

Werk

Titel: Die astronomische Instrumente des Kardinals Nicolaus Cusanus. Mit 6 Figuren und 1...

Autor: Hartmann, J.

Jahr: 1920

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?251726223_0010|log48

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

ABHANDLUNGEN
DER KÖNIGLICHEN GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN ZU GÖTTINGEN
MATHEMATISCH-PHYSIKALISCHE KLASSE
NEUE FOLGE BAND X, Nro. 6.

Die astronomischen Instrumente des Kardinals Nikolaus Cusanus.

Von

J. Hartmann.

Mit sechs Figuren und zwölf Tafeln.

Berlin
Weidmannsche Buchhandlung
1919.

- 16

ABHANDLUNGEN
DER KÖNIGLICHEN GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN ZU GÖTTINGEN
MATHEMATISCH-PHYSIKALISCHE KLASSE
NEUE FOLGE BAND X, Nro. 6.

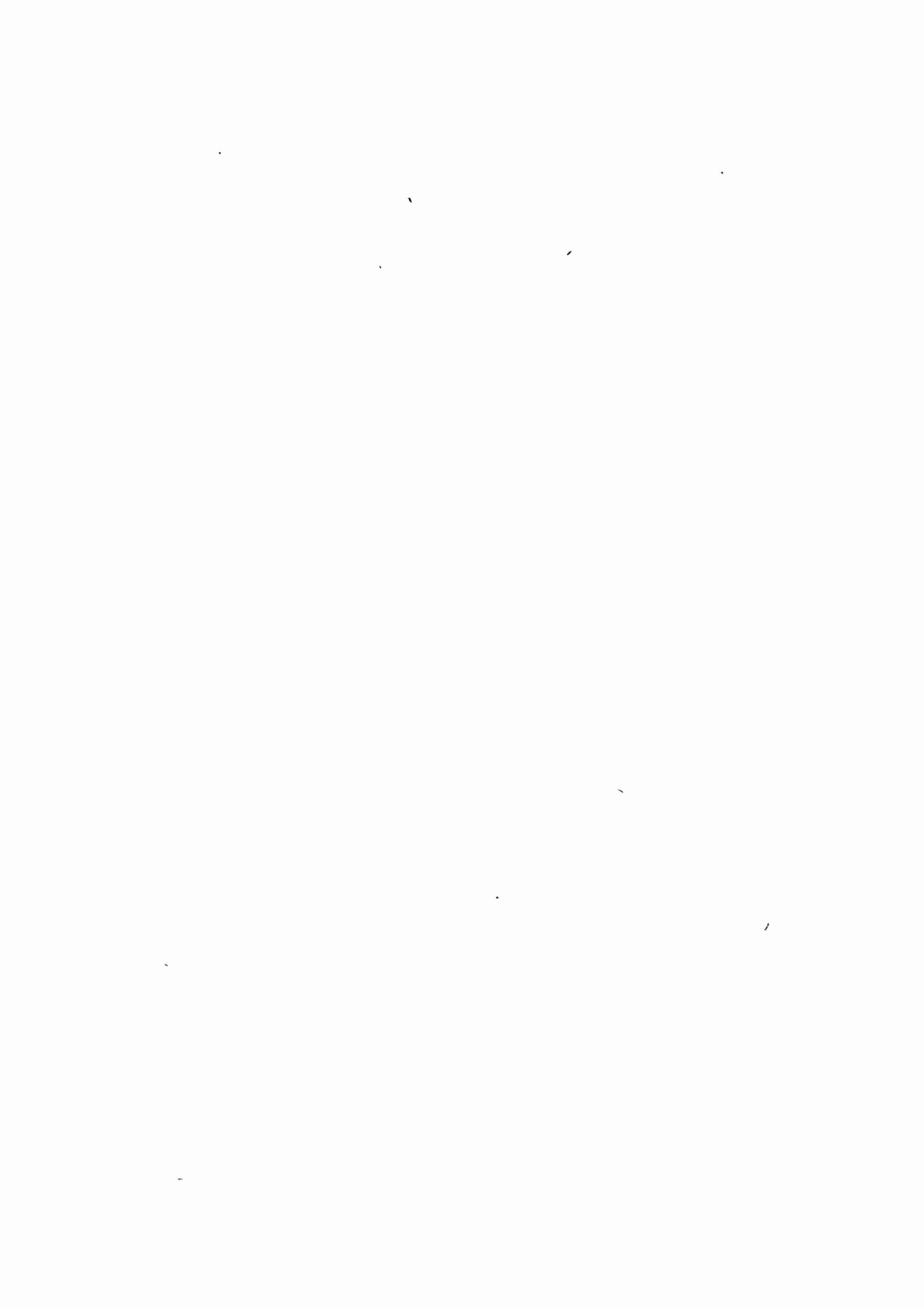
Die astronomischen Instrumente des Kardinals Nikolaus Cusanus.

Von

J. Hartmann.

Mit sechs Figuren und zwölf Tafeln.

Berlin
Weidmannsche Buchhandlung
1919.



Die astronomischen Instrumente des Kardinals Nikolaus Cusanus.

Von

J. Hartmann.

Vorgelegt in der Sitzung vom 13. Dezember 1918.

Zu den wichtigsten Urkunden über die astronomische Tätigkeit früherer Jahrhunderte gehören die wenigen Beobachtungsinstrumente, die aus jenen Zeiten erhalten geblieben sind. Sie geben uns unmittelbar Zeugnis von den Aufgaben, die sich die damaligen Beobachter stellten, von dem Wege, auf dem sie dieselben zu lösen suchten und von der Genauigkeit, mit der sie die Stellung der Himmelskörper zu bestimmen vermochten. Daneben besitzen diese Erzeugnisse des alten Kunsthandwerks oft noch besonderes Interesse für die Geschichte der Technik und der Kunst, und man darf sie daher zu den wertvollsten Altertümern rechnen. In Sternwarten, Museen und Privatsammlungen sind diese Stücke weit zerstreut, und eine Bestandaufnahme und Katalogisierung derselben wäre eine dankenswerte Aufgabe¹⁾. Aus dem klassischen Altertume scheinen einige Sonnenuhren, aus der Blütezeit der arabischen Astronomie einige Himmelsgloben und Astrolabe das Einzige zu sein, was auf unsere Tage gekommen ist. Aber auch später, als seit dem Ende des Mittelalters die moderne Astronomie in Deutschland emporwuchs, waltete ein Unstern über dem instrumentellen Nachlasse der beobachtenden Astronomen: Die einst so berühmte Nürnberger Sternwarte ist spurlos verschwunden, von Tychos großartigen Beobachtungsanlagen auf der Insel Hven sind nur noch unscheinbare Reste der Grundmauern vorhanden, und Hevels Stern-

1) Eine Aufzählung der ihm damals bekannten arabischen Instrumente gab im Jahre 1865 B. Dorn in seiner Abhandlung *Drei astronomische Instrumente mit arabischen Inschriften*, *Mem. Acad. Petersburg* [VII.] IX.

warte in Danzig würde mit ihren kostbaren Instrumenten 1679 ein Raub der Flammen; Tycho später in Prag aufgestellte Meßwerkzeuge sind mit geringen Ausnahmen während des dreißigjährigen Krieges verloren gegangen, und auch von den Beobachtungsinstrumenten des Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen ist nur noch wenig vorhanden. Seit jenem unheilvollen Kriege ging die Führung im astronomischen Instrumentenbau, wie überhaupt in dieser Wissenschaft für lange Zeit an das Ausland über.

Um so wertvoller müssen daher einige Instrumente erscheinen, die von den ersten Anfängen der deutschen Astronomie aus der Zeit noch vor Regiomontanus und Purbach herrühren, sodaß sie sowohl nach ihrer Entstehungszeit wie nach der Art ihrer Ausführung einen Übergang von den arabischen zu den deutschen Beobachtungswerkzeugen bilden. Es sind dies die astronomischen Instrumente des als Philosoph, Mathematiker und Astronom viel genannten Kardinals Nikolaus von Cusa, die noch heute in dem von ihm in seinem Heimatorte Cues an der Mosel gegründeten Hospital aufbewahrt werden. Der wohlthätige Zweck dieser Anstalt hat vielleicht dazu beigetragen, daß auch ihre Bibliothek mit dem wertvollen Nachlasse des großen Mannes während aller Stürme, die in fünfhundert Jahren über das Moselland hinwegzogen, fast unbeschädigt geblieben ist.

Zwar ist es bekannt, daß der vielbelesene Cusanus das astronomische Wissen seiner Zeit völlig beherrschte; von seinen astronomischen Berechnungen geben sein frühzeitiger, dem Baseler Konzil im Jahre 1436 vorgelegter Vorschlag zur Verbesserung des Julianischen Kalenders (*Reparatio Calendarii*) und seine Kritik der Alfonsinischen Tafeln (*Correctio tabularum Alphonsi*) Zeugnis, und verschiedene Stellen in seinen Werken, besonders eine handschriftliche Notiz¹⁾, in der er der Erde eine mehrfache Bewegung — allerdings nicht ihren Umlauf um die Sonne — zuschreibt, lassen ihn mit Recht als einen Vorläufer des Kopernikus erscheinen. Dagegen ist die Frage, ob Cusanus auch eigene Himmelsbeobachtungen angestellt habe, noch nicht beantwortet worden. Zwar enthält die im Jahre 1565 erschienene Baseler Ausgabe seiner Werke eine in der Pariser Ausgabe von 1514²⁾ fehlende Liste von 64 Sternörterern, über die der Herausgeber die Überschrift gesetzt hat *Stellae inerrantes ex Cardinalis Cusani, Niceni, et Alliacensis observationibus supputatae*. Allein ob diese Sternpositionen wirklich auf neuen Beobachtungen beruhen, oder ob sie nur eine der damals üblichen Umrechnungen des Sternkatalogs aus dem Almagest auf eine spätere Zeit enthalten, kann erst durch eine Nachprüfung dieser Liste festgestellt werden, auf die ich an anderer Stelle zurückkommen werde. Viel wichtiger erscheint mir die Tatsache, daß Cusanus astronomische Beobachtungsinstrumente besessen hat, die zwar nicht unbeschädigt, aber doch immerhin in ziemlich guter Erhaltung bis auf unsere Tage ge-

1) Vergl. Clemens, *Giordano Bruno und Nicolaus von Cusa*, Bonn 1847; Schanz, *Die astronomischen Anschauungen des Nicolaus von Cusa und seiner Zeit*, Rottweil 1873; S. Günther, *Studien zur math. u. phys. Geographie*, Halle 1879, S. 28.

2) Eine von Houzeau (*Vade-mecum*) erwähnte Nürnberger Ausgabe von 1476 habe ich nirgends auffinden können.

kommen sind. Geht daraus doch zunächst hervor, daß sich der Kardinal auch für die Beobachtung der Sterne interessiert und, wie wir sicher annehmen dürfen, die Anwendung der Instrumente zu diesem Zwecke wenigstens versucht hat.

Merkwürdigerweise ist das Vorhandensein dieser wertvollen Erzeugnisse des alten deutschen Kunsthandwerks bisher beinahe völlig unbeachtet geblieben. Nur zwei kurze Notizen habe ich finden können, die dieser Instrumente gedenken. Gerland und Traumüller schreiben in ihrer *Geschichte der physikalischen Experimentierkunst*, nachdem sie des Cusanus inhaltreiche Schrift *De staticis experimentis* besprochen haben: „Wir wissen leider nicht, inwieweit er selbst in der Anfertigung dieser Apparate ging, denn sein noch in der Bibliothek des Hospitals zu Cues vorhandener Nachlaß enthält freundlicher brieflicher Mitteilung zufolge nur einige astronomische Instrumente, ein Astrolabium und zwei Himmelsgloben, einen von Holz, einen zweiten von Kupfer. Diese Instrumente benutzten aber seine Zeitgenossen auch“. Die zweite Notiz besagt fast noch weniger. In seiner vortrefflichen *Geschichte der Astronomie* bemerkt Rudolf Wolf auf Seite 230 in einer Fußnote mit Bezug auf die oben erwähnte Liste von Sternörtertern: „Möglich, daß Cusanus einen Teil dieser Sterne mit dem kupfernen Astrolabium beobachtete, das sich nach Jahns *Unterhaltungen* (Jahrg. 1854, pag. 412) aus seinem Nachlasse noch jetzt in Cues finden soll“.

Die Stelle, auf die sich diese Notiz Wolfs bezieht, findet sich in einem kurzen, mit C. L. unterzeichneten Aufsätze *Einige Denkwürdigkeiten von dem auch als Astronomen ausgezeichneten Cardinal Cusanus, aus der Zeit des fünfzehnten Jahrhunderts* im VIII. Jahrgang von G. A. Jahns *Unterhaltungen im Gebiete der Astronomie, Geographie und Meteorologie*, S. 411 u. 412. Da diese Zeitschrift jetzt ziemlich selten ist, sei der Wortlaut der uns interessierenden Stelle hier mitgeteilt. Ihr Verfasser, der wohl C. Lichtenberger, ein 1796 in Wetzlar geborener Liebhaberastronom ist, der in Neunkirchen bei Saarbrücken eine Privatsternwarte hatte, schreibt:

„In dem Dorfe Cues (Cus) an der Mosel, dem Kreisort Berncastel gegenüber, im preussischen Regierungsbezirk Trier, wo der berühmte Cardinal Nicolaus von Cusa — gewöhnlich nur Cusanus genannt — als der Sohn eines Schiffers mit Namen Krebs (Kriphs) 1401 geboren ist, befindet sich ein noch zu Lebzeiten von demselben gegründetes Hospital für bedürftige Kranke oder altersschwache Personen von unbescholtenem Wandel auf die beschränkte Zahl von 33, nämlich gleich den Lebensjahren Christi auf Erden, das sich noch hentigen Tages eines lebensvollen und segensreichen Bestandes erfreut, und in dessen Behausung neben mancherlei sonstigen Erinnerungen an den als Geistlichen, wie als Gelehrten aus jener Zeit hervorragenden Mann noch folgende Handschriften und Instrumente bewahrt werden, die insbesondere auch auf seine Gelehrsamkeit in Astronomie deuten, als:

a) An Handschriften (zum Teil jedoch nur in Kopien) unter der Aufschrift *Codices continentis opera Emin. Cardinalis Cusani*:

- 1) *de docta ignorantia*,
- 2) *hujus apologiam*,

- 3) *de conjecturis (libros tres)*,
- 4) *Idiotae (libros quatuor)*,
- 5) *de reparatione Calendarii*,
- 6) *de mathematicis complementis*,
- 7) *de ludo Globi (libros duos)*,
- 8) *Compendium*,
- 9) *de mathematica perfectione*,
- 10) *de apice Theoriae*,
- 11) *de staticis experimentis*.

b) An Instrumenten

- 1) ein kupfernes Astrolabium,
- 2) ein kupferner Himmelsglobus“.

Obwohl man hiernach nur auf drei oder zwei Instrumente schließen konnte, wie sie bei den arabischen Astronomen allgemein gebräuchlich waren, benutzte ich doch eine Gelegenheit, die sich mir im September 1907 bot, dieselben näher kennen zu lernen. Da ein Mitglied des Kuratoriums des Hospitals, Herr Peter Schmitgen, mich einführte, gestattete der Rektor der Anstalt gern die Besichtigung der Bibliothek mit ihren wertvollen Schätzen an Handschriften und alten Drucken. In einem besonderen eisenbeschlagenen Schranke wurden die astronomischen Instrumente verwahrt, deren Anblick meine Erwartungen übertraf. Es fanden sich nämlich außer dem oben genannten kleinen kupfernen Globus, einem Astrolabium (nicht aus Kupfer, sondern aus Messing) und dem hölzernen Himmelsglobus noch Teile eines größeren Instruments vor, deren Zusammengehörigkeit ich wohl vermutete, ohne jedoch über die Art des Instruments sofort ein Urteil gewinnen zu können. Ich sprach daher den Wunsch aus, diese alten astronomischen Apparate eingehender zu untersuchen und, da sie sich alle in mehr oder weniger beschädigtem Zustande befanden, nach Möglichkeit wieder herzustellen.

Eine Gelegenheit zur Ausführung dieses Planes bot sich mir im Jahre 1913, als die Leitung des Hospitals auf den hochwürdigen Rektor Neyses übergegangen war, der sich ebenso wie Herr Schmitgen lebhaft für die alten Instrumente interessierte. Zum genaueren Studium der astronomischen Apparate begab ich mich im April einige Tage nach Cues, und gleich der erste Tag führte zu der unerwarteten Entdeckung, daß die bisher unverstandenen Instrumententeile Stücke eines sogenannten Turquetums oder Torquetums waren, von dem nur der Breitenkreis mit seiner Alhidade fehlt, während alle übrigen Teile ziemlich gut erhalten sind. Hiermit war das älteste und größte Exemplar dieses eigenartigen Beobachtungsinstrumentes aufgefunden; nach der Gestalt der Ziffern mußte es im XIV. oder Anfang des XV. Jahrhunderts angefertigt worden sein. Auch der große hölzerne Himmelsglobus erwies sich wegen der Schönheit der Figuren der eingezeichneten Sternbilder als ein wohl auch in kunsthistorischer Hinsicht beachtenswertes Stück, während der arg verbeulte kleine kupferne Globus dadurch besonders interessiert, daß er unvollendet geblieben ist, indem nur wenige Sterne auf demselben eingetragen, die übrigen Flächen aber noch leer sind. Ich benutzte

meinen damaligen Aufenthalt in Cues, um einige photographische Aufnahmen und eine kurze Beschreibung der Instrumente anzufertigen, die im Notfalle genügt hätte, wenigstens das Torquetum, wenn ihm ein Unfall zugestoßen wäre, genau zu rekonstruieren. Ferner kamen wir überein, daß eine Wiederherstellung der beschädigten Instrumente, zu der jedoch die Zustimmung der Regierung eingeholt werden mußte, versucht werden sollte.

Aus den Messungen, die ich bei dieser Gelegenheit an den Teilen des Torquetums ausführte, ließ sich schon eine wichtige Folgerung ziehen: die Äquatorbene des Instruments war gegen die horizontale Aufstellungsebene um $40^{\circ}33'$ geneigt; das Instrument war somit für einen Beobachtungsort angefertigt worden, dessen geographische Breite $49^{\circ}27'$ betrug. Da Cues unter einer Breite von $49^{\circ}55'$ liegt, so ging hieraus hervor, daß das Instrument zwar in Cues noch gut anwendbar war — denn um es ganz richtig aufzustellen, brauchte man die Horizontfläche nur um etwa einen halben Grad zu neigen —, daß es aber nicht für diesen Ort angefertigt sein konnte. Denn bei der großen Sorgfalt, mit der alle seine Teile ausgeführt sind, darf man in der Herstellung der Äquatorneigung wohl einen Fehler von wenigen Bogenminuten, nicht aber einen solchen von einem halben Grad erwarten. Die nächste Frage, die sich hieraus ergab, war die nach dem ursprünglichen Beobachtungsorte, für den das Instrument gebaut worden war. Es galt einen Ort zu finden, dessen Polhöhe hinreichend nahe mit dem gemessenen Werte $49^{\circ}27'$ übereinstimmte.

Von größeren Städten erfüllten in ganz Europa nur vier hinreichend nahe diese Bedingung:

Rouen	$\varphi = 49^{\circ}29'$
Mannheim	49 29
Heidelberg	49 25
Nürnberg	49 27.

Von diesen schien mir Nürnberg in erster Linie in Frage zu kommen, nicht nur, weil seine Breite am besten mit dem gemessenen Werte übereinstimmt, sondern hauptsächlich, weil dort, wie in keiner zweiten Stadt, das für die Herstellung solcher wissenschaftlicher Instrumente notwendige Kunsthandwerk blühte. War nun aber Nürnberg nicht nur der Herstellungsort, sondern, was ja aus der gemessenen Polhöhe hervorging, auch der ursprüngliche Verwendungsort unseres Torquetums, so erhob sich sofort ein schlimmer Verdacht. Man konnte nämlich vermuten, daß diese Instrumente gar nicht dem gelehrten Kardinal gehört hätten, sondern vielleicht erst nach seinem Tode von Nürnberg nach Cues gekommen wären. Sehr nahe lag es, anzunehmen, daß die Instrumente aus dem Nachlasse des Regiomontanus herrührten, der ja nur sieben Jahre (1471) nach dem Tode des Cusanus in Nürnberg seine ausgedehnten astronomischen Beobachtungen begann. Gewiß hätten die Instrumente hierdurch nichts von ihrem historischen Werte verloren, wenn auch ihre Entstehungszeit auf diese Art um einige Jahrzehnte herabgerückt worden wäre.

Aber dieser Zweifel sollte bald völlig beseitigt werden. In der Hoffnung,

neue Anhaltspunkte für die astronomische Tätigkeit des Cusanus zu gewinnen, unterwarf ich auch die astronomischen Handschriften seiner umfangreichen noch in Cues aufbewahrten Bibliothek einer Durchsicht. Hierbei fand sich im Cod. 211, der sonst in der Hauptsache astronomische Tabellen enthält, am Kopfe der ersten Seite folgende eigenhändige Eintragung, deren photographische Wiedergabe auch unter dem Titelbilde von J. Marx, *Verzeichnis der Handschriftensammlung des Hospitals zu Cues, Trier 1905*, zu sehen ist:

1444. *Ego Nicolaus de Cusa praepositus monasterii Treverensis dyocesis orator pape Eugenii in dieta nurenbergensi | quae erat ibidem de mense Septembris ob erectionem antipape felicis ducis Sabaudie factam Basilee per paucos | sub titulo concilii, in qua dieta erat fridericus romanorum rex cum Electoribus, emi speram solidam magnam, astrolabium et | turketum, Iebrum super almagesti cum aliis libris 15 pro XXXVIII florenis renensibus.*

Diese wertvolle historische Notiz wirft sofort helles Licht auf die Herkunft unserer Instrumente, deren Alter hierdurch auf das sicherste verbürgt wird. Cusanus, der damals Propst des Stiftes zu Münstermayfeld und Dekan des Florinstiftes zu Koblenz war¹⁾ und auf dem Nürnberger Reichstage namens der Diözese Trier die Sache des Papstes Eugen IV. gegenüber dem auf dem Baseler Konzil von einer Partei gewählten Gegenpapst Felix V., einem früheren Herzog von Savoyen, vertrat, kaufte dort im September 1444 drei Instrumente: den großen hölzernen Globus (spera solida), das Turketum und das Astrolabium, sowie Gebers (Jeber = Abû Muhammed Gâbir ben Aflah) Werk über den Almagest nebst 15 andern Büchern für 38 rheinische Gulden. Vieles hiervon ist einer eingehenderen Erörterung wert.

Zunächst werden hier von den jetzt noch in Cues vorhandenen Instrumenten nur drei aufgezählt und somit als unzweifelhaftes Eigentum des Kardinals bestätigt. Der nicht mit aufgeführte kleine kupferne Himmelsglobus muß also entweder erst später hinzu gekommen oder schon vorher Eigentum des Cusanus gewesen sein. Da er nun nach der Form der auf ihm eingravierten Ziffern ebenfalls jener Zeit angehört und, wie ich schon erwähnte, unvollendet ist, so dürfen wir in ihm vielleicht eine Arbeit des Kardinals selbst erblicken, der die Kugel von einem geschickten Handwerker herstellen ließ und dann selbst die Eintragung der Sterne begann. Ich komme später bei der Beschreibung der Instrumente hierauf zurück.

Ferner haben wir hier die früheste Erwähnung des später meistens als Torquetum bezeichneten Instruments vor uns, und zwar wird es hier Turketum genannt; die erstere Form des Namens bringt man wegen seiner Drehbarkeit um verschiedene Axen mit dem lateinischen *torquere* in Verbindung, während der Sinn der letzteren, frühesten Form bisher nicht sicher gedeutet werden

1) Vergl. die Lebensbeschreibung von Marx in seiner *Geschichte des Armen-Hospitals zum hl. Nikolaus zu Cues, Trier 1907*.

konnte. Die von Späteren vielfach wiederholte Annahme Baillys¹⁾ und Rud. Wolfs²⁾, Regiomontanus sei der Erfinder des Torquetums, die auch schon von J. A. Repsold³⁾ widerlegt worden ist, wird hiermit jedenfalls endgültig abgetan: das Cusanische Turketum ist wenigstens 30 Jahre älter als die berühmten in Nürnberg angefertigten Instrumente des Regiomontanus, der erst im Jahre 1471 dorthin kam und im Hause Bernhard Walthers seine Sternwarte einrichtete. Baillys Irrtum ist dadurch entstanden, daß Regiomontanus die erste ausführliche Beschreibung des Instruments verfaßt hat, die unter dem Titel *Scripta clarissimi mathematici M. Joannis Regiomontani, de Torqueto, Astrolabio armillari, Regula magna Ptolemaica, Baculoque Astronomico* . . . im Jahre 1544 von Johannes Schoner herausgegeben wurde. In dieser Schrift bezeichnet Regiomontanus das Instrument selbst als *machina collectitia Gebri Hispalensis* und fügt hinzu „*huic igitur spectabili machinae Torqueto nomen iam pridem fuit, a torquendo, ut arbitror, quoniam coelestis figura, quae hoc simulachro representatur, non integra, atque in globi formam circumquaque distenta cernitur, veluti in Astrolabio annulari, verum coactis, ac in planam quandam speciem contortis circulis constat*“. Regiomontanus sagt also selbst ganz klar, daß das Instrument schon länger bekannt war und führt seine Erfindung auf den schon oben erwähnten arabischen Astronomen und Mathematiker Geber zurück, der am Ende des XII. Jahrhunderts in Sevilla lebte. Es ist derselbe, nach dem auch die Algebra ihren Namen erhalten hat. Wenn Tycho die Erfindung des Torquetums gar den Chaldäern zuschreibt: „*Alterum Torquetum dictum est, ab Arabibus aut Chaldaeis (ut existimo) excogitatum Organum, usque usurpatum*“⁴⁾, so ist diesem Zeugnis wohl kein großes Gewicht beizulegen. Beachtenswerter schien mir ein Hinweis Siegmund Günthers, daß sich bereits in einer Schrift des um 1350 gestorbenen Pariser Astronomen Johannes de Ligneriis eine Erwähnung des Torquetums finden solle. Allein auch diese Angabe erwies sich als irrig⁵⁾, sodaß bis jetzt die oben besprochene handschriftliche Notiz des Kardinals als die erste Erwähnung des Torquetums bestehen bleibt.

