

Die Rolle Antiochiens bei der Einführung der *scientia Arabum* in Westeuropa (11.-12. Jh.)

Dietrich Lohrmann

Die drei modernen Wissenschaften der Mathematik, Astronomie und Mechanik sind bis in unsere Zeit eng auf einander angewiesen. Sie waren es im arabischsprachigen Kulturbereich des Mittelalters noch stärker, so eng, das es schwer fällt, sie abzugrenzen. Viele Astronomen waren auch Mathematiker, die Mathematiker auch Astronomen, die Mechaniker als Uhren- und Instrumentenbauer zugleich auch Astronomen und Mathematiker.¹ Hinzu kommt, dass viele dieser Wissenschaftler – wie später auch im Westen – sich ihr Leben als Leibärzte oder Hofastrologen verdienten und nur ein in sich geschlossenes Bild von Naturwissenschaft kannten. Es liegt deshalb nahe, zunächst den Sammelbegriff für alles das zu nennen, was Europa von den Arabern, wie man sagte, „lernen konnte“. Das ist der Begriff der *scientia Arabum*, (Arabic Learning). Als Sammelbegriff erscheint er auch in den Quellen und hat sich noch lange bis in die Neuzeit gehalten, besonders in England. Für unsere Frage nach der Rezeption der arabischen Wissenschaft in Westeuropa taugt er besser als eine Auswahl von Einzelbereichen. Ich belasse es inhaltlich zwar im Wesentlichen bei Mathematik und Astronomie, was schon mehr als genug ist, weise aber darauf hin, dass die Wege, auf denen das arabische Wissen nach Europa gelangt ist, sich nur erforschen lassen, wenn man auch Mechanik, Medizin, Astrologie und Alchemie einbezieht. Die Europäer waren an diesen Dingen ebenso brennend interessiert wie am arabischen Weltbild und an der arabischen Rechenkunst.

I.

Geographisch betrachtet ergaben sich im Mittelalter Kontakte zur arabischen Wissenschaft vor allem in Spanien, in Süditalien/Sizilien und im Orient. Für Spanien und Süditalien liegen Forschungen von Charles H. Haskins, José M. Millás Vallicrosa, Juan Vernet und vielen anderen seit langem vor.² Unter den schönen Titeln *Astrolab und Klosterreform* sowie *Das mittelalterliche Zahlenkampfspiel* erzählte der jüngst verstorbene Arno Borst vor knapp zwei Jahrzehnten die Anfänge dieser Ge-

¹ Suter, Heinrich 1900, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke*, Leipzig; Sezgin, Fuat 1974, 1978, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 5 und 6, Leiden; Gericke, Helmuth 1984, *Mathematik in Antike und Orient*, Heidelberg, 261-269.

² Vgl. besonders Haskins, Charles H. 1927, *Studies in the History of Mediaeval Science*, 2. Aufl., Cambridge (Mass.); Vernet, Juan 1984, *Die spanisch-arabische Kultur in Orient und Okzident*, Zürich / München; Millás Vallicrosa, José M. 1949, *Estudios sobre historia de la ciencia española*, Barcelona.

schichte aus seiner Sicht ganz neu.³ Erneut führte er uns mit dem jungen Gerbert von Aurillac ab 965 nach Katalonien in den Grenzbereich der christlichen Welt zum Kalifat von Cordoba bzw. etwas später (11. Jh.) in das Königreich Zaragoza mit seiner reichen Kultur. Der weitere Weg der dort gewonnenen Astrolab-Studien westlicher Gelehrter⁴ verlief bis an die Loire zu Abbo von Fleury und Bischof Fulbert von Chartres. Er führte zu den Schülern Gerberts nach Reims und ins lotharingische Lüttich und erreichte nicht zuletzt das Kloster Reichenau am Bodensee, wo die Schriften Hermanns des Lahmen und die vielen arabischen Fachausdrücke aus dessen Schriften die Neugier von Borst in ganz besonderer Weise angestachelt haben. Diese Dinge sind also bekannt, sollten es zumindest sein.

Zum Stand der Mechanik in al-Andalus um das Jahr 1000 ist soeben erst ein sehr wichtiges Maschinenbuch herausgekommen. Es füllt in gewisser Weise die große Lücke in der technischen Literatur der muslimischen Welt, die sich aus dem weiten zeitlichen Abstand ergibt zwischen einerseits den längst bekannten hydrotechnischen Spezialstudien der Brüder Banū Mūsā um 850 oder der pseudoarchimedischen Schrift eines arabischen Autors über den Bau von Wasseruhren um 900 und andererseits den technischen Traktaten des al-Jazarī 1204. Der Autor des neu erschlossenen Maschinenbuches der Zeit um 1000, Ibn Khalaf al-Murādi aus Cordoba, variiert vor allem die Wasser- und Sonnenuhren in einem für die Zeit ungeahnten Ausmaß. Er überrascht aber auch mit mechanisch hervorgerufenen Bewegungssimulationen von Tieren und Menschen auf Drehscheiben und liefert technische Zeichnungen einer Qualität, die man bisher erst im 13. Jahrhundert für möglich hielt.⁵ Dieses Werk liefert eine Bestätigung dafür, dass die Mechanik in der muslimischen Welt schon seit dem 9. Jahrhundert als eigene Wissenschaft Geltung beanspruchte, einen Rang, den sie im mittelalterlichen Westen nie erreicht hat.⁶

³ Borst, Arno 1986, *Das mittelalterliche Zahlenkampfspiel*, (Supplemente zu den Sitzungsberichten der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Klasse, Bd. 5), Heidelberg; ders. 1989, *Astrolab und Klosterreform an der Jahrtausendwende*, (Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Klasse, Bd. 1), Heidelberg; Burnett, Charles 1998, „King Ptolemy and Alchandreus the Philosopher: The Earliest Texts on the Astrolabe and Arabic Astrology at Fleury, Micy and Chartres“, *Annals of Science* 55, 329-368, und Addendum, *Annals of Science* 57 (2000), 187; ders. 2004, „Abbon de Fleury, abaci doctor“, in: *Abbon de Fleury: Philosophie, science et comput autour de l'an MIL, actes des journées organisées par le Centre d'Histoire des Science et des Philosophies Arabes et Médiévales*, (Oriens – Occidens 6), Barbara Obrist, Hg., Paris, 129-39.

⁴ Vgl. dazu auch Stevens, Wesley M., Guy Beaujouan und A. J. Turner, Hg. 1995, „The Oldest Latin Astrolabe“, *Physis* 31,2, 574-581.

⁵ Ibn Khalaf al-Murādi 2008, *Kitāb al-asrār fī nataʾij al-afkār: The Book of Secrets in the Results of Ideas. Incredible Machines from 1000 Years Ago*, 3 Bde. und DVD-ROM, Massimiliano Lisa, Mario Taddei und Edoardo Zanon, Hg., Mailand; vgl. Hill, Donald R. 1977, „A Treatise on Machines by Ibn Muʾadh Abū ʿAbd Allāh al-Jayyānī“, *Journal for the History of Arabic Science* 1,1-2, 33-46; ders. 1984, *A History of Engineering in Classical and Medieval Times*, La Salle (Illinois), 203.

⁶ Al-Hassan, Ahmad Y. und Donald R. Hill 1986, *Islamic technology. An illustrated history*, Cambridge / Paris, 263f.

