vorliegenden Kontext ist nur interessant und wichtig, dass die vorgestellten, im Mittelalter einander ablösenden Weltbilder (geozentrisch, untere Planeten heliozentrisch, heliozentrisch-geostationär, heliozentrisch-heliostationär) im antiken Griechenland bereits bekannt waren. Die Frage, warum vor diesem Hintergrund nur Ptolemaios die arabische Astronomie beeinflusst, kann hier eher aufgeworfen als beantwortet werden. Wahrscheinlich liegt es an der sehr guten Dokumentation in seinem *Almagest*, der zudem im frühen Mittelalter – im Vergleich zu anderen wohl damals schon verlorenen griechischen Quellen – gut verfügbar war.

4. Was Konrad nicht erwähnt

Im Folgenden geht es um drei Beispiele für mathematische Konzepte in der Astronomie, die Konrad nicht nennt, die aber in den *Canones al-Zarqalis* im Clm 13021 aus den 1160er Jahren schon einen wichtigen Stellenwert haben. Dazu will ich die schulmathematischen Hintergründe möglichst kurz halten und mich auf Anwendungen in der Astronomie konzentrieren.

Die ersten beiden Beispiele betreffen die Trigonometrie, also die Winkelfunktionen im Dreieck, das erste Sinus und Cosinus, das zweite Tangens und Cotangens; das dritte Beispiel diskutiert mit den Sonnentafeln den einfachsten Fall astronomischer Tafeln, die den täglichen Standort von Himmelskörpern vor dem Fixsternhintergrund erfassen.

4.1 Sinus und Cosinus

Der Ursprung der Sinusfunktion liegt in der Bestimmung der Seitenlänge regelmäßiger Vielecke in Abhängigkeit vom Umkreisradius;

jede Seite ist eine Sehne (*chorda, corda* < griech. *χορδή* ‚Darmsaite‘) des Umkreises (Schoy 1927, 1). Beim bekanntesten Fall, dem regelmäßigen Sechseck, ist die Seitenlänge ebenso groß wie der Umkreisradius selbst. Ausgehend davon wird die Sinusfunktion auf beliebige Winkel verallgemeinert und tabuliert. Heute wird der Sinus auf die Radiuslänge 1 normiert. Dann gilt, dass die Seitenlänge des regelmäßigen n -Ecks doppelt so groß ist wie der Sinus von $360^\circ/2n$ (Abb. 9).

Der Clm 13021 ist von seiner Vorlage teilweise ziemlich verständnislos und entstellt abgeschrieben. Bei der Erläuterungsgraphik für den Sinus (33r) greift man besser auf die *Figura inveniendi sinus kardagarum* (Cod. Basileensis F.II.7, 83v nach Curtze, 1900, 414) des Johannes de Muris / Jean de Meurs (~1300~1350) zurück. Auf Clm 13021, 33v steht eine etwas kryptische Sinustabelle, bei der einige Tabellenspalten in Richtung der Zeilenüberschriften, andere gegen diese Richtung gelesen werden müssen und die ich deshalb hier in modernisierter Form (Tabelle 2) wiedergebe; sie ist normiert auf die Radiuslänge 150. Curtze, 1900, 339 und 411 zitiert zwei vergleichbare Sinustabellen: Arzachel, *Canones* in Erfurt Cod. Ampl., fol. 394, 11 und Johannes de Liniis / Jean de Linières (-1355), *Canones Tabularum primi mobilis* in Cod. Basileensis F.II.7, 60v.

Winkel (heute)	Sinus (heute)	numerus kardagae	numerus kardagae (oberer Rand)	sinus rectus alicuius arcus partialis	sinus rectus (kumuliert)	sinus versus alicuius arcus partialis	sinus versus = $1 - \cos\alpha$ (kumul.) (ergänzt)	sinvers $(90^\circ - \alpha) = 1 - \sin\alpha$ (ergänzt)
0°	0		0		0		0	150
		1		39		5		
15°			1		39		5	111
		2		36		15		
30°	½		2		75		20	75
		3		31		24		
45°	½√2		3		106		44	44
		4		24		31		
60°	½√3		4		130		75	20
		5		15		36		
75°			5		145		111	5
		6		5		39		
90°	1		6		150		150	0

Tabelle 2: Sinus und Sinus versus in 15°-Schritten (*kardagae*)

In der Tabelle des Clm 13021 und der mittelalterlichen Trigonometrie allgemein werden u.a. folgende Termini verwendet: *sinus rectus* (Sinus), *sinus versus* (1 – Cosinus), *kardaga* (15°, die scheinbare Rotation des Fixsternhimmels in einer Stunde als Reflex der Erdrotation), *signum* (30° = 360°/12, die Ausdehnung eines Sternzeichens, wovon es 12 gibt, im

Tierkreis (360°)). Die *declinatio* (die Höhe eines Himmelskörpers über einer Bezugsebene, heute der Himmelsäquatorebene) ist wiederum eine Sinusfunktion, normiert auf die Radiuslänge 1440. Sehr gute Definitionen dieser Terminologie zitiert Curtze, 1900, 354-355 aus einem Anonymus in Clm 234, 83r (Ende des 13. Jahrhunderts).

Eine sehr nützliche Anwendung des Sinus in der Astronomie nennt Curtze, 1900, 367 aus dem gleichen Anonymus in Clm 234, 93r. Ziel ist, die aktuelle Uhrzeit aus der Mittagshöhe der Sonne (*altitudo mediae diei*) und der aktuellen Höhe der Sonne (*altitudo praesens*) zu bestimmen. Dass man dazu auch die geographische Breite braucht, die gleich der Polhöhe, also der im Winkelmaß angegebenen Höhe des Himmelsnordpols über der Horizontebene, ist, verschweigt die Quelle. Die Rechnung, deren Details ich hier ausklammere, gelingt durch Rückführung auf die Situation an den Äquinoktien, der Tag-und-Nacht-Gleiche, nämlich auf die halbe Sonnenbahn (*medietas aequinoctialis*) und den Sonnenbahnbogen zum aktuellen Zeitpunkt (*portio aequinoctialis*), und anschließende Rücksubstitution.

4.2 Tangens und Cotangens

Die primäre Motivation für die Winkelfunktionen Tangens und Cotangens in der Astronomie liegt in der Bestimmung des Winkels der aktuellen Höhe der Sonne über der Horizontebene durch Messung einer waagrechten oder senkrechten Schattenlänge. Dazu verwendet schon al-Zarqali einen vertikalen bzw. horizontalen Stab normierter Länge, der seinen Schatten auf eine horizontale bzw. vertikale Fläche wirft. Die horizontale *umbra recta* ist der Cotangens des gesuchten Winkels, die vertikale *umbra versa* der Tangens (Abb. 10; vgl. Gericke, 1993, Teil 2, 96-97). In heutiger Sprache würde man sagen: Die Länge des Stabes ist der Kreisradius, die Stabspitze ist der Kreismittelpunkt. Den gesuchten Winkel erhält man durch Anwendung der Umkehrfunktionen Arcuscotangens bzw. Arcustangens.

Im Hinblick auf die Trigonometrie kann man wieder einen Blick auf den europäischen Kontext werfen. Um 1231 übersetzt und bearbeitet Wilhelmus Anglicus (oder Marsiliensis) die *Tabulae Toletanae* des al-Zarqali und macht sie so besser bekannt (Bond, 1921, 316). Führende europäische Wissenschaftler greifen die darin entwickelte Idee der Winkelfunktionen auf und verfassen zu Beginn des 14. Jahrhunderts erste eigenständige Werke zur Trigonometrie:

- John Mauduith (~1310), Oxford: *Parvus tractatus*
- Richard Wallingford (1292-1335), Oxford: *Quadripartitum de sinibus demonstratis*
- Levi ben Gerson (1288-1344), Orange und Avignon: *De sinibus, chordis et arcibus* (1343)
- Jean de Meurs / Johannes de Muris (~1300-~1350), Paris: *Figura inveniendi sinus kardagarum*

In der Entstehungszeit der *Deutschen Sphära* wäre dieses Wissen daher an einigen europäischen Universitäten grundsätzlich schon verfügbar,

aber vermutlich ist die Verbreitungsgeschwindigkeit so gering und die Zugänglichkeit so auf die Orte seiner Entstehung begrenzt, dass es Konrad wohl gar nicht bekannt ist.