In der von Petrus Apianus im Jahre 1534 mit seinem *Instrumentum primi mobilis* herausgegebenen lateinischen Übersetzung *Gebri filii Affla Hispalensis, de astro-*

1) *Histoire de l'Astronomie moderne, Paris 1779, I, 689.*

2) *Geschichte der Astronomie, München 1877, 161.*

3) *Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge, Leipzig 1908, I, 14.*

4) *Astronomiae instauratae Mechanica, Wandesburgi 1598, fol. C.*

5) S. Günther schreibt in seiner *Geschichte des mathematischen Unterrichts, Berlin 1887, 170, Anm.* zu Johannes de Ligneriis: „Wir kennen die Schrift: *Canones primi mobilis et super tabulas equationum planetarum* aus eigener Anschauung nach einem Maibinger Kodex, doch macht es fast den Eindruck, als liege hier eine spätere Überarbeitung vor, denn eingangs finden sich Berechnungen der Sinus, weiterhin Erörterungen über das Torquet und das geometrische Quadrat — lauter Dinge, denen man sonst erst im XV. Jahrhundert zu begegnen gewohnt ist“. Die von Günther wohl mißverständene Stelle der betreffenden Maibinger Handschrift fol. 99 lautet: „*Instrumentum ad capiendam altitudinem et stellarum observationes faciendas construere. Fac tres planas regulas de ligno vel ferro vel cupro fortes et rigidas ut delevi torqueri non possint* . . .“ Vom Torquetum ist nicht die Rede.

nomia libri IX wird ein *instrumentum quo scitur diversitas aspectus lunae* beschrieben. Soll sich der Hinweis Regiomontans auf dieses als die Urform des Torquetums beziehen, so muß das Instrument in der Zwischenzeit erheblich umgestaltet worden sein — man vergleiche bei Repsold die Figuren 5 und 8. Aber diese Umgestaltung und Verbesserung kann, das geht jetzt aus dem Cusanischen Instrument hervor, nicht erst von Regiomontanus vorgenommen worden sein; denn schon vor seiner Zeit war das Instrument so, wie er es beschrieben hat, in Nürnberg angefertigt worden, ja, in mehrfacher Hinsicht hat das Cusanische Exemplar vor dem von Regiomontanus beschriebenen entschiedene Vorzüge, wie ich weiter unten noch näher darlegen werde.

Das weist uns nun hin auf eine bisher vollkommen unbekannte Tatsache aus den Anfängen der deutschen Astronomie: Es muß schon wenigstens ein Menschenalter vor Regiomontanus in Nürnberg ein Astronom gelebt haben, der das Torquetum anfertigen ließ, um es in dieser Stadt zur Himmelsbeobachtung zu benutzen. Wenn auch im voraus angenommen werden muß, daß dies kein bedeutender Gelehrter gewesen sein kann, da er sonst gewiß von Regiomontanus, von Schoner oder anderen Astronomen, die bald nachher in Nürnberg lebten, erwähnt worden wäre, und sich auch schon andere Spuren seiner Tätigkeit hätten finden müssen, so war es doch immerhin von Interesse, Näheres über diesen Mann zu erfahren. Vermutlich war er es ja auch, der das Torquetum zum ersten mal in dieser gegenüber der Maschine Gebers sehr verbesserten Form hatte bauen lassen. Aber trotz ausgedehnter Bemühungen habe ich kaum etwas Sicheres über ihn ermitteln können.

Johann Gabriel Doppelmayrs *Historische Nachricht von den Nürnbergischen Mathematicis und Künstlern*¹⁾ beginnt erst mit Regiomontanus. Jedoch geht aus einem Briefe des letzteren an den Erfurter Mathematiker Magister Christianus (Roder) hervor, daß schon vor seiner Ankunft in Nürnberg im Frühjahr 1471 daselbst astronomische Instrumente angefertigt wurden; er schreibt²⁾: „*Nuperrime Norimbergam mihi delegi domum perpetuam, tum propter commoditatem Instrumentorum, maxime astronomicorum, quibus tota sideralis innitur disciplina, tum . . .*“ Aber wer die damals vor Regiomontans Zeiten in Nürnberg wirkenden, hier in Frage kommenden Handwerker oder Künstler gewesen sein mögen, ist nirgends zu ermitteln. Den Hersteller des Torquetums könnte man geneigt sein unter den Zirkelmachern zu suchen; aber dieses besondere Handwerk findet sich, laut Mitteilung vom K. bayer. Kreisarchiv, in den Nürnberger Meisterbüchern erst seit 1442 verzeichnet. In den ersten Jahrzehnten des XV. Jahrhunderts waren es also noch nicht besondere Handwerker, die sich mit der Herstellung von mathematischen und astronomischen Instrumenten beschäftigten, letztere werden vielmehr je nach Bedarf von dem einen oder andern befähigten Messingschmiede angefertigt worden sein, deren es schon im Jahre 1363 in Nürnberg 33 gab³⁾.

1) Nürnberg 1730.

2) Doppelmayr, a. a. O. Seite 5, Anm. (cc).

3) *Chroniken der deutschen Städte*, Bd. 2, 507.

Gerade aus der Abtrennung der Zirkelschmiede von den übrigen Handwerkern im Jahre 1442 dürfen wir schließen, daß schon seit Jahren, vielleicht Jahrzehnten vorher einige der Messingschmiede die Herstellung mathematischer Instrumente eingeführt und besonders ausgeübt haben mußten.

Der in Cues aufbewahrte Teil der Instrumente enthält nirgends eine Jahreszahl oder eine Namensinschrift des Herstellers oder Besitzers; möglich, daß der fehlende obere Teil des Torquetums eine solche Inschrift, wie sie bald nachher allgemein Sitte war, getragen hat. Die Form der Ziffern, die bei den Gradteilungen des Torquetums und der kupfernen Himmelskugel eingraviert sind, läßt auf das Ende des XIV. oder den Anfang des XV. Jahrhunderts schließen. Der hölzerne Himmelsglobus ist vollkommen „stumm“, er zeigt weder eine Zahl noch ein Wort, aus dem man auf seine Herkunft und sein Alter schließen könnte. Selbst Gewänder oder sonstige Attribute, die eine genäherte Datierung ermöglichen könnten, sind fast gar nicht vorhanden. Das einzige charakteristische Stück ist eine Kopfbedeckung, mit welcher der Zeichner den Kopf der im übrigen nackten Figur des Perseus verhüllt hat. Es ist das unter dem Namen Topfhelm bekannte Rüstungsstück von der in Fig. 1 dargestellten Form, welches am Ende des XIII. Jahrhunderts aufkam. Jedenfalls ist es wichtig, daß hierdurch für die hölzerne Himmelskugel ein höheres Alter ausgeschlossen wird.



Figur 1.

Genauere Aufschlüsse über die Herkunft und den früheren Besitzer der Instrumente konnte man nur noch von etwaigen Notizen in den astronomischen Handschriften erwarten, denn es war anzunehmen, daß diese, zum mindesten Cod. 211, in dem sich obige Eintragung befindet, eben zu den damals mit den Instrumenten gekauften 16 Büchern gehört haben. Die Durchforschung einiger von diesen Bänden, die nur nach und nach erfolgen kann, hat bisher folgendes ergeben.

Die Handschrift 211, eine kleine in Leder gebundene Mappe in Quartformat, enthält neben Abschriften einiger astrologischer Abhandlungen in der Hauptsache astronomische Tabellen, die teils für Nürnberg, teils für Prag besonders berechnet sind, und zwar kommt der größte Teil der Tafeln zweimal, von zwei verschiedenen Händen geschrieben, vor. Die sechs Pergamentlagen sind in unrichtiger Reihenfolge zusammengebunden, der Einband ist, wie aus den Eintragungen des Kardinals auf der ersten und letzten Seite¹⁾ hervorgeht, noch der ursprüngliche. Die richtige Reihenfolge der Lagen ist:

Lage 1	fol. 41—50	} Erste Hand
2	17—28	
3	29—40	
4	1—8	} Zweite Hand
5	9—16	
6	51—56	

1) Auf der ersten Seite die schon besprochene Notiz über den Bücher- und Instrumentenkauf

Das Manuskript der zweiten Hand ist eine schöne Abschrift des offenbar älteren Originals von der ersten Hand. Von den zahlreichen Tabellen, auf deren Inhalt nicht näher eingegangen werden soll, interessieren uns hier die folgenden, die ich in ihrer richtigen Reihenfolge, wie sie wohl auch geschrieben worden sind, aufführe:

fol. 42 v = 2 v. *Tabula ascensionum signorum ad orisontem nurnbergensis (2v: Nürenburgen') cujus latitudo est 49 gradus 27 minuta dies ejus longior 16 hore et 5 m.*

Hier ist also Nürnberg als Beobachtungsort genannt und seine Breite zu $49^{\circ}27'$ angegeben, in genauer Übereinstimmung mit der am Torquetum ausgeführten Messung. Ähnliche Überschriften haben auch andere Tabellen, soweit sie für einen einzelnen Ort gelten.

fol. 18 r = 15 v. *Tabula radicum mediorum motuum solis et lune nec non argumenta solis et lune et latitudinis lune tempore medie conjunctionis et oppositionis in mensibus praecedentibus.*

Diese Tabelle enthält Sonnen- und Mondlängen für die Jahre 1427 bis 1447; die für die weiteren Jahre 1448 bis 1458 noch vorgesehenen Zeilen tragen nur die Jahreszahlen, sind aber im übrigen leer geblieben. Wir können hieraus schließen, daß der Verfasser die zur Berechnung von Sonnen- und Mondörtern dienende Tafel für seine Zeit angelegt, daß er also um 1427 in Nürnberg gelebt hat, aber vielleicht vor 1448 gestorben ist oder wenigstens diese Handschrift in andere Hände gegeben hat — das würde zu der Zeit des Cusanischen Kaufes 1444 gut stimmen. Ferner sehen wir, daß Cusanus die Tabelle für seine Zeit nicht weiter fortgesetzt hat.

fol. 19 r = 16 v. *Tabula equacionis temporis vere conjunctionis et oppositionis Solis et lune. Et est scripta atque ordinata per Nicolaum dictum de Heybech de arfordio natum (16v: natum de Erfordia).*

Hier nennt sich der Berechner der Tabelle, der astronomische Kenntnisse besitzen mußte, Nikolaus von Heybech aus Erfurt, und in ihm dürfen wir, da er sich ausdrücklich auch als Schreiber der Tabelle bezeichnet, wohl überhaupt den Verfasser der ganzen Handschrift erblicken. Leider habe ich über den Träger dieses Namens trotz meiner ausgedehnten Bemühungen nur noch eine einzige Nachricht auffinden können, die eben ausreicht, um die Persönlichkeit historisch zu sichern. Die Akten der Erfurter Universität (Band 8 der *Geschichtsquellen der Provinz Sachsen, herausg. von H. Weissenborn*) enthalten unter den Immatrikulationen zu Michaelis 1421 die Eintragung:

Nicolaus Heybech dt. XII gr.

in Nürnberg, auf der letzten Seite die oben S. 4 erwähnte Betrachtung über die Bewegungen der Erde.

Aus dem Fehlen einer Ortsangabe folgt, daß Heybech aus Erfurt stammte; daraus, daß er statt der vollen Immatrikulationsgebühr von 23 Groschen nur 12 zahlte, darf man schließen, daß er keiner besonders begüterten Familie angehörte. Da die Studierenden ziemlich jung immatrikuliert wurden, ist anzunehmen, daß Heybech etwa im ersten Jahrzehnt des XV. Jahrhunderts geboren ist.

Über den Nürnberger Aufenthalt Heybechs habe ich nichts Sicheres ermitteln können, Urkunden und Stadtrechnungen aus jener Zeit kennen seinen Namen nicht. Auch in Lochners mit wertvollen kritischen Bemerkungen und Zusätzen versehener Ausgabe von Joh. Neudörfers *Nachrichten von Künstlern und Werkleuten Nürnbergs*¹⁾, die hunderte von Handwerkern und Künstlern des XV. und XVI. Jahrhunderts nennt, kommt der Name Heybéch nicht vor. Er kann also wohl kaum dort Bürger, Handwerker, oder auch nur längere Zeit ansässig gewesen sein. Recht gut würden hierzu die beiden folgenden Nachrichten passen, auf welche mich Herr kgl. Kreisarchivar Alb. Gümbel in Nürnberg aufmerksam machte; vielleicht ist es erlaubt, diese auf unsern Heybech zu beziehen.

Im Nürnberger Ratsbuch Nr. 1^b Seite 160^a findet sich der Ratsbeschluß:

*Maister Niclas Astronimo ist vergundt hie zu sitzen vntz vf
Walpurgis schier is. Actum feria Secunda post Erhardi 1446.*

Zur Erläuterung sei bemerkt, daß in Nürnberg auch Nichtbürger die Erlaubnis erhalten konnten in der Stadt zu wohnen; sie hatten einen Eid der Treue, ähnlich wie die Bürger, zu leisten. Nach Obigem erlaubte der Rat am Montag den 10. Januar 1446 dem Astronomen Nikolaus, bis zum nächsten Walpurgistage in der Stadt zu wohnen. Sollte dies unser Heybech gewesen sein, der vielleicht als wandernder Astrolog herumreiste und nun in Nürnberg länger verweilen wollte? Da Heybech in Erfurt studiert hatte, konnte er sich sehr wohl astronomische Kenntnisse angeeignet haben. Denn dort hatten Benediktinermönche, die aus Schottland gekommen waren, auf dem Turme der noch heute nach ihnen benannten Schottenkirche eine Sternwarte — die erste in Deutschland — eingerichtet, die wohl in Beziehung mit ihrer Lehrtätigkeit an der Universität stand; dem Schottenkloster standen vier Professuren zu, und in seinen Gebäuden war auch das physikalische Kabinett der Universität in mehreren Zimmern untergebracht²⁾.

Die zweite Nachricht, die ebenfalls auf unsern wandernden Astronomen bezogen werden könnte, ist folgende. Während des Reichstags zu Nürnberg im Jahre 1431 hatte König Sigmund mit zahlreichem Gefolge ein halbes Jahr lang in der Stadt gewohnt. In dem Register, welches die bei dieser Gelegenheit entstandenen und dann von der Stadt zu begleichenden Schulden aufzählt³⁾,

1) *Quellenschriften für Kunstgeschichte*, 10.

2) Hartung, *Häuser-Chronik der Stadt Erfurt*, 2, 179.

3) Alb. Gümbel, *Zur Biographie des Nürnberger Glocken- und Büchsenießers Ulrich Glocken- gießer. Mit urkundlichen Beiträgen zur Geschichte der Beziehungen des deutschen Königs Sigmund zu Nürnbergers Kunst und Gewerbe. Repertorium für Kunstwissenschaft* 36, 325, 1913.

kommen nun dicht hintereinander folgende beiden Posten vor (l. c. S. 335 Anm. 14):

Pro m[agistr]o Nicolao, orlogista: Petro Swen fl. 50,
Pro Turcis: Hospiti ipsorum fl. 40.

Gleichviel, ob man unter orlogista einen Verfertiger von Sonnen- und Wasseruhren oder — was jedoch unwahrscheinlicher ist — einen der frühesten Hersteller von Räderuhren versteht, immer war es ein mit astronomischen Dingen und mit mechanischen Fertigkeiten vertrauter Mann. Sollte dieser mit unserm Nikolaus Heybech identisch sein, so dürften wir in ihm wohl auch den Verfertiger des Turketums erblicken. Es liegt dann nahe, sich unter den Turci seine Gehülfen oder wenigstens Begleiter vorzustellen, und wir hätten so eine Erklärung der bisher ganz dunklen Bezeichnung „Turketum“ als „Türkeninstrument“ gefunden. Man kann sich wohl denken, daß Heybech während seines langen Aufenthaltes im Jahre 1431 vielleicht im Auftrage eines Nürnberger Bürgers und unterstützt von den geschickten Metallhandwerkern, deren die Stadt eine so große Menge besaß, das neuartige Instrument baute, und daß man dieses nach Heybechs Begleitern Turketum nannte, woraus erst später Torquetum wurde.

Aber es kommt noch ein Grund hinzu, der uns darin bestärkt, jenen Begleiter des böhmischen Königs Sigmund mit unsern Cusanischen Instrumenten und Büchern in Zusammenhang zu bringen. Ich erwähnte schon, daß ein Teil der Tabellen im Cod. 211 für Prag berechnet ist, sodaß sich also ihr Verfasser auch dort eine Zeit lang aufgehalten haben muß; in seiner Beziehung zu Sigmund würde also ein Aufenthalt Heybechs in Prag eine gute Erklärung finden. Andere der Handschriften weisen sogar direkt auf den böhmischen Königshof als ihren Herstellungsort hin. So sind namentlich im Cod. 208, der eine Anzahl astrologischer Traktate enthält und in der Hauptsache 1310 bis 1311 geschrieben wurde, an mehreren Stellen Randbemerkungen beigefügt, welche die Lehren des Textes durch Beispiele aus der jüngsten Vergangenheit der böhmischen Königsgeschichte erläutern, z. B. fol. 88v ein Horoskop auf den Anfang des Jahres 1297 mit der Aufschrift *hoc anno coronatus est dominus rex bohemie Wenzeslaus secundus 2. die Junii hoc est die pentecostes*, oder fol. 134 eine Randnote, die den Tod dieses Königs im Jahre 1305 und die Ermordung seines Sohnes Wenzel III. im folgenden Jahre in der Konstellation der Gestirne begründet. Eine Schreiber- notiz am Schlusse des Cod. 208 läßt sich so deuten, daß die betreffende Abschrift im Jahre 1334 für den König Johann von Böhmen angefertigt worden ist¹⁾. Da Johann von 1310—46 regierte, so dürfen wir vorläufig, bis das Einzelstudium der Handschriften vielleicht Gegenbeweise erbringt, annehmen, daß die astronomischen Handschriften, abgesehen natürlich von Nr. 211, die, wie wir schließen müssen, ein Handbuch Heybechs war und sich auch schon im Format völlig von den anderen Handschriften unterscheidet, im allgemeinen im Auftrage jenes

1) Diese Auslegung der schwer verständlichen Stelle verdanke ich meinem verehrten Kollegen, dem Rechtshistoriker Prof. Konrad Beyerle in München.

Böhmenkönigs angefertigt worden sind, der wohl ein gläubiger Anhänger der astrologischen Lehren war und aus den Sternen Auskünfte über das Schicksal seines Hauses oder Rat für seine vielfachen kriegerischen Unternehmungen zu erhalten hoffte. Unter Johanns nächsten Nachfolgern lag kaum ein Anlaß zur Veräußerung der Handschriften vor. Denn unter Kaiser Karl IV. entwickelte sich die Kultur des Landes zur höchsten Blüte — 1348 Gründung der Universität Prag —, und Wenzel IV., ein allerdings viel weniger befähigter Herrscher, scheint sich doch für Kunst und Wissenschaft interessiert zu haben, da er eine wertvolle Bibliothek sammelte — ich erinnere nur an die berühmte Wenzelbibel und andere kostbare Handschriften, die er herstellen ließ¹⁾. Aber nach Wenzels Tode im Jahre 1419 wurde die Bibliothek zerstreut, ein Teil der Bücher gelangte an seinen Bruder Sigmund, und es liegt nahe, anzunehmen, daß er es auch war, der sie nach Nürnberg gebracht hat, um sie zu Gelde zu machen.

Ich brauche wohl kaum zu betonen, daß ich das hier Dargelegte nur als einen ersten Versuch betrachte, das Dunkel, welches über der Herkunft der Cusanischen astronomischen Instrumente und Handschriften schwebt, etwas zu lichten, als eine Hypothese, die noch in vielen Punkten weiter begründet und ausgebaut werden kann, die ich aber auch, wenn sich etwas Sicheres an ihre Stelle setzen läßt, fallen zu lassen gern bereit bin.

Zunächst seien noch einige weitere Stellen aus der oben schon besprochenen Handschrift Nr. 211 erwähnt, die mit unserer Hypothese im vollen Einklang stehen.

fol. 23 r = 53 v und 54 r. Tabelle des Beginns der vier Jahreszeiten in Nürnberger Zeit ausgedrückt für die Jahre 1427 bis 1462.

Auch hier beginnt die Berechnung wieder mit dem Jahre 1427. Die Originalhandschrift fol. 23 r enthält sehr viele Rasuren und macht in ihrer ungleichmäßigen Schrift ganz den Eindruck, als ob die Tabelle eben hier neu berechnet worden wäre. fol. 53 v und 54 r ist wieder die saubere Reinschrift davon. Hiermit schließt die Abschrift; in der Originalschrift folgt aber darauf

fol. 23 v. *Tabula ascensionum signorum ad orizontem pragensem cujus latitudo est 50 graduum 7 minutorum, dies vero longior 16 hore minuta 12.*

Diese entspricht der oben fol. 42 v für Nürnberg berechneten Tabelle. Es folgt eine weitere für Prag berechnete Tafel, dann schließen sich medizinisch-astrologische Tabellen und Schriften an. Doch bereits fol. 32 v folgt wieder eine für Nürnberg aufgestellte Tafel und eine kleine Liste von Fixsternörtern mit der Angabe der Praezession, um sie auf 1424 zu reduzieren. Die nächste Seite macht uns endlich mit einem zweiten Nürnberger Astronomen bekannt:

fol. 33 r. *Stelle fixe subscripte verificate sunt et extracte de tabulis alfoncii et Johannis de lineriis super annum d. n. J. Ch. 1399 completum per Cunradum apothekarium.*

1) Vergl. Julius von Schlosser, *Die Bilderhandschriften Königs Wenzel I. Jahrbuch der kunsthistorischen Sammlungen des allerh. Kaiserhauses*. Wien 1893 Bd. 14, S. 214 ff.

Am Fuße der Tabelle die Angabe der Praezession zur Übertragung der Örter auf 1434. Hierauf folgt dann noch die Abschrift verschiedener astrologischer Traktate, die mit fol. 40 v, dem Ende der Lage, unvollendet abbricht.

Wie schon aus der Jahreszahl 1399 hervorgeht, hat der Apotheker Konrad etwa ein Menschenalter vor Heybech gelebt, und letzterer nennt dessen Namen nur, weil er eine Tabelle von ihm abschreibt. Über diesen Nürnberger Apotheker, der vielleicht im Zusammenhange mit seinem Berufe medizinisch-astrologische Studien betrieb, habe ich zunächst noch zwei Nachrichten in den Nürnberger Chroniken gefunden. In der Stadtrechnung¹⁾ vom 6. April 1388 lesen wir unter den Ausgaben:

It. ded. meister Conrat dem appoteker 4 guldein.

Und Ulman Stromer²⁾ zählt unter seinen verstorbenen Bekannten mit auf:

Maister Cunrat apoteker.

Hiernach muß der Apotheker Konrad zu den bedeutenderen und bekannteren Bürgern gehört haben. Einige weitere Nachrichten über ihn verdanke ich wieder Herrn Kreisarchivar Gumbel: Konrad kommt in den Stadtrechnungen Nürnbergs als Stadtapotheker zum ersten mal vor im Dezember 1387, dann Jahr für Jahr bis 1397. Hiernach ist in den Rechnungen eine Lücke bis 1406. In der Rechnung von 1406 wird er noch aufgeführt, nicht aber in der von 1413; die Rechnungen von 1407 bis 1412 fehlen. Er scheint also zwischen 1406 und 1413 gestorben zu sein. Sein Haus wird in der Steuerliste Sebaldi 1397 und 1400 erwähnt.

Das alles verträgt sich recht gut mit der Angabe in der Cusanischen Handschrift, sodaß wir also sicher in diesem Apotheker einen Nürnberger Astronomen kennen gelernt haben, der in ganz roher Schätzung etwa von 1350 bis 1410 gelebt haben mag. Zu den Cusanischen Instrumenten scheint er aber in keiner Beziehung zu stehen; es hat sich keine Andeutung eines Zusammenhanges auffinden lassen.

Die Nürnberger Chroniken jener Zeit enthalten einen beachtenswerten Bericht über die Sonnenfinsternis des Jahres 1433, die in dieser Gegend total war. Wir lesen in der sog. *Chronik aus Kaiser Sigmunds Zeit*³⁾:

Darnach in dem prachman an dem 17. tag (17. Juni) da ward ein verwandelung der sunnen, die verlos ganz ihren schein und geschah an sant Alexius tag, 12 or und 4 minuten darnach do was dy wandelung am grössten.

Allexius tag (17. Juli) ist ein Irrtum des Schreibers.

Und ebenso in *Endres Tuchers Memorial*⁴⁾:

Item (1433) mitwoch nach sant Feitz tag (d. h. am 17. Juni) kom ein grosse finsternus, umb 11 ur und 17 minuten auf den Tag hub sie an, und umb

1) *Die Chroniken der deutschen Städte, Leipzig 1862, 1, 273.*

2) *Dasselbst I, 96.*

3) *Dasselbst I, 388.*

4) *Dasselbst II. 23.* Vgl. auch Ginzel, *Handbuch der Chronologie III, 96.*

12 ur und 16 minuten wart die sun als finster, das ich die stern sach am himel, und man liecht anzündet; und weret nit lang.

Die genauen Zeitangaben, die auch nahe richtig sind, lassen auf einen geübten astronomischen Beobachter schließen. Namentlich konnte der Beginn um 11^h 17^m nur bemerkt werden, wenn die Finsternis vorausberechnet war, sodaß man die Sonne rechtzeitig beobachtete.

Zwar läßt sich auch für den Patrizier Endrès Tucher eine Beziehung zu den Cusanischen Instrumenten nicht nachweisen, aber aus den spärlichen Notizen über ihn und den Apotheker Konrad kann man doch immerhin erkennen, daß es in jener Zeit in Nürnberg an Sinn und Verständnis für astronomische Dinge, für Berechnung und Beobachtung, nicht fehlte. Das war der Boden, auf dem das wichtigste der Instrumente entstehen konnte, zu deren Beschreibung ich nun übergehe.