Gut erforscht und seit langem bekannt bei der Vermittlung arabischer Wissenschaft aus Spanien ins lateinische Europa ist dagegen die Mittlerrolle der jüdischen Gelehrten. Man weiß, dass die Hilfe jüdischer Übersetzer beim Zugang zu den in Toledo, Zaragoza und anderwärts in Spanien eroberten Bücherschätzen unentbehrlich war.⁷ Man weiß ferner, dass Juden und Mozaraber (christliche Araber) maßgebliche Unterstützung boten für berühmte christliche Übersetzer wie Robert von Chester, Hermann von Kärnten oder Gerhard von Cremona. Vielfach waren die jüdischen Übersetzer selbst Autoren bedeutender Werke. So etwa Abraham bar Hiyya ha-Nasi, arabisch genannt Ṣāhib ash-Shurṭa (Elder of the Royal Suite), wohl unter Bezug auf seine Stellung am Hof in Barcelona, woraus sich für die Lateiner die bequeme Kontraktion Savasorda ergab. Im Westen war er auch als Abraham Judaeus bekannt. Sein hebräischer Traktat *Hibbūr ha-meshiḥa we ha-tishboret* vermittelte zunächst den europäischen Juden die arabische Algebra und Trigonometrie, die Teilung geometrischer Figuren und vieles andere, was sie vor allem als Handelsmathematik gut gebrauchen konnten. 1145, im gleichen Jahr wie Robert von Chester seine Übersetzung von al-Khwarizmis Algebra, vollendete Plato von Tivoli die Übersetzung des *Hibbūr*, des *Liber embadorum*, wie dieses Werk des Savasorda fortan im Westen hieß. Das Jahr 1145 wurde damit zum Geburtsjahr der europäischen Algebra. Savasorda, so liest man im *Dictionary of Scientific Biography*, „provided a new cross-cultural bridge a thousand years after the *Mishna*. In his *Encyclopedia* there is the same teaching of both theory and practice, including not only the art of practical reckoning and business arithmetic but also the theory of numbers and geometric definition.“⁸ Der Autor dieser Zeilen, Martin Levey, bezeichnet Savasordas Enzyklopädie über das arabische Rechnen auch als „A Study in Early European Logistic“⁹, was zu vertiefen wäre.

Aus der gleichen Zeit und Region wie Savasorda stammt der jüdische Rabbi Moses Sephardi, Hofarzt König Alfons' I. von Aragon, der sich 1106 als 44-jähriger in Huesca taufen ließ. Berühmt ist sein Zwiegespräch zwischen einem

⁷ Zur intellektuellen Bedeutung von Zaragoza im 11. Jahrhundert vgl. die ausführliche neue Darstellung von Beech, George T. 2008, *The brief eminence and doomed fall of Islamic Saragossa. A great center of Jewish and Arabic learning in the Iberian Peninsula during the 11th century*, Zaragoza.

⁸ Levey, Martin 1981, Art. „Abraham bar Hiyya ha-Nasi“, in: *Dictionary of Scientific Biography*, Bd. 1-2, New York, 22f., hier 22, (Hervorhebung im Original).

⁹ Levey, Martin 1954, „Abraham Savasorda and his Algorism: A Study in Early European Logistic“, *Osiris* 11, 50-64; vgl. auch Curtze, Maximilian 1902, „Der Liber Embadorum des Abraham bar Chijja Savasorda in der Übersetzung des Plato von Tivoli“, *Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen* 12, 1-193; Gericke, Helmuth 1990, *Mathematik im Abendland. Von den römischen Feldmessern bis zu Descartes*, Berlin / Heidelberg, 84-87. Mathematik für Kaufleute bot auch der umfangreiche, in vier Handschriften überlieferte *Liber mahameleth*, die lateinische Fassung eines *Kitāb al-mu'āmalā*, das zwischen 1143 und 1153 in Kastilien entstand: Vlasschaert, Anne-Marie 2010, *Le liber mahameleth*. Édition critique et commentaires (Boethius 60),

Christen Petrus und einem Juden Moses, noch berühmter seine von Weisheit, Humor und Toleranz geprägte *Disciplina clericalis*. Den Literaturwissenschaftlern ist der Autor dieser köstlichen Geschichten als Petrus Alfonsi bekannt. Viel seltener weiß man, dass er auch eine entscheidende Rolle bei der Vermittlung der arabischen Astronomie gespielt hat. Wesentlich dafür zeugt zunächst sein 1116 veröffentlichter Brief *Universis peripateticis Franciae*. In ganz neuer Weise gewichtet er dort den traditionellen Kanon der Artes zugunsten der Astronomie und Medizin. Programmatisch setzt er Wahrheitsfindung gegen Autoritätsgläubigkeit und gründet sie vor allem auf Vernunft und Erfahrung.¹⁰ Millás Vallicrosa hebt hervor, wie sich in diesen Überzeugungen das starke Interesse an Mathematik seitens der noch muslimischen Hofkreise von Zaragoza am Ende des 11. Jahrhunderts widerspiegelt.¹¹ Petrus Alfonsi war also wohl zuerst Hofarzt in Zaragoza, dann Arzt im Dienst König Alfons' I. von Aragon in Barcelona und Huesca, schließlich sogar Hofarzt König Heinrichs I. von England. Dort in England, unterstützt von dem Prior Walcher von Malvern (Diözese Worcester), lieferte er eine lateinische Übersetzung der astronomischen Tafeln des al-Khwarizmi, die er aus Spanien mitgebracht hatte. Wahrscheinlich unterstützte er seinerseits Adelard von Bath bei dessen Übersetzungen aus dem Arabischen, worauf ich zurückkomme.

II.

All diese Autoren und Vorgänge der frühen Rezeption arabischer Wissenschaft aus Spanien sind nicht leicht zu überblicken, aber letzthin gut erforscht.¹² Ich gehe deshalb nicht näher auf sie ein und wende mich dem Bereich zu, der während der letzten 15-20 Jahre im Zentrum des internationalen Interesses stand. Es geht um die Frage, ob auch der Orient, die Kreuzfahrerstaaten, einen wesentlichen Beitrag zur Rezeption der arabischen Wissenschaft leisten konnten. Lange überwog hier die skeptische Einschätzung, abgesehen von den ohnehin schwer zu überwindenden Vorurteilen, dass die Araber nur Abschreiber der Griechen gewesen seien. Haskins brachte die ältere Auffassung in Bezug auf den Orient 1927 auf den Punkt: „The Crusaders were men of action rather than men of learning, and there

¹⁰ Millás Vallicrosa, José M. 1949; ders. 1943, „La aportación astronómica de Pedro Alfonso“, *Sefarad* 3,1, 65-105; Beech, George T. 2008, 125f. zur Astronomie des Ibn Bāija und einiger weniger bekannten Autoren in Zaragoza.

¹¹ Millás Vallicrosa, José M. 1948, *Tres polígrafos judaicos en la corte de los Tuhibíes de Zaragoza*, Barcelona.

¹² Vgl. u. a. Vernet 1984; Jayyusi, Salma Khadra, Hg. 1992, *The Legacy of Muslim Spain*, (Handbuch der Orientalistik 1,12), Leiden; Langermann, Yitzhak Tzvi 1999, *The Jews and the Sciences in the Middle Ages*, (Variorum Collected Studies Series 624), Aldershot / Brookfield; Samsó, Julio 1994, „The Exact Sciences in Al-Andalus“, in: *The Legacy of Muslim Spain*, Salma Khadra Jayyusi, Hg., 2. Aufl., Leiden, 952-972; ders. 2007, *Astronomy and Astrology in al-Andalus and the Maghrib*, (Variorum Collected Studies Series 887), Aldershot / Burlington.

was little occasion for western scholars to seek by long journeys to Syria that which they could find nearer home in Spain.“¹³ Dem haben viele zugestimmt, obwohl man das Argument des Krieges gegen die Ungläubigen als Ursache intellektueller Zurückhaltung genauso gut wie für den Orient auch für die spanische Reconquista hätte ins Feld führen können. Beachtung hätte ein Bericht des Damaszener Chronisten Ibn al-Qalānīsī über die Eroberung von Tripolis 1109 finden können. Der Chronist vermerkt, die christlichen Eroberer hätten in Tripolis zugegriffen auf die „Bücher des Hauses der Wissenschaft“. ¹⁴ Wissenschaft war im arabischen Emirat der Banū ‘Ammār noch sehr gepflegt worden. Was aus diesen erbeuteten Büchern geworden ist, wissen wir nicht. Möglicherweise sind sie nach Italien, Frankreich oder England verschleppt worden.