4.3 Astronomische Tafeln

Astronomische Tafeln – wie die *Tabulae Toletanae* des al-Zarqali aus dem 11. Jahrhundert im Clm 13021 – dienen dazu, die Orte beweglicher Gestirne für jeden Tag zu beschreiben. Dafür braucht man eine Möglichkeit, Positionen am kugelförmigen Fixsternhimmel zu bestimmen, man braucht ein Referenzsystem, als das ein sphärisches Koordinatensystem dient. Al-Zarqali verwendet Ekliptikalkoordinaten. Die Ekliptik ist die Ebene der Bahn der Erde um die Sonne; auf den Fixsternhimmel projiziert läuft sie als Kreislinie, auf der sich die Sonne im Jahreslauf bewegt, durch den Tierkreis. Es gibt zwei Ekliptikalkoordinatenwerte: Die ekliptikale Breite gibt den Winkelabstand einer Position über oder unter der Ekliptik an, die ekliptikale Länge den Winkelabstand vom Frühlingspunkt; das ist derjenige der beiden Schnittpunkte des Ekliptikkreises mit dem Himmelsäquator (der Projektion des Erdäquators an den Fixsternhimmel), an dem die Sonne zu Frühlingsanfang über die Ekliptik steigt. Die Äquatorialebene ist gegen die Ekliptik um $23,5^\circ$ (die Neigung der Erdachse) geneigt.

Als einfachstes Beispiel der Beschreibung von Gestirnspositionen seien hier die Sonnentafeln vorgestellt; am einfachsten deswegen, weil sich die Sonne immer in der Ekliptik bewegt, also stets die ekliptikale Breite null hat, und ihre Bewegung ohne Epizykel allein mit dem Exzentermodell (vgl. Abschnitt 3) erfasst werden kann. Dieses Modell besagt, dass sich die Sonne gleichförmig auf einem Kreis bewegt, die Erde sich aber nicht in dessen Mittelpunkt befindet (Abb. 4; *Deutsche Sphära*, Cgm 156, 28r nach Brévert, 1980a, 161).

Zur Beschreibung der Sonnenbewegung aus Sicht der Erde gibt es daher zwei verschiedene Tabellen mit lateinischen und arabischen Benennungen. Die erste tabuliert zeitabhängig die gleichförmige ‚mittlere‘ Kreisbewegung (*medialitas solis*, *medius cursus solis*, *medius motus solis*, *el-wazat*), die zweite winkelabhängig die Korrektur- oder Ausgleichswerte (*aequatio solis*, *examen*, *tadil*), die sich durch die Lage der Erde außerhalb des Kreismittelpunkts der ‚mittleren‘ Bewegung ergeben.

Als mathematische Formelbuchstaben für die Variablen in den beiden Tabellen greifen auch neuere Autoren (z.B. Poulle, 1996) immer noch zurück auf die Definitionen zu den ähnlichen *Alfonsinischen Tafeln* (1262-1272) aus der Dissertation Alfred Wegeners, des späteren Entdeckers der Kontinentalverschiebung (Wegener, 1905a).

Diese beiden Tabellen finden sich auch im Clm 13021 auf 34r-35r. Im Detail tabuliert die erste Tabelle in drei Teilen die monatliche Tageszahl (*numerus dierum* 1-30), die tägliche Stundenzahl (*numerus horarum* 1-24) sowie die stündliche Minutenzahl (*numerus minutorum* 1-60) und dazu jeweils die mittlere Sonnenbewegung μ im Winkelmaß (*medius cursus solis ad dies mensium* angegeben in *signa* (30°), *gradus*, *minuta* und *secunda*). Pro Tag wird mit einem konstanten Winkel von $59' 8''$ gerechnet.

Der Wert μ , vermindert um den präzessionsabhängigen Winkelabstand ω (*sublimatio, aux propria*) zwischen Frühlingspunkt und Apogäum – in Abb. 11 (vgl. Wegener, 1905a, Fig. 1) ist ω der Einfachheit halber null gesetzt –, heißt Argument γ (*argumentum, el-heza*). Dieses γ setzt man in die zweite Tabelle ein, wo es an erster Stelle als *tabula numeri* neben den Ausgleichswerten x der Sonne (*equatio solis* angegeben in *gradus, minuta* und *secunda*) tabuliert ist. Aus Symmetriegründen – und das nützt die Tabellendarstellung aus – erhält man mit beliebigem Winkel α bei $\gamma = 180^\circ - \alpha$ und bei $\gamma = 180^\circ + \alpha$ den gleichen Wert für x . Dabei wird x minimal ($0^\circ 0' 0''$) für $\gamma = 180^\circ$ (6 *signa*, 0°) und maximal ($1^\circ 59' 10''$) für $\gamma = 90^\circ$ (3 *signa*), Letzteres in der Handschrift um $1'$ verschoben.

Die ekliptikale Länge der Sonne an einem bestimmten Tag ergibt sich dann als $l = \mu + x$.

Die Beschreibung der Bewegung der Planeten, die ja nicht genau in der Ekliptik liegen und das Epizykelmodell erfordern, sowie des Mondes, dessen Bahn insgesamt eine Kreiselbewegung mit einer Periode von 18,6 Jahren ausführt, gestaltet sich sehr komplex und verlangt den mittelalterlichen Astronomen viel Beobachtungsakribie und Modellierungsgeschick ab. All dies kann hier nicht nachgezeichnet werden. Nur zur maximalen Messgenauigkeit ohne Fernrohr sei bemerkt, dass bereits im antiken Griechenland $5'$ erreicht wurden. Damit man sich diesen zwölften Teil eines Winkelgrades am Himmel vorstellen kann, seien zwei Vergleichswerte genannt. Die Mondscheibe misst etwa $\frac{1}{2}^\circ$ ($= 30'$), die Faust mit Daumen am ausgestreckten Arm etwa 10° .

In Konrads *Deutscher Sphära* findet sich von den Beispielen in diesem Abschnitt nichts, obwohl die *Alfonsinischen Tafeln* 1327 in Paris eingeführt wurden (Gottschall, 2004, 54), also kurz vor Konrads Pariser Zeit in den Jahren von 1334 bis 1342.

5. Würdigung von Konrads *Sphära*

Am Ende dieses Beitrags steht man angesichts des Tagungsthemas vor der Frage, ob Konrads *Sphära* Enzyklopädiecharakter hat und ob Konrad selbst daher in Bezug auf die Astronomie als Enzyklopädist gelten kann. Nun ist – zumal aus heutiger Sicht – der Enzyklopädiebegriff alles andere als eindeutig. Solche Werke unterscheiden sich nach Adressaten und Substanz, Faktoren, die beide wiederum miteinander korrelieren: Die dabei mögliche Bandbreite reicht von einer thematisch umfassend angelegten, substantiell aber knappen Enzyklopädie über vielbändige, anspruchsvolle Enzyklopädien für den interessierten Laien von der Art einer *Encyclopaedia Britannica* bis hin zu ausführlichen, tiefgehenden Fachencyklopädien (nur über ein spezielles Fach) für ein Expertenpublikum.

Nach der Untersuchung in den Abschnitten 3 und 4 ist Konrads *Sphära* in diesem Spektrum sehr leicht zu verorten. Sie hat einerseits sehr anspruchsvollen Charakter, könnte also zu ihrer Zeit gut den Platz des Astronomieartikels in einer qualitativ sehr hoch stehenden Enzyklopädie einnehmen, ist aber andererseits von einer Fachencyklopädie der Astronomie um 1350 weit entfernt. Das zeigt sich gerade auch an der

Auswahl der Sprache: Ein Laienpublikum verlangt für die Wissensvermittlung seine jeweilige Volkssprache, ein Fachpublikum die Wissenschaftssprache Latein. Eine deutsche astronomische Fachzyklopädie zu Konrads Zeit wäre angesichts des gerade erst aufkeimenden Gedankens, Wissen auf dem Weg über Volkssprache und einfache, verständliche Darstellung besser zugänglich zu machen, völlig undenkbar.