Das Torquetum.

Das Cusanische Torquetum dürfte, weil es das älteste und in seinem Bau ursprünglichste Instrument dieser Art ist, das wertvollste Stück der ganzen Sammlung sein. Ich werde es deshalb an anderer Stelle so eingehend beschreiben, daß die Herstellung einer Nachbildung ermöglicht wird, wenn das Original einmal verloren gehen sollte; auch soll jetzt schon eine Kopie für das Deutsche Museum in München angefertigt werden; hier kann ich die Beschreibung deshalb etwas kürzer fassen. Es wird zum leichteren Verständnis des Folgenden beitragen, wenn wir zunächst Form und Zweck des Instruments an der Hand der alten Beschreibungen kennen lernen. Tafel I gibt die beiden besten der aus dem XVI. Jahrhundert erhaltenen Abbildungen des ganzen Torquetums wieder; die erste stellt das Instrument des Regiomontanus nach der von Schoner besorgten Veröffentlichung¹⁾ dar, die zweite ist der Beschreibung des Baues und der Anwendung des Torquetums von Petrus Apianus²⁾ beigelegt.

Obwohl diese Beschreibungen etwa 100 Jahre jünger sind, als das Torquetum des Cusanus, so stimmen sie doch noch ziemlich gut mit jenem ältesten Instrument überein. Dagegen sind die in der zweiten Hälfte des XVI. Jahrhunderts angefertigten Exemplare, wie sie im Dresdener Mathematischen Salon, im Germanischen Museum in Nürnberg und im Deutschen Museum in München uns noch erhalten sind, außerordentlich viel zierlichere, mit reichen Gravierungen, zu denen die vielen ebenen Flächen ja geradezu einladen, geschmückte Apparate. Das Nürnberger von Johannes Praetorius angefertigte Instrument wurde von G. von Bezold beschrieben³⁾ und abgebildet, das Dresdener wurde um 1565 auf

1) *Scripta clarissimi mathematici M. Joannis Regiomontani de torqueto etc. Norimbergae 1544.*

2) *Introductio geographica, Ingolstadii 1533* und ebenso in dessen *Astronomicum Caesareum, Ingolstadii 1540.*

3) *Festschrift zum XVI. Deutschen Geographentag in Nürnberg 1907.*

Veranlassung Landgraf Wilhelms IV. von Hessen angefertigt. Alle diese spätesten Torqueta sind in ihren Abmessungen ungefähr halb so groß wie das Cusanische Instrument.

Die mit dem Torquetum zu lösenden Aufgaben waren ziemlich vielseitig: durch Beobachtung der Sonne, des Mondes oder eines Sterns konnte man bequem und genauer als mit einer Sonnenuhr die Zeit bestimmen, die Länge, Breite und Höhe jedes beobachteten Gestirns waren direkt abzulesen, Auf- und Untergangszeiten aller Gestirne konnten leicht ermittelt und auch andere Aufgaben der sphärischen Astronomie gelöst werden. Apianus nennt es „*instrumentum omnium et jucundissimum et intellectu usurpatuque facillimum*“. Aber eine wirklich ausge dehnte Anwendung zu astronomischen Beobachtungen hat das Torquetum nicht gefunden, denn jeder erfahrene Beobachter mußte bemerken, daß das schräge Überhängen des oberen Teils starke, mit der Stellung der Sterne wechselnde Kippungen und Biegungen verursachte, die genaue Messungen unmöglich machten. So tadelt auch Tycho in einem Briefe ¹⁾ an Rothmann vom 21. Februar 1589 die Benutzung des Instruments durch den Landgrafen Wilhelm von Hessen: „. *Taceo quod ipsum etiam Instrumentum sua mole sese nimium aggravet, cum non secundum aequilibrium ejus dispositiones convolutioni adaptentur. Ita ut nullum sit inter omnia Astronomica Organa a veteribus excogitata, quod minus expeditam et ratam certitudinem Observatori exhibeat*“. Das mit dem Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen und seinen Gehülften Bürgi und Rothmann, namentlich aber mit Tycho beginnende Bestreben, die Genauigkeit der astronomischen Messungen bis zur höchsten erreichbaren Grenze zu steigern, führte zum Bau einfacherer, stabilerer Beobachtungswerkzeuge, und so kam es, daß das Torquetum nicht mehr angefertigt und fast vergessen wurde.

Das Cusanische Torquetum, dessen Ansicht nach der vorläufigen Ergänzung ²⁾ der verloren gegangenen Teile auf Tafel II wiedergegeben ist, unterscheidet sich in mehrfacher Hinsicht, und zwar im allgemeinen zu seinem Vorteil, von den auf Tafel I dargestellten Instrumenten. Zunächst muß bemerkt werden, daß zwar die Zeichnung Apians unzweifelhaft, wahrscheinlich auch die Regiomontans, nach einem Holzmodell angefertigt ist, daß aber beide Autoren schon die Herstellung des Instruments aus Metall empfehlen. So ist auch schon das Cusanische Torquetum ganz aus gehämmerten Messingplatten angefertigt. Die einzelnen Messingtafeln sind sowohl in sich als auch untereinander von ungleicher Stärke, aber der Verfertiger hat in kluger Anordnung die stärksten für den untern, feststehenden Teil des Instruments und nach oben hin immer schwächere ausgewählt. Befestigungsschrauben kommen noch gar nicht vor, vielmehr ist die Verbindung zweier Teile, wo sie dauernd sein soll, durch Vernieten und Verlöten, wo sie trennbar oder beweglich sein soll, durch Lochzapfen mit Vorsteckkeil oder wahrscheinlich auch Splint (gespaltenen Vorsteckstift) bewirkt worden.

1) *Tychonis Brahe Dani Epistolarum astronomicarum libri. Uraniburgi 1596. 146.*

2) Ich habe die fehlenden Teile einstweilen aus Laubsägeholz angefertigt: als Modell für die spätere Herstellung aus Messing.

Im Gegensatz zu den späteren Abbildungen fehlt bei dem Cusanischen Torquetum zunächst die horizontale Grundplatte, die *horizontalis tabula* Regiomontans. Vielmehr wird hier die Äquatorplatte, eine quadratische 3 mm dicke Messingtafel von 377 mm Kantenlänge, von einem keilförmigen, fest vernieteten Rahmen getragen, der, wie ich schon oben bemerkte, einen der Äquatorhöhe Nürnbergs entsprechenden Keilwinkel von $49^{\circ}27'$ hat. Die Äquatorplatte trägt eine Gradteilung von 188 mm Halbmesser, die am obersten, südlichsten Punkte beginnend von fünf zu fünf Grad über Westen, Norden, Osten bis 360° beziffert ist, eben so, wie jetzt die Stundenwinkel gezählt werden; wir können diese Teilung deshalb als den Stundenkreis bezeichnen.

Um einen Zapfen in der Mitte der Äquatorplatte drehbar ruht auf dieser eine ebenfalls gut ebene, runde Scheibe, die den Stundenkreis genau ausfüllt, sodaß die Teilung über ihren Rand hervorsteht. An der Stelle, die in der Abbildung bei der Zahl 200 sichtbar ist, trug diese Scheibe einen (jetzt abgebrochenen) kleinen Zeiger, der auf den Stundenwinkel 0° zeigte, wenn sich der höchste, nördlichste Punkt der Ekliptik im südlichen Meridiandurchgang befand. Da dieser Stellung die Sternzeit 90° entspricht, so ist die Ablesung H am Stundenkreis immer um 90° oder 6^h kleiner als die Sternzeit.

So oft man mit dem noch zu besprechenden oberen Teile des Torquetums Länge und Breite eines Sterns messen wollte, hatte man in dieser Weise vorher den unteren Teil auf $H = \text{St.Z.} - 90^{\circ}$, der augenblicklichen Sternzeit entsprechend einzustellen, und umgekehrt konnte auch die Sternzeit sofort bestimmt werden, indem man zunächst die bekannte Länge und Breite eines Sterns oder den Ort der Sonne auf den oberen Teilungen einstellte und dann das ganze Instrument auf der Äquatorplatte solange drehte, bis das betreffende Gestirn durch die Dioptern sichtbar wurde; dann hatte man die Sternzeit $H + 90^{\circ}$.

Der auf der drehbaren Scheibe fest aufgenietete Ekliptikkeil bildet wieder einen vollständigen Rahmen. Der Winkel an der Spitze, der der Schiefe der Ekliptik entspricht, ergab sich aus mehrfachen Messungen zu $23^{\circ}40'$. Da sich die Schiefe der Ekliptik nur äußerst langsam ändert — sie nimmt in einem Jahrhundert um $46''.8$ ab und hatte im Jahr 1400 den Wert $23^{\circ}31'$ —, so ist es nicht möglich, aus der angenommenen Schiefe auf die Zeit der Herstellung des Instruments zu schließen. Dem Verfertiger des Torquetums konnten etwa die folgenden Beobachtungen der Schiefe bekannt sein:

Pytheas in Marseille	um 320 v. Chr.	$23^{\circ}49'$
Eratosthenes in Alexandrien	„ 230 „ „	23 45
Hipparch in Alexandrien	„ 140 „ „	23 51
Ptolemaeus in Alexandrien	„ 140 n. Chr.	23 51
Albategnius in Bagdad	„ 880 „ „	23 35
Arzachel in Toledo	„ 1080 „ „	23 34
Abul Hassan in Marokko	„ 1230 „ „	23 34

Wahrscheinlich kannte er aber nur wenige dieser Messungen, und so ist es ganz verständlich, wenn er bei der Konstruktion seines Instrumentes die Schiefe zu $23^{\circ}40'$ annahm.

Die auf dem Ekliptikkeil befestigte Ekliptikscheibe, die *rotula ecliptica* bei Regiomontan, ist der kunstvollste und am sorgfältigsten bearbeitete von den erhaltenen Teilen. Es ist eine gut abgeschliffene kreisrunde Scheibe von 360 mm Durchmesser, die zwei verschiedene Kreisteilungen enthält. Dicht am Rande und konzentrisch mit diesem ist die Tierkreis- oder Längenteilung angebracht. Die 360 Grade sind in der üblichen Weise in 12 Gruppen von je 30 Graden zusammengefaßt, welche die Namen der Tierkreiszeichen tragen. Die Anordnung der Teilung und die Art der Schrift sind aus Tafel III zu erkennen, die die Ekliptikscheibe in $\frac{4}{10}$ ihrer natürlichen Größe wiedergibt¹⁾. Die Teilungen und die Schrift sind sehr sauber graviert und mit einer schwarzen Masse ausgefüllt.

Eine zweite innerhalb der vorigen exzentrisch liegende Teilung gibt die Länge der Sonne für jeden Tag des Jahres an, und ich will sie deshalb kurz als die Tagesteilung bezeichnen. Sie ist in folgender Weise hergestellt. Zunächst hat der Verfertiger den nach 90° Länge hin liegenden Halbmesser der Längenteilung, der bis zur innersten Kreislinie 162.9 mm lang ist, fein eingeritzt und durch fortgesetztes Halbieren $\frac{1}{32}$ desselben gebildet. Dieser letzte, 5.1 mm vom Mittelpunkte der Scheibe entfernte Teilpunkt, der dann später beim Bohren des Zapfenloches beseitigt wurde, ist der Mittelpunkt der exzentrischen Tagesteilung. Da der in 365 gleiche Teile geteilte Kreis der letzteren 150 mm Halbmesser hat, so beträgt die Exzentrizität $\frac{1}{30}$ des Halbmessers. Die Art der Beschriftung der Tagesteilung ist wieder aus Tafel III zu ersehen; die Tage sind so gezählt, daß der 13. Juni auf dem oben erwähnten Radius von 90° Länge liegt, daß also bei diesem Tage die exzentrischen Kreise am weitesten vom Mittelpunkte der Scheibe entfernt sind.

Der Gedanke, die ungleichförmige Bewegung der Sonne am Himmel durch die gleichförmige Bewegung auf einem zum Erdmittelpunkte exzentrisch liegenden Kreise darzustellen, geht, wie Ptolemäus ausdrücklich hervorhebt²⁾, schon auf Hipparch zurück. Will man durch diesen exzentrischen Kreis die uns jetzt bekannte elliptische Bewegung möglichst gut darstellen, so zeigt es sich, daß man dem Kreise die doppelte Exzentrizität der Ellipse geben muß. Da die Exzentrizität der Erdbahn $\frac{1}{60}$ beträgt, so ist also der oben zu $\frac{1}{30}$ gefundene Wert für den exzentrischen Kreis genau richtig. Hipparch hatte beobachtet, daß die Sonne vom Frühlingspunkte bis zur Sommersonnenwende $94\frac{1}{2}$ Tage, von da bis zur Herbstnachtgleiche aber nur $92\frac{1}{2}$ Tage gebrauchte, und er schloß daraus, daß der Mittelpunkt der gleichförmig durchlaufenen Sonnenbahn um $\frac{1}{24}$ ihres Halbmessers vom Erdmittelpunkte entfernt sei und in $65\frac{1}{2}^{\circ}$ Länge liege. Das war also die

1) Um die zarte Gravierung im Bilde deutlich sichtbar zu machen, mußte bei der Aufnahme die Scheibe so weit geneigt werden, daß von ihrer blanken Fläche das Himmelslicht nach dem Objektiv zu reflektiert wurde; sie erscheint deshalb in der Abbildung perspektivisch verkürzt.

2) *Almagest, Buch III, Kap. 4.*

Richtung der Erdferne, die Länge des Apogäums der Sonne. Ptolemäus glaubte diese Angaben durch eigene Beobachtungen bestätigen zu können, woraus er den Schluß zog, daß die Länge des Apogäums, also dessen Abstand vom Frühlingspunkte, unveränderlich sei. Erst der 928 verstorbene arabische Astronom Albattani (Albategnius) wies, indem er im Jahre 883 n. Chr. die Länge des Apogäums zu $82^{\circ} 17'$ bestimmte¹⁾, nach, daß diese — in erster Linie zufolge der Präzession — veränderlich sei, und zwar würde sich aus diesen beiden Bestimmungen eine jährliche Zunahme der Länge des Perigäums um nahe $1'$ ergeben.

Diese Bewegung des Apogäums ist so beträchtlich, daß sich aus der vom Verfertiger zu 90° angenommenen Länge eine ziemlich sichere Datierung des Torquetums ergeben müßte. Leider treten hier aber zwei Schwierigkeiten auf, die die völlige Ausnutzung dieses Datierungsmittels verhindern. Erstens darf man nämlich vermuten, daß der Wert von genau 90° nicht streng dem Zeitpunkt entspricht, in welchem das Torquetum angefertigt wurde, daß er vielmehr nur eine abgerundete Zahl ist, die von der richtigen bis zu einem halben, ja vielleicht sogar bis zu einem ganzen Grade abweichen kann. Während man bei jeder anderen Gradzahl ziemlich sicher sein könnte, daß der Abrundungsfehler einen halben Grad nach der positiven oder negativen Seite nicht überschritte, kann der runde Wert von 90° möglicherweise zu einer stärkeren Abrundung bis zu einem Grad verführt haben. Zweitens steht es nicht völlig fest, auf welche Weise der Verfertiger des Torquetums die Länge des Apogäums berechnet hat. Denn es wäre natürlich sinnlos, wenn wir etwa aus unserer jetzigen Kenntnis von der Bewegung dieses Elements ausrechnen wollten, zu welchem Zeitpunkte die angenommene Länge von 90° genau der wahren Lage der Sonnenbahn entsprochen hat. Daß dies im Jahre 1246 der Fall war, konnte der Verfertiger nach dem damaligen Stande der astronomischen Kenntnisse nicht wissen. Allenfalls konnten ihm die beiden schon erwähnten Beobachtungen der Länge des Apogäums bekannt sein, nach denen sich die Rechnung folgendermaßen stellen würde:

Hipparch im Jahre	– 127	Apogäum	$65^{\circ} 30'$
Albategnius	+ 883		$82\ 17$
		Bewegung in 1010 Jahren	$16^{\circ} 47' = 1007'$

Der Genauigkeit dieser Beobachtungen entsprechend dürfen wir also als jährliche Änderung genau eine Bogenminute annehmen. Da nun der am Torquetum angenommene Wert um $7^{\circ} 43' = 463'$ größer ist, als der von Albategnius gefundene, so wäre nach diesen Grundlagen das Instrument für das Jahr $883 + 463 = 1346$ berechnet. Fügen wir hierzu die vermutliche Abrundungsgrenze von $\pm 30'$ oder höchstens $\pm 1^{\circ}$, so würde sich für die Herstellung des Torquetums der Zeitraum 1316–1376 oder höchstens 1286–1406 ergeben.

1) Albategnius, *de numeris stellarum et motibus*. Bononiae 1645. Kap. 28.

Aber auch diese Berechnungsweise entspricht, wie ich annehmen möchte, nicht dem Gedankengange des Verfertigers. So unsicher es ist, ob ihm die beiden hier benutzten Beobachtungen bekannt waren, so sicher können wir seine Vertrautheit mit den Alfonsinischen Tafeln annehmen, die um 1270 am Hofe Alfons X. von Castilien verfaßt und im Anfange des XIV. Jahrhunderts von Johannes de Saxonia ins Lateinische übertragen worden waren. Bei Alfonso liegt das Apogäum der Sonne an der Fixsternsphäre fest und ist somit nur mit der Präzession und Trepidation behaftet. In unserer jetzigen Schreibweise kann man die in den Alfonsinischen Tafeln berechnete Präzession und Trepidation ausdrücken durch die Formeln

$$\sin v = [9.19433] \sin(0^{\circ}.0514285t - 0^{\circ}.79200)$$

$$P = [7.8661064]^{\circ}t + v,$$

wobei t die seit Beginn unserer Zeitrechnung abgelaufene Zeit in julianischen Jahren ist. Zu diesem Betrage der Präzession ist dann noch die „Radix“, die Lage des Apogäums zu Beginn unserer Zeitrechnung, zu addieren, die Alfonso zu $71^{\circ}25'23''$ annimmt. Auf diese Art erhält man folgende

Längen des Apogäums nach den Alfonsinischen Tafeln.

Jahr	Apogäum	Jahr	Apogäum
1300.0	89° 11.5	1380.0	90° 1.3
1310.0	17.9	1390.0	7.3
1320.0	24.2	1400.0	13.3
1330.0	30.5	1410.0	19.3
1340.0	36.7	1420.0	25.2
1350.0	42.9	1430.0	31.0
1360.0	49.1	1440.0	36.9
1370.0	55.2	1450.0	42.7

Die Länge 90° ergibt sich für das Jahr 1378; der wahrscheinlichen Abrundungsgrenze $\pm 30'$ entspricht der Zeitraum von 1330 bis 1430, der Grenze $\pm 1^{\circ}$ der Zeitraum von 1280 bis 1480. Aber zu einer schärferen Datierung können wir auf diesem Wege nicht gelangen; immerhin ist es beachtenswert, daß wir hiermit auf einem gänzlich unabhängigen Wege zu einer Bestätigung der Herstellungszeit gelangt sind, die wir früher aus den spärlichen historischen Notizen abgeleitet hatten.

Noch ein weiteres Element der Sonnenbewegung, welches auf der Ekliptikscheibe abgelesen werden kann, ist zeitlich so veränderlich, daß es eine Datierung ermöglicht. Es ist das Datum des Frühlingsanfanges oder allgemeiner überhaupt die Lage der Tagesteilung gegenüber der Längenteilung. Da das julianische Jahr von $365^{\text{d}}6^{\text{h}}$ gegenüber dem tropischen Jahr um etwa $0^{\text{d}}0075$ zu lang war, verschob sich das Datum des Frühlingsanfangs in je 400 Jahren um 3 Tage

rückwärts. Wenn die Tagesteilung nur die Feststellung ganzer Tage erlaubte und man wieder eine Abrundungsgrenze von $\pm 0^d5$ annehmen müßte, so würde auch hier nur eine rohe Datierung auf ± 67 Jahre möglich sein. Dazu kommt, daß der Moment des Frühlingsanfangs, der Eintritt der Sonne in das Zeichen des Widder, wegen des Überschusses von sechs Stunden über die ganze Anzahl von 365 Tagen schon im Laufe von vier Jahren sich um einen ganzen Tag hin und her verschiebt, wodurch eine neue Unsicherheit einzutreten scheint.

Aber zum Glück lassen sich alle diese Schwierigkeiten beseitigen, sodaß wir zu einer überraschend sicheren Datierung gelangen können. Zunächst scheint mir die zuletzt erwähnte Unsicherheit um einen ganzen Tag folgendermaßen zu verschwinden. Auf der Ekliptikscheibe des Torquetums ist das Jahr in 365 Tage eingeteilt, d. h. als Gemeinjahr angenommen. Wie man nun aus der Tabelle auf der nächsten Seite sofort erkennt, haben die Anfänge der Jahreszeiten jedesmal im Schaltjahr den frühesten Termin, von dem aus sie, da das tropische Jahr zu $365^d5^h49^m16^s$ angenommen ist, in den folgenden Gemeinjahren um je $5^h49^m16^s$ vorwärts rücken, um dann im Schaltjahre wieder um einen Tag zurück zu springen. Will man also einen mittleren Zustand zur Darstellung bringen, was ja an dem Beobachtungsinstrumente unbedingt geschehen mußte, so ist es das Nächstliegende, hierzu die Angaben aus einem mitten zwischen zwei Schaltjahren liegenden Gemeinjahr zu wählen. Wir dürfen annehmen, daß auch der Verfertiger des Torquetums in dieser Weise verfahren ist. Um die damalige Lage des Frühlingspunktes und seine Verschiebung zu finden, dürfen wir natürlich auch hier wieder nicht von unserer jetzigen Kenntnis ausgehen, sondern müssen die im XIV. und XV. Jahrhundert üblichen Rechnungsvorschriften anwenden. Wieder ist anzunehmen, daß der Verfertiger die Alfonsinischen Tafeln benutzt hat, um das Datum des Frühlingsanfangs festzustellen. Für diese Annahme würde sich, wenn wir bei der oben ausgeführten Hypothese bleiben, nach welcher der Verfertiger des Torquetums mit dem Verfasser der Cusanischen Handschrift 211 identisch ist, eine direkte Bestätigung ergeben. Diese Handschrift enthält nämlich fol. 23r und dann nochmals fol. 53v und 54r die schon auf Seite 15 kurz erwähnte Tabelle mit der Überschrift

Sequitur tabula introitus solis post meridiem ad quodlibet signum signorum subscriptorum in minutis dierum et etiam in horis diebus non equatis super orisontem Nürnbergensem.

Die „dies equati“, „minutae dierum“ = $\frac{1}{60}$ Tag u. s. f. sind nun eine charakteristische Einrichtung der Alfonsinischen Tafeln, aus denen diese Tabelle, wie auch aus ihren Zahlenangaben hervorgeht, abgeleitet ist. Sie enthält alle Angaben, deren wir zu der beabsichtigten Datierung bedürfen, und ich lasse deshalb hier ein kleines Stück derselben (sie umfaßt im ganzen die Jahre 1427 bis 1462) in abgekürzter Form und nur in der jetzt üblichen Art der Zeitangaben folgen.

Beginn der Jahreszeiten nach den Alfonsinischen Tafeln.

Jahr	Aries	Cancer	Libra	Capricornus
1427	März 11 13 ^h 23 ^m 9 ^s	Juni 13 6 ^h 53 ^m 31 ^s	Sept. 14 19 ^h 37 ^m 47 ^s	Dez. 12 22 ^h 47 ^m 25 ^s
1428*	10 19 12 25	12 12 47 47	14 1 27 3	12 4 36 41
1429	11 1 1 41	12 18 37 3	14 7 16 19	12 10 25 57
1430	11 6 50 57	13 0 26 19	14 13 5 35	12 16 15 13
1431	11 12 40 13	13 6 15 35	14 18 54 51	12 22 4 29
1432*	10 18 29 29	12 12 4 51	14 0 44 7	12 3 53 45
1433	11 0 18 45	12 17 54 7	14 6 33 23	12 9 43 1
1434	11 6 8 1	12 23 43 23	14 12 22 39	12 15 32 17

* Schaltjahre.

Auf der Ekliptikscheibe des Torquetums sind die nach den Längen 0°, 90°, 180° und 270° laufenden Radien fein eingeritzt, sodaß man ihren Durchschnitt mit der Tagesteilung gut auf Zehnteltage ablesen kann. Man findet als Anfänge der Jahreszeiten die vier Zeitpunkte

März 11.3 Juni 13.0 Sept. 14.5 Dez. 12.6.

Nach dem oben Gesagten haben wir diese mit den Werten in einem mitten zwischen zwei Schaltjahren liegenden Jahre zu vergleichen; so entnehmen wir aus der Tabelle

1430 März 11.2854 Juni 13.0183 Sept. 14.5455 Dez. 12.6772
 1434 11.2556 12.9885 14.5157 12.6474.

Hiervon weichen die Angaben des Torquetums ab um

1430 + 0^d0146 - 0^d0183 - 0^d0455 - 0^d0772
 1434 + 0.0444 + 0.0115 - 0.0157 - 0.0474.

Die Summe der Abweichungen beträgt

1430 - 0^d1264
 1434 - 0.0072,

sie nimmt in je 4 Jahren um + 0^d1192 zu, sodaß man hätte

1438 + 0.1120
 1442 + 0.2312.