Wesentlich mehr als für Tripoli ist inzwischen für Antiochien bekannt. Die Stadt und ihr Herrschaftsbereich gelten heute als bedeutendes Zentrum des kulturellen Austausches zwischen der arabischen Welt und Westeuropa. Charles Burnett, auf dessen zahlreiche Arbeiten ich mich im Folgenden konzentrieren möchte, betont die multikulturelle Zusammensetzung der Bevölkerung Antiochiens: Griechen, Araber, seit 1098 auch Lateiner. Als Sprache dominierte das Arabische, als Religion das Christentum in seinen verschiedenen Ausprägungen.¹⁵

Frühestes Zeugnis für die kulturelle Ausstrahlung Antiochiens nach Europa ist die Reise des Adelard von Bath. Nach Studien in Frankreich (Tours, Laon) und Süditalien ließ Adelard um 1115 es sich nicht nehmen, auch den Orient aufzusuchen, um dort Arabisch zu lernen und die *scientia Arabum* kennenzulernen. 1120-1125 bei seiner Rückkehr nach England berichtet er seinem Neffen und antwortet

¹³ Haskins 1927, 130. Jankrift, Kay Peter 2007, *Europa und der Orient im Mittelalter*, Stuttgart, 97, spricht von einem zunächst „schmalen Rinnsal“ des Wissenschaftstransfers, der bald als breiter Strom in den lateinischen Herrschaftsraum Europas floss.

¹⁴ Gabrieli, Francesco 1973, *Die Kreuzzüge aus arabischer Sicht*, Zürich / München, 65, nach Ibn al-Qalānīsī (gest. 1160). Vgl. die Artikel „Dār al-‘ilm“ (Sourdel, D. 1965, in: *Encyclopédie de l'Islam*, nouv. ed., Bd. 2, Leiden, 130) und „Maktaba“ (Heffening, W. und J. D. Pearson 1991, in: *ibid.*, Bd. 6, 181-184); sowie Eche, Youssef 1967, *Les bibliothèques arabes publiques et semi-publiques en Mésopotamie, en Syrie et en Égypte au Moyen-Âge*, Damaskus.

¹⁵ Burnett, Charles 2000b, „Antioch as a link between Arabic and Latin culture“, in: *Occident et Proche-Orient. Contacts scientifiques au temps des Croisades. Actes du colloque de Louvain-la-Neuve, 24 et 25 mars 1997*, Isabelle Draelants, Anne Tihon und Baudouin van den Abeele, Hg., Turnhout, 1-78; Cahen, Claude 1940, *La Syrie du Nord à l'époque des croisades et la principauté franque d'Antioche*, Paris, 569; Mayer, Hans Eberhard 1993, *Varia Antiochena. Studien zum Kreuzfahrerfürstentum Antiochien im 12. und frühen 13. Jahrhundert*, (Monumenta Germaniae Historica, Studien und Texte 6), Hannover, 9; Lohrmann, Dietrich 2000, „Échanges techniques entre Orient et Occident au temps des Croisades“, in: *Occident et Proche-Orient. Contacts scientifiques au temps des Croisades. Actes du colloque de Louvain-la-Neuve, 24 et 25 mars 1997*, Isabelle Draelants, Anne Tihon und Baudouin van den Abeele, Hg., Turnhout, 117-143, hier 119ff.; Edgington, Susan B. 2006, „Antioch: Medieval City of Culture“, in: *East and West in the Medieval Eastern Mediterranean I: Antioch from the Byzantine Reconquest until the End of the Crusader Principality*, Krijnie N. Ciggaar und Michael Metcalf, Hg., Löwen / Paris / Dudley, 247-259.

auf dessen Fragen.¹⁶ Seine Kenntnis der arabischen Naturwissenschaft wirkt zu diesem Zeitpunkt noch wenig ausgeprägt. Ganz anders zeigt sie sich 30 Jahre später in seinem Werk über Astronomie (*De opere astrolapsus*), das er dem Prinzen Heinrich, dem künftigen König Heinrich II. von England, gewidmet hat. Der junge, erst 17-jährige Prinz, sagt Adelard im Vorwort, wünschte außer der Lehre der Lateiner auch die Meinungen der Araber kennen zu lernen, ihre Lehren über die Sphären und die Bewegungen der Planeten. Er, Adalhard, schreibe ihm deshalb, was er auf Arabisch über die Welt und ihre Teile erfahren habe.¹⁷

In der Zwischenzeit, zwischen 1120 und 1150, hat Adelard eine ganze Reihe von Übersetzungen aus dem Arabischen angefertigt. Ich zähle die wichtigsten kurz kommentierend auf:

1. Astronomische Tafeln des al-Khwarizmi, wobei die arabischen Fachausdrücke teilweise belassen sind und ganze Sätze noch Arabisch bleiben.¹⁸
2. Übersetzung von Euklids *Elementen* mit arabisch-lateinischen Äquivalenzen.¹⁹
3. Kurzfassung von Abū Maʿshar, *Große Einführung in die Astrologie* (die arabischen Handschriften, heute in England, stammen aus dem Mittleren Osten).²⁰
4. Teilübersetzung von Thabit b. Qurra, *Liber prestigiorum* (Buch über Talismane und Magie, zitiert unter anderen den Abū Maʿshar).²¹

Was Adelard ca. 1149 dem künftigen Heinrich II. in *De opere astrolapsus* schreibt, handelt vornehmlich von den Sphären und Planetenumläufen. Dies findet sich in Adelards übersetzten Werken nicht bzw. nur beiläufig. Woher stammt also Adelards Wissen von der ptolemäischen Astronomie und den Astrolabien?

Um diese Frage zu beantworten, lohnt sich die Beschäftigung mit einem weiteren Westeuropäer, Stephan von Pisa, der etwas später, um 1125-1127, aus den gleichen Motiven nach Antiochien reiste wie Adelard von Bath.²² Er blieb dort aller-

¹⁶ Adelard of Bath 1998, *Conversations with His Nephew: On the Same and the Different, Questions on Natural Science, and On Birds*, Charles Burnett et al., Hg. und Übers., Cambridge, 82: *aliquid Arabicorum studiorum novum me proponere exhortatus est*, und 90: *Arabum studia ego pro posse meo scrutarer*. Vgl. Burnett, Charles, Hg. 1987a, *Adelard of Bath: An English Scientist and Arabist of the Early Twelfth Century*, (Warburg Institute Surveys and Texts 14), London.

¹⁷ Adelard of Bath 1998, 83. Burnett, Charles 1997a, *The Introduction of Arabic Learning into England*, (The Panizzi Lectures 1996), London, 31.

¹⁸ Übersicht bei Haskins 1927, 22-30 Anm. 3, 5, 10, 11.

¹⁹ Dazu u. a. Busard, Hubert L. L. 1998, „Über den lateinischen Euklid im Mittelalter“, *Arabic Sciences and Philosophy* 8, 97-129; Folkerts, Menso 2006, *The Development of Mathematics in Medieval Europe*, (Variorum Collected Studies Series 811), Aldershot, Art. III: „Euclid in Medieval Europe“. Burnett 1997a, 42: „the Arabic terms are written both in the margin and over the Latin translations“.

²⁰ Vgl. Abū Maʿshar 1994, *The Abbreviation of the Introduction to Astrology. Together with the medieval Latin translation of Adelard of Bath*, Charles Burnett, Keiji Yamamoto und Michio Yano, Hg. und Übers., Leiden / New York / Köln.