Nun sind der Adressaten- bzw. Sprachaspekt und der Substanzaspekt der *Deutschen Sphära* detaillierter zu diskutieren. Konrad sagt dazu selbst nichts und zwingt daher zu Spekulationen. Im Gegensatz zu ihm erklärt sich dessen Zeitgenosse Nicole Oresme am Ende seines *Traité* sehr deutlich und nennt in seinem Kapitel 50 *De la fin de l'oeuvre* Zielsetzung und Abgrenzung seines Werks (McCarthy, 1943, und Myers, 1940, 82-84). Er wolle die Einteilung der Welt leicht verständlich – auch ohne Lehrer – für jedermann erklären, insbesondere für einen adligen Prinzen, soweit es diesem die Amtsgeschäfte erlaubten. Er gebe am Ende ein alphabetisches Verzeichnis der Fachausdrücke mit Nennung des ersten Vorkommens an die Hand, bei dem auch die Definition stehe. Eine Darstellung der Planetenbewegung und der Astrologie, deren zahlreiche Gefahren er verdeutlicht, führe ihm zu weit und sei auf Französisch schwer machbar. Es sei besser, darüber zu schweigen, als davon ohne Angabe der Gründe und Möglichkeiten dieses Wissens zu sprechen. Das bedeutet, dass der erklärte Astrologiefreund Oresme (Sarton, 1947/48, 1490) Planetentabellen eher zur Astrologie als zur Astronomie stellt. Oresme stand damit im Gegensatz zu seinem astrologiefreundlichen König Karl V. dem Weisen (1337-1380), der viele astrologische Bücher besaß (Sarton, 1947/48, 1490).

Auf Oresmes Ausführungen wird zweimal zurückzukommen sein. Doch nun zunächst zum Adressatenaspekt bei Konrad.

Warum, für wen und in welchem historischen Kontext schreibt Konrad seine *Sphära* auf Deutsch? Er tut es nicht für die Studenten, denn es „war unter Strafe verboten, den Unterricht in der Volkssprache zu halten“ (Gottschall, 2004, 86), auch nicht, um Deutsch als neue Wissenschaftssprache zu etablieren – in dieser Funktion steht Latein im 14. Jahrhundert auf sehr festen Beinen. Konrad will stattdessen einen Leserkreis erreichen, der Latein nicht versteht (*illitterati*), nämlich Mitglieder des Wiener Hofes und sonstige interessierte Laien. Dies eröffnet sich erst im Licht neuester Forschungen (Wolf, 2006). Sartons etwas polemische Bemerkung „Germans interested in astronomy preferred to read the *Sphaera* in Latin, and the non-Latin speaking Germans were not interested in astronomy“ (Sarton, 1947/48, 819) hat keinen Bestand mehr. Im 14. Jahrhundert beginnt nämlich im Umfeld der Stephansschule und der 1365 von Erzherzog Rudolf IV. gegründeten Universität Wien eine reiche Produktion volkssprachlicher, wissenschaftlich orientierter Prosatexte, die sich inhaltlich von der Theologie ausgehend auf die anderen Fakultäten ausdehnen (ein wesentlicher Aspekt der Wiener Schule). Auftraggeber und Förderer ist der Wiener Hof. So lässt etwa der „repräsentative Charakter (Pergament, aufwendige Illumination)“ der beiden Handschriften des

anonymen *Puechleins von der Spera* „auf höfische Kreise als Auftraggeber schließen“ (Wolf, 2006, 270; vgl. die umfassende Diskussion auf 269-282). Als Parallele für höfische Auftraggeber im europäischen Kontext mag Oresme dienen. Seine französischen Aristoteles-Übersetzungen „were made at the request of Charles V“ (Sarton, 1947/48, 1493), und in seinem oben genannten Selbstzeugnis im *Traité* spricht er zu einem adligen Prinzen, sicher Karl als Dauphin, dessen Erzieher er war (Sarton 1947/48, 1486-1487).

Was bedeutet dieses Entstehungsumfeld der *Deutschen Sphära* für eine Beurteilung von Konrads Orientierung an einer einzigen Vorlage? Eine mögliche Erklärung der ziemlich sklavischen Beschränkung auf Sacroboscus damals über 100 Jahre alten *Tractatus* ohne Hinzuziehung von jüngeren Vergleichsquellen wäre nach den vorausgehenden Überlegungen zum intendierten Leserkreis, dass Konrad für interessierte Adlige am Wiener Hof eine nur geringfügig kommentierte Auftragsübersetzung einer etablierten und beliebten universitären Standard Einführung in die Astronomie anfertigt. Doch auch bei einer reinen Auftragsübersetzung hätte Konrad die Möglichkeit gehabt, seine Vorlage zu erweitern. Hält er tiefer liegende mathematische Aspekte der Astronomie für ungeeignet, in einem volkssprachlichen populärwissenschaftlichen Werk für den ‚interessierten Laien‘ angesprochen zu werden? Auch solche Konzepte können für diesen Zweck in verbal umschreibender Form aufbereitet werden. In Bezug auf elementargeometrische Fakten verlangt Konrad vom Leser an manchen Stellen durchaus eine Bereitschaft zu intensiver Auseinandersetzung mit den präsentierten Inhalten. Seine *Sphära* ist kein didaktisch aufbereitetes Lehrbuch im heutigen Sinn. Und doch geht Konrad über seine Vorlage nicht hinaus.

Ein möglicherweise spekulativer Gedanke ist, dass Konrad sich mit volkssprachlichen Auslassungen über wohl nicht nur von Oresme mit Astrologie assoziierten Planetentabellen nicht zu sehr in Widerspruch zu den antiastrologischen Tendenzen der Wiener Schule und der Wiener Artisten stellen wollte. Diese kann man dokumentiert sehen durch die Ernennung des aus Paris kommenden Philosophen, Logikers, Mathematikers und Naturwissenschaftlers Albert von Sachsen (1316-1390) zum ersten Rektor der neu gegründeten Universität und später etwa durch das *Flugblatt gegen den astrologischen Aberglauben* des Johannes von Gmunden. Dagegen war der Wiener Hof sehr astrologiefreundlich.

Der Substanzaspekt, zu dem nun zurückzukehren ist, wird noch eine weitere mögliche Antwort auf die Frage nach dem Grund für Konrads Beschränkung auf Sacrobosco liefern. Diesbezüglich werde ich auf den Gegensatz zwischen Kennen und Können sowie zwischen Interesse und Zeit eingehen. Ziel ist, eine Antwort darauf zu finden, ob Konrad in der Lage gewesen wäre, eine astronomische Fachzyklopädie zu schreiben.

Wie oben gesagt, will Konrad das mit seiner *Sphära* sicher nicht; dazu hätte er sich des Lateinischen bedienen müssen: „Scientifically minded Germans were prepared to read astronomy in Latin and unprepared, if not unwilling, to read it in their own dialect“ (Sarton, 1947/48, 118). Trotzdem

hätte er seine Vorlage ja um bestimmte neuere Erkenntnisse erweitern können. Warum tut er es nicht? Warum klammert er tiefer liegende mathematische Konzepte aus? Weil er sie nicht kennt? Ich halte es für unwahrscheinlich, dass er als akademischer Lehrer, der sich doch intensiv mit Astronomie befassen muss, bestimmte mathematisch-astronomische Inhalte, die sich seit dem späten 12. Jahrhundert in mitteleuropäischen Handschriften finden und zu Beginn des 14. Jahrhunderts an Universitäten nachweisbar sind, gar nicht kennt. Andererseits spielt auch die ohnehin relativ niedrige Verbreitungsgeschwindigkeit von neuem Wissen eine große Rolle. Welche astronomischen und mathematischen Texte Konrad wirklich bekannt waren, muss daher letztlich offen bleiben. Am wichtigsten erscheint mir jedoch, dass Kennen nicht Verstehen heißt und Letzteres gerade bei mathematischen Aussagen sehr viel Zeit verlangt. Dieser Gedanke wird unten weitergeführt.