Wie man sieht, schließt sich die Tagesteilung des Torquetums am nächsten an die Sonnenlängen des Jahres 1434 an, und in dieses Jahr hätten wir somit die Anfertigung des Instruments zu verlegen. Nun ist zwar nicht anzunehmen, daß der Verfertiger die obige genaue Rechnung ausgeführt und die Summe der

Abweichungen zu einem Minimum gemacht hat. Vielmehr wird er nur einem dieser vier Punkte, wahrscheinlich dem in die Aphelrichtung fallenden Eintritt in das Zeichen des Krebses (Länge = 90°) die entsprechende Lage in der Tagesteilung (Juni 13.0) gegeben haben, wodurch die Lage aller übrigen Tage schon mit bestimmt war. Aber auch in diesem Falle stimmt die Teilung am besten zum Jahre 1434. Nehmen wir dagegen an, daß der Verfertiger bei der Anbringung der Tagesteilung vom Frühlingspunkte ausgegangen ist, den er auf März 11.3 legte, so würde damit die Datierung des Instruments nur vier Jahre anders, da die beste Übereinstimmung im Jahre 1430 läge. Auch wenn wir wieder einen kleinen bei der Eintragung des Anfangspunktes der Tagesteilung begangenen Abrundungs- oder Konstruktionsfehler annehmen wollen, bleibt immer noch eine ziemlich sichere Zeitbestimmung bestehen. Der zu jeder Sonnenlänge gehörige Zeitpunkt verschiebt sich in 12 Jahren um 0.09 Tage. Da nun ein Fehler von mehr als $0^{\circ}1$ bei der Größe der Teilung — jeder Tag ist 2.7 mm lang — und bei der großen Sorgfalt ihrer Herstellung kaum anzunehmen ist, so dürfen wir mit ziemlicher Sicherheit schließen, daß das Torquetum ganz in der Nähe des Jahres 1434, jedenfalls nicht mehr als zehn Jahre vor- oder nachher angefertigt worden ist. Auch diese Art der Zeitbestimmung harmoniert auf das beste mit allen früher gezogenen Schlüssen.

Als ein Nebenergebnis dieser Untersuchung ist auch die große Genauigkeit zu beachten, mit der sich die an der Tagesteilung des Torquetums abgelesenen Sonnenlängen den in der Tabelle berechneten Werten anschließen. Im Jahre 1434 bleiben sämtliche vier Abweichungen unterhalb der Ablesungsunsicherheit von $\pm 0^{\circ}05$, und da in einem Tage die Länge sehr nahe um einen Grad zunimmt, so folgt hieraus, daß die gleichmäßige Einteilung des exzentrischen Kreises die Längen graphisch auf einen Zehntelgrad richtig abzulesen gestattet. Um in beliebigen anderen Jahren die Tagesteilung in gleicher Weise benutzen zu können, hat man nur an der Zeitangabe eine von Jahr zu Jahr wechselnde kleine Verbesserung anzubringen, die man am einfachsten findet, indem man den Frühlingsanfang des gegebenen Jahres von dem auf dem Torquetum angenommenen Termin (März 11.3) abzieht.

Gerade in diesem sorgfältig geteilten exzentrischen Tageskreise erblicke ich einen beachtenswerten Vorzug des Cusanischen Torquetums vor den späteren Instrumenten des Regiomontanus und Apianus. Das letztere (Taf. I rechts) trägt auf der Ekliptikscheibe überhaupt nur die Längenteilung, setzt also zur Einstellung der Sonnenlänge eine Hülftabelle voraus, während die Abbildung des ersteren (Taf. I links) nur eine konzentrische Teilung zeigt, die roh nur in ganze Monate eingeteilt ist. Diese primitive Monatsteilung wird von Schoner auch noch einmal gesondert abgebildet mit der Anweisung, daß man nach seiner Figur die Teilung auf der Ekliptikscheibe des Torquetums entwerfen solle. Daneben findet sich bei Schoner auch noch die Bemerkung, daß diese Scheibe genau so eingeteilt sei wie die Rückseite, das sogenannte *dorsum* des Astrolabiums. Aber auch an den älteren Astrolabien ist der exzentrische Tageskreis nur ganz

vereinzelt zu finden, erst später wurde er allgemein angebracht. Wir müssen hieraus schließen, daß der Verfertiger des Torquetums recht gute astronomische Kenntnisse besaß.

Leider wird die schöne Ekliptikscheibe durch ein Dutzend unnützer Löcher verunziert, die, wie man auf der Rückseite deutlich erkennen kann, daher rühren, daß die Seitenwände des Ekliptikkeils zuerst in 15 cm Abstand voneinander mit angenieteten Winkeln unter der Scheibe befestigt waren, dann aber, wohl zur Steigerung der Stabilität, auf fast 20 cm auseinander gerückt wurden. Die zwölf alten Nietlöcher sind offen geblieben. Auch sonst finden sich an dem Instrumente mehrfach noch Andeutungen einer vorher versuchten etwas anderen Konstruktion, z. B. an der unteren Kante der Äquatorplatte Spuren früher angebrachter Scharniere, die eine Einstellung für verschiedene Polhöhen ermöglichten.

Auf der Ekliptikscheibe liegt, um einen 14 mm dicken Zapfen drehbar, die Alhidade, die den Breitenkreis trug. Es ist, wie auf Tafel II deutlich erkennbar, eine Scheibe von 196 mm Durchmesser, die in der Verlängerung eines ihrer Durchmesser zwei je 8 cm lange linealförmige Zeiger hat, an deren Kanten die Ablesung der beiden oben besprochenen Kreisteilungen erfolgt. Nahe an ihren Enden tragen diese Zeiger zwei Diopterplatten mit 2 mm großen Durchbohrungen, die zur Beobachtung in der Ekliptik stehender Gestirne, also in erster Linie der Sonne, dienen. Auf die Scheibe sind zwei Halter für die Befestigung des oberen Teils des Torquetums, des Breitenkreises, der *crista* bei Regiomontanus, aufgelötet. Der innere, dicht am Drehzapfen liegende Halter ist ein 17 mm hoher, 52 mm langer Rahmen in Form eines flachen Kastens, in welchen der 3 mm dicke Fuß des Breitenkreises hineingesteckt und mit zwei durchgeschobenen Bolzen befestigt wurde. Der zweite Halter ist, um eine gute Befestigung des Breitenkreises zu gewinnen, möglichst nahe an den Rand der Alhidadenscheibe gerückt. Die aufrechte Platte dieses Halters steht nicht senkrecht auf der Scheibe, sondern ist so weit nach innen zu geneigt, daß ihre Verlängerung die im mittleren Halter senkrecht eingesteckte Breitenkreisscheibe 32 cm über der Fläche der Alhidade treffen würde. Ich nehme an, daß an dem zweiten Halter eine Stütze befestigt war, die den Breitenkreis gegen Biegung sichern sollte. Der kleine Neigungswinkel dieses Stützenhalters gibt uns das einzige Mittel, um ein genähertes Urteil über die Höhe des Aufbaus zu gewinnen, den die Alhidade getragen hat. Denn von diesem oberen Teile des Instruments fehlen leider die Hauptstücke.

Auch die Alhidade zeigt wieder eine beachtenswerte Überlegenheit gegenüber den späteren auf Tafel I abgebildeten Instrumenten. Die dort in beiden Figuren erkennbare schmale Alhidade konnte für den hohen Aufbau in manchen Lagen der beweglichen Teile nur eine äußerst mangelhafte Stütze gegen Kippung bieten, wogegen bei dem Cusanischen Instrument durch die scheibenförmige Verbreiterung der Alhidade und durch die Anbringung der schrägen Stütze alles getan ist, was man zur Erhöhung der Stabilität des Breitenteils ersinnen konnte. Auch hierin verrät sich wieder ein recht tüchtiger Mechaniker.

• Wie schon bemerkt wurde, fehlt der den Breitenkreis tragende obere Teil

des Torquetums mitsamt seiner Alhidade, der *regula latitudinum* bei Regiomontanus. Nur der an letzterer frei hängende Höhenhalbkreis, der *semicirculus pensilis altitudinum* ist noch vorhanden und gibt uns ein Mittel, die Größe des Breitenkreises ziemlich sicher zu rekonstruieren. Der hängende Halbkreis hat die im unteren Teile von Tafel III in $\frac{4}{10}$ der seiner Größe wiedergegebene Gestalt und einen Durchmesser von 258 mm. Im Zentrum ist ein kleines Stäbchen mit Knopf zum Anhängen eines Lotes eingietet. An den beiden Enden des oberen Randes sind scharnierartige Ösen angebogen zur Aufhängung des Halbkreises an der Breitenalhidade. Die beiden Einschnitte dieser Scharniere, in welche zweifellos die beiden Diopterplatten der Alhidade eingriffen, sind 232 mm voneinander entfernt. Das war also die Länge der Alhidade von Diopter zu Diopter gemessen, während dieselbe Strecke bei der Längendiopter 335 mm lang ist. Nehmen wir an, daß die zeigerförmigen Spitzen ebenso wie bei letzterer noch um je 13 mm über die Diopterplatten hinausgeragt haben, so ergibt sich als Gesamtlänge der Breitenalhidade und somit als äußerer Durchmesser des Breitenkreises der Betrag von 258 mm, also genau dieselbe Größe, die auch der hängende Höhenbogen hat. Die Form der Ziffern — man beachte namentlich die 2 und 3 — ist hier noch etwas zierlicher als auf der Ekliptik- und Äquatorscheibe, sodaß es den Eindruck macht, als sei der Höhenbogen von anderer Hand graviert worden, oder als rührte er von einem noch etwas älteren Instrumente her und wäre dann später bei dem Bau unseres Torquetums mit verwendet worden.

Daß der zur Breitenmessung dienende obere Instrumententeil verloren gegangen ist, dürfte vielleicht folgenden Grund haben. Nur wer weitergehende astronomische Beobachtungen, also Positionsbestimmungen von Kometen, Planeten und Fixsternen machen oder das Torquetum zu Höhenmessungen oder zur Lösung astrologischer Aufgaben verwenden wollte, bedurfte dieses oberen Teiles, der bei allen Beobachtungen, die sich auf die Ekliptik beschränkten, nur hinderlich war. Nun ist leicht denkbar, daß einer der späteren Besitzer des Instruments dasselbe nur zu Sonnenbeobachtungen, also in erster Linie wohl zu Zeitbestimmungen, verwenden wollte, und daß er deshalb schon damals den hohen Aufbau abgenommen hat. Möglicherweise war dies Cusanus selbst; denn wäre die Beseitigung dieser Teile schon vor dem Ankaufe im Jahre 1444 erfolgt gewesen, so wäre dem Instrumente wohl auch der hängende Halbkreis nicht mitgegeben worden, der uns glücklicherweise erhalten geblieben ist.

Bei den Instrumenten wird jetzt noch eine 4 cm breite, 27 cm lange Alhidade mit einer 55 mm hohen aufgenieteten Platte, die wohl für eine Diopter bestimmt war, aufbewahrt. Die Alhidade diente mit ihrem Ende zur Ablesung eines Kreises von 255 mm Halbmesser, während durch einen Schlitz noch ein Kreis von 164 mm Halbmesser abzulesen war. Sie ist aus gewalztem Messingblech hergestellt und stammt, nach der Art des Materials zu urteilen, aus dem XIX., frühestens dem XVIII. Jahrhundert. Keiner der jetzt noch vorhandenen Kreise des Torquetums hat einen dieser beiden Radien. Möglich wäre es, daß die Alhidade zu dem fehlenden Breitenkreise angefertigt worden ist, der dann 34 cm

Durchmesser gehabt hätte. Jedenfalls ist es von Interesse, daß in dieser späteren Zeit in Cues Jemand ein Winkelmeßinstrument hat bauen wollen. Vielleicht ist damals erst der fehlende Breitenkreis zu etwas Anderem verarbeitet worden. Möglich, daß archivarische Forschungen in Cues hierüber noch irgend etwas Näheres feststellen lassen; aus der schon sehr eingehenden Geschichte von Marx (s. o.) habe ich keinerlei Andeutung dafür entnehmen können, daß sich irgend einer der späteren Bewohner des Hospitals für die Astronomie interessiert hätte.

Der grosse hölzerne Himmelsglobus.

Der historische Wert des zweiten Cusanischen Instruments, seiner *spera solida magna*, ist kaum geringer als der des Torquetums. Zwar sind einige spät-römische Himmelskugeln¹⁾ auf uns gekommen und auch etwa zehn arabischen Ursprungs sind erhalten geblieben. Aus dem Ende des christlichen Mittelalters war aber nur eine einzige solche Himmelsdarstellung bekannt, die als älteste galt: ein Globus von 1 $\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser, den Johannes Stöffler 1493 anfertigte, und der sich jetzt im Lyzeum zu Konstanz befindet. Der Cusanische Himmelsglobus ist erheblich älter als dieser Stöfflersche, er steht somit dem Alter nach an der Spitze der deutschen Himmelskugeln und bildet ein wichtiges Glied in der Reihe der Himmelsdarstellungen. Doch nicht allein sein Alter, sondern auch die Art seiner Ausführung verleihen diesem Stücke der Sammlung besonderen Wert. Die Figuren der Sternbilder sind in außerordentlich zarter, strichsicherer Zeichnung wiedergegeben, die gute Schulung, ja, man möchte fast sagen eigene Naturbeobachtung verrät. Diese Bilder können nur von einem tüchtigen Künstler gezeichnet worden sein und sind deshalb auch von kunsthistorischem Interesse.

Leider läßt sich bei diesem Stück Zeit und Ort der Herstellung nicht so sicher ermitteln wie bei dem Torquetum. Aus der Ankaufsnotiz des Kardinals folgt zunächst nur, daß dieser Globus vor 1444 angefertigt worden sein muß. Wir haben aber keinen Grund für die Annahme, daß er etwa gleichzeitig mit dem Torquetum hergestellt worden wäre, und der oben schon erwähnte Topfhelm des Perseus läßt es als möglich erscheinen, daß die Zeichnungen bereits gegen Ende des XIII. oder im XIV. Jahrhundert ausgeführt sein können. Ist der Globus aber um so viel älter, so brauchen wir auch nicht mehr anzunehmen, daß er in Nürnberg angefertigt worden sei, vielmehr möchte ich gerade für dieses Stück vermuten, daß es wie die Handschriften vom böhmischen Königshofe nach Nürnberg gekommen sein könnte.

Unter Karl-IV. (1347—78) hatte die Kunst in Prag eine Pflegstätte gefunden, auf der sie sich dann unter Wenzel (1378—1400) weiter entwickelte. Schon 1348 wurde dort eine deutsche Malerbruderschaft gegründet. Wir gehen

1) Fiorini-Günther, *Erd- und Himmelsgloben*, Leipzig 1895.

wohl nicht fehl, wenn wir den Zeichner der Sternbilder unter den Handschriftenmalern suchen. Gerade von diesem Zweige der Kleinkunst besitzen wir aus jener böhmischen Zeit treffliche Belege: Ich brauche nur an die schon erwähnten, von J. von Schlosser eingehend besprochenen Bilderhandschriften des Königs Wenzel zu erinnern. Die Cusanischen Handschriften lassen, wie es mir scheint, diese Kunst sogar noch einen Schritt weiter zurück verfolgen. Die Handschrift Nr. 207, die laut Schreibernotizen in der Zeit von 1301 bis 1334 angefertigt wurde, enthält zu einer lateinischen Übersetzung des Sternkatalogs von Al-Sûfi auf 22 Folioseiten die Abbildungen der Sternbilder in handgroßen Federzeichnungen, die zwar noch schablonenhafte Züge zeigen, aber von guten Verhältnissen und sicherer Linienführung sind. Diese Zeichnungen, deren kunstgeschichtliche Würdigung einer berufeneren Feder überlassen werden muß, können für die Sternbilder auf dem Globus allerdings nicht als Vorlage gedient haben, da sie an vielen Stellen eine gänzlich abweichende Auffassung bekunden. Die Bilder der Handschrift stimmen in den allgemeinen Grundzügen mit den Figuren der beiden Handschriften des Werkes von Al-Sûfi überein, welche Schjellerup seiner Ausgabe¹⁾ beigelegt hat, sind jedoch zeichnerisch durchaus selbständig entworfen. Die Globusbilder entsprechen dagegen dem Sternkatalog des Ptolemäus und sind vielleicht in Anlehnung an einen älteren, jetzt zu grunde gegangenen Himmelsglobus gezeichnet worden. So kommt z. B. unter den Tierkreisbildern auf dem Globus die Wage nicht vor, die auch im *Almagest* fehlt und dort durch die Scheren des Skorpions ersetzt wird; die Cusanische Handschrift enthält dagegen, ebenso wie die übrigen Handschriften des Al-Sûfi, die Wage. Der Fuhrmann hält in den Bildern zu Al-Sûfi in der rechten Hand die Geißel, in der Linken die Zügel; bei Ptolemäus und dem entsprechend auch auf dem Globus trägt er dagegen die Ziege. Und so bestehen noch mehrere Unterschiede. Auch zu andern alten Himmelsdarstellungen²⁾ habe ich für die Sternbilder des Globus keine direkte Beziehung nachweisen können, doch dürfte diese Frage noch eine eingehendere Untersuchung verdienen, zumal das wohl der einzige Weg sein wird, auf dem noch Näheres über die Entstehung unserer Himmelskugel ermittelt werden könnte.

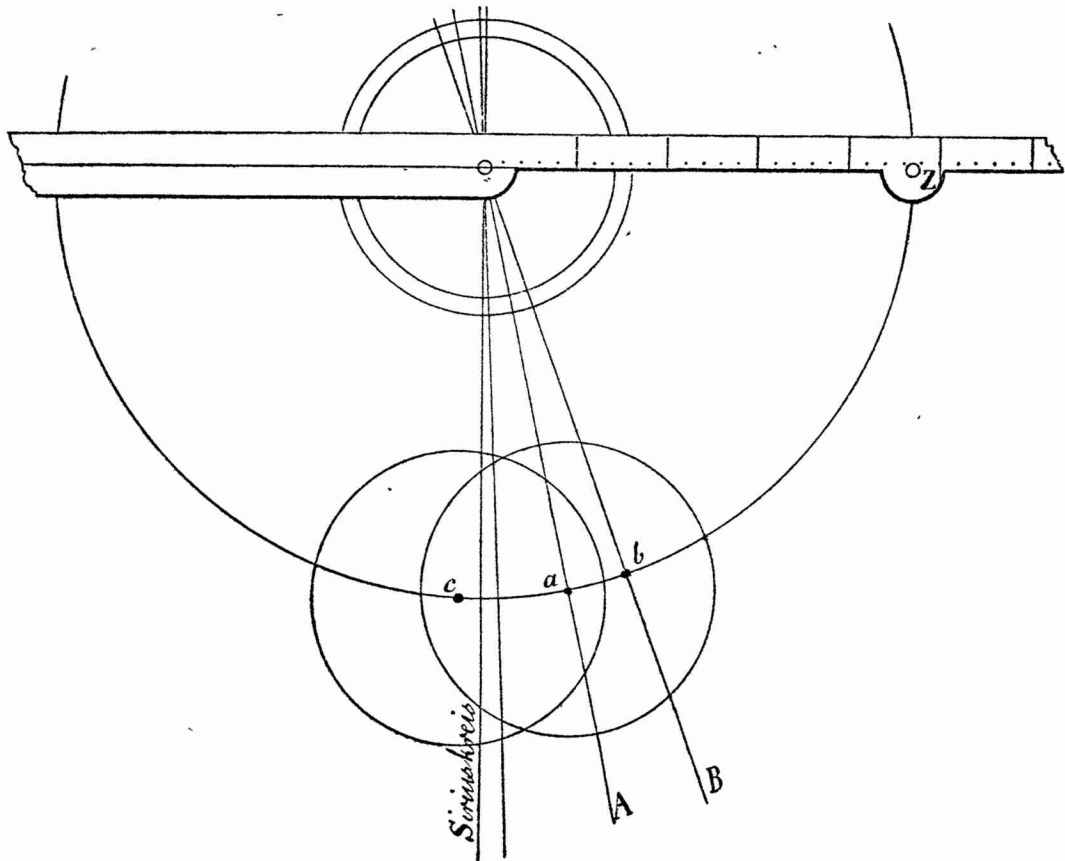
Der Cusanische Himmelsglobus ist eine aus Birkenholz³⁾ gedrehte Hohlkugel von 272 mm äußerem Durchmesser und 20 mm Wandstärke. Die nur roh ausgedrehte Innenseite ist durch eine Öffnung von 118 mm Durchmesser zugänglich gemacht, und diese Öffnung wurde merkwürdigerweise bei der weiteren Behandlung der Oberfläche nicht wieder dauernd verschlossen, sondern nur durch einen gut eingepaßten, aber stets leicht abnehmbaren Deckel ausgefüllt. Die gut ab-

1) Petersburg 1874.

2) Ad. Drechsler, *Der arabische Himmels-Globus . . im math.-phys. Salon zu Dresden. Dresden 1873.* G. Thiele, *Antike Himmelsbilder, Berlin 1898.* F. Boll, *Sphaera, Leipzig 1903.* Fr. Saxl, *Verzeichnis astrologischer u. mythologischer illustrierter Handschriften. Heidelberg 1915.*

3) Die mikroskopische Bestimmung der Holzart führte Herr Prof. Berthold im hiesigen pflanzenphysiologischen Institut freundlichst aus.

geschliffene Außenfläche ist zuerst mit einer dünnen Gypsschicht, sodann mit ziemlich feiner Leinwand (19 Fäden auf 1 cm) sehr sorgfältig überzogen, auf die mehrere Schichten weißer Ölfarbe aufgetragen wurden, sodaß eine ganz glatte Kugeloberfläche entstand¹⁾.



Figur 2.

An zwei einander genau gegenüber liegenden Stellen sind auf die Oberfläche zwei runde Messingscheiben von 31 mm Durchmesser aufgenagelt, welche die Lagerpfannen für zwei Zapfen enthalten, um die sich ein die ganze Kugel in etwa 2 mm Abstand umspannender schmaler Messingreif, der Breitenring, dreht;

1) Während des Druckes dieser Arbeit hatte Herr Prof. W. Ostwald, der vortreffliche Kenner der Maltechnik, die Freundlichkeit, den Malgrund mikroskopisch und chemisch zu untersuchen. Mit seiner Zustimmung teile ich am Schlusse dieser Abhandlung das Ergebnis seiner Untersuchung mit. Dasselbe eröffnet uns einen wertvollen Einblick in die Ausübung der damals hochentwickelten Globuskunst.

die Drehzapfen sind die Pole der Ekliptik. Der Breitenring ist in seiner einen Hälfte, von Pol zu Pol, 8 mm breit; von dem andern Halbkreis ist dagegen die eine 4 mm breite Hälfte des Streifens weggenommen, sodaß nun dessen innere Kante einen genau durch die Polpunkte gehenden größten Kugelkreis bildet. Diese Einrichtung ist in Figur 2, sowie auch auf Tafel VIII, die den Nordpol der Ekliptik enthält, deutlich zu sehen. Die verschmälerte Hälfte des Breitenkreises ist von Pol zu Pol in 180° eingeteilt, und jeder Grad ist nahe bei der inneren Kante des Messingreifens durch einen feinen Punkt bezeichnet. Jeder fünfte Punkt ist mit einem hindurch gezogenen Strich hervorgehoben und eine Bezifferung der Breitengrade ist kaum sichtbar mit einer Nadel von einer ungeschickten Hand in der Schrift des XIV. bis XV. Jahrhunderts eingekratzt. Um diese Breitengrade leichter sichtbar und abzählbar zu machen, habe ich sie, wie auf den Abbildungen zu sehen ist, mit kürzeren und längeren Strichen von später leicht wieder abwischbarer weißer Wasserfarbe bezeichnet. In $23\frac{1}{2}^\circ$ Abstand vom Südpol enthält der breitere Teil des Reifes ein Lagerloch, der schmalere Teil im gleichen Abstand vom Nordpol einen kurzen Zapfen *Z*, die dazu bestimmt waren, als Drehpunkte für einen etwas weiteren, aber sonst wohl gleichen Reif, den Deklinationskreis zu dienen, der jedoch verloren gegangen ist. Daß etwa umgekehrt diese beiden Punkte, deren Verbindung ja die Axe des Erdäquators vorstellen soll, dazu gedient haben könnten, den Breitenkreis und mit ihm die ganze Kugel zu tragen, ähnlich wie es bei unsern jetzigen Globusgestellen geschieht, ist jedoch nicht anzunehmen, denn dazu ist der Breitenkreis bei dem Gewichte der Kugel von sehr nahe 2 kg zu schwach. Die Cusanische Himmelskugel ist also ein sogenannter Präzessionsglobus, an welchem man die Deklinationen und wahrscheinlich auch die Rektaszensionen der Gestirne für beliebige Äquinoktien ablesen konnte.

Auf der Kugeloberfläche ist der Großkreis der Ekliptik aufgezeichnet und in 360° eingeteilt; die einzelnen Teilpunkte sind tief eingestochen und mit einem gelblichen Lack ausgefüllt. Der 8 mm breite Teil des Breitenreifens hat am Orte der Ekliptik ein Loch, welches dazu gedient hat, durch eine hindurchgesteckte Nadel den Reif an beliebigen Längengraden der Ekliptik zu fixieren. Von dieser Befestigungsart ist sehr reichlich Gebrauch gemacht worden, sodaß der ganze Umfang der Ekliptik arg zerstoßen ist, wodurch die Sternbilder leider sehr gelitten haben und sogar die richtige Abzählung der Längengrade an manchen Stellen fast unmöglich gemacht wird. (Vergl. Tafel IV—VII, XI).

Die Herstellung von Himmelsgloben war eine den alten Astronomen wohlbekannte und vielfach ausgeübte Kunst. Schon Ptolemäus gibt im *Almagest* (VIII, 3) eine genaue Anleitung hierzu, und es hat den Anschein, als wäre die Cusanische Himmelskugel genau nach dieser Vorschrift angefertigt worden. Damit soll allerdings nicht gesagt sein, daß seinem Verfertiger der *Almagest* selbst bekannt gewesen sein müsse, denn die gleiche Anleitung kann auch, vielleicht früher einmal aus jenem Lehrbuche ausgezogen, durch andere Werke verbreitet worden sein. So schlägt insbesondere Ptolemäus vor, man solle, um

einen unveränderlichen Anfangspunkt für die Auftragung der Längen zu haben, letztere von dem Breitenkreise aus zählen, welcher durch den hellen Stern (Sirius) im Maule des großen Hundes gelegt wird. Auf dem Cusanischen Globus ist dieser Breitenkreis durch den Sirius ($1\frac{1}{2}^{\circ}$ östlich davon, wie es scheint irrtümlicherweise, noch ein zweiter, durch das Auge des Hundes gehender Kreis, vergl. Tafel VI) aufgezeichnet, woraus zu schließen ist, daß bei der Auftragung der Sternörter das von Ptolemäus angegebene Verfahren befolgt wurde.