²¹ Auch hierzu notiert Burnett 1997a, 41: „additions of whole sentences in Arabic“.

²² Burnett 2000b, 8 Anm. 25, nach ms. Erfurt Amplon. O 62 f. 50r: *Stephanon autem quidam Pisanus ad illas partes ivit et linguam illam addiscens eam ex toto transtulit, quae nunc Practica*

dings viel länger, erhielt eine Pfründe als Thesaurar und bewohnte ein Haus in der Pfarrei St. Salvator, die im Pisanischen Viertel Antiochiens lag. Bekannt ist seit langem seine Übersetzung eines Buches der gesamten medizinischen Kunst, des *Kitāb al-malakī* des ʿAlī b. al-ʿAbbās (10. Jh.), gedruckt 1492 in Venedig und 1523 in Lyon. Jedes der 20 Bücher dieses Werkes hat eine Vorrede des Übersetzers Stephan von Pisa erhalten.²³ Burnett vergleicht seine Vorreden mit denen einer stark arabisch geprägten Zusammenfassung der ptolemäischen Astronomie und kommt zu dem Schluss, dass Stephanus Antiochenus, der Übersetzer des *Liber regalis*, identisch sein muss mit Stephanus philosophus, dem Autor des *Liber Mamonis in astronomia*.²⁴ Identisch sei insbesondere das sehr eigentümliche Zahlensystem, das sich zusammensetzt aus römischen, alpha-numerischen und hindu-arabischen Elementen. Identisch seien ferner Teile der Phraseologie und des Vokabulars, sehr ähnlich die Form der ausgeprägten Kritik an früheren Autoren und nicht zuletzt das starke Interesse an der Naturphilosophie allgemein.

Stephans *Liber Mamonis* kritisiert in der Vorrede zum Buch II energisch die bei den Lateinern noch dominierende Astronomie des Macrobius. Dieser Macrobius (5. Jh.) entwickle völlig irrig und dunkle Vorstellungen. Er sei zwar guten Willens, habe aber nichts verstanden und nichts gewusst, sei immerhin unter allen übrigen Autoren noch der reichhaltigste, deshalb müsse er, Stephan, ihn namentlich angreifen. Nur an einer Stelle erscheint im *Liber Mamonis* der Name des Ptolemäus: *Ptolomeus in sua Sinthasi*. Sein Name verbindet sich so mit dem ursprünglichen Titel des großen Werkes, das die Araber *Almagest* nannten. Wenn Stephan dann im vierten Buch zu den Planetensphären kommt, präzisiert er, schon in den vorausgehenden anderen Büchern sei er vielfach (*plurimum*) einem gewissen Araber gefolgt, jetzt werde er diesem noch stärker (*permultum*) folgen.

Der *Liber Mamonis*, um den es hier geht, bietet um 1140 die früheste westliche Darstellung ptolemäischer Astronomie in arabischer Überarbeitung. Welchem arabischen Astronomen der Autor folgt, wird leider nicht verraten und auch von Burnett nicht angesprochen. Man könnte an al-Battānī *De motu stellarum* denken (9. Jh.), denn dieses Handbuch bot bereits zahlreiche Verbesserungen zum *Almagest* und es lag um 1140 bereits in einer etwas früheren Übersetzung des Plato von Tivoli vor. Plato von Tivoli wollte eigentlich den *Almagest* übersetzen, zog aber al-Battānī vor, da dessen Fassung die weitschweifige Darlegung des Ptolemeus knapp zusammenfasse (*Ptolemei prolixitatem compendiose coarctat*).²⁵

Pantegni et Stephanonis dicitur. Bei Manitius, Max 1931, *Geschichte der lateinischen Literatur des Mittelalters* III, München, erscheint Stephan von Pisa/Antiochien noch nicht.

²³ Burnett 2000b, 6 und 20-40 (Text und Übersetzung); vgl. Haskins 1927, 131-135.

²⁴ Burnett 2000b, 10: *Liber Mamonis in astronomia a Stephano philosopho translatus*; Text der Praefationes, ebd. 40-59, mit englischer Übersetzung.

²⁵ Steinschneider, Moritz 1956, *Die europäischen Übersetzungen aus dem Arabischen bis Mitte des 17. Jahrhunderts*, unveränd. photomech. Nachdr., Graz, 64; Sezgin, Fuat 1971, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 4, Leiden, 182-187.

Eine andere Fassung scheint Stephans *Liber Mamonis* noch näher zu stehen. Gemeint ist hier der sogenannte *Dresden-Almagest*, eine Übersetzung der ersten vier Bücher von Ptolemäus' „großer Zusammenfassung“. Diese frühe Übersetzung zeigt ebenfalls das charakteristische komposite Zahlensystem, das Burnett in den Werken des Stephanus Antiochenus nachweist. Werke dieser Art könnte auch Adelard von Bath gekannt haben. Sie wären vor 1150 die Quelle seines Astrolab-Traktates (*De opere astrolapsus*) für den jungen Herzog Heinrich geworden, den späteren Heinrich II., König von England.²⁶ Das nötige Zwischenglied zwischen Antiochien und dem fernen Bath fehlt allerdings noch.

Dieses Zwischenglied könnten Werke des vielgereisten jüdischen Gelehrten Abraham b. Ezra gewesen sein. Ibn Ezra reiste nach einem längeren Aufenthalt in Lucca und Pisa Mitte der 1140er Jahre über Béziers und Narbonne ins nordwestliche Frankreich (Dreux) und in die Normandie (Rouen).²⁷ In seinem Gepäck befand sich eine Planetentafel nach dem Meridian von Lucca. Danach schrieb Ibn Ezra einen *Tractatus magistri Habrabe de tabulis planetarum*, den zwei englische Handschriften des 12. Jahrhunderts überliefern (Cambridge Fitzwilliam und London Arundel). Beide enthalten auch den Astrolab-Traktat des Adelard von Bath.²⁸

Zusätzlich bringt Cambridge, ms. Fitzwilliam, den *Liber cursuum planetarum VII* des Raymund von Marseille, ein Werk ebenfalls aus den 1140er Jahren, das möglicherweise auch durch Vermittlung des Ibn Ezra in den anglo-normannischen Bereich gelangt ist und seinerseits zum Inhalt von Adelards Astrolab-Traktat für den Prinzen Heinrich beigetragen haben kann. Von diesem Werk gibt es eine besondere englische Fassung mit Anpassung an den Meridian von Hereford, die allerdings erst 1178 entstanden ist.²⁹ Auch sie bietet die östliche Form der indischen Zahlen. Zusätzlich liefert die Handschrift Arundel einen Schlüssel zum Vergleich der *figure Indice* und der *figure Toletane*, also der östlichen und der westlichen Form der arabischen Zahlen.³⁰ Eine solche Gegenüberstellung scheint selten zu sein.³¹

²⁶ Haskins 1927, 28f., hat den Text der Vorrede für den Prinzen Heinrich, den Burnett 1997a, 31, übersetzt.

²⁷ Burnett 1997a, 47-50.

²⁸ Gemeint sind die Handschriften Cambridge, Fitzwilliam Museum, McClean 165 f. 81-88 und London British Library, Arundel 377 f. 56r. Abbildungen bei Burnett 1997a, fig. 22, 23, 26. Bezogen auf die Breite von Ely, zeigt fig. 23 (Arundel 377 f. 56r) in der oberen Reihe *figure Toletane*, also die westliche Form der arabischen Zahlen, in der unteren Reihe dagegen *figure Indice*, die östliche Form. Die Planetentafel fig. 26 (Arundel 377 f. 87r, Version von 1178) hat ausschließlich arabische Zahlen in östlicher Form. Sie dominieren in den Planetentafeln auch anderwärts.

²⁹ Burnett 1997a, fig. 26.