Konnte Konrad angesichts seines sonstigen breiten Interessenspektrums die Astronomie in ihrem gesamten mathematischen Tiefgang erfassen? Dass er sich persönlich für die tiefer liegenden mathematischen Konzepte der Astronomie nicht interessierte, kann ich mir bei einem breit angelegten Forscher wie Konrad schlichtweg nicht vorstellen. Aber es verlangt schon einen ‚Fulltime-Astronomen‘, der über längere Zeiträume hinweg selbst systematisch Beobachtungen anstellt, sich diese Kenntnisse aus den Tabellenwerken arabischer Astronomen und den zugehörigen *Canones* zu erarbeiten, deren Darstellungen im 14. Jahrhundert nicht unbedingt als benutzerfreundlich und leicht lesbar gelten können – zu dieser Zeit befindet man sich schließlich noch mitten im Rezeptionsprozess. Es scheint mir, dass Konrad der dafür nötige Typ Astronom nicht ist. Dass er überhaupt systematische Himmelsbeobachtungen treibt, halte ich vor diesem Hintergrund für unwahrscheinlich. Um Zeit für seine sonstigen Interessen zu haben, muss er in der Astronomie eine Auswahl treffen. Er agiert als ‚populärwissenschaftlicher Universalist‘, bei dem Breite auf Kosten von Tiefe geht.

Konrad bewertet im *Buch der Natur* II,8 seine *Sphära* als ein weiterführendes Werk. Das könnte einerseits ein Hinweis darauf sein, dass er mit der *Sphära* an die Grenzen dessen stößt, was er in der Astronomie wirklich versteht. Andererseits zeigt er, nach Gottschalls Analyse der Prologe zu *Expositio* und *Questiones* zu urteilen (Gottschall, 2004, 61-63), auf jeden Fall astrologische Kenntnisse und – im Gegensatz zu Oresme – eine positive Einstellung zur Astrologie, was letztlich Fähigkeiten zum Umgang mit Planetentabellen voraussetzen würde. Aber auch hier ist der Unterschied zwischen Kennen und Können groß. Genauere Aufschlüsse dazu sind erst aus einer vollständigen Edition der beiden Werke und einer damit einhergehenden detaillierten Klärung von Konrads Verhältnis zur Astrologie zu erwarten.

In diesem Zusammenhang muss die Frage aufgeworfen werden, ob ein einziger Gelehrter des 14. Jahrhunderts überhaupt in der Lage gewesen wäre, jedes damalige Wissensgebiet in voller Breite und Tiefe sowie in gleicher Genauigkeit und Granularität zu beherrschen. Meiner Ansicht nach

ist das im 14. Jahrhundert in Handschriften insgesamt verfügbare Wissen dafür bereits zu umfangreich. Gerade die aufkommenden mathematischen Wissenschaften beanspruchen einen Forscher voll und ganz. Schon im späten Mittelalter dürfte es sich deshalb für jeden Einzelnen grundsätzlich als unmöglich erweisen, vielfacher Fachgelehrter zu sein. Umso mehr gilt dies für Konrad angesichts seiner offensichtlichen Favorisierung von Wissensbreite vor Wissenstiefe.

Wegen dieser Erwägungen zur Person Konrads im Besonderen und zum verfügbaren Wissensumfang im Allgemeinen komme ich zu dem Schluss, dass Konrad gar nicht in der Lage wäre, eine Fachzyklopädie zur Astronomie zu erstellen. Kennen und Verstehen bzw. Interesse und Zeit stehen im Gegensatz zueinander.

Die zweifelsohne anerkennenswerte wissenschaftliche Leistung Konrads in der Astronomie ist nur vor dem Hintergrund der in Abschnitt 2 erwähnten drei Jahrhunderte währenden Rezeptionsgeschichte angemessen zu bewerten und einzuordnen. In diesem Zeitraum steht er in der Astronomie sicher nicht an der vordersten Front akademischer Forschung, wenn man weitergehende Quellen betrachtet und ihn neben Forscher wie etwa Richard Wallingford und Jean de Meurs stellt. Mathematisch produktiv ist Konrad nämlich keineswegs. „Weder Originalgenie noch herausragende Intelligenz ist er einer der vielen akademischen Lehrer, die letztendlich das intellektuelle Leben im Europa des 14. Jahrhunderts tragen“ (Gottschall 2004, 72). Er arbeitet sich jedoch präzise und souverän in den für die damalige Zeit keineswegs einfachen *Tractatus* des Johannes von Sacrobosco ein, dessen detailgenaues Verständnis er mit meisterhaften deutschen Übersetzungen der lateinischen astronomischen Terminologie beweist, denen ein Fortbestand in der Volkssprache leider nicht beschieden war.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Geozentrisches Modell mit Planeten auf Schalen

Abb. 2: Geozentrisches Modell mit Planeten zwischen Schalen

Abb. 3: Epizykelmodell mit Deferent

Abb. 4: Exzentermodell

Abb. 5: Maximaler Winkelabstand der Venus von der Sonne

Abb. 6: Heliozentrische untere Planeten (nach Clm 13021, 31r)

Abb. 7: Heliozentrische untere Planeten in einem geozentrischen Modell

Abb. 8: Heliozentrisch-geostationäres ägyptisches System

Abb. 9: Seite des regelmäßigen Sechsecks $= 2 \sin 30^\circ = 1$

Abb. 10: Tangens (*umbra recta*) und Cotangens (*umbra versa*)