Außer diesen beiden Breitenkreisen und der Ekliptik sind auf der Kugel noch die folgenden Hilfskreise verzeichnet (vergl. Figur 2, die die Umgebung des Nordpols der Ekliptik darstellt). Zunächst sind zwei weitere Breitenkreise viel schwächer angemerkt, die von dem Siriuskreise $12^{\circ}4'$ und $20^{\circ}5'$ östlich liegen; ich will diese beiden Breitenkreise mit A und B bezeichnen. Ferner sind um die beiden Ekliptikpole in $23\frac{1}{2}^{\circ}$ Abstand die Kreise beschrieben, welche die Erdpole infolge der Präzession durchwandern. Auf diesen beiden ekliptikalischen Polarkreisen treten zunächst deren Schnittpunkte a und b mit den Kreisen A und B kräftig hervor, besonders a . An diesen Kreuzungspunkten ist der Globus durchbohrt, und offenbar ist dort zeitweise ein dünner Stift als Achse des Deklinationskreises in die Kugel gesteckt gewesen; um den Punkt a ist ein kleiner Kreis von 20 mm Halbmesser beschrieben. Diese Punkte a und b sind, wie man sofort sieht, Lagen des Himmelpols, für welche sich der Besitzer besonders interessierte und die er viel benutzt hat. Noch stärker als diese beiden ist aber eine dritte Pollage c hervorgehoben und zeugt von intensivster Benutzung. Auch um diesen Pol c , der $3^{\circ}3'$ westlich vom Siriuskreise liegt, ist ein kleiner Kreis von 20 mm Halbmesser gezogen, dessen Zweck hier ersichtlich ist: er hat dazu gedient, eine runde Messingscheibe, die das Lager für einen Meridianring trug, so wie sie jetzt noch am Ekliptikpol angebracht ist, zu zentrieren. Vier um c herum verteilte Nagellöcher lassen diese Benutzung noch deutlich erkennen. Die Zentrierkreise sind auch um die jetzt allein noch vorhandenen Polplatten der Ekliptikpole herum zu sehen.

Ferner sind auf der Kugel noch folgende Kreise verzeichnet:

zum Pol a der Äquator,

zum Pol b die beiden Wendekreise, sowie um Nord- und Südpol zwei Kreise von 35° Halbmesser,

zum Pol c ein Stück des Äquators,

endlich ist auch noch um den Ort von α Ursae majoris, unsern jetzigen Polarstern, ein Kreis von 36° Halbmesser gezogen.

Es fragt sich nun zunächst, welche Schlüsse wir aus diesen auf der Himmelskugel verzeichneten Kreisen, die die einzige persönliche Zutat des Herstellers beziehungsweise Benutzers bilden, ziehen können. Im Sternverzeichnis des Ptolemäus hat Sirius die Länge $77^{\circ}40'$; der Breitenkreis A liegt $12^{\circ}4'$ östlicher, er hat also die Länge 90° und ist somit der Kolar der Sonnenwenden für die Epoche des Almagest; a ist der entsprechende Pol, und seine starke Benutzung ist somit leicht verständlich.

Der um $8^{\circ}1'$ östlich von a liegende Pol b gehört, da die Präzessionsbewegung von Osten nach Westen erfolgt, einer vor Ptolemäus liegenden Epoche an, deren genaue Bestimmung aber wieder dadurch erschwert wird, daß wir im Ungewissen darüber sind, welchen Präzessionswert der Benutzer der Himmelskugel angewandt hat. Es kommen die drei verschiedenen Werte in Frage:

- nach Ptolemäus 1° in 100 Jahren,
- nach Albategnius 1° in 66 Jahren,
- nach den Alfonsinischen Tafeln entsprechend der auf Seite 22 gegebenen Formel.

Diese drei Berechnungsweisen ergeben für die Lage b des Nordpols die Zeitpunkte

- nach Ptolemäus 673 v. Chr.,
- nach Albategnius 398 v. Chr.,
- nach Alfonso 393 v. Chr.

Was den Benutzer der Himmelskugel veranlaßt haben kann, sich mit der Stellung der Sterne zu einer dieser Zeiten zu beschäftigen, ist nicht mit Sicherheit zu sagen, vermutlich sollten irgendwelche Angaben alter Schriftsteller nachgeprüft werden. Für die Kreise von 35° bzw. 36° Halbmesser sehe ich keine andere Deutung, als daß mit ihnen die Grenze der für einen Ort von 35° oder 36° Polhöhe zirkumpolaren Sterne angegeben werden sollte. Welcher Ort das aber gewesen sein soll, ist nicht ersichtlich, denn nur in seinen südlichsten Punkten Gibraltar und der Südspitze Griechenlands erreicht das europäische Festland diese niedrige Breite, wogegen Alexandria mit 31° schon zu südlich liegt; nur die Insel Rhodos, Hipparchus' vermutliche Heimat, würde mit 36° geographischer Breite passen.

Wichtiger als a und b erscheint die mit c bezeichnete Lage des Himmelspols. c liegt $3^{\circ}3'$ westlich vom Siriuskreis, mithin $15^{\circ}7'$ westlich von a , der Polstellung des Almagest für 138 n. Chr. Die drei Präzessionswerte ergeben für den der Polstellung c entsprechenden Zeitpunkt

- nach Ptolemäus 1698 n. Chr.,
- nach Albategnius 1168 n. Chr.,
- nach Alfonso 1293 n. Chr.

Aus diesen Zahlen müssen wir zunächst schließen, daß auch hier der Benutzer der Himmelskugel die Präzession nach den Alfonsinischen Tafeln berechnet hat, denn die Rechnung nach dem alten Werte des Ptolemäus führt auf eine ganz unmögliche, die nach Albategnius auf eine recht unwahrscheinliche Jahreszahl. Da die Bestimmung der Lage der Polpunkte aus den entsprechenden auf der Ekliptik eingestochenen Löchern wegen des schlechten Zustandes der Teilung um etwa $\pm 0^{\circ}5'$ unsicher ist und um das Jahr 1300 sich die Präzession nach den Alfonsinischen Tafeln um 1° in 100 Jahren ändert, so ist die Unsicherheit der Zeitbestimmung aus der Polstellung auf ± 50 Jahre zu veranschlagen. Der am meisten benutzte Pol c entspricht demnach einer Epoche, die zwischen 1243 und 1343 liegen muß. Es ergeben sich hieraus zwei Deutungsmöglichkeiten. Entweder

wollte der Benutzer auf der Himmelskugel die Deklinationen von Fixsternen für das Jahr 1256, die Epoche der Alfonsinischen Tafeln, entnehmen, oder aber er wollte den Globus für den Beginn des XIV. Jahrhunderts benutzen, womit wir auf dieselbe Zeit kämen, in der auch die Cusanischen Handschriften am böhmischen Königshofe geschrieben wurden. Nur in diesem letzteren Falle wäre die Folgerung berechtigt, daß auch die Zeit der Anfertigung unserer Himmelskugel nicht weit vom Anfange des XIV. Jahrhunderts entfernt sein könne. Im erstgenannten Falle jedoch, wenn der Pol c der festen Epoche des Alfonso entspricht, kann man hieraus keinerlei Schlüsse über das Herstellungsjahr ziehen. Daß diese Epoche in jener Zeit Globuskonstruktionen zugrunde gelegt wurde, dafür haben wir einen Beweis in der kupfernen Himmelskugel. Wie wir weiter unten sehen werden, entspricht die auf ihr verzeichnete Lage des Äquatorsystems ebenfalls dem Alfonsinischen Jahre 1256. Deshalb möchte ich dies auch für das System c der hölzernen Himmelskugel annehmen, sodaß wir also aus seiner Lage leider keinen Schluß auf das Jahr der Anfertigung ziehen können.

Auf die Pole c waren, wie die noch vorhandenen Nagellöcher zeigen, auch die Polscheiben aufgenagelt, welche die Lager für den Deklinationsreifen enthielten — ein weiteres Zeichen für die starke Benutzung zu jener Zeit. Ob die Kugel später, insbesondere von Cusanus selbst, noch viel benutzt worden ist, läßt sich nicht feststellen, da eine Markierung der Polpunkte weiterhin nicht mehr stattgefunden hat.

Wir kommen nun zu dem Hauptgegenstande, der zeichnerischen Darstellung auf dem Globus, den Sternen und Sternbildern. Die Technik ist eigenartig. Für jeden Stern ist ein kleines Loch in die Oberfläche gebohrt, dessen Durchmesser nach der Helligkeit der Sterne zwischen 0,5 und 2 mm abgestuft ist. Diese Löcher sind dann mit einem roten Lack ausgefüllt, der jedoch bei vielen Sternen infolge häufigen Einsetzens von Zirkelspitzen zum Teil wieder herausgestochen ist. An diesen nachträglichen Einstichen kann man erkennen, daß der Globus recht fleißig benutzt worden ist. Die Figuren der Sternbilder sind mit einer jetzt dunkelbraunen Farbe in sehr feinen, nur $\frac{1}{10}$ mm dicken Strichen mit der Feder aufgezeichnet gewesen. Diese Farbe hat aber offenbar die Substanzen des Malgrundes so angegriffen, daß dieser längs der aufgezeichneten Linien zersprungen ist, sodaß es jetzt den Eindruck macht, als ob die Zeichnungen mit einer feinen Nadel in die Oberfläche eingeritzt wären. Gegen die letztere Deutung spricht aber die genauere Untersuchung mit einer scharfen Lupe: die gegenüberliegenden Ränder der Sprünge passen genau ineinander und erscheinen weder eingedrückt noch aufgeworfen, auch nicht so glatt und regelmäßig, wie es sein würde, wenn ein ritzendes oder schneidendes Instrument zum Auftragen der Zeichnungen benutzt worden wäre. An vereinzelt Stellen ist auch der Riß nicht ganz genau der Zeichnung gefolgt, sodaß die braune Linie auf der unversehrten Oberfläche zu erkennen ist. Im Übrigen liegt sonst der Riß immer mitten in der gezeichneten Linie, deren braune Farbe auf beiden Rändern der Furchen zu erkennen ist.

Wie man sich leicht denken kann, hat das hohe Alter von fünf bis sechs Jahrhunderten auf der gegen äußere Einflüsse ziemlich empfindlichen Oberfläche dieser Himmelskugel viele Spuren hinterlassen. Zunächst ist die hölzerne Kugel, wohl infolge des Eintrocknens, längs dreier unregelmäßiger Linien, die im Bilde des Löwen zusammentreffen, zerplatzt, wobei auch der ganze Malgrund mit durchriß, sodaß ein Stück der Kugel ganz herausfiel. Man hat dieses dann ziemlich roh wieder eingeleimt. Das mag alles schon vor Jahrhunderten geschehen sein. Ferner ist die ganze Oberfläche, wie dies bei alten Gemälden häufig der Fall ist, mit unzähligen feinen Rissen durchsetzt, die an vielen Stellen zum Abspringen der obersten Lackschicht Anlaß gegeben haben. Dazwischen kommen einige ernstlichere Verletzungen der Oberfläche durch Kratzer und Abschürfungen vor, letztere namentlich am rechten Fuße des Cepheus, über dem Delphin und im Dreieck. Dazu kommt, daß die ursprünglich weiße Farbe ungleichmäßig gedunkelt ist und viele, zum Teil auch wohl von der Benutzung herrührende, braune Flecken aufweist, die sich bei der von mir vorgenommenen vorsichtigen Reinigung nicht ganz haben entfernen lassen. Alles das wirkt zusammen, um die zarten Zeichnungen jetzt nur noch wenig hervortreten zu lassen, ja an manchen Stellen die richtige Auffindung und Verfolgung der Linien selbst unter der Lupe unmöglich zu machen.

Um so notwendiger erschien es mir, die figürlichen Darstellungen dieser alten Himmelskugel durch eine photographische Nachbildung für die Zukunft zu erhalten und auch weiteren Kreisen leicht zugänglich zu machen. Die Tafeln IV bis XI geben die wichtigsten Teile der Himmelskugel wieder und sind auf folgende Weise hergestellt worden. Sollten die Figuren in der Reproduktion deutlich hervortreten, so mußten sie mit der Hand nachgezeichnet werden. Um hierbei die ursprüngliche Zartheit der Linien zu erhalten, habe ich zunächst möglichst scharfe Aufnahmen der Kugeloberfläche gemacht, von denen dann Vergrößerungen auf Bromsilberpapier im doppelten des natürlichen Maßstabes angefertigt wurden. Nachdem dann auf den vergrößerten Bildern die Konturen mit Bleistift nachgezeichnet waren, wurden sie für die Lichtdrucktafeln wieder auf die Hälfte verkleinert, sodaß diese die Oberfläche des Globus ungefähr in ihrem natürlichen Maßstabe wiedergeben, selbstverständlich abgesehen von der bei der Abbildung der Kugel auf die Ebene unvermeidlichen Verzeichnung, die aber erst nach dem Rande der Tafeln hin merklich wird. Ich bin nicht darauf ausgegangen, eine zusammenhängende Wiedergabe der ganzen Kugeloberfläche herzustellen, habe vielmehr die Aufnahmen so angeordnet, daß charakteristische Figuren möglichst in ihrer ganzen Ausdehnung abgebildet wurden. In den dieser Abhandlung beigefügten Tafeln gebe ich davon nur die wichtigsten. Jedoch habe ich auch die übrigen photographiert und die Platten werden aufbewahrt.

Wie ich schon bemerkte, enthält der Globus die sämtlichen Sternbilder, die im Sternverzeichnis des Ptolemäus (Almagest VII und VIII) vorkommen. Es sind die folgenden:

Nördliche Sternbilder.

Kleiner Bär	Tafel VIII, IX	Fuhrmann	Tafel V
Großer Bär	VII, VIII	Schlangenträger	IX
Drache	VII, VIII, IX	Schlange	IX
Cepheus	VIII	Pfeil	XI
Bootes	IX	Adler	XI
Nördliche Krone	IX	Delphin	XI
Herkules	IX	Füllen	XI
Leier	IX	Pegasus	IV, XI
Schwan	IX	Andromeda	IV
Kassiopeia	VIII	Dreieck	IV
Perseus	IV, V, VIII		

Tierkreis.

Widder	Tafel IV	Scheren	Tafel X
Stier	IV, V, VI	Skorpion	X
Zwillinge	V, VI	Schütze	XI
Krebs	V, VII	Steinbock	XI
Löwe	VII	Wassermann	XI
Jungfrau	VII	Fische	IV, XI

Südliche Sternbilder.

Walfisch	Tafel IV	Becher	—
Orion	V, VI	Rabe	X
Eridanus	V, VI	Zentaur	X
Hase	V, VI	Wolf	X
Großer Hund	V, VI	Altar	X
Kleiner Hund	V, VI	Südliche Krone	—
Argo	VI, X	Südlicher Fisch	XI
Wasserschlange	VII, X		

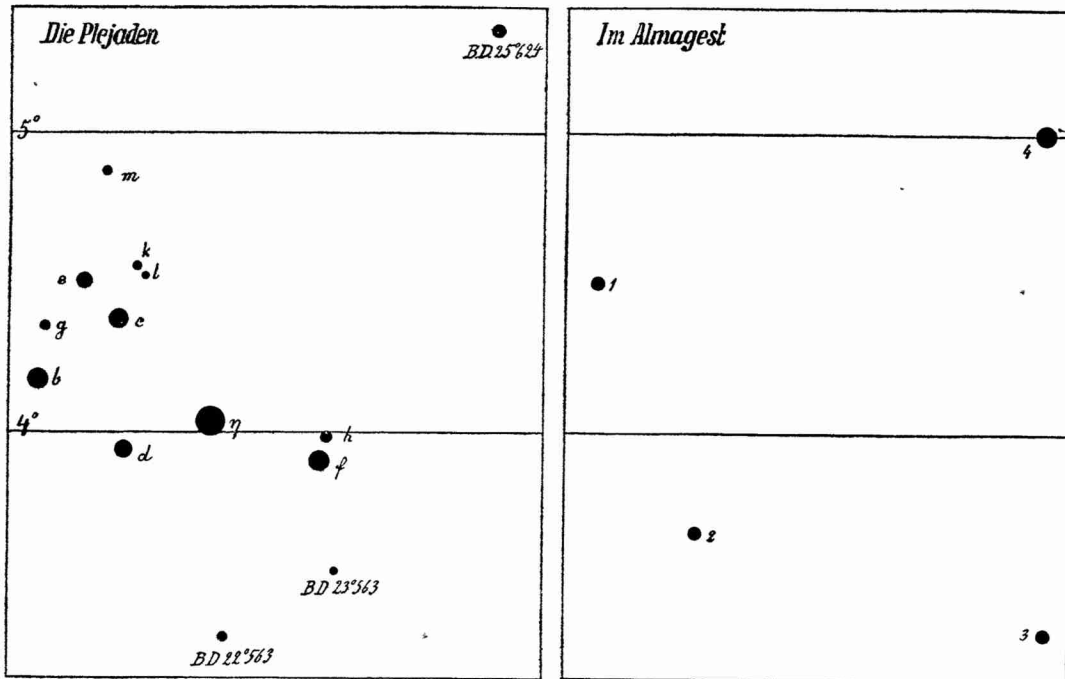
Der erste Eindruck, den man bei der Betrachtung dieser Sternbilder hat, scheint für ein sehr viel geringeres Alter unserer Himmelskugel zu sprechen. So lebendige Figuren sollte man wohl kaum im XIV. oder spätestens zu Anfang des XV. Jahrhunderts erwarten. Und doch ist die Entstehung der Himmelskugel wenigstens vor 1444 durch die Ankaufsnotiz unbedingt gesichert. Eine Lösung dieses Widerspruches durch die Annahme, daß die Figuren erst später auf die Kugel gezeichnet worden seien, scheint mir nicht möglich zu sein, da nach der Eintragung der Sterne eine Übermalung der Kugel ganz gewiß nicht mehr stattgefunden hat. Vielleicht kann die genauere kunsthistorische Untersuchung dieser Zeichnungen, die ich einer berufneren Feder überlassen muß, das Dunkel, welches über der Herkunft unserer Himmelskugel liegt, noch etwas lichten. Hier muß ich mich auf einige kurze Bemerkungen beschränken.

Zweifellos besaß der Zeichner der Sternbilder eine große Erfahrung und Geschicklichkeit in der Darstellung von Menschen- und Tierfiguren, während die Wiedergabe lebloser Gegenstände viel unbeholfener ausgefallen ist. Man vergleiche z. B. die prächtigen Figuren des Herkules (IX), des Cepheus (VIII), der Andromeda mit dem sorgfältig behandelten Faltenwurf ihres Gewandes (IV), das köstliche, leider arg beschädigte Bild der Zwillinge (V), die lebendige Gruppe des Zentauren mit dem Wolf (X), den flatternden Mantel des Schützen (XI), den Widder (IV), den Löwen (VII), den charakteristischen Kopf des Adlers (XI) mit der ganz flüchtigen Wiedergabe des Dreiecks (IV), des Pfeils (XI), der Lyra und nördlichen Krone (IX) und des Schiffes Argo (VI und X). Besondere Sorgfalt hat der Künstler immer auf die Zeichnung des Haares verwendet, und er hat sich, wie es mir scheint, bemüht, die einzelnen Köpfe individuell zu gestalten; wie sehr unterscheidet sich z. B. das kraftvolle Haupt des Herkules (IX) von dem des Wassermanns mit seinem strähnigen Haar (XI), das weiche Vlies des Widders (IV) von dem trotzigem Löwenkopfe (VII). Mißgriffe gegen die Ebenmäßigkeit der Figuren sind ganz selten und eigentlich nur bei den zu kurzen Beinen des Orion (V und VI) auffällig. Nachträgliche Verbesserungen einer erst unrichtigen Zeichnung, die bei der angewandten Technik wohl nicht wieder ausgelöscht werden konnte, kommen auch nur an einzelnen Stellen vor, so bei der Wasserschlange, deren Schwanz zuerst bis auf den Rücken des Zentauren reichte (X) und deren Kopf in zwei verschiedenen Stellungen gezeichnet ist (VII), an den Beinen des Herkules (IX), an dem rechten Ärmel der Andromeda, der durch den Fisch hindurchgezogen ist (IV) und an dem wieder ziemlich unbeholfen gezeichneten Stuhle der Cassiopeia (VIII). Im Übrigen ist die Linienführung von anerkennenswerter Sicherheit. In den früheren Zeiten, als der Globus noch in seinen Zeichnungen frisch und unbeschädigt war, muß er ein ganz prächtiges Stück gewesen sein.

Die Örter der Sterne selbst sind nach den Angaben des Almagest oder eines aus ihm abgeleiteten Katalogs eingetragen. Ich habe für eine Anzahl von Sternbildern die Koordinaten aller Sterne vom Globus abgelesen, wobei sich eine innerhalb der Ablesungs- bzw. Eintragungsgenauigkeit nahezu vollständige Übereinstimmung mit den Zahlen des Almagest ergab. Wo sich Abweichungen zeigen, da lassen sie sich im Allgemeinen auf Schreibfehler der benutzten Katalogvorlage oder auf Irrtümer bei der Übertragung auf den Globus zurückführen. So z. B. die einzige Abweichung im Sternbilde des Widders: der Stern $\lambda = 24^{\circ}4$, $\beta = +10^{\circ}1$ eingetragen, während der Katalog des Ptolemäus $\lambda = 21^{\circ}40'$, $\beta = 10^{\circ}10'$ hat. Mit letzterer Angabe stimmen auch die aus dem Almagest abgeleiteten Kataloge von Al-Sûfi und von Alfonso überein, und aus den neueren Beobachtungen ergibt sich der auf die Epoche des Almagest übertragene Ort $\lambda = 21^{\circ}34'$, $\beta = +10^{\circ}19'$. Somit konnte der Verfertiger der Himmelskugel keinen vernünftigen Grund haben, die Länge des Sterns um 3° zu vergrößern, und diese Änderung muß folglich als ein Fehler bezeichnet werden. Ebenso verhält es sich fast mit allen übrigen Abweichungen, die ich

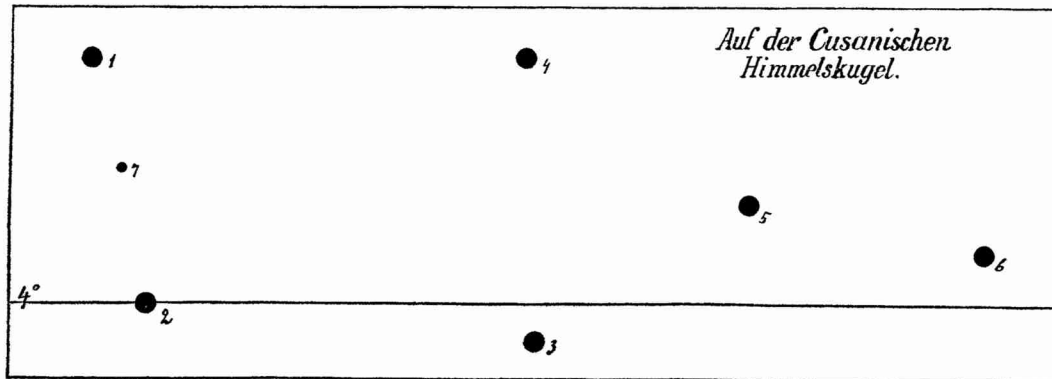
zwischen den Sternpositionen der Himmelskugel und denen des Almagest gefunden habe.

Die einzige Stelle, die mit einiger Sicherheit auf eine absichtliche Verbesserung der Angaben des Almagest hinzuweisen scheint, ist die Sterngruppe der



Figur 3.

Figur 4.



Figur 5.

Plejaden. Gerade bei diesen dicht beieinander stehenden Sternen sind die Angaben des Ptolemäus so ungenau, daß selbst die sichere Identifizierung der Sterne in Frage gestellt wird. Der Almagest und mit ihm die Kataloge von

Al-Sûfi und Alfonso enthalten nur vier Sterne der Gruppe, die folgendermaßen beschrieben werden:

1. Das nördliche Ende der vorangehenden Seite der Plejas,
2. Das südliche Ende der vorangehenden Seite,
3. Das nachfolgende dichteste Ende der Plejas,
4. Der außerhalb stehende kleine der Plejas nach Norden.

Wer die Plejadengruppe am Himmel betrachtet oder auf einer Karte, die, wie Figur 3, die Sterne in ihrem richtigen Helligkeitsverhältnis ¹⁾ darstellt, der kann nicht im Zweifel sein, welche Sterne Ptolemäus in seinem Katalog aufführen wollte. Stern 1 ist der gemeinsame Eindruck von *c* und *e*, Stern 2 ist *b*, 3 ist der hellste Stern η , und wenn nun nur noch ein vierter Stern angegeben wurde, so konnte das gar kein anderer sein als *f*, der zweithellste Stern der Gruppe, dessen Eindruck auf das Auge noch durch den nahe dabei stehenden *h* verstärkt wird. Merkwürdigerweise paßt aber die Beschreibung, daß der Stern klein sein und nach Norden stehen solle, und auch die von Ptolemäus gegebene Position nicht auf diesen Stern, sondern viel besser auf den von der eigentlichen Plejadengruppe weit entfernten Stern B. D. 25° 624, der nur 5.5 Größe, also eben noch mit bloßen Augen sichtbar ist. Hiernach enthält der Katalog des Ptolemäus unter obigen vier Sternen, die in Figur 4 dargestellt sind, strenggenommen nur drei Sterne der Plejadengruppe, die außerdem, wie der Vergleich beider Figuren zeigt, bei Ptolemäus viel zu groß erscheint und kaum eine entfernte Ähnlichkeit mit der wahren Gestalt am Himmel hat. Dazu kommt noch ein offenkundiger Fehler der überlieferten Größenangaben: Ptolemäus nennt die Sterne 1, 2 und 3 fünfter Größe und den Stern 4, den er ausdrücklich als klein bezeichnet, gibt er heller als alle drei, nämlich vierter Größe an.