³⁰ Burnett 1997a, fig. 23.

³¹ Kunitzsch, Paul 2003, „The Transmission of Hindu-Arabic Numerals Reconsidered“, in: *The Enterprise of Science in Islam. New Perspectives*, Jan P. Hogendijk und Abdelhamid I. Sabra, Hg., Cambridge (Mass.), 3-21, behandelt das Problem der west- und ostarabischen Formen für die indischen Zahlen noch als ungelöst. Vgl. Labarta Gomez, Ana und Carmen Barcelò Torres 1988, *Números y cifras en los documentos árabe hispanos*, Cordoba.

Wie immer nun der Weg dieser Planetentafeln und der Traktate bis zu ihrer Benutzung durch Adelard von Bath gelaufen sein mag, unabhängig davon enthalten die genannten Handschriften noch ein jüngeres westliches Werk zur Planetentheorie. Es ist das *Dragmaticon* des Wilhelm von Conches, ein direkter Hinweis auf jenen berühmten Lehrer der Schule von Chartres, der seinerseits an der Ausbildung des Prinzen Heinrich beteiligt war. Wilhelm von Conches vertrat noch nicht die ptolemäische Astronomie, sondern eher die vereinfachte lateinische Astronomie des Macrobius (5. Jh.). Da ist es nun entscheidend wichtig, dass wir uns erneut an Stephan von Antiochien erinnern. In dessen Vorwort zum Buch IV des *Liber Mamonis* zeigt sich, wie schon angesprochen, ein scharfer Gegensatz zwischen ptolemäisch-arabischer und macrobianischer Planetenlehre. Auf genau diesen Gegensatz aber zielt Adelard von Bath im Vorwort für den Prinzen Heinrich, wenn er sagt, der Prinz wolle nicht nur die Schriften der Lateiner verstehen, sondern ebenso auch die Sentenzen der Araber zur Astronomie, *super spera et circulis stellarumque motibus*.³²

III.

In dreierlei Hinsicht haben die hier stark zusammengefassten, teilweise ergänzten und auf unsere Fragestellung zugeschnittenen Ausführungen von Burnett Bedeutung für die allgemeine Wissenschaftsgeschichte: in Bezug auf den Zeitpunkt der frühen Rezeption, in Bezug auf die Übernahme der indo-arabischen Zahlen in Westeuropa und in Bezug auf die Rezeption der ptolemäisch-arabischen Astronomie in Antiochien³³.

Zeitlich liegen die Anfänge der Rezeption arabischer Naturwissenschaft im Orient, insbesondere in Antiochien, um mehrere Jahrzehnte vor den gemeinhin als entscheidend angesehenen Rezeptionszentren Spaniens und Süditaliens. Bei den Zahlzeichen gehen wir langläufig davon aus, das indo-arabische Zahlensystem habe erst ab 1200 durch die Werke des Mathematikers Fibonacci Aufnahme in Europa gefunden.³⁴ Andererseits wissen die Mathematikhistoriker, dass erste Spuren der Benutzung solcher Zahlen seit dem späten 10. Jahrhundert im Westen belegt und in Tafelwerken nicht selten sind (u. a. Gerbert). Entscheidend für die weitere Rezeption in der Mathematik ab etwa 1140 wurden nach Folkerts die Übersetzung der Schrift des al-Khwarizmi über das indische Rechnen und die zahlreichen

³² Haskins 1927, 29; Burnett 1997a, 31f.

³³ Eine ergänzende Sicht hierzu bietet Sezgin 1978, 6, 42ff.

³⁴ So noch Wikipedia, „Latin translations of the 12th century“: „Fibonacci presented the first complete European account of the Hindu-Arabic numeral system from Arabic sources in his *Liber Abaci* (1202)“, (http://en.wikipedia.org/wiki/Latintranslations_ofthe_12th_century, vom 11. 9. 2010). Dazu Rashed, Roshdi 1994b, „Fibonacci et les mathématiques arabes“, *Micrologus 2: Le scienze alla corte di Federico II*, 145-160.

daraus hervorgegangenen Traktate.³⁵ Im *Liber Ysagogarum Algorismi* noch aus dem gleichen 12. Jahrhundert zeigen die Zahlzeichen bzw. Ziffern der Bücher 4 und 5, gewidmet der Geometrie und Astronomie, angeblich Einfluss des Adelard von Bath. Warum handelt es sich nicht auch um Einfluss des Stephan von Antiochien, wenn wir den Forschungen von Burnett folgen?

Burnett weist nach, dass die indisch-arabischen Ziffern in früheren westlichen Handschriften schon vielfältig Verwendung fanden, insbesondere in den astronomischen Tafeln, wo sie sich als viel praktischer erwiesen als die römischen Zahlen. Stephan von Antiochien übernahm sie auch anderwärts bereits im zweiten Viertel des 12. Jahrhunderts. Sie gelangten durch ihn nach Pisa u. a. zu Ibn Ezra, der neben anderen für ihre weitere Verbreitung bis nach England sorgte. Als Sohn eines pisanischen Kaufmanns, der zudem selbst die Mathematik im arabischen Kulturbereich hatte studieren können, übernahm später der berühmte Mathematiker Leonard Fibonacci diese Zahlformen. Er bediente sich ihrer umso eher, als die arabischen Ziffern in Pisa, Lucca und weit darüber hinaus längst bekannt waren. Vielleicht erklärt der Weg über Antiochien und die Verbreitung der Werke des Ibn Ezra außerdem, warum sich in Westeuropa nicht die westarabische Variante der indischen Zahlen 4, 5, 6, 7 durchsetzen konnte, sondern die östliche.³⁶

Letzter Punkt: Die Aufnahme der ptolemäisch-arabischen Planetentheorie im Westen. Hier ist dreierlei wesentlich:

- a) Die älteste lateinische Fassung der ptolemäisch-arabischen Astronomie liegt uns nicht, wie gängig angenommen, in der berühmten Übersetzung des *Almagest* ca. 1175 durch Gerhard von Cremona vor.³⁷ Sie entspricht auch nicht der

³⁵ Vgl. zuletzt Folkerts, Menso und Paul Kunitzsch, Hg. 1997a, *Die älteste lateinische Schrift über das indische Rechnen nach al-Hwārizmī. Edition, Übersetzung und Kommentar*, München; ausführlicher Nagl, Alfred 1889, „Ueber eine Algorismus-Schrift des XII. Jahrhunderts und über die Verbreitung der indisch-arabischen Rechenkunst und Zahlzeichen im christl. Abendlande“, *Zeitschrift für Mathematik und Physik, Hist.-lit. Abth.* 34, 129-146 und Tafel VII; vgl. auch die Edition der lateinischen Übersetzungen des *Calcul indien* (Algorismus) von al-Khwarizmi durch André Allard (Al-Khwārizmī, Muḥammad b. Mūsā 1992, *Le calcul indien* (Algorismus). *Versions latines du XIIe siècle*, André Allard, Hg., Paris / Namur).

³⁶ Borst, Arno 1991, *Computus. Zeit und Zahl in der Geschichte Europas*, Berlin, 63, verweist auf den Vorteil, den vor 1171 Reiner von Paderborn bei der Berechnung von Bruchteilen des Mondmonats aus der Benutzung arabischer Zahlen zog; vgl. die Edition von van Wijk, W. E., Hg. 1971, *Le comput emendé de Reinberus de Paderborn (1171)*, (Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afd. Letterkunde Nr. 57,3), Amsterdam. Noch frühere kontinentale Beispiele für indo-arabische Zahlen in westlichen Werken des 12. Jahrhunderts bieten der *Liber Embadorum* von 1145 (siehe oben zu Savasorda) und der *Salzburger Computus* von 1143 (Borst 1991, 63). Zu den westlichen und östlichen Formen der arabischen Zahlen vgl. Kunitzsch 2003 und Labarta Gomez 1988.