Abb. 11: Exzentrische Sonnenbahn als Grundlage von Sonnentafeln

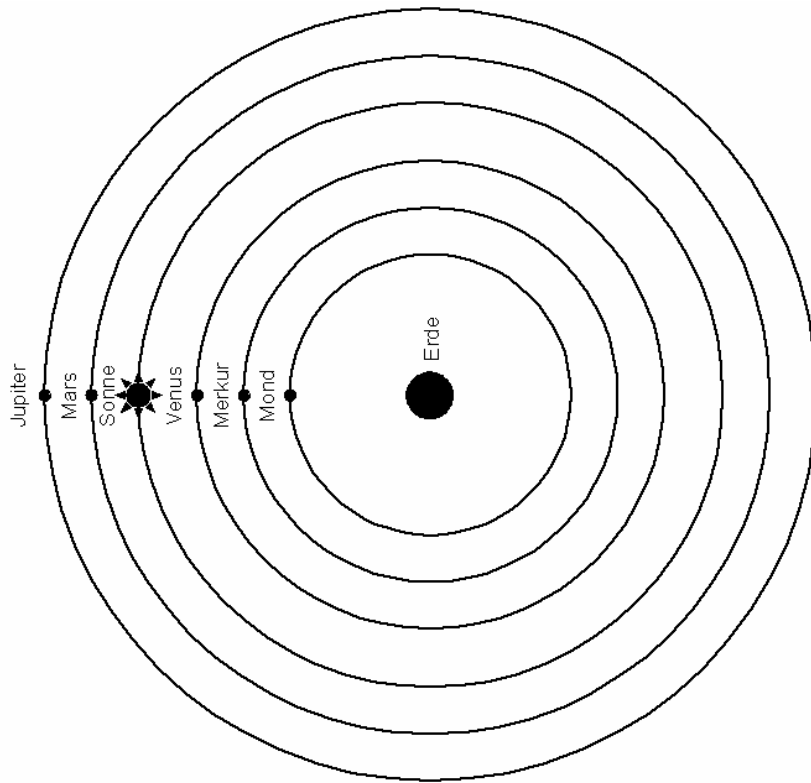


Abb. 1: Geozentrisches Modell mit Planeten auf Schalen

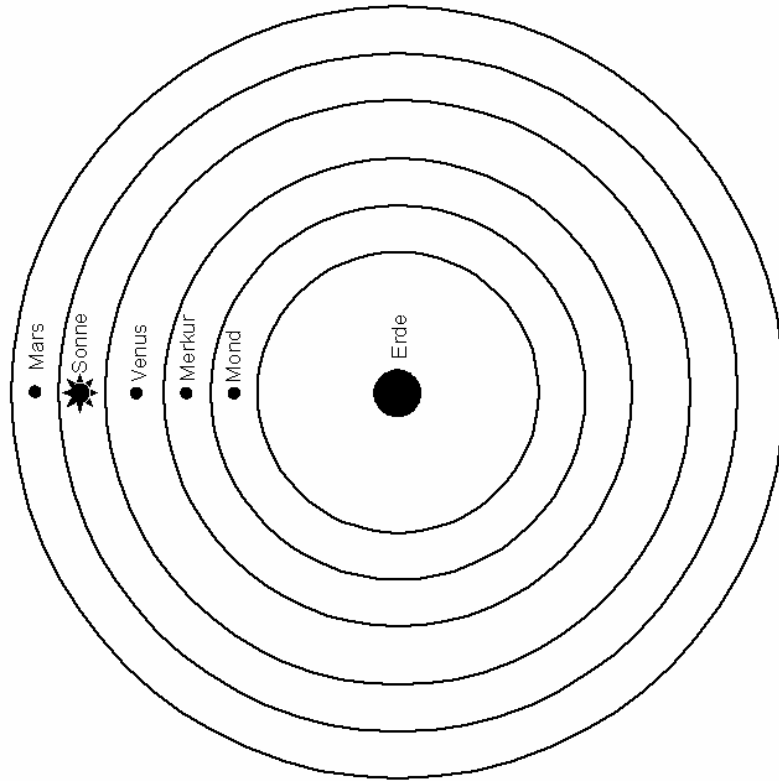


Abb. 2: Geozentrisches Modell mit Planeten zwischen Schalen

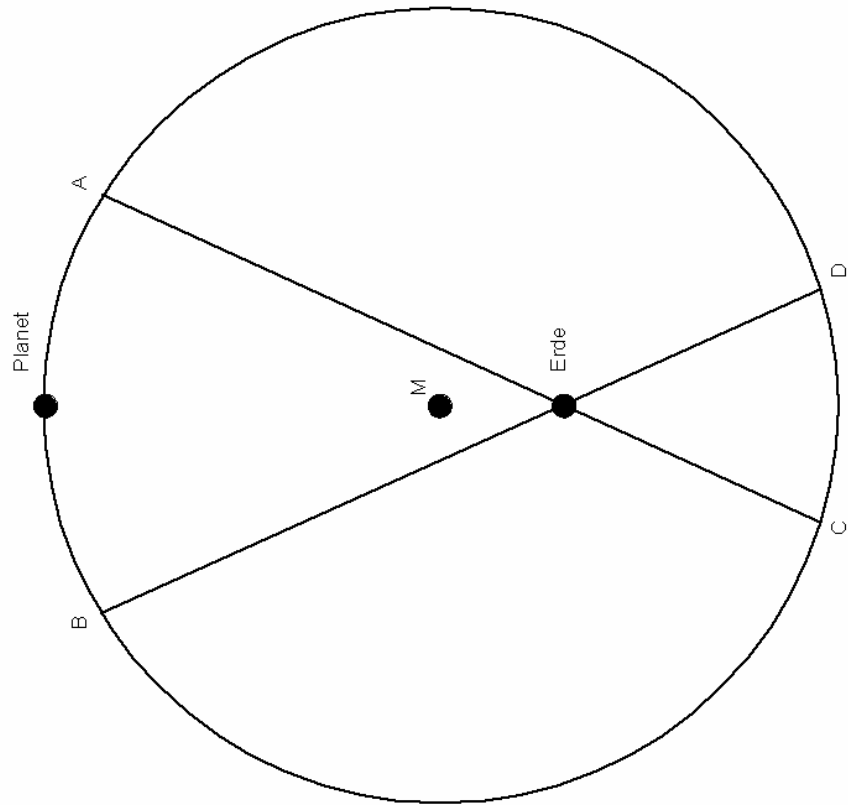


Abb. 4: Exzentermodell

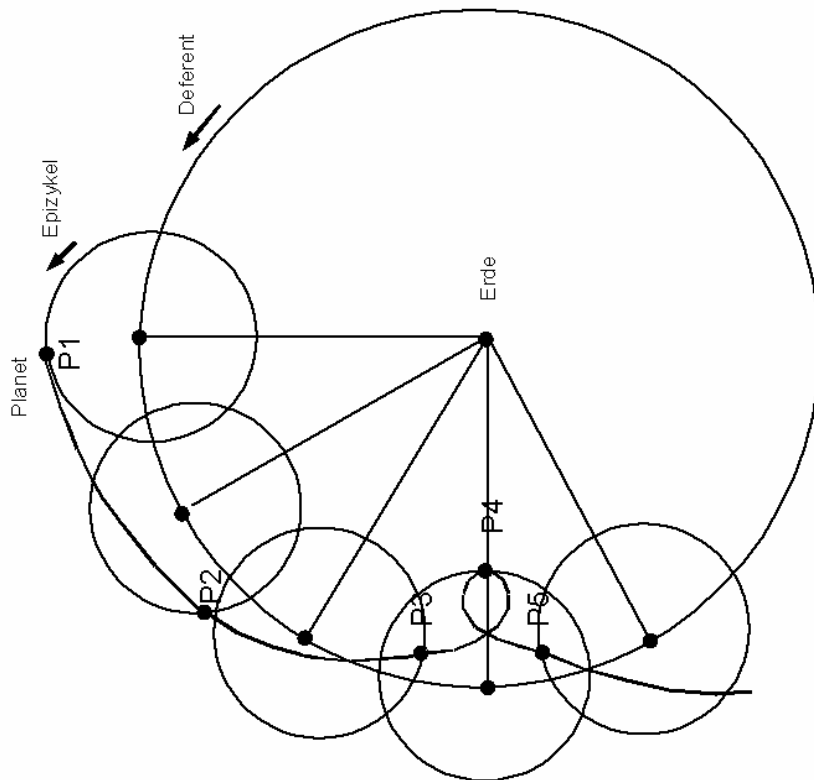


Abb. 3: Epizykelmodell mit Deferent

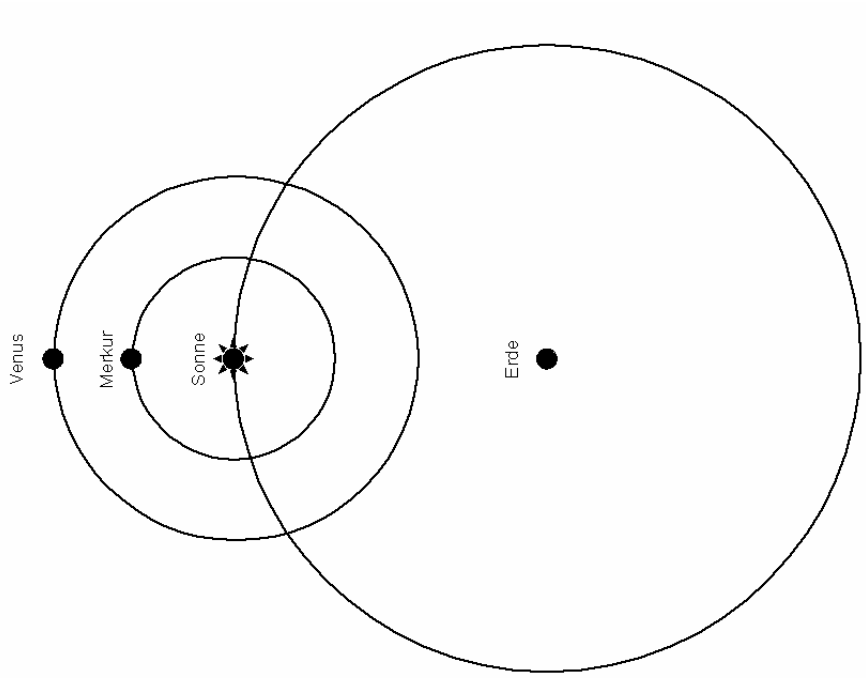


Abb. 6: Heliocentrische untere Planeten (nach Clm 13021, 31r)