Dem gegenüber erscheint die auf Tafel IV gut sichtbare und nach den auf dem Globus ausgeführten Messungen in Fig. 5 wiedergegebene Darstellung als eine beachtenswerte Verbesserung, die wenigstens einige Ähnlichkeit mit der wahren Konstellation der Sterne hat. Der vierte Stern ist näher herangeholt, sodaß die vier ersten Sterne ein längliches Viereck bilden, ähnlich den Sternen des Himmelswagens, an den ja die Gestalt der Plejadengruppe erinnert; dazu sind dann rechts, als Deichsel, zwei Sterne neu hinzugefügt, während in Wirklichkeit ein einziger genügen würde. Diese sechs Sterne sind regelrecht eingbohrt und, wie ich oben beschrieb, mit rotem Lack ausgefüllt. Der siebente, mitten zwischen dem ersten und zweiten stehende Stern ist dagegen nur weniger tief eingestochen, sodaß man im Zweifel sein kann, ob dieses kleine Loch einen Stern bezeichnen soll. Unwillkürlich wird man hierdurch an die bekannte Stelle in Ovids Fasten erinnert:

Quae septem dici, sex tamen esse solent.

1) Die Längen sind hier, wie auf dem Globus, nach rechts wachsend gezeichnet.

Sollte nicht der Verfertiger der Himmelskugel gerade durch diese Stelle veranlaßt worden sein, den Himmel einmal anzusehen, um die mangelhaften Angaben des Almagest zu verbessern? Bei der verhältnismäßig guten Übereinstimmung seiner Darstellung mit dem Himmel halte ich dies für recht wahrscheinlich. Daß die ganze Gruppe bei dem kleinen Maßstabe der Himmelskugel noch zu groß gezeichnet wurde, hat wenig zu bedeuten, da ja der Beobachter auf keinen Fall neue Messungen ausgeführt, sondern nur die fehlenden Sterne nach ihrer ungefähren Stellung ergänzt hat.

Endlich sei noch eine andere Verbesserung des Almagest-Verzeichnisses hier erwähnt. Auf der Himmelskugel ist der bei Ptolemäus fehlende Stern vierter Größe 71 Aquilae richtig eingetragen. Da aber sein Ort nur eingebohrt, aber nicht, wie die anderen Sterne rot ausgefüllt ist, so liegt der Verdacht einer erst später erfolgten Einzeichnung vor. Von der umständlichen Arbeit der vollständigen Ausmessung und Identifizierung aller auf der Himmelskugel eingetragenen Sterne habe ich vorläufig abgesehen, da selbst der Nachweis solcher auf direkter Beobachtung beruhender Verbesserungen bei dem Fehlen jeder Angabe über die Zeit der betreffenden Eintragungen wissenschaftlich kaum einen Wert hätte. Jedoch habe ich festgestellt, daß die Neuen Sterne der Jahre 1572, 1600 und 1604 nicht eingetragen sind, ebensowenig wie an dem Orte der Nova Aquilae 1918, von der ein früheres Aufleuchten vermutet wurde, ein Stern verzeichnet ist.

Das Astrolabium.

Das dritte der von Cusanus in Nürnberg gekauften Instrumente, das Astrolabium, besitzt in der ganzen Sammlung den geringsten historischen und künstlerischen Wert. Es ist in der üblichen Form des auch als Planisphärium bekannten Instrumentes ziemlich roh hergestellt; der bei anderen Exemplaren kunstvollste Teil, die sogenannte Spinne oder das Netz, fehlt ebenso wie der die verschiedenen Teile zusammenhaltende Drehzapfen. Eine kurze Beschreibung des ganz aus Messing angefertigten Instruments wird deshalb genügen.

Auf die eine Seite eines 6 mm dicken, mit einer Aufhängeöse versehenen Ringes von rechteckigem Querschnitt und 166 mm innerem und 184 mm äußerem Durchmesser ist eine ebenso große Scheibe aus dünnem Messingblech aufgelötet, sodaß eine Art flacher Teller, die *mater astrolabii*, entstand. Die obere Seite des Ringes trägt eine Gradteilung ohne Bezifferung, die Innenseite des Tellers enthält für die geographische Breite von 15° die Höhenparallelkreise und die Temporalstundenkreise. Nahe der Mitte sind von der im Gravieren nicht geübten Hand, die das ganze Instrument hergestellt hat, folgende Zeichen eingeschrieben:

CLI. ·I· ·L·XV·

Die ersten drei Zeichen sind vermutlich die Anfangsbuchstaben des Namens des Herstellers; das folgende I ist die Nummer der eben besprochenen Teilung und L·XV ist *latitudo* 15° zu lesen. Drei Blechscheiben von 165 mm Durch-

messer, die in die Vertiefung der *mater* einzulegen sind, tragen auf beiden Seiten ganz ähnliche, für die Polhöhen von 23° , 30° , 36° , 41° , 45° und 48° geltende Kurvensysteme und ihnen entsprechend die Aufschriften

- .II. L. XXXIII.
- .III. L. XXX.
- .IIII. L. XXXVI.
- .V. L. XLI.
- .VI. L. XLV.
- .VII. L. XLVIII.

Recht eigentümlich ist die Auswahl der Breiten, deren Differenzen der Reihe nach 8° , 7° , 6° , 5° , 4° und 3° sind; man darf vermuten, daß eine weitere Einlegscheibe verloren gegangen ist, die nach dieser Progression noch die Breiten 50° und 51° enthalten haben würde.

Die Rückseite, das *dorsum* des Astrolabiums, trägt außen die Tierkreisteilung in zwölf mal dreißig Grad, innerhalb dieser die exzentrische Tagesteilung der Sonnenbahn, ähnlich wie sie oben beim Torquetum beschrieben wurde, und endlich in einem Quadranten das sogenannte Schattenquadrat. Auch hier sind alle Teilungen unbeziffert, bei dem Tierkreis sind die lateinischen Namen der zwölf Zeichen durch deren Anfangsbuchstaben und ebenso bei der Tagesteilung die Anfangsbuchstaben der lateinischen Monatsnamen angegeben. Namentlich die Striche für die einzelnen Grade und Tage sind recht roh nur nach Augenmaß aus freier Hand eingeritzt. Über der horizontalen Mittellinie ist endlich noch links *ORIENS* und rechts *OCCIDENS* eingraviert. Auch die zum *dorsum* gehörige Alhidade mit zwei Dioptern ist noch vorhanden.

Auch hier soll, genau wie beim Torquetum, mit Hilfe der Lage der Tagesteilung eine Datierung des Instruments versucht werden, wenngleich wir wegen der viel geringeren Sorgfalt in der Herstellung der Teilungen auch nur weniger genaue Resultate zu erwarten haben. Zunächst zeigt es sich, daß die Lage des Perihels um volle 180° fehlerhaft ist. Während beim Torquetum das Aphel ganz richtig auf den 13. Juni und die Länge 90° fiel, liegt hier das Perihel am 20. Juni auf 93° Länge.

Da somit die Orientierung des exzentrischen Kreises ihren Sinn verloren hat, bleibt für die Ermittlung der Herstellungszeit des Instruments nur noch die gegenseitige Lage der Nullpunkte der beiden Teilungen, mit anderen Worten die Zeit des Eintritts der Sonne in die einzelnen Tierkreiszeichen übrig, die ja auch beim Torquetum die schärfste Datierung ermöglicht hat. Auch hier genügt es, die Zeiten des Beginnes der vier Jahreszeiten, also den Eintritt der Sonne in die Zeichen des Widders, des Krebses, der Wage und des Steinbocks, abzulesen und diese wieder mit den Angaben der Alfonsinischen Tafeln für ein mitten zwischen zwei Schaltjahren liegendes Jahr zu vergleichen. Unter Zuhilfenahme der schon auf Seite 24 benutzten Zahlen erhalten wir folgende Berechnung:

Eintritt in das Zeichen	Ableseung auf dem Astrolabium	Im Jahre 1430	Unterschied
Widder	März 17	März 11.3	+ 5 ^d 7
Krebs	Juni 16	Juni 13.0	+ 3.0
Wage	Sept. 16	Sept. 14.5	+ 1.5
Steinbock	Dez. 17	Dez. 12.7	+ 4.3
Summe			+ 14.5

Die starke Schwankung des Unterschiedes für die verschiedenen Jahreszeiten erklärt sich aus der schon gerügten fehlerhaften Lage des exzentrischen Kreises; man vergleiche hiermit die vortreffliche Konstanz dieses Unterschiedes bis auf weniger als 0^d1 beim Torquetum. Die Summe der vier Unterschiede ergibt sich zu +14^d5, und da diese Summe in je 4 Jahren um 0^d1192 zunimmt, so entspricht die gegenseitige Lage der Teilungen auf dem *dorsum* des Astrolabiums im Mittel den Sonnenlängen, wie sie

$$\frac{14.5}{0.1192} = 122 \text{ Jahre}$$

vor 1430 stattgefunden haben. Hieraus ergibt sich also für das Astrolabium eine Herstellungszeit, die in der Nähe des Jahres 1300 liegt. Wenn man nicht das Mittel der vier Jahreszeiten, sondern nur die Lage des Frühlingspunktes für die Berechnung benutzt, so ergibt sich das Jahr 1240, also kein wesentlich anderes Alter. Auch unter Verwendung der von Ptolemäus angenommenen Jahreslänge zu 365^d5ⁿ55^m12^s kommt man auf dieselbe Zeit; denn dieses Jahr ist um $\frac{1}{300}$ Tag kürzer als das julianische Jahr, also mußte in je 300 Jahren der Frühlingsanfang um einen Tag rückwärts wandern, sodaß er um 1300 auf den 17. März fallen mußte. Hiernach dürfen wir die Anfertigung des Astrolabs in die Zeit um 1300 verlegen. Die ganze Art der Ausführung des Instruments und der Bearbeitung des Metalls sowie auch die Verwendung der römischen Ziffern steht mit dieser Zeitbestimmung in gutem Einklang.

Die kleine kupferne Himmelskugel.

Der kupferne Himmelsglobus ist das einzige Stück der Sammlung, welches nicht unter den 1444 gekauften Instrumenten erwähnt wird; da er außerdem unvollendet ist, so lag der Gedanke nahe, daß wir es hier vielleicht mit einer eigenen Arbeit des Kardinals zu tun haben könnten. Wir wollen sehen, was die Untersuchung des Instrumentes hierüber ergibt.

Der Globus, den Tafel XII nach Wiederherstellung seiner ursprünglichen Form zeigt, ist ein wahres Meisterstück präziser Kupferschmiedekunst gewesen. Leider war die Kugel durch mehrfaches Hinfallen so verbeult, daß sie sich nur in einer einzigen Lage fest in das Gestell klemmen, aber nicht drehen ließ; die

Kreise waren verbogen und an ihren Lötstellen zum Teil auseinander gesprungen. Es war leider nicht möglich, alle Spuren dieser Beschädigungen wieder völlig zu beseitigen. Der beste Göttinger Feinmechaniker hat bei dem Ausbeulen nicht wieder die vollkommene Gestalt der Kugel erreichen können, die sie ursprünglich gehabt hat. Die aus Kupfer getriebene Hohlkugel hat 166,4 mm Durchmesser und 1,2 mm Wandstärke. Sie ist aus zwei Halbkugeln hergestellt, die längs des Äquators in einer erstaunlich feinen Naht verlötet sind. Die Lötfrage erreicht nur streckenweise eine Breite von einem Zehntelmmillimeter, ist aber im übrigen viel schmaler und zuweilen kaum noch mit der Lupe aufzufinden. Da der Göttinger Mechaniker bezweifelte, ob ihm eine so vollkommene Vereinigung der beiden Hälften wieder gelingen würde, mußten wir auf das Auseinanderlöten, obwohl hierdurch das Aushämmern der Beulen wesentlich erleichtert worden wäre, verzichten, und diese mühsame Arbeit konnte daher nur durch eine am Südpol der Ekliptik vorhandene Öffnung von 42 mm Durchmesser ausgeführt werden. Diese Öffnung wird beim Gebrauche durch einen passenden Deckel verschlossen; auch hier ist also, wie bei dem hölzernen Globus, das Innere dauernd zugänglich gemacht.

Auf der Kugel sind Äquator und Ekliptik sehr sauber eingraviert und kunstvoll beschriftet. Der Äquator ist in 360 Grade geteilt, die von zehn zu zehn Grad bis 360° durchlaufend beziffert sind. Die Ekliptik enthält die zwölf Zeichen, jedes in dreißig Grade eingeteilt. Von den Ziffern und der zierlichen Schrift hier eine Probe in $\frac{5}{4}$ der natürlichen Größe:

01 23 24 6 8 9
 + A R I E S +
 Q A P C O R N ?

Figur 6.

Die sechs die Tierkreiszeichen begrenzenden Breitenkreise sind um die ganze Kugel herum fein eingeritzt. An den Polen der Ekliptik und ebenso an denen des Äquators sind Löcher von 4 mm Durchmesser für die Achse gebohrt, sodaß man die Himmelskugel nach Belieben ekliptikal oder äquatorial benutzen kann — letzteres natürlich nur für ein einziges festes Äquinoktium —, eine recht sinnreiche Einrichtung, die ich sonst noch nicht angetroffen habe.

Beim Meridianring beginnt schon die Unvollendetheit, er ist zwar in Grade eingeteilt, aber nicht beziffert. Die Teilung ist auch weniger sorgfältig ausgeführt als auf der Kugel, sodaß sie vermutlich von einer anderen Hand herrührt. Der Horizontring endlich ist überhaupt noch nicht geteilt und trägt keinerlei Beschriftung.

Das Wichtigste an diesem Globus sind die eingezeichneten Sterne, da diese einen Rückschluß auf den Hersteller erhoffen lassen. Alle Sterne sind ohne Rücksicht auf ihre Helligkeit durch gleichgroße eingebaute Vertiefungen von 1 mm Durchmesser bezeichnet. In dieser Weise sind im Ganzen 44 Sterne verzeichnet; weitere acht feinere mit einem spitzen Instrumente eingedrückte Punkte ließen vermuten, daß dort vielleicht noch ebensolche Sternzeichen eingebaht werden sollten. Ich habe die ekliptikalischen Koordinaten aller dieser 52 Punkte ausgemessen; es zeigte sich jedoch, daß sieben der feinen Punkte nicht mit Sternen zu identifizieren sind, nur einer davon ist der Stern 44 der folgenden Liste.

Positionen der auf der kupfernen Himmelskugel eingetragenen Sterne.

Nr.	Al-Sûfi		Stern	Himmelskugel		Unterschied		Bemerkungen
	L	B		L	B	dL	dB	
1	72.9	66.0	α Ursae minoris	77.0	65.8	+ 4.1	- 0.2	
2	75.2	70.0	δ " "	79.5	69.9	+ 4.3	- 0.1	
3	88.7	74.0	ε " "	93.2	73.3	+ 4.5	- 0.7	
4	102.4	75.7	ζ " "	105.7	74.9	+ 3.3	- 0.8	
5	106.4	77.7	η " "	109.5	76.6	+ 3.1	- 1.1	
6	119.9	72.8	β " "	124.8	71.9	+ 4.9	- 0.9	
7	128.9	74.8	γ " "	132.3	74.0	+ 3.4	- 0.8	
8	98.0	39.8	σ Ursae majoris	102.9	39.4	+ 4.9	- 0.4	
9	98.5	43.0	A " "	103.0	43.3	+ 4.5	+ 0.3	
10	99.2	43.0	π " "	104.2	43.2	+ 5.0	+ 0.2	
11	98.9	47.2	ρ " "	103.6	47.2	+ 4.7	0.0	
12	99.4	47.0	σ " "	105.0	47.2	+ 5.6	+ 0.2	
13	100.9	50.5	d " "	105.5	50.1	+ 4.6	- 0.4	
14	103.2	43.8	τ " "	107.5	43.3	+ 4.3	- 0.5	
15	105.2	44.3	h " "	110.2	44.0	+ 5.0	- 0.3	
16	111.7	42.0	v " "	115.6	42.4	+ 3.9	+ 0.4	
17	113.7	44.0	φ " "	118.3	44.4	+ 4.6	+ 0.4	
18	113.4	35.0	θ " "	108.0	35.5	(- 5.4)	+ 0.5	wohl Lum 10° zu klein eingetragen
19	108.2	29.3	ι " "	112.8	29.5	+ 4.6	+ 0.2	
20	109.0	28.3	κ " "	113.9	28.4	+ 4.9	+ 0.1	
21	108.4	36.0	e " "	113.0	36.6	+ 4.6	+ 0.6	
22	108.5	33.0	f " "	124.8	33.7	(+ 16.3)	+ 0.7	L 12° zu groß. B bei Al-Sûfi 30°3.
23	120.4	49.0	α " "	129.3	48.3	(+ 8.9)	- 0.7	Irrtümlich L von β Urs. maj.
24	124.9	44.5	β " "	129.3	44.0	+ 4.4	- 0.5	
25	135.9	51.0	δ " "	140.2	50.5	+ 4.3	- 0.5	
26	135.7	46.5	γ " "	140.2	45.9	+ 4.5	- 0.6	
27	125.4	29.3	λ " "	130.2	29.4	+ 4.8	+ 0.1	
28	126.9	28.2	μ " "	132.3	28.7	+ 5.4	+ 0.5	
29	134.4	35.2	ψ " "	139.0	35.8	+ 4.6	+ 0.6	
30	142.5	25.8	ν " "	147.3	25.2	+ 4.8	- 0.6	
31	143.0	25.0	ξ " "	148.5	25.8	+ 5.5	+ 0.8	
32	144.9	53.5	ε " "	149.5	53.3	+ 4.6	- 0.2	
33	150.7	55.7	ζ " "	155.3	54.5	+ 4.6	- 1.2	
34	162.5	54.0	η " "	166.8	53.7	+ 4.3	- 0.3	
35	219.4	76.5	μ Draconis	223.5	75.9	+ 4.1	- 0.6	
36	234.5	78.5	ν " "	237.3	78.6	+ 2.8	+ 0.1	
37	235.9	75.7	β " "	240.0	75.3	+ 4.1	- 0.4	
38	250.0	80.3	ξ " "	255.0	80.2	+ 5.0	- 0.1	
39	252.4	75.5	γ " "	253.5	75.4	+ 1.1	- 0.1	
40	277.4	82.3	b " "	281.5	82.3	+ 4.1	0.0	
41	285.0	78.2	c " "	289.3	78.1	+ 4.3	- 0.1	
42	281.5	80.3	d " "	286.0	80.5	+ 4.5	+ 0.2	
43	302.2	81.2	o " "	306.0	81.3	+ 3.8	+ 0.1	
44	350.7	81.7	π " "	351.0	82.1	+ 0.3	+ 0.4	
45	3.2	83.0	δ " "	355.0	87.0	(- 8.2)	(+ 4.0)	

Unter L und B sind die ekliptikalen Koordinaten nach dem Katalog von Al-Sûfi und daneben dieselben Größen nach der Ablesung auf dem Globus gegeben. Ich habe jenes Sternverzeichnis und nicht das des Ptolemäus zum Ver- gleiche herangezogen, weil Cusanus das in dem Handschriftenbande 207 enthaltene Verzeichnis des Al-Sûfi nachweislich besaß und daraus möglicherweise die Stern- örter für die Herstellung der Himmelskugel entnommen haben konnte. Enthielt nun die Handschrift irgend einen Fehler, so mußte er in diesem Falle auf dem Globus nachweisbar sein, und umgekehrt: traten Fehler der Handschrift auf dem Globus nicht auf, so war sie auch nicht oder wenigstens nicht allein bei seiner Anfertigung benutzt worden.

In der Tat ist nun ein Fehler vorhanden, der die Benutzung des Stern- verzeichnisses im Cod. 207 direkt zu beweisen scheint. Auf dem Globus ist α *Ursae majoris*, einer der sieben Hauptsterne des Himmelswagens, um etwa 5° zu östlich eingetragen, sodaß das bekannte¹ Viereck schon auf den ersten Blick arg verzeichnet erscheint. Sowohl im Almagest als auch in Schjellerups Aus- gabe des Al-Sûfi, der die Zahlen der Tabelle entnommen sind, ist die Länge richtig angegeben. Dagegen enthält die Handschrift 207 die Korrektur der Länge

$$4^{\text{s}} 0^{\text{o}} 22'.$$

Die übergeschriebene um fünf Grad größere — jedoch unrichtige — Länge ist mit der Eintragung auf dem Globus in völligem Einklange, sodaß man auf einen Zusammenhang zwischen der Handschrift und der Himmelskugel schließen könnte.

Allein es ist auch ein eben solcher Beweis für das Gegenteil vorhanden. Der folgende Stern β *Ursae majoris* ist auf der Himmelskugel richtig einge- tragen und ebenso richtig ist seine Position im Almagest und bei Schjellerup ($124^{\circ}52'$). In der Handschrift findet sich dagegen die fehlerhafte Angabe $4^{\text{s}} 14^{\circ}52'$, mithin um 10° zu groß; dieser Fehler ist also nicht auf den Globus über- gegangen, woraus zum mindesten folgt, daß diese Handschrift sicher nicht als alleinige Grundlage für die Anfertigung der Himmelskugel gedient haben kann, ja, ihre Benutzung wird überhaupt wieder recht zweifelhaft.

Ein dritter Stern, f *Ursae majoris*, scheint sogar die Benutzung des Kata- logs von Al-Sûfi überhaupt auszuschließen. Die Breite dieses Sternes lautet sowohl in Schjellerups Ausgabe, und zwar übereinstimmend nach allen ihm zu- gänglichen Handschriften, als auch in der Cusanischen Handschrift $+ 30^{\circ} 20'$, dagegen im Almagest $+ 33^{\circ} 0'$ ¹⁾ und bei Alfonso $+ 33^{\circ} 20'$. Nur mit den beiden letzten Angaben stimmt der auf dem Globus eingetragene Ort überein. In der Länge ist bei diesem Stern ein größeres Versehen vorgekommen, sie ist etwa

1) Diese Verwechslung war sehr leicht möglich, da in den griechischen Handschriften $30^{\circ} 20' \lambda \gamma'$, dagegen $33^{\circ} \lambda \gamma$ lautet.

12° zu groß eingetragen. Umgekehrt um 10° zu klein ist die Länge von δ *Ursae majoris* eingetragen.

Der einzige Breitenfehler findet sich bei δ *Draconis*, dessen Breite um 4° zu groß eingezeichnet worden ist.

Es ist charakteristisch, daß nur eine einzige Abweichung in der Breite gegenüber vier solchen in der Länge vorkommt. Die Breiten waren nach der alten Anschauung vollkommen unveränderlich und brauchten daher bei den verschiedenen Neuausgaben des Sternkatalogs des Ptolemäus immer nur abgeschrieben zu werden, ebenso wie sie auch unverändert auf die Himmelskugel übertragen wurden. Die Längen dagegen änderten sich durch die Präzession und mußten deshalb für die einzelnen Epochen umgerechnet werden, wodurch leichter neue Fehler entstehen konnten.

Aus obigen Abweichungen bei β und f *Ursae majoris* müssen wir schließen, daß das Sternverzeichnis der Handschrift 207 nicht die Grundlage für die Konstruktion der Himmelskugel gebildet hat. Der Fehler bei α *Ursae majoris* dürfte dadurch entstanden sein, daß aus Versehen die Länge gleich der des folgenden Sterns β aufgetragen wurde. Möglicherweise ist dann erst umgekehrt diese fehlerhafte, auf der kupfernen Himmelskugel abgelesene Länge nachträglich in die Handschrift 207 als Verbesserung eingetragen worden. Es ist nicht ausgeschlossen, daß das Studium der übrigen Cusanischen Handschriften noch einen mit den Fehlern der Himmelskugel genauer übereinstimmenden Katalog zu tage fördert. Vorläufig haben wir jedenfalls keinen Anhaltspunkt dafür gewinnen können, daß die Sterne von Cusanus selbst eingetragen worden wären.

Aus dem bisherigen Material geht auch schon mit Sicherheit hervor, daß der Zeichner der Himmelskugel den Himmel nicht zur Prüfung seiner Eintragungen angesehen, sondern ganz in der damals üblichen Weise nur die Angaben eines Sternverzeichnisses auf die Kugel übertragen hat. Das lehrt auch schon die Auswahl der auf der Kugel vorhandenen Sterne. Der Zeichner hat nämlich vom Anfange des ihm vorliegenden Verzeichnisses¹⁾ beginnend der Reihe nach alle Sterne bis zu δ *Draconis* auf die Kugel übertragen; auch in obiger Liste habe ich dieselbe Reihenfolge beibehalten. Dabei hat er aber ganz mechanisch, wohl um die Anzahl der Sterne auf der kleinen Kugel zu verringern, jedesmal alle Sterne fortgelassen, die in den alten Katalogen als „außerhalb der Figur stehend“ bezeichnet sind. So fehlt z. B. im großen Bären der Stern 3. Größe α *Canum venaticorum*, während eine Reihe viel schwächerer Sterne 4. und 5. Größe eingetragen worden sind. Auch hieraus muß man schließen, daß der Verfertiger den Himmel nicht angesehen hat. So hat er auch einen im Al-

1) Alle alten Sternkataloge haben dieselbe Anordnung wie der des Ptolemäus; sie beginnen mit dem kleinen Bären, dann folgt der große Bär, dann der Drache und die übrigen nördlichen Sternbilder, sodann der Tierkreis und zum Schlusse die südlichen Sternbilder. Auch die Reihenfolge der Sterne in jedem Bilde ist die gleiche.

magest vorhandenen Fehler unverändert auf die Kugel übertragen: Ptolemäus und nach ihm die andern Kataloge geben für die Sterne 16 und 17 obiger Liste:

Der nördlichere Stern von den zwei auf der Brust $B = +42^{\circ}$.
Der südliche derselben $+44$

Nach dieser Beschreibung sind die jetzt als v und φ *Ursae majoris* bezeichneten Sterne gemeint, von denen aber der zweite, wie auch der Text deutlich sagt, südlicher steht als der erste; seine Breite ist in den Katalogen und ebenso auf dem Globus um etwa 7° zu groß angegeben.