³⁷ Neben Gerhards Übersetzung des *Almagest* selbst spielte wirkungsgeschichtlich eine wesentliche Rolle die etwa gleichzeitige Übersetzung von Jābir b. Aflāḥs Kommentar zum *Almagest* (1. Hälfte 12. Jh.): „Diese Schrift bildete zusammen mit ihren lat[einischen] Kommentaren die Grundlage der T[rigonometrie] im W[esten]“ (Folkerts, Menso und Richard Lorch 1997b, Art. „Trigonometrie“, in: *Lexikon des Mittelalters*, Bd. 8, München, 1006f., hier 1007).

von Haskins nachgewiesenen süditalienischen Übersetzung aus dem Griechischen um 1160, sondern stammt aus Antiochien ca. 1130-1140. Ihr Autor ist Stephan von Pisa bzw. Antiochien.

- b) Aus demselben Umfeld stammt der sogenannte *Dresden-Almagest*, die früheste lateinische Übersetzung von Ptolemäus' *Syntaxis megale*, eine Überlieferung, die allerdings nur die vier ersten Bücher enthält (ca. 1140).³⁸
- c) Stephan von Antiochien zeigt in seinen Praefationes zum *Liber Mamonis*, wie diese ptolemäisch-arabische Astronomie, vermittelt am ehesten in der Übersetzung von al-Battānīs Kompendium *az-Zīj* (durch Plato von Tivoli bzw. Robertus Retinensis³⁹), in den westlichen Schulen noch auf zählen, um nicht zu sagen erbitterten Widerstand stieß und heftige Diskussionen auslöste. Von diesen Auseinandersetzungen hat offensichtlich in England der junge Prinz Heinrich, der künftige König Heinrich II., gehört und deshalb gegenüber seinem Lehrer Adelard von Bath den Wunsch geäußert, zusätzlich zur Lehre der Lateiner auch die *opinionēs* der arabischen Wissenschaftler kennen zu lernen.

Burnett eröffnet mit diesen Nachweisen ein ganz neues Kapitel der frühen Rezeption arabischer Wissenschaft in Westeuropa: ein Kapitel, das von Antiochien seinen Ausgang nimmt. Es ist ein Kapitel, das wir auch in unseren Unterricht an der Universität aufnehmen sollten, denn es gehört zur Kultur der Kreuzfahrerzeit und hat allgemeine Bedeutung für das Verhältnis von arabischer und westlicher Kultur. Es ist wichtig zu klären, dass eine Aussage wie „Ptolemäus, im Mittelalter eine unumstrittene Autorität ersten Ranges“⁴⁰ keineswegs überall zutrifft. Um den Zugang zur ptolemäisch-arabischen Astronomie musste im 12. Jahrhundert erst erheblich gekämpft werden. Stephan von Antiochien misst an dieser Frage den Rückstand der europäischen Wissenschaft.⁴¹

Gleichzeitig freilich ging die arabische Wissenschaft in Spanien schon einen wesentlichen Schritt weiter. Sie suchte die Komplexität des ptolemäischen Planetenmodells bereits auf unterschiedlichen Wegen zu überwinden.⁴² Diese arabische Kri-

³⁸ Zum *Dresden-Almagest* Näheres bei Burnett, Charles 2003, „The Transmission of Arabic Astronomy via Antioch and Pisa in the Second Quarter of the Twelfth Century“, in: *The Enterprise of Science in Islam: New Perspectives*, Jan P. Hogendijk und Abdelhamid I. Sabra, Hg., Cambridge (Mass.), 23-51; dazu Haskins 1927, 109, und Heiberg, Johan L. 1911, „Noch einmal die mittelalterliche Ptolemaios-Übersetzung“, *Hermes* 46, 207-216, hier 215f.

³⁹ Hartner, Willy 1981, Art. „Al-Battānī“, in: *Dictionary of Scientific Biography*, Bd. 1-2, New York, 507-516, hier 508.

⁴⁰ Schmeidler, M. 1995, Art. „Ptolemaeus, Claudius P.“, in: *Lexikon des Mittelalters*, Bd. 7, München, 312.

⁴¹ Burnett 2000b, 43: *Unde factum est ut, que fere plenitudinem posset habere artium, nunc ceteris gentibus Europa videatur humilior, quippe que quos educat contra fontem scientie, sepius oblatrantes sentit sibi ipsis rebelles, nunc hec nunc illa, nunquam consona ruminantes.*

⁴² Zum Folgenden vgl. Sezgin 1978, 6, 36ff., und die neueren Beiträge von Gingerich, Owen 2006, „Die islamische Periode der Astronomie“, *Astronomie vor Galilei, Spektrum der Wissenschaft, Dossier* 4, 38-47, und Saliba, George 2006, „Der schwierige Weg von Ptolemäus zu Kopernikus“, *Astronomie vor Galilei, Spektrum der Wissenschaft, Dossier* 4, 54-61. Zu beachten

tik an Ptolemäus, die auch dessen Geozentrik schon in Frage stellte, fand bedeutende Fortsetzer. Im 13. Jahrhundert entwickelte aṭ-Ṭūsī geometrisch sein sogenanntes Tusi-Paar, es erklärt die Breitenbewegung der Planeten besser als Ptolemäus und wurde mechanisch zum Vorbild unseres Planetengetriebes. Auch Kopernikus hat es übernommen.

Kopernikus als Student in Padua übernahm wahrscheinlich noch eine weitere arabische Anregung, die des Astronomen Ibn ash-Shāṭir (Mitte 14. Jh.). Sie lief darauf hinaus, die Zahl der ca. 80 Epizykel des Ptolemäus radikal zu vermindern auf ca. 30, so wie auch Kopernikus sie noch benötigte. Bezüglich der Kommunikationswege zwischen der Lehre des Ibn ash-Shāṭir und dem jungen Kopernikus in Padua sind die engen Handelsbeziehungen zwischen Damaskus und Venedig zu beachten. Zu beachten ist freilich ebenso, dass gegen Ende des 14. Jahrhunderts auch in Europa schon Einwände gegen die Epizykeltheorie erhoben wurden, und zwar in den *Reprobationes epicyclorum et eccentricorum* des Pariser, später Wiener Magisters Heinrich von Langenstein, denen sich wenig später ein weiterer Autor, der Magister Julmann, anschloss. Den Anstoß boten hier wohl spanisch-muslimische Anregungen des 12. Jahrhunderts.⁴³

Die Summe der Anregungen, welche insbesondere die europäische Astronomie, Mathematik und Mechanik seitens der *scientia Arabum* im 12.-13. Jahrhundert, aber auch später noch erhalten haben, ist, wie man sieht, weit entfernt, schon ermittelt zu sein.⁴⁴ Die frühen Wege aber, die diese Anregungen nahmen, sind ohne Berücksichtigung der Zentren des östlichen Mittelmeerraumes, Antiochien und Damaskus an der Spitze, kaum zu verstehen.

Bibliographie

- Abū Maʿšār 1994, *The Abbreviation of the Introduction to Astrology. Together with the medieval Latin translation of Adelard of Bath*, Charles Burnett, Keiji Yamamoto und Michio Yano, Hg. und Übers., Leiden / New York / Köln.
- Adelard of Bath 1998, *Conversations with His Nephew: On the Same and the Different, Questions on Natural Science, and On Birds*, Charles Burnett et al., Hg. und Übers., Cambridge.

ist im 12. Jahrhundert vor allem der Aristoteliker al-Bīṭrūjī/Alpetragius und, direkt von Ptolemäus ausgehend, Jābir b. Aflāḥ, später der Perser aṭ-Ṭūsī (13. Jh.) und der Damaszenier Ibn ash-Shāṭir (14. Jh.).