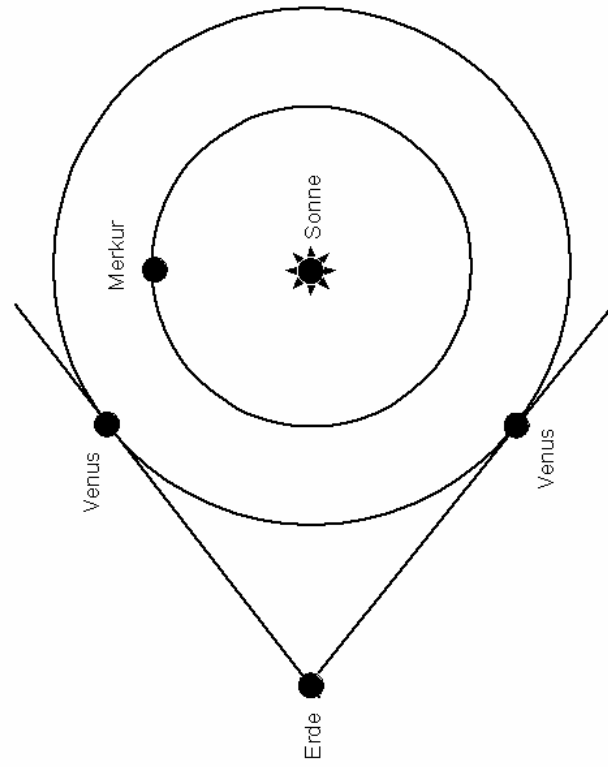


Abb. 5: Maximaler Winkelabstand der Venus von der Sonne

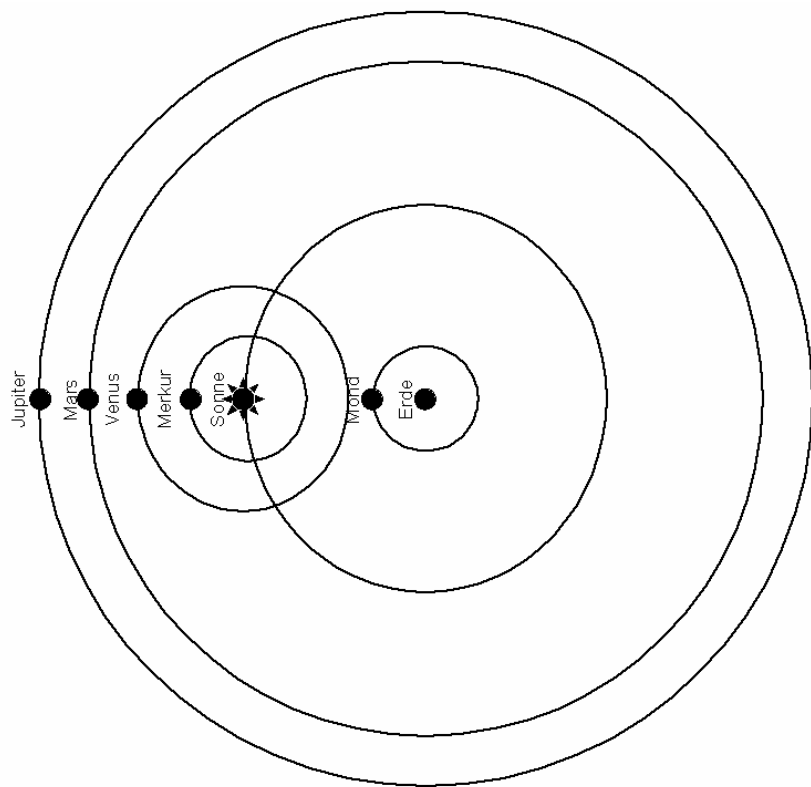


Abb. 7: Heliocentrische untere Planeten in einem geozentrischen Modell

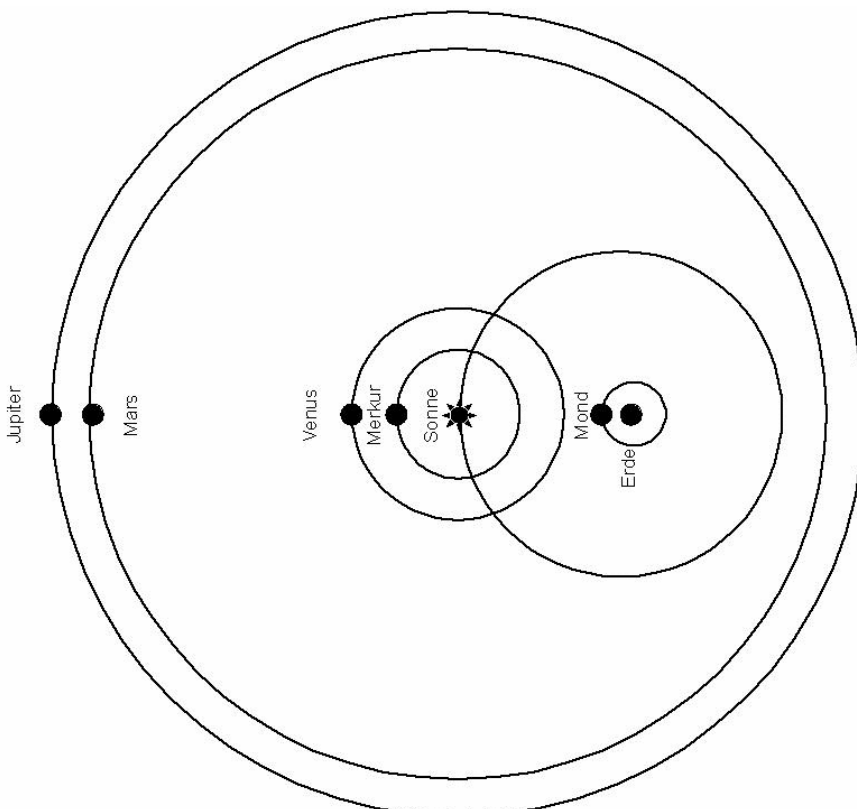


Abb. 8: Heliocentrisch-geostationäres ägyptisches System

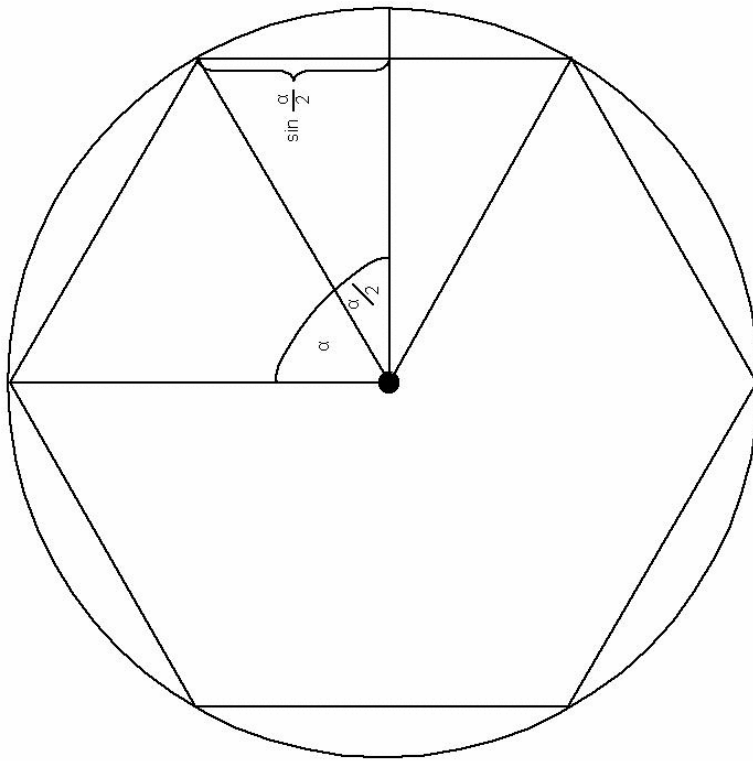


Abb. 9: Seite des regelmäßigen Sechsecks = $2 \sin 30^\circ = 1$

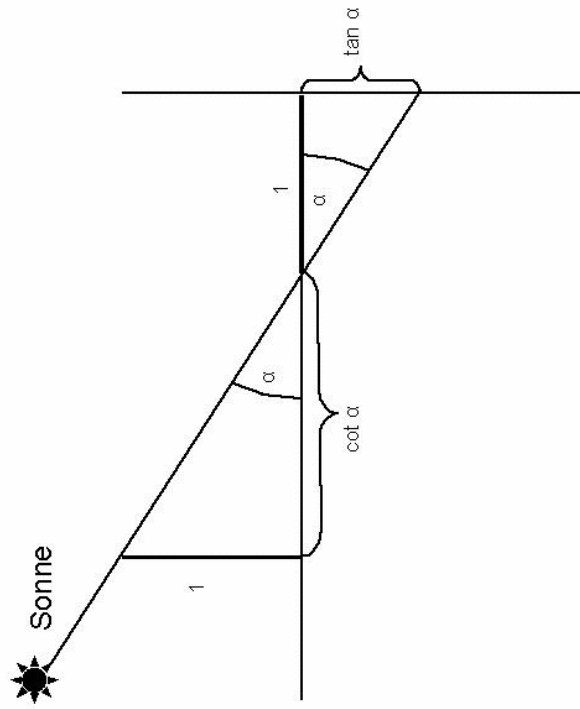


Abb. 10: Tangens (*umbra recta*) und Cotangens (*umbra versa*)

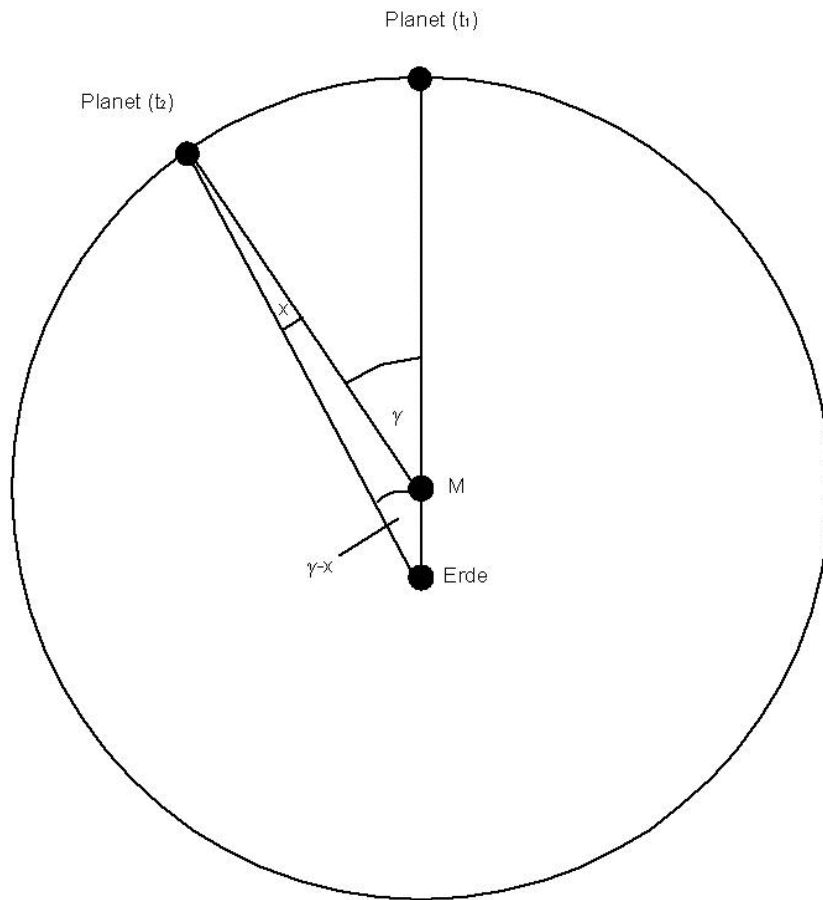


Abb. 11: Exzentrische Sonnenbahn als Grundlage von Sonnentafeln

Literaturverzeichnis

I. Quellen

Al-Khwarizmi: Liber ysagogarum Alchorismi, 4. Teil: Astronomie. Codex Monacensis Latinus 13021, 30r-31v (nicht ediert; Incipit: *Incipit liber quartus de temporibus et motibus. Haec hactenus de arithmetiis, musicis ac geometricis rationibus introducendis dixisse sufficiat. Haec autem de temporibus.*).

Al-Zarqali: Canones Arzachelis sive regulae super tabulas astronomiae (unvollständige Fassung). Codex Monacensis Latinus 13021, 31v-68v (nicht ediert; Incipit: *Quoniam cuiusque actionis quantitatem temporis spatium metitur caelestium motuum doctrinam quaerentibus eius primum ratione occurrit investiganda.*).

Allard, André: Le calcul indien: Algorismus. Histoire des textes, éd. crit., trad. et comm. des plus anciennes versions latines du 12e siècle issues de l'arithmétique d'al-Khwārizmī. Paris 1992.

Bischoff, Bernhard et al. (Hrsg.): Aratea. Kommentar zum Aratus des Germanicus Ms. Voss. Lat. Q. 79 Bibliothek der Rijksuniversiteit Leiden. Luzern 1989.

Brévart, Francis B. (Hrsg.) [1979a]: Das Puechlein von der Spera. Göppingen 1979 [= Litterae 68].