Nach Erledigung der Fehler seien nunmehr die richtig eingetragenen Sterne einer näheren Betrachtung unterworfen. Aus den Unterschieden dL und dB zwischen Katalog und Globus erkennt man zunächst, daß die Übertragung sorgfältig ausgeführt worden ist. Bei der Einzeichnung wurde die Kugel so gedreht, daß die gewünschte Länge unter die geteilte Kante des Meridianringes zu liegen kam, worauf der Sternpunkt unter der betreffenden Stelle der Breiten- teilung angebracht wurde. Da der Meridianring nur etwa 1 mm von der Kugel absteht, so konnte diese Einzeichnung des Ortes leicht genau ausgeführt werden. Bei dem Ausbeulen der Kugel, dem Ausrichten und Zusammenlöten des Ringes sind aber kleine Verschiebungen unvermeidlich gewesen, die sich z. B. in den dB durch Zeichenfolgen, also gruppenweises Zusammenstehen von Fehlern gleichen Vorzeichens, kundgeben. Sieht man von δ *Draconis*, der 4° zu nördlich eingetragen ist, ab, so sind die übrigen 44 Sterne im Mittel um $0^{\circ}13$ zu südlich gesetzt, was bei dem Kugelradius von 83.2 mm auf der Oberfläche einer Strecke von 0.19 mm entspricht. Behandelt man die dB als rein zufällige Fehler — also ohne Abzug dieses systematischen Teiles —, so ergibt sich als mittlerer Fehler einer Breite

$$\varepsilon_B = \pm 0^{\circ}52 = \pm 0.75 \text{ mm.}$$

Hierin ist der Fehler der Eintragung und der jetzt ausgeführten Ablesung enthalten.

Wichtiger ist die Untersuchung der dL , da in diesen die Präzession enthalten ist, deren Betrag über die Herstellungszeit der Himmelskugel Aufschluß geben soll. Hierbei ist nun zunächst zu beachten, daß die einzelnen Werte von dL je nach der Breite des Sternes verschiedene Sicherheit besitzen, und zwar ist, wenn man den mittleren Fehler der Eintragung und Ablesung linear gemessen bei allen Sternen gleich annimmt, der m. F. von dL umgekehrt proportional zu $\cos B$; mithin hat man die Gewichte von dL proportional zu $\cos^2 B$ zu setzen. Innerhalb der drei Sternbilder ist jedoch dieser Faktor hinreichend konstant, sodaß es hier genügt, die dL für die Sternbilder getrennt zu behandeln und erst bei der Zusammenfassung mit den entsprechenden Faktoren zu versehen. Es ergeben sich so die folgenden Zahlen:

Sternbild	mittlere Breite	Mittelwert von dL	m. F. eines dL ε_L	Zahl der Sterne n	m. F. des Mittels ε_M
Ursa minor	+ 72°3	+ 3°94	$\pm 0^{\circ}60 = \pm 0.30$ mm	7	$\pm 0^{\circ}26$
Ursa major	41.1	+ 4.71	$\pm 0.39 = \pm 0.43$	24	± 0.08
Draco	79.0	+ 3.41	$\pm 2.38 = \pm 0.66$	10	± 0.76

Bildet man aus den linearen ε_L entsprechend der Anzahl der Sterne das Mittel, so erhält man als mittleren Fehler einer Längeneintragung

$$\varepsilon_L = \pm 0.46 \text{ mm.}$$

Als Mittelwert des Längenunterschiedes dL zwischen der Himmelskugel und Al-Sûfi ergibt sich unter Berücksichtigung der zu $n \cos^2 B$ proportionalen Gewichte

$$dL = + 4^{\circ}60.$$

Setzt man die Gewichte dagegen umgekehrt proportional zu ε_M^2 , so ergibt sich als Mittel

$$dL = + 4^{\circ}63.$$

Beide Mittelbildungen liefern also nahe denselben Wert, und wir dürfen deshalb $dL = 4^{\circ}6$ als den Betrag der angebrachten Präzession ansehen. Die Zuverlässigkeit dieser Zahl würde durch die Berechnung ihres m. F. nicht hinreichend charakterisiert werden, da, wie wir es bei dB sahen, bei der Eintragung und Ablesung der Sternpositionen, namentlich aber bei der Reparatur der Kugel systematische Verschiebungen entstanden sein können. Doch dürften alle diese Fehler zusammen keinen halben Grad erreichen.

Zunächst schien es, als ob man aus der Handschrift 207 einen direkten Hinweis auf die Anfertigung der Himmelskugel entnehmen könnte. Diese enthält nämlich, auf fol. 116 v, der ersten Seite des Sternverzeichnisses des Al-Sûfi, die folgende Fußnote:

Item nota adde ad motum stellarum fixarum que verificate sunt Anno Arabum 325 per philosophum cujus nomen Ebennesophus 0° 6' 16'. Et habebis motum stellarum fixarum Anno domini 1427 prima die Januarii anno perfecto.

Hiernach muß man annehmen, daß dieses Sternverzeichnis einmal benutzt worden ist, um daraus Positionen für das Ende des Jahres 1427 abzuleiten, dasselbe Jahr, mit dem auch die oben S. 12 und 15 besprochenen Tabellen in der Handschrift 211 beginnen, woraus wir schließen dürfen, daß diese beiden Handschriften sich damals im Besitze desselben in Nürnberg tätigen Astronomen

befunden haben. Wenn nun der hier angegebene Präzessionsbetrag von $6^{\circ}16'$ hinreichend mit der Präzession unserer Himmelskugel übereingestimmt hätte, so hätte man mit einiger Sicherheit schließen dürfen, daß eben die Anfertigung der Himmelskugel der Anlaß zu jener Notiz war, und daß diese somit in das Jahr 1427 fiel. Da der Unterschied gegen obigen Wert von dL aber $1^{\circ}40'$ beträgt, so ist dieser Zusammenhang offenbar ganz ausgeschlossen. Auch oben sahen wir schon, daß dieses Verzeichnis des Al-Sûfi sicher nicht die alleinige Grundlage gewesen sein kann. Es tut hier auch nichts zur Sache, daß die Zahlenwerte der Fußnote unrichtig sind; denn es kommt hier lediglich darauf an, für welches Jahr man den Globus anfertigen wollte. Zunächst ist statt 325 wahrscheinlich 352 zu lesen. Denn nach Al-Sûfis Angabe (Schjellerup S. 42) ist dessen Katalog für das Jahr 1276 Alexanders (Seleucidenära), d. i. für 964 n. Chr. gültig. In den Januar 964 fiel aber das Ende des Jahres 352 der Hedschra. Ferner kann ich auch auf keine Weise eine Bestätigung des angegebenen Präzessionsbetrages von $6^{\circ}16'$ finden. Es ergibt sich nämlich die Präzession

	nach Ptolemäus	nach Albategnius	nach Alfonso
vom Ende 325 der Hedschra = 937.85 n. Chr. bis 1428.0	$4^{\circ}54.1$	$7^{\circ}25.6$	$5^{\circ}34.3$
„ „ 352 „ „ = 964.05 „ „ „ 1428.0	$4\ 38.4$	$7\ 1.8$	$5\ 14.3$

Aus der für unsere Himmelskugel gefundenen Präzession von $4^{\circ}6'$ seit Al-Sûfis Zeit ergibt sich als Epoche der Himmelskugel

mit der Präzession nach Ptolemäus das Jahr 1424	
„ „ „ „ Albategnius „ „ 1268	
„ „ „ „ Alfonso „ „ 1364.	

Obwohl die nach Ptolemäus berechnete Jahreszahl unsern sonstigen Vermutungen über das Alter der Kugel am besten entsprechen würde, so halte ich sie doch nicht für annehmbar, weil man eben in jener Zeit diesen Präzessionswert nicht mehr benutzte. Aber auch die Alfonsinische Präzession, für die in letzterer Hinsicht zwar alles sprechen würde, dürfte im vorliegenden Falle nicht benutzt worden sein. Die zweite, nach Albategnius berechnete Jahreszahl liegt nämlich so nahe bei der Epoche des Alfonsinischen Sternverzeichnisses (1256), daß ich glaube mit Bestimmtheit annehmen zu dürfen, daß die Längen der Sterne auf der kupfernen Himmelskugel dem Sternkataloge des Alfonso entsprechen. In der Tat ist der Alfonsinische Katalog aus dem des Al-Sûfi unter Verwendung der Präzessionskonstante des Albategnius durch Vermehrung aller Längen um $4^{\circ}26'$ abgeleitet worden, ein Wert, der bis auf $0^{\circ}2'$ mit der für unsere Himmelskugel gefundenen Präzession übereinstimmt. Eben so nahe stimmen daher die Längen unserer Himmelskugel mit den Alfonsinischen überein.

Mit der Erkenntnis, daß der kupferne Globus lediglich den im Alfonsinischen Sternverzeichnis niedergelegten Zustand des Himmels wiedergeben sollte, ver-

schwindet aber auch jede Möglichkeit, sein Alter aus den Sternpositionen genauer zu bestimmen. Allerdings muß er dann unbedingt erst nach 1256 oder vielmehr nach 1276, dem Erscheinungsjahr der Alfonsinischen Tafeln angefertigt worden sein. Aber für noch älter konnte man ihn ja schon nach der ganzen Art der Arbeit, der Schrift und der Ziffern kaum halten. Eine untere Grenze für sein Alter kann man nur aus der Form der Ziffern gewinnen. Nach dem Material, welches ich in den Münchener und Nürnberger Museen untersuchen konnte, hatte in den Gravierungen astronomischer Instrumente die 5 bis zum Jahre 1457 die auch auf der kupfernen Himmelskugel noch benutzte alte Form 4, wogegen schon 1468 auf dem Astrolabium Regiomontans unsere jetzige Form 5 auftritt; etwas später, etwa seit 1500 geht die 7 aus der alten Form \wedge in die liegende $>$ über, aus der dann bald 7 wird. Noch etwas später, etwa um 1530, nimmt die 4 ihre jetzige Gestalt an. Selbstverständlich werden sich diese Verwandlungen nicht überall zur selben Zeit vollzogen haben. Aber da unser Globus, ebenso wie jene Instrumente, auf denen diese Ziffern vorkommen, in Mittel- oder Süddeutschland angefertigt worden ist, so können wir sicher nicht stark fehlgehen, wenn wir als untere Grenze seiner Herstellungszeit das Jahr 1460 annehmen, sodaß sich also gegen die früher ausgesprochene Vermutung, dieses Instrument könne auf Veranlassung des Cusanus selbst angefertigt worden sein, von diesem Gesichtspunkte aus kein Bedenken ergibt, wenngleich sich auch kein direkter Beweis für ihre Richtigkeit hat erbringen lassen. Ein solcher ist vielleicht noch möglich, wenn sich unter den Cusanischen Handschriften ein Alfonsinischer Sternkatalog auffindet mit Fehlern, die den oben besprochenen der Himmelskugel entsprechen. Die weitere Durchsicht der Handschriften kann ich aber erst vornehmen, wenn wieder freier Verkehr mit dem Mosellande besteht.

Eine eigene Beobachtungstätigkeit des Kardinals hat sich durch die Untersuchung der Instrumente somit nicht nachweisen lassen, wiewohl ich es für unzweifelhaft halte, daß er das Torquetum richtig aufgestellt und wenigstens zur Zeitbestimmung benutzt hat. Rudolf Wolfs Vermutung, daß Cusanus einen Teil der in seinen Werken enthaltenen Sternpositionen (vergl. oben S. 5) mit dem Astrolabium beobachtet haben könnte, trifft aber ganz gewiß nicht zu. Wenn eine solche Beobachtung wirklich stattgefunden hat, dann ist sie mit dem Torquetum ausgeführt worden, wozu dieses Instrument vorzüglich geeignet war. Die Nachprüfung des Cusanischen Sternverzeichnisses dürfte hierüber weitere Aufschlüsse ergeben.

Göttingen, Dezember 1918.

J. Hartmann.

Nachtrag. Wie ich erst während des Druckes feststellen konnte, wird die auf Seite 28 erwähnte Stöfflersche Himmelskugel jetzt als Leihgabe im Germanischen Nationalmuseum in Nürnberg aufbewahrt. Vergl. *Deutsche Uhrmacher-Zeitung* 34, 64.

Mikroskopische Untersuchung des Malgrundes der Cusanischen Himmelskugel.

Von

Wilhelm Ostwald.

Äußere Erscheinung. Das mir von Herrn Prof. Hartmann übersandte Stück der Himmelskugel war eine hölzerne Kugelschale von 118 mm Durchmesser, auf der Innenseite roh, am Rande sauber abgedreht, zum Einsetzen in eine entsprechende Öffnung der Kugel eingerichtet. Das Holz ist erkennbar auf der Außenfläche mit einem kolloiden Stoff vom Aussehen des Leims getränkt, der sich z. T. auf die Seitenfläche erstreckt und dort an einzelnen Orten zu kleinen Massen zusammengetrocknet ist. Auf der Innenfläche befinden sich einige größere Tropfen desselben Stoffes. Die Außenfläche ist mit einem weißen, deckenden Überzug versehen, der an verletzten Stellen die Herstellung aus mehreren Schichten erkennen läßt, die sich von einander z. T. freiwillig abgelöst hatten. In diesem weißen Überzug sind die Sternbilder in feinen schwarzen vertieften Linien gezeichnet. Die Sterne sind durch kleine kegelförmige Vertiefungen (Bohrlöcher) gekennzeichnet. An einigen ist eine Ausfüllung mit einem roten Farbstoff erkennbar. Die ganze Oberfläche ist vergilbt und mit einem dichten Netz von Sprüngen überzogen, wie sie sich auf alten Gemälden finden.

Mikroskopische Untersuchung. Zu dieser Arbeit war ein binokulares Mikroskop mit Bildaufrichtung durch Reflexionsprismen von Zeiß verfügbar, das Vergrößerungen von 10 bis 45 ermöglichte. Meist wurde mit 25 gearbeitet. Es erwies sich den vorher benutzten Lupen (Steinheil-Aplanate 10- und 20-fach) so weit überlegen, daß es für zuverlässige Arbeit solcher Art allein in Frage kommen kann. Der sehr bedeutende Objektivabstand (40 mm bei der stärksten Vergrößerung) gestattet mechanische und chemische Einwirkungen am ganzen Objekt unter ständiger Beobachtung vorzunehmen und gewährt dadurch eine viel schnellere und sichrere Auskunft, als die Herstellung von Präparaten und deren spätere Betrachtung unter dem Mikroskop.

Die Zeichnung. Zunächst erwies sich, daß die Zeichnungen der Sternbilder durch vertiefte Linien im weißen Grund dargestellt sind. An vielen Stellen, insbesondere bei auslaufenden Linien läßt sich außerdem erkennen, daß die Zeichnungslinien mit einer braunschwarzen Farbe oder Tinte gezeichnet sind. Die beiden Systeme überdecken sich nicht vollständig; insbesondere hören die vertieften Linien oft früher auf, als die farbigen; auch finden sich (schwächere) schwarzbraune Linien, die nicht vertieft sind. Von den Sprüngen der Oberfläche unterscheiden sich die Zeichnungslinien auf das bestimmteste vermöge des Umstandes, daß ihre Ränder nicht vollkommen glatt und scharf sind, wie die der Sprünge, sondern rau, gezähnt oder gezackt. Auch verlaufen die Sprünge im wesentlichen unabhängig von den Linien der Zeichnung.

An Stellen, wo die vertieften Linien besonders breit sind, läßt sich die braunschwarze Farbe auch in der Tiefe nachweisen. Ob sie sich auch in den schmälern Vertiefungen befindet, läßt sich nicht erkennen, da diese ebenso wie die natürlichen Risse durch den Staub und Schmutz der Jahrhunderte mit schwärzlichen Massen ausgefüllt sind.

Die Schichten des Überzuges. Es lassen sich in dem weißen Überzug fünf Schichten unterscheiden. Auf dem geleimten Holz liegen folgende Überzüge:

1. Weiße Masse, etwas durchscheinend, nicht vergilbt.
2. Gewebe.
3. Weiße Masse wie 1.
4. Andere weiße Masse, weniger durchscheinend, etwas vergilbt, dünne Schicht.
5. Letzte weiße Schicht, nicht durchscheinend, sehr spröde, dünn.

An den Stellen, wo der Überzug verletzt ist, insbesondere auch an den Rändern der Kugelschale sind diese Schichten schon mit der Lupe erkennbar. An der Oberfläche bilden sie vielfach Schichtenlagen oder Terrassen, da der Zusammenhang namentlich der Schichten 3, 4 und 5 geringer ist, als der jeder Schicht in sich.

Mikrochemische Versuche. Da auch hier wie stets in ähnlichen Fällen ein Interesse bestand, die erforderlichen Feststellungen mit einem Mindestaufwand von Material auszuführen, so wurde das Verfahren der mikrochemischen Analyse angewendet, wie es namentlich von H. Behrens¹⁾ ausgebildet worden ist, mit Erweiterungen, wie sie sich durch die Natur der Aufgabe ergaben. Besonders wichtig erwies sich hierbei die Ausführung chemischer Reaktionen am Objekt unter dem Mikroskop. Hierbei wurde die zu prüfende Stelle in das Gesichtsfeld gebracht und dann ein Tröpfchen des Reagens mit der Spitze eines Platindrahts an den gewünschten Ort gesetzt, worauf der Erfolg beobachtet werden konnte. Da hierbei nur Punkte von weniger als 1 mm gedeckt

1) *Anleitung zur mikrochemischen Analyse, Hamburg und Leipzig 1899.*

werden, so darf die Beanspruchung des Gegenstandes als verschwindend klein bezeichnet werden.

Solche Versuche genügen indessen nicht in allen Fällen. Deshalb wurden, wo erforderlich, auch Stückchen der zu prüfenden Massen abgelöst und für sich untersucht. Da ein Milligramm Substanz durchschnittlich sehr viel mehr ist, als für einen Versuch erfordert wird, so ist auch diese Beanspruchung gering. Sie mußte im vorliegenden Falle etwas größer sein, da z. T. das Verfahren erst unter der Arbeit bestimmte Gestalt annahm.

Der Leim. Einige größere Tropfen des leimartigen Stoffes, mit dem das Holz getränkt ist, waren auf die Unterseite der Kugelschale gelangt und hatten dort zusammenhängende Massen hinterlassen. Von diesen wurde ein Stückchen von rd. 2 mm abgelöst und unter Wasser gebracht. Es erfolgte eine Quellung und beim Sieden löste sich der größere Teil auf. Ein häutiges Gebilde, eine Hülle von der Gestalt des Stückes, widerstand indessen auch einem verlängerten Kochen. Beim Kochen mit verdünnter Kalilauge ging es langsam in Lösung.

Die wässrige Lösung hinterließ beim Verdampfen auf einem Glimmerstreifen ringförmige Rückstände nach den Begrenzungslinien des Tropfens. Wurde über der Kleinflamme nur bis zum Trockenwerden erwärmt, so war der Rückstand in kaltem Wasser löslich und verschwand beim Abspülen. Wurde er stärker, bis zum beginnenden Braunwerden erhitzt, so war er unlöslich geworden. Man kann dies besonders deutlich sehen, wenn man den erkalteten Rückstand mit einer Lösung von Jodeosin in Ammoniak behandelt und dann mit reichlichem Wasser abspült; er rötet sich dabei sehr stark und die Färbung widersteht längerem Wässern.

Gegenversuche mit frischem Leim ergaben das gleiche Verhalten der Abdampfungsrückstände. Wie sich Leim verhält, der Jahrhunderte alt ist, kann an einer unmittelbar bezeugten Probe schwerlich untersucht werden. Da indessen der hier vorliegende Stoff nach Aussehen und Gebrauchsweise mit größter Wahrscheinlichkeit als gewöhnlicher tierischer Leim angesprochen werden kann, so darf man aus dem beschriebenen Verhalten umgekehrt folgendes schließen.

Bei sehr langem Stehen an der Luft erfährt der feste Leim an seiner Oberfläche, nicht aber im Inneren eine Veränderung, die ihn in siedendem Wasser unlöslich macht. Diese Veränderung könnte also entweder auf Oxydation oder auf Lichtwirkung beruhen; da aber in vorliegendem Falle das Licht sicher die längste Zeit ausgeschlossen war, so ist die erste Möglichkeit anzunehmen. Beim Erhitzen des trockenen Leims erfolgt ein ähnlicher Vorgang, nur nach bekannten Gesetzen unverhältnismäßig viel schneller. Dadurch kann auch moderner Leim in den gleichen unlöslichen Zustand versetzt oder künstlich gealtert werden.

Der erste Überzug. Die weiße Masse, die sich unmittelbar auf dem Holze befindet, bildet eine dünne Schicht und besteht offensichtlich aus einem weißen Pulver, das durch ein Bindemittel zusammengeklebt ist. Darauf folgt das Gewebe.

Ein Stückchen dieser Masse mit dem Gewebe, von dem sie sich nicht wohl trennen ließ, wurde mit verdünnter Salzsäure erwärmt. Einige wenige Gasblasen entwickelten sich; durch andauernde Einwirkung der Säure, die weiterhin ohne Gasentwicklung erfolgte, wurde der weiße Stoff vollständig gelöst, während das Gewebe auch beim Kochen den Zusammenhang behielt. Ein Tropfen der sauren Lösung ließ beim Verdunsten auf dem Objektträger kleine aber unverkennbare Kristalle von Gips erscheinen, deren Formen bei 250-facher Vergrößerung deutlich waren. In der Lösung selbst wurden Calciumion und Sulfation wie üblich nachgewiesen. Die weiße Masse ist also Gips, vielleicht mit etwas Calciumcarbonat.

Das vom Gips befreite Stückchen Gewebe (3 bis 5 Maschen groß) erwies sich unter dem Mikroskop in eine durchsichtige gallertartige Masse eingebettet, die sich mit Jodeosin kräftig färbte. Mit verdünntem Kali erwärmt, zerfiel durch Lösung der verbindenden Masse das Gewebe in seine Fasern, die sich nun nicht mehr mit Jodeosin färbten.

Dies sind dieselben chemischen Verhältnisse, welche für den unlöslich gewordenen Leim der Himmelskugel oben nachgewiesen wurden.

Wegen der Löslichkeitsverhältnisse, die derart beim Leim bisher nicht bekannt waren, hatte ich das Bindemittel der ersten und dritten Schicht anfangs für ein trocknendes Öl, etwa Leinöl gehalten. Als indessen ein Pröbchen des Überzuges, das tunlichst von den Schichten 4 und 5 befreit war, im Glühröhrchen erhitzt wurde, entstand ein Geruch nach Tabak (Pyridinbasen) und die Dämpfe bläuten rotes Lackmuspapier. Eine Gegenprobe mit Leim zeigte dasselbe Verhalten. Dadurch war das stickstofffreie oxydierte Öl ausgeschlossen.

Hieraus folgt, daß die erste Schicht aus einem Gemisch von Leim und Gips besteht, mit der die Kugel grundiert worden ist. Dem Gips war vermutlich als Verunreinigung etwas Kreide beigemischt.

Das Gewebe. Die bloßgelegten Fasern zeigen das mikroskopische Bild der Leinenfaser. Der Fadenabstand beträgt ziemlich genau 0.50 mm; es ist also eine recht feine Leinwand zum Bekleben der Kugel verwendet worden.

Die dritte Schicht. Oberhalb der Leinwand befindet sich die stärkste Schicht des Überzuges. Sie verhält sich optisch und chemisch völlig übereinstimmend mit der ersten, besteht also auch aus einem Gemisch von Gips und Leim.

Die vierte Schicht. Schon unter der Lupe erweist sich die folgende Schicht als wesentlich verschieden von der vorigen. Sie ist viel undurchsichtiger oder deckender; ihr Weiß daher heller, als das der Gipsschicht.

Auf der Kugel ist vielfach die oberste Schicht abgeblättert, so daß diese frei liegt. Auch hat sie sich ihrerseits häufig vom Gipsgrunde abgelöst, so daß man diese drei Schichten terrassenförmig neben einander betrachten kann.

Betupft man die vierte Schicht mit Schwefelnatrium, so entsteht augenblicklich ein braunschwarzer Punkt. Bringt man eine angesäuerte Lösung von

Jodkalium darauf, so entsteht ein dunkelgelber Fleck. Damit ist erwiesen, daß die weiße Masse aus einer Bleiverbindung besteht.

Ein abgehobenes Stäubchen löst sich in einem Tropfen verdünnter Salpetersäure unter mäßiger Gasentwicklung. Die Lösung gibt alle mikrochemischen Reaktionen auf Blei, die in diesem Falle besonders zahlreich und deutlich sind.

Die vierte Schicht enthält also als Farbstoff Bleiweiß.

Das Bindemittel der vierten Schicht löst sich alsbald in der (basisch reagierenden) Schwefelnatriumlösung auf, so daß der schwarze Fleck darunter breiartige Beschaffenheit annimmt und sich mit einem Pinsel ohne Widerstand fortkehren läßt.

Dies weist auf ein wasserlösliches Bindemittel hin, das von dem der ersten Schichten verschieden ist. Nahe liegt die Vermutung, daß es sich um die im Mittelalter zum Malen auf dem Gips-Leimgrunde übliche Eitempera handelt. Der Nachweis gelang wie folgt. Einige Stäubchen des Überzuges wurden unter dem Mikroskop abgehoben und in das glänzend polierte Innere eines silbernen Teelöffels gebracht. Es wurde ein Tropfen Kalilösung zugefügt und das Ganze abgedampft und erhitzt. Jedes Stäubchen hinterließ nach dem Abwaschen einen schwarzblau halbmatt glänzenden Punkt, umgeben von einem braunen Hof, der auch nach dem Auswaschen und Trockenreiben der Fläche bestehen blieb und das typische Aussehen des Schwefelsilbers zeigte. Mit einem Tropfen Salzsäure bedeckt, blieben die Flecken bestehen, verschwanden jedoch langsam durch Reduktion, als ein Stückchen Zink durch die Säure mit dem Silber in Berührung gebracht wurde. Da diese Reaktion mit Leim und mit Kasein nicht eintritt, wohl aber mit Eiweiß, so ist dieses als Bindemittel der vierten Schicht erwiesen.