⁴³ Zinner, Ernst 1943, *Entstehung und Ausbreitung der coppericanischen Lehre*, Erlangen, 82f.

⁴⁴ Vgl. hierzu auch Burnett, Charles 2005, „The Use of Arabic Numerals Among the Three Language Cultures of Norman Sicily“, *Römisches Jahrbuch der Bibliotheca Hertziana* 35 (2003-2004), 37-48, mit Hinweisen auf Beobachtung und Bau von astronomischen Instrumenten unter König Wilhelm III. 1180-1185. Weiteres betrifft die östlichen und westlichen Formen der indo-arabischen Zahlen.

- Beech, George T. 2008, *The brief eminence and doomed fall of Islamic Saragossa. A great center of Jewish and Arabic learning in the Iberian Peninsula during the 11th century*, Zaragoza.
- Borst, Arno 1986, *Das mittelalterliche Zahlenkampfspiel*, (Supplemente zu den Sitzungsberichten der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Klasse, Bd. 5), Heidelberg.
- Borst, Arno 1989, *Astrolab und Klosterreform an der Jahrtausendwende*, (Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Phil.-hist. Klasse, Bd. 1), Heidelberg.
- Borst, Arno 1991, *Computus. Zeit und Zahl in der Geschichte Europas*, Berlin.
- Burnett, Charles, Hg. 1987a, *Adelard of Bath: An English Scientist and Arabist of the Early Twelfth Century*, (Warburg Institute Surveys and Texts 14), London.
- Burnett, Charles 1987b, Art. „Plato of Tivoli“, in: *Dictionary of the Middle Ages*, Bd. 9, New York, 704-705.
- Burnett, Charles 1989, „Translations: Western European“, in: *Dictionary of the Middle Ages*, Bd. 12, New York, 136-142.
- Burnett, Charles 1996, „Algorismi vel helcep decentior est diligentia: the Arithmetic of Adelard of Bath and his Circle“, in: *Mathematische Probleme im Mittelalter: der lateinische und arabische Sprachbereich*, Menso Folkerts, Hg., Wiesbaden, 221-331.
- Burnett, Charles 1997a, *The Introduction of Arabic Learning into England*, (The Panizzi Lectures 1996), London.
- Burnett, Charles 1997b, „La réception des mathématiques, de l’astronomie et de l’astrologie arabes à Chartres“, in: *Aristote, l’école de Chartres et la cathédrale, Actes du colloque européen des 5 et 6 juillet 1997 [Paris]*, AACMEC, Hg., Chartres, 101-107.
- Burnett, Charles 1998, „King Ptolemy and Alchandreus the Philosopher: The Earliest Texts on the Astrolabe and Arabic Astrology at Fleury, Micy and Chartres“, *Annals of Science* 55, 329-368, und Addendum, *Annals of Science* 57 (2000), 187.
- Burnett, Charles 2000a, „Latin Alphanumeric Notation, and Annotation in Italian, in the Twelfth Century: MS London, British Library, Harley 5402“, in: *Sic itur ad astra: Studien zur Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaften. Festschrift für den Arabisten Paul Kunitzsch zum 70. Geburtstag*, Menso Folkerts und Richard Lorch, Hg., Wiesbaden, 79-90.
- Burnett, Charles 2000b, „Antioch as a link between Arabic and Latin culture“, in: *Occident et Proche-Orient. Contacts scientifiques au temps des Croisades. Actes du colloque de Louvain-la-Neuve, 24 et 25 mars 1997*, Isabelle Draelants, Anne Tihon und Baudouin van den Abeele, Hg., Turnhout, 1-78. Darin Appendix II: „The Latin alpha-numerical notation in the works associated with Stephen the philosopher in Antioch“, 61-69.
- Burnett, Charles 2001, „The Coherence of the Arabic-Latin Translation Program in Toledo in the Twelfth Century“, *Science in Context* 14, 1-2, 249-288.

- Burnett, Charles 2002, „Indian Numerals in the Mediterranean Basin in the Twelfth Century, with Special Reference to the ‘Eastern Forms’“, in: *From China to Paris: 2000 Years Transmission of Mathematical Ideas*, Yvonne Dold-Samplonius et al., Hg., Stuttgart, 237-288.
- Burnett, Charles 2003, „The Transmission of Arabic Astronomy via Antioch and Pisa in the Second Quarter of the Twelfth Century“, in: *The Enterprise of Science in Islam: New Perspectives*, Jan P. Hogendijk und Abdelhamid I. Sabra, Hg., Cambridge (Mass.), 23-51.
- Burnett, Charles 2004, „Abbon de Fleury, abaci doctor“, in: *Abbon de Fleury: Philosophie, science et comput autour de l’an MIL, actes des journées organisées par le Centre d’Histoire des Science et des Philosophies Arabes et Médiévales*, (Oriens – Occidens 6), Barbara Obriest, Hg., Paris, 129-39.
- Burnett, Charles 2005, „The Use of Arabic Numerals Among the Three Language Cultures of Norman Sicily“, *Römisches Jahrbuch der Bibliotheca Hertziana* 35 (2003-2004), 37-48.
- Burnett, Charles 2009, *Arabic into Latin in the Middle Ages. The Translators and their Intellectual and Social Context*, (Variorum Collected Studies Series 939), Farnham / Burlington.
- Busard, Hubert L. L. 1998, „Über den lateinischen Euklid im Mittelalter“, *Arabic Sciences and Philosophy* 8,1, 97-129.
- Cahen, Claude 1940, *La Syrie du Nord à l’époque des croisades et la principauté franque d’Antioche*, Paris.
- Curtze, Maximilian 1902, „Der Liber Embadorum des Abraham bar Chijja Sava-sorda in der Übersetzung des Plato von Tivoli“, *Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften mit Einschluß ihrer Anwendungen* 12, 1-193.
- Eche, Youssef 1967, *Les bibliothèques arabes publiques et semi-publiques en Mésopotamie, en Syrie et en Égypte au Moyen-Age*, Damaskus.
- Edgington, Susan B. 2006, „Antioch: Medieval City of Culture“, in: *East and West in the Medieval Eastern Mediterranean I: Antioch from the Byzantine Reconquest until the End of the Crusader Principality*, Krijnie N. Ciggaar und Michael Metcalf, Hg., Löwen / Paris / Dudley, 247-259.
- Folkerts, Menso, Hg. 1996, *Mathematische Probleme im Mittelalter: Der lateinische und arabische Sprachbereich*, Wiesbaden.
- Folkerts, Menso und Paul Kunitzsch, Hg. 1997a, *Die älteste lateinische Schrift über das indische Rechnen nach al-Hwārizmī. Edition, Übersetzung und Kommentar*, München.
- Folkerts, Menso und Richard Lorch 1997b, Art. „Trigonometrie“, in: *Lexikon des Mittelalters*, Bd. 8, München, 1006-1007.
- Folkerts, Menso 2006, *The Development of Mathematics in Medieval Europe: The Arabs, Euclid, Regiomontanus*, (Variorum Collected Studies Series 811), Aldershot / Burlington.
- Gabrieli, Francesco 1973, *Die Kreuzzüge aus arabischer Sicht*, Zürich / München.