Brévart, Francis B. (Hrsg.) [1980a]: Konrad von Megenberg: Die Deutsche Sphaera. Tübingen 1980 [= Altdeutsche Textbibliothek [ATB] 90].

Brévart, Francis B. (Hrsg.); Konrad Heinfogel: Sphaera materialis. Text und Kommentar. Göppingen 1981 [= Göppinger Arbeiten zur Germanistik [GAG] 325].

Campani, Romeo (Hrsg.): Al-Fargani, Il libro dell'aggregazione delle stelle. Città di Castello 1910; ND Trento 2003.

Carmody, Francis James (Hrsg.): Al-Fargani, Differentiae scientiae astrorum. Berkeley CA 1943.

Curtze, Maximilian: Über eine Algorismus-Schrift des 12. Jh. Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik 8(1898) = Zeitschrift für Mathematik und Physik 42(1898) Suppl. 1-27.

Curtze, Maximilian: Urkunden zur Geschichte der Trigonometrie im christlichen Mittelalter. Bibliotheca Mathematica (Stockholm) Serie 3, 1(1900) 321-416.

Dick, Adolf (Hrsg.): Martianus Capella. Stuttgart 1969.

Matthaei, Otto (Hrsg.) [1912a]: Konrads von Megenberg Deutsche Sphaera aus der Münchner Handschrift. Berlin 1912 [= Deutsche Texte des Mittelalters 23].

McCarthy, Lilian: Maistre Nicole Oresme, Traité de l'espère. Critically edited. Diss. University of Toronto. Toronto 1943.

Millás Vallicrosa, José Maria: Estudios sobre Azerquiel. Madrid, Granada 1943-1950.

Myers, John Vernon: Maistre Nicole Oresme, Le traité de la sphère.

Prepared from the text of Ms. Français 1350, Bibliothèque Nationale, with variant notes and a critical introduction. Master thesis, Department of Romance Languages, Syracuse University. Syracuse NY 1940.

Nallino, Carlo Alfonso (Hrsg.): Al-Battani Opus astronomicum. Vol. 1 Milano 1903; Vol. 2 Milano 1907 [= Pubblicazioni del Reale Osservatorio de Brera N. XL]; ND Hildesheim 1977.

Regali, Mario: Commento al Somnium Scipionis. Pisa 1983, 1990.

Thorndike, Lynn: The Sphere of Sacrobosco and its commentators. Chicago 1949 (Reihe: Corpus of mediaeval scientific texts. Vol. 2).

Vogel, Kurt: Mohammed Ibn Musa Alchwarizmis Algorismus. Das früheste Lehrbuch zum Rechnen mit indischen Ziffern. Cambr.Un.Lib.Ms.Ii 6.5. Aalen 1963.

Zekl, Hans Günter: Martianus Capella, Die Hochzeit der Philologia mit Merkur (De nuptiis Philologiae et Mercurii). Würzburg 2005.

II. Sekundärliteratur

Arnold, Klaus: Konrad von Megenberg als Kommentator der Sphaera des Johannes von Sacrobosco. In: Dt. Archiv für Erforschung des Mittelalters [DA] 32(1976) 147-186.

Bond, John David: The development of trigonometrical methods down to the close of the XVth century. Isis (An international review devoted to the history of science and its cultural influences) 4(1921) 295-323.

Braunmühl, Anton von: Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie. 2 Bde. Bd. 1: Von den ältesten Zeiten bis zur Erfindung der Logarithmen. Bd. 2: Von der Erfindung der Logarithmen bis auf die Gegenwart. Leipzig 1900-1903.

Brévar, Francis, B. [1979b]: Eine neue deutsche Übersetzung der lateinischen ‚Sphaera mundi‘ des Johannes von Sacrobosco. In: ZfdA 108(1979) 57-65.

Brévar, Francis, B. [1980b]: Zur Überlieferungsgeschichte der ‚Deutschen Sphaera‘ Konrads. In: PBB 102(1980) 189-214.

Carmody, Francis James: Arabic astronomical and astrological sciences in Latin translation. A critical bibliography. Berkeley 1956.

Deschler, Jean-Paul: Die astronomische Terminologie Konrads von Megenberg. Ein Beitrag zur mittelalterlichen Fachprosa. Bern; Frankfurt 1977 [= Europäische Hochschulschriften, Reihe I, Bd. 171].

Diemer, Joseph: Konrads von Megenberg Übersetzung der Sphaera mundi. In: Diemer, Joseph: Kleine Beiträge zur älteren deutschen Sprache und Literatur. Sitzungsberichte der Österr. Akademie der Wiss. Phil.-hist. Klasse 7(1851), 73-90.

Folkerts, Menso: „Boethius“ Geometrie II, ein mathematisches Lehrbuch des Mittelalters. Wiesbaden 1970 (Reihe Boethius Bd. 9).

Fuchs, Walter R.: Bevor die Erde sich bewegte. Eine Weltgeschichte der Physik. Stuttgart 1975.

Gericke, Helmuth: Mathematik in Antike und Orient (Teil 1). Mathematik im Abendland von den römischen Feldmessern bis zu Descartes

- (Teil 2). Wiesbaden 2. Aufl. 1993 (Teil 1); Berlin 1. Aufl. 1984 (Teil 2).
- Gingerich, Owen [2006a]: Die islamische Periode der Astronomie. In: *Astronomie vor Galilei. Spektrum der Wissenschaft Dossier 4/2006*, 38-47.
- Gingerich, Owen [2006b]: Astronomie und Geografie an der Wende zur Neuzeit. In: *Astronomie vor Galilei. Spektrum der Wissenschaft Dossier 4/2006*, 70-76.
- Gottschall, Dagmar: Konrad von Megenbergs Buch von den natürlichen Dingen. Ein Dokument deutschsprachiger Albertus Magnus-Rezeption im 14. Jahrhundert. Leiden, Boston 2004 [= *Studien und Texte zur Geistesgeschichte des Mittelalters Bd. 83*].
- Herrmann, Joachim: dtv-Atlas zur Astronomie. München 9. Aufl. 1987.
- Hoppe, Edmund: *Mathematik und Astronomie im klassischen Altertum*. Heidelberg 1911 (ND Wiesbaden 1966).
- Jordanus-Datenbank. <http://jordanus.ign.uni-muenchen.de>.
- Mai, Paul (Hrsg.): Konrad von Megenberg. Regensburger Domherr, Dompfarrer und Gelehrter (1309-1374). Zum 700. Geburtstag. Ausstellung in der Bischöflichen Zentralbibliothek Regensburg. Regensburg 2009 [= *Bischöfliches Zentralarchiv und Bischöfliche Zentralbibliothek Regensburg, Kataloge und Schriften, Bd. 26*].
- Matthaei, Otto [1912b]: Konrads von Megenberg Deutsche Sphaera und die Übersetzungstechnik seiner beiden deutschen Prosawerke. *Gross-Lichterfelde 1912*.
- Mazal, Otto: *Geschichte der abendländischen Wissenschaft des Mittelalters. Bd. 2: Mathematik, Astronomie, Naturwissenschaften, Musikwissenschaft*. Darmstadt 2006.
- Pausch, Holger A.: Die naturwissenschaftliche Terminologie Konrads von Megenberg in der Deutschen Sphaera. *Studien zur Sprachlogik in der Vernacularliteratur des Mittelalters*. Diss. McGill University. Montréal 1971.
- Pouille, Emmanuel: *Astronomie planétaire au Moyen Âge latin*. Aldershot 1996 (Variorum Collected Studies Series).
- Saliba, George: Der schwierige Weg von Ptolemäus zu Kopernikus. In: *Astronomie vor Galilei. Spektrum der Wissenschaft Dossier 4/2006*, 54-61.
- Sambursky, Samuel: *Astronomie*. In: *dtv-Lexikon der Antike. Philosophie, Literatur, Wissenschaft, Bd. 1*. München 2. Aufl. 1970, 205-213.
- Sarton, George: *Introduction to the history of science. Vol. 2: From Rabbi Ben Ezra to Roger Bacon (Part 1: The twelfth century. Part 2: The thirteenth century)*. Baltimore 1931.
- Sarton, George: *Introduction to the history of science. Vol. 3: Science and learning in the fourteenth century (Part 1: First half of the fourteenth century. Part 2: Second half of the fourteenth century)*. Baltimore 1947 (Part 1), 1948 (Part 2).
- Schottenloher, Karl: Konrad Heinfogel. Ein Nürnberger Mathematiker aus dem Freundeskreis Albrecht Dürers. In: Fischer, Ludwig et al. (Hrsg.):

Beiträge zur Geschichte der Renaissance und Reformation [= Festschrift Joseph Schlecht]. München 1917, 300-310.

Schoy, Carl: Die trigonometrischen Lehren des persischen Astronomen al-Biruni dargestellt nach seinem Masudischen Kanon. Hannover 1927.

Strohmaier, Gotthard: Al-Biruni. In: *Astronomie vor Galilei*. Spektrum der Wissenschaft Dossier 4/2006, 22-29.

Wegener, Alfred [1905a]: Die alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners. Diss. Berlin 1905.

Wegener, Alfred [1905b]: Die astronomischen Werke Alfons X. In: *Bibliotheca Mathematica* (Stockholm) Serie 3, 6(1905) 129-185.

Wolf, Klaus: Hof – Universität – Laien. Literatur- und sprachgeschichtliche Untersuchungen zum deutschen Schrifttum der Wiener Schule des Spätmittelalters. Wiesbaden 2006 [= Wissensliteratur im Mittelalter. Schriften des SFB 226 Würzburg/Eichstätt Bd. 45].

Prof. Dr. Alfred Holl

Fakultät Informatik, Georg-Simon-Ohm-Hochschule Nürnberg
Alfred.Holl@ohm-hochschule.de

Dieser Aufsatz erschien in ähnlicher Form in:

Feistner, Edith (ed.): *Konrad von Megenberg (1309-1374): ein spätmittelalterlicher ‚Enzyklopädist‘ im europäischen Kontext*. Wiesbaden: Ludwig Reichert 2011 (= Jahrbuch der Oswald von Wolkenstein-Gesellschaft Bd. 18), S. 285-312.