- Gericke, Helmuth 1984, *Mathematik in Antike und Orient*, Berlin.
- Gericke, Helmuth 1990, *Mathematik im Abendland. Von den römischen Feldmessern bis zu Descartes*, Berlin / Heidelberg.
- Gingerich, Owen 2006, „Die islamische Periode der Astronomie“, *Astronomie vor Galilei, Spektrum der Wissenschaft, Dossier* 4, 38-47.
- Hartner, Willy 1981, Art. „Al-Battānī“, in: *Dictionary of Scientific Biography*, Bd. 1-2, New York, 507-516.
- Haskins, Charles H. 1927, *Studies in the History of Mediaeval Science*, 2. Aufl., Cambridge (Mass.).
- al-Hassan, Ahmad Y. und Donald R. Hill 1986, *Islamic technology. An illustrated history*, Cambridge / Paris.
- Heffening, W. und J. D. Pearson 1991, Art. „Maktaba“, in: *Encyclopédie de l'Islam*, nouv. ed., Bd. 6, Leiden, 181-184.
- Heiberg, Johan L. 1911, „Noch einmal die mittelalterliche Ptolemaios-Übersetzung“, *Hermes* 46, 207-216.
- Hill, Donald R. 1977, „A Treatise on Machines by Ibn Mu'adh Abū 'Abd Allāh al-Jayyānī“, *Journal for the History of Arabic Science* 1,1-2, 33-46.
- Hill, Donald R. 1984, *A History of Engineering in Classical and Medieval Times*, La Salle (Illinois).
- Ibn Khalaf al-Murādi 2008, *Kitāb al-asrār fī natā'ij al-afkār: The Book of Secrets in the Results of Ideas. Incredible Machines from 1000 Years Ago*, 3 Bde. und DVD-ROM, Massimiliano Lisa, Mario Taddei und Edoardo Zanon, Hg., Mailand.
- Jankrift, Kay Peter 2007, *Europa und der Orient im Mittelalter*, Stuttgart.
- Jayyusi, Salma Khadra, Hg. 1992, *The Legacy of Muslim Spain*, (Handbuch der Orientalistik 1,12), Leiden.
- al-Khwārizmī, Muḥammad b. Mūsā 1992, *Le Calcul Indien (Algorismus). Versions latines du XIIe siècle*, André Allard, Hg., Paris / Namur.
- Kunitzsch, Paul 2003, „The Transmission of Hindu-Arabic Numerals Reconsidered“, in: *The Enterprise of Science in Islam. New Perspectives*, Jan P. Hogendijk und Abdelhamid I. Sabra, Hg., Cambridge (Mass.), 3-21.
- abarta Gomez, Ana und Carmen Barcelò Torres 1988, *Números y cifras en los documentos arábigo hispanos*, Cordoba.
- Langermann, Yitzhak Tzvi 1999, *The Jews and the Sciences in the Middle Ages*, (Variorum Collected Studies Series 624), Aldershot / Brookfield.
- Levey, Martin 1952, „The Encyclopedia of Abraham Savasorda: A Departure in Mathematical Methodology“, *Isis* 43,3, 257-264.
- Levey, Martin 1954, „Abraham Savasorda and his Algorism: A Study in Early European Logistic“, *Osiris* 11, 50-64.
- Levey, Martin 1981, Art. „Abraham bar Ḥiyya ha-Nasi“, in: *Dictionary of Scientific Biography*, Bd. 1-2, New York, 22-23.

- Lohrmann, Dietrich 2000, „Échanges techniques entre Orient et Occident au temps des Croisades“, in: *Occident et Proche-Orient. Contacts scientifiques au temps des Croisades. Actes du colloque de Louvain-la-Neuve, 24 et 25 mars 1997*, Isabelle Draelants, Anne Tihon und Baudouin van den Abeele, Hg., Turnhout, 117-143.
- Lohrmann, Dietrich 2004, „Östliche Mechanik auf dem Weg nach Europa zur Zeit der Kreuzzüge“, in: *Die Kreuzzüge. Kein Krieg ist heilig. [Katalog-Handbuch zur Ausstellung im Diözesanmuseum Mainz, 2.4. – 30.7.2004]*, Hans-Jürgen Kotzur, Hg., bearb. v. Brigitte Klein und Winfried Wilhelmy, Mainz, 287-295.
- Lohrmann, Dietrich, „Das Himmelszelt des Sultans al-Kamil für Kaiser Friedrich II. von 1232“, *Historische Zeitschrift* (im Druck).
- Manitius, Max 1931, *Geschichte der lateinischen Literatur des Mittelalters* III, München.
- Mayer, Hans Eberhard 1993, *Varia Antiochena. Studien zum Kreuzfahrerfürstentum Antiochia im 12. und frühen 13. Jahrhundert*, (Monumenta Germaniae Historica, Studien und Texte 6), Hannover.
- Mercier, Raymond 2004, *Studies on the Transmission of Medieval Mathematical Astronomy*, (Variorum Collected Studies Series 787), Aldershot / Burlington.
- Millás Vallicrosa, José M. 1943, „La aportación astronómica de Pedro Alfonso“, *Sefarad* 3,1, 65-105.
- Millás Vallicrosa, José M. 1948, *Tres polígrafos judaicos en la corte de los Tuhibíes de Zaragoza*, Barcelona.
- Millás Vallicrosa, José M. 1949, *Estudios sobre historia de la ciencia española*, Barcelona.
- Müller, Martin, Hg. 1934, *Die Quaestiones naturales des Adelardus von Bath*, Münster.
- Nagl, Alfred 1889, „Ueber eine Algorithmus-Schrift des XII. Jahrhunderts und über die Verbreitung der indisch-arabischen Rechenkunst und Zahlzeichen im christl. Abendlande“, *Zeitschrift für Mathematik und Physik, Hist.-lit. Abth.* 34, 129-146 und Tafel VII.
- Rashed, Roshdi 1994a, *The Development of Arabic Mathematics: Between Arithmetic and Algebra*, (Boston Studies in the Philosophy of Science 156), Dordrecht.
- Rashed, Roshdi 1994b, „Fibonacci et les mathématiques arabes“, *Micrologus* 2: *Le scienze alla corte di Federico II*, 145-160.
- Rashed, Roshdi, Hg. 1997, *Histoire des sciences arabes*, 3 Bde., Paris.
- Saliba, George 2006, „Der schwierige Weg von Ptolemäus zu Kopernikus“, *Astronomie vor Galilei, Spektrum der Wissenschaft, Dossier* 4, 54-61.
- Samsó, Julio 1994, „The Exact Sciences in Al-Andalus“, in: *The Legacy of Muslim Spain*, Salma Khadra Jayyusi, Hg., 2. Aufl., Leiden, 952-973.
- Samsó, Julio 2007, *Astronomy and Astrology in al-Andalus and the Maghrib*, (Variorum Collected Studies Series 887), Aldershot / Burlington.
- Schmeidler, M. 1995, Art. „Ptolemaeus, Claudius P.“, in: *Lexikon des Mittelalters*, Bd. 7, München, 312.
- Sezgin, Fuat 1971-78, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 4-6, Leiden.

- Sourdel, D. 1965, Art. „Dār al-‘ilm“, in: *Encyclopédie de l'Islam*, nouv. ed., Bd. 2, Leiden, 130.
- Steinschneider, Moritz 1956, *Die europäischen Übersetzungen aus dem Arabischen bis Mitte des 17. Jahrhunderts*, unveränd. photomech. Nachdr., Graz.
- Stevens, Wesley M., Guy Beaujouan und A. J. Turner, Hg. 1995, „The Oldest Latin Astrolabe“, *Physis* 31,2, 574-581.
- Suter, Heinrich 1900, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke*, Leipzig.
- Vernet, Juan 1984, *Die spanisch-arabische Kultur in Orient und Okzident*, Zürich / München.
- Vlasschaert, Anne-Marie 2010: *Le liber mahamaaleth*. Édition critique et commentaires (Boethius 60), Stuttgart.
- van Wijk, W. E., Hg. 1971, *Le comput émendé de Reinberus de Paderborn (1171)*, (Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Afd. Letterkunde Nr. 57,3), Amsterdam.
- Wikipedia, „Latin translations of the 12th century“, http://en.wikipedia.org/wiki/Latin_translations_of_the_12th_century, vom 11. 9. 2010.
- Zinner, Ernst 1943, *Entstehung und Ausbreitung der coppericanischen Lehre*, Erlangen.