Die fünfte Schicht. Auch die oberste Schicht ist eine bleiweißhaltige Tünche, die der vierten sehr ähnlich sieht. Während aber Schwefelnatrium das Bleiweiß der vierten Schicht augenblicklich schwärzt, bleibt die oberste Schicht zunächst einige Augenblicke ungefärbt; dann dringt die Lösung langsam in kleinste Spalten und Risse ein und die Schwärzung vollzieht sich von diesen aus. Durch Vorbehandlung mit Weingeist oder Toluol werden diese Erscheinungen nicht wesentlich geändert.

Von abgetrennten Stückchen ziehen indessen beide Lösungsmittel amorphe harzartige Stoffe aus, die nach dem Verdunsten des Tropfens einen ringförmigen Hof bilden. Wasser ergibt gleicherweise keinen Rückstand. Durch Behandeln mit verdünnter Salpetersäure wird das Bleiweiß aufgelöst; beim Verdunsten erscheinen die schönen Oktaeder des Bleinitrats. Von der Probe hinterblieben am Glase klebend zunächst schwammige Massen des Bindemittels, die beim Erwärmen leicht schmelzen. Es handelt sich also um einen harzartigen Stoff. Dessen besondere Natur festzustellen, erscheint ausgeschlossen.

Die Zeichnungsfarbe. Wurde eine der braunschwarzen Linien mit einer Mischung aus Ferrocyankaliumlösung und Salzsäure betupft, so färbte sie sich nach einigen Minuten blau. Das beweist den Eisengehalt der Linien und

gestattet den Schluß, daß diese mit gewöhnlicher eisenhaltiger Tinte hergestellt worden sind.

Wo an breiteren Stellen ein Einblick in die Tiefe der Striche möglich war, konnte eine Blaufärbung unter gleichen Umständen beobachtet werden. Dort sind also die vertieften Linien nach ihrer Herstellung mit Tinte nachgezogen worden. Ob das gleiche für die feineren Linien zutrifft, entzog sich zunächst der Feststellung.

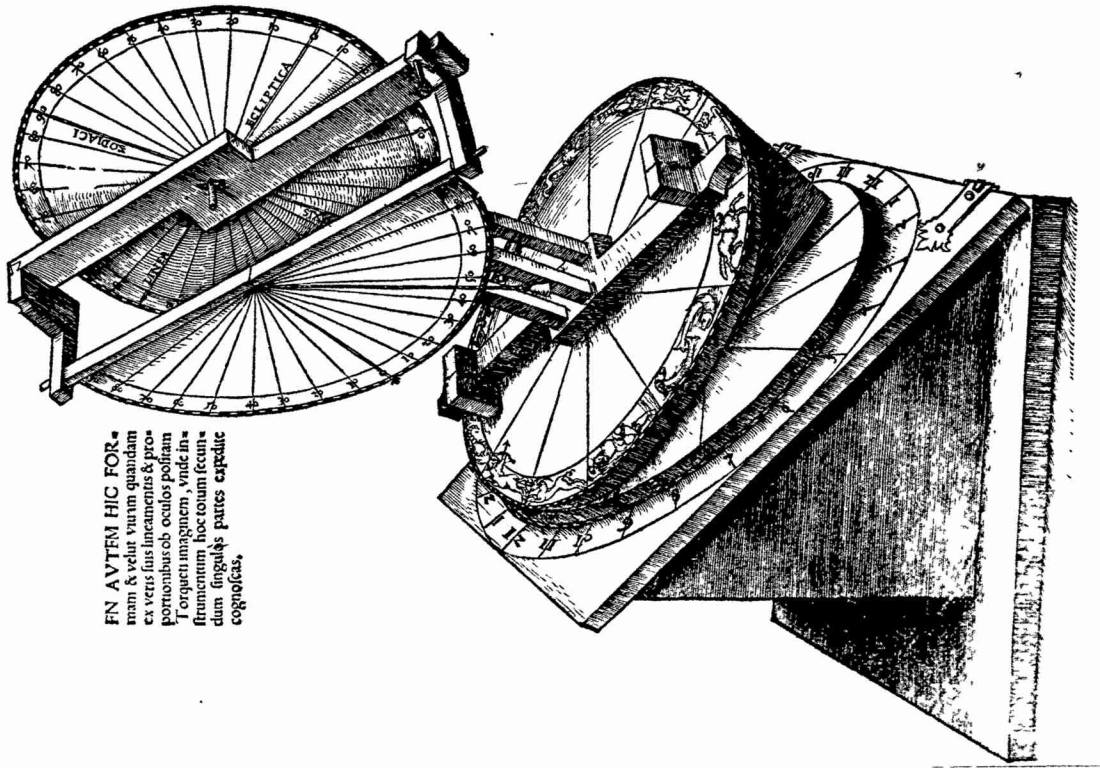
Der Farbstoff der Sterne. Die Untersuchung des roten Farbstoffs, mit dem die Sterne gekennzeichnet waren, ergab das mikroskopische Bild des Zinnobers, das mir auf grund früherer (unveröffentlichter) Untersuchungen genau bekannt war.

Zusammenfassung. Die Gesamtheit der vorbeschriebenen Tatsachen läßt die technische Herstellungsweise der Cusanischen Himmelskugel vollständig übersehen. Es stellt sich heraus, daß sie auf ihrer Oberfläche in derselben Weise vorbereitet worden ist, wie dies im Mittelalter für die Unterlage von Gemälden allgemein üblich war, und wie es z. B. C. Cennini in seinem Traktat von der Malerei zu Beginn des XV. Jahrhunderts ausführlich beschreibt (6. Teil, Kap. 113 u. ff.).

Die Oberfläche des Holzes wurde zunächst mit Leimwasser getränkt, dann mit einem Gemisch von Leimlösung und Gips überzogen, mit feiner Leinwand beleimt und mit derselben Gips-Leim-Masse in kräftiger Schicht bekleidet. Auf diese Schicht ist dann eine Lage Bleiweiß mit Eitempera (vermutlich das gebräuchliche Eigelb) gebracht worden und auf diese eine Schicht Bleiweiß, das mit einem harzigen Bindemittel angerieben war. Reines Leinöl ist ausgeschlossen, weil Weingeist und Toluol merkliche Mengen des Bindemittels lösten, reines Harz scheint es auch, weil die Stückchen auch nach dem Fortlösen jener Bestandteile nicht zerfielen. Doch spricht die leichte Schmelzbarkeit gegen oxydiertes Leinöl. Es wurde also vermutlich ein Firnis aus Terpentin benutzt, wie er im Mittelalter viel im Gebrauch war, dessen Harz dann im Lauf der Zeit teilweise unlöslich geworden ist.

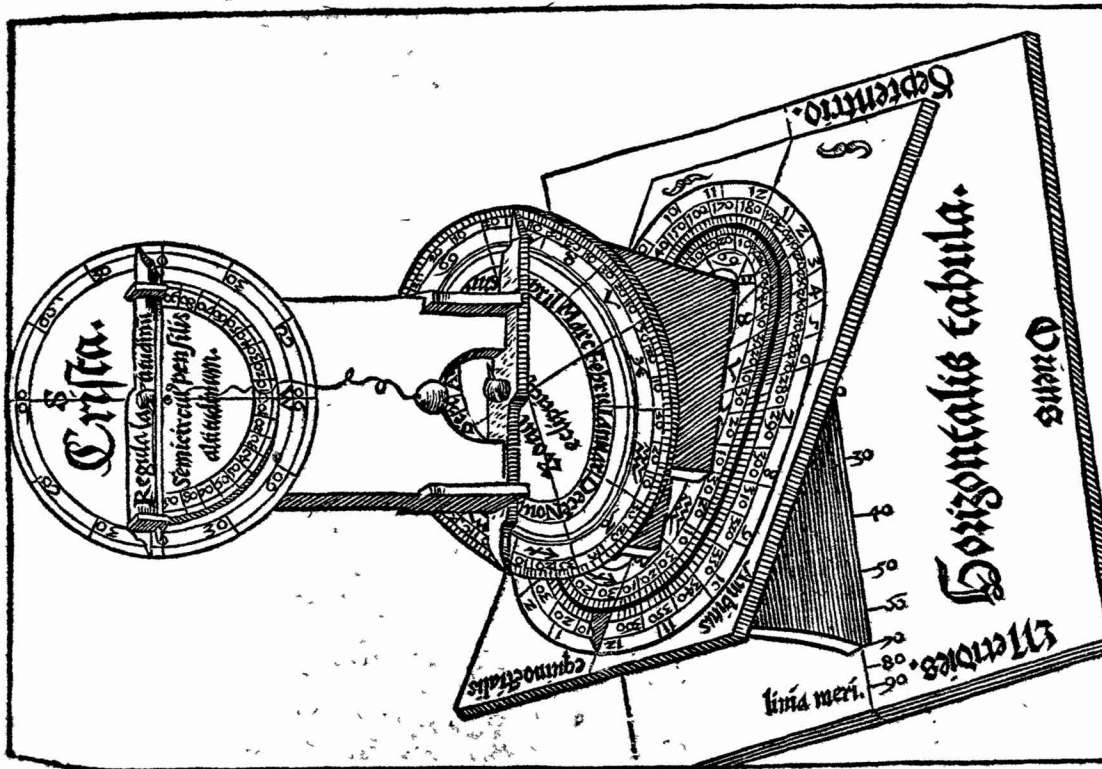
Auf diese letzte Schicht wurden dann nach ausgiebigem Trocknen (denn sie war schon etwas spröde geworden) die Sternbilder mit gewöhnlicher Tinte (aus Galläpfeln und Eisenvitriol) gezeichnet. Die Zeichnung wurde mit einer Nadel eingeritzt und (mindestens an den stärker ausgeführten Stellen) nochmals mit Tinte überfahren. Die Sterne wurden mit einem Aufräumer als kegelförmige Vertiefungen gebohrt und mit Zinnoberfarbe ausgemalt.

Groß-Bothen, Februar 1919.

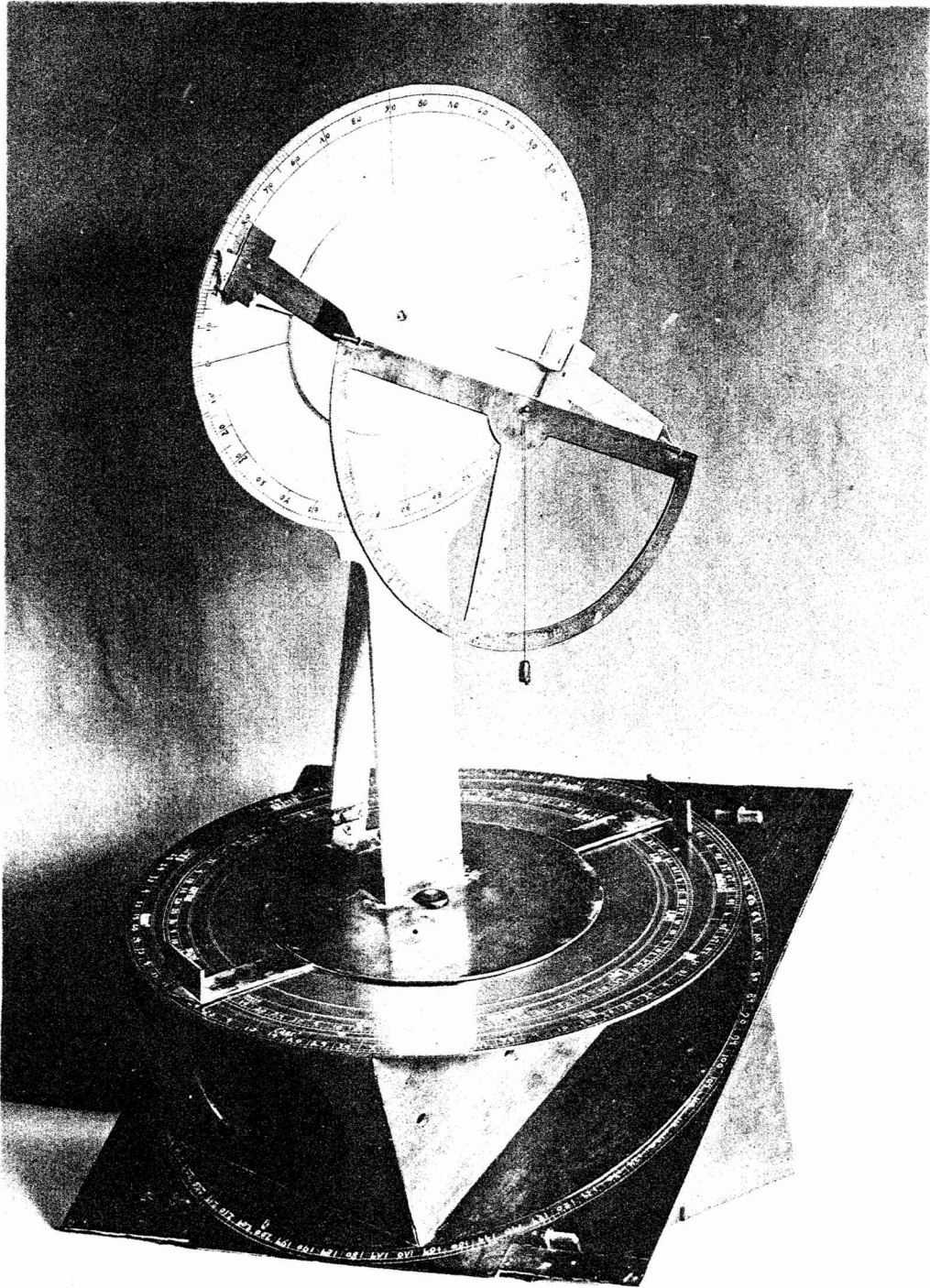


FN AVTEM HIC FOR-
mam & veltur vtrum quandam
ex versis suis lineamentis & pro-
portioibus ob oculos posita
Torqueti magnam, vnde in
strucentum hoc totum fecun-
dum singulas partes expedit
cognoscas.

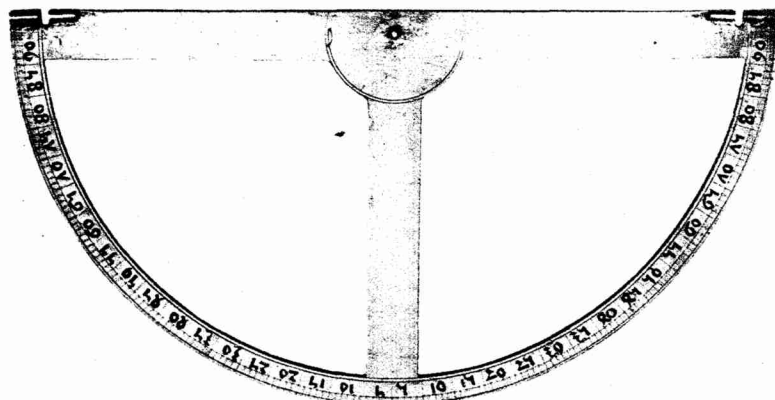
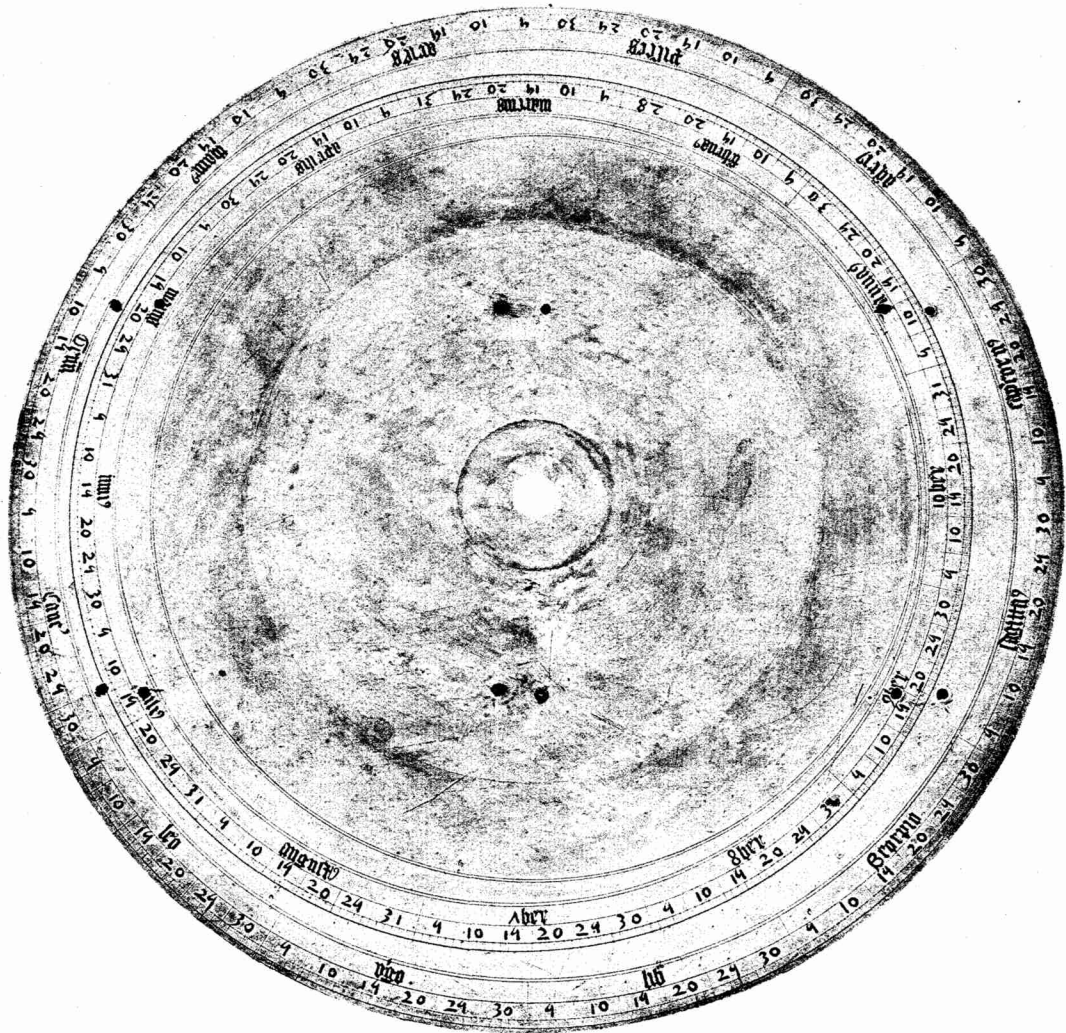
Torquetum nach Apianus.



Torquetum nach Regiomontanus.



Das Cusanische Torquetum 1434.

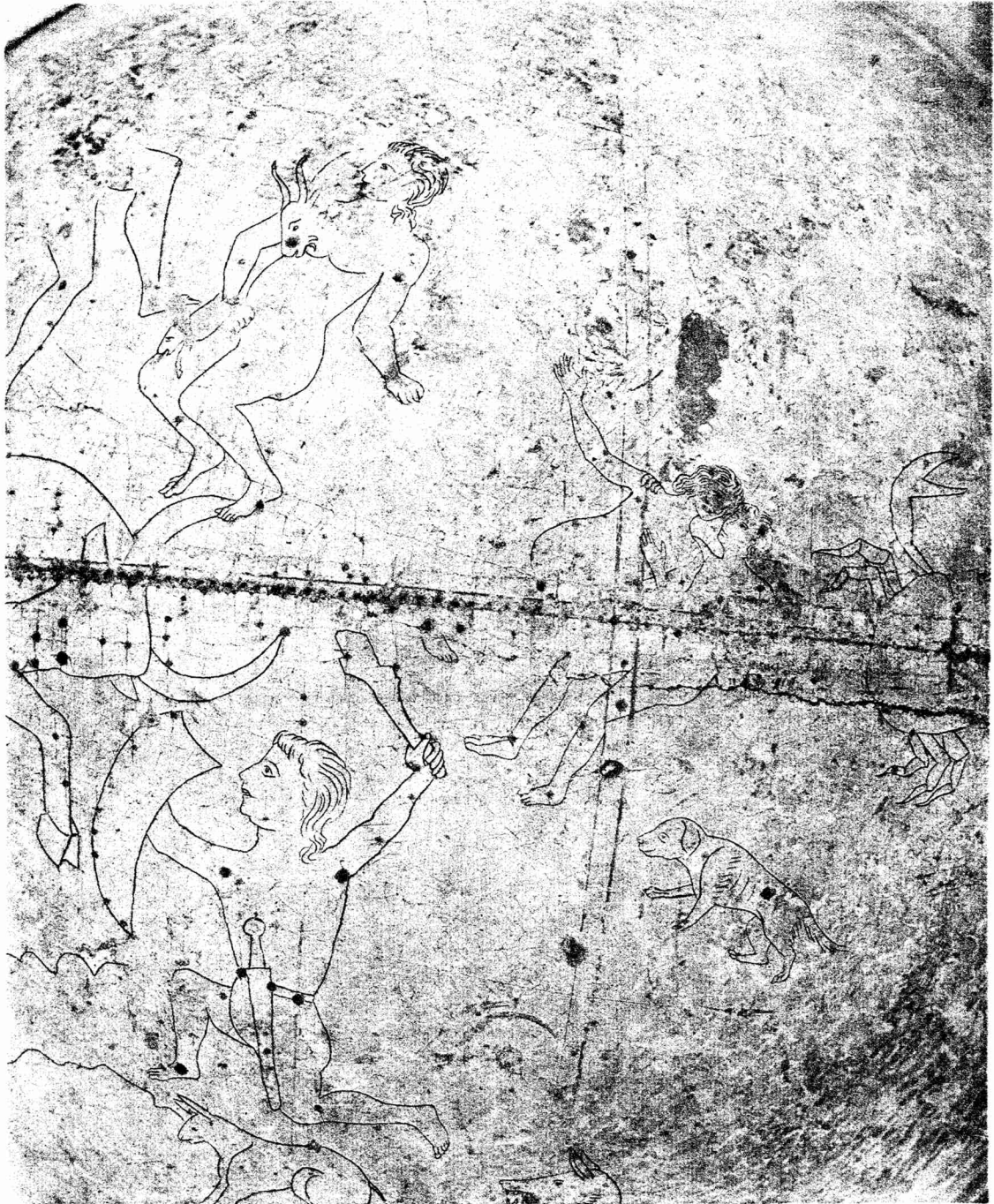


Die Ekliphtscheibe und der hängende Halbkreis.



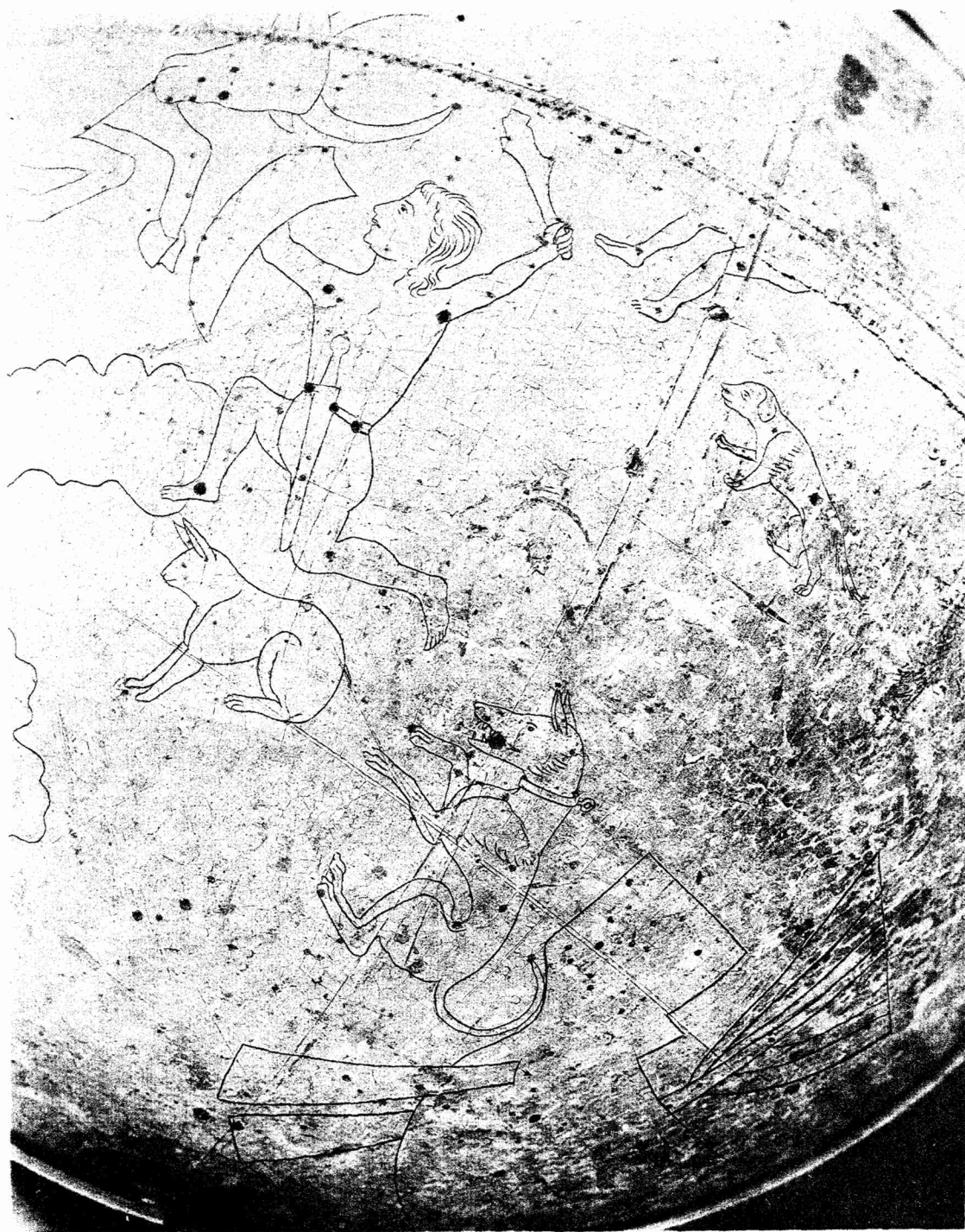
Die Cusanische Himmelskugel.

Pegasus, Andromeda, Dreieck, Perseus, Fische, Widder, Stier, Walfisch.



Die Cusanische Himmelskugel.

Perseus, Fuhrmann, Stier, Zwillinge, Krebs, Eridanus, Orion, Hase,
großer Hund, kleiner Hund.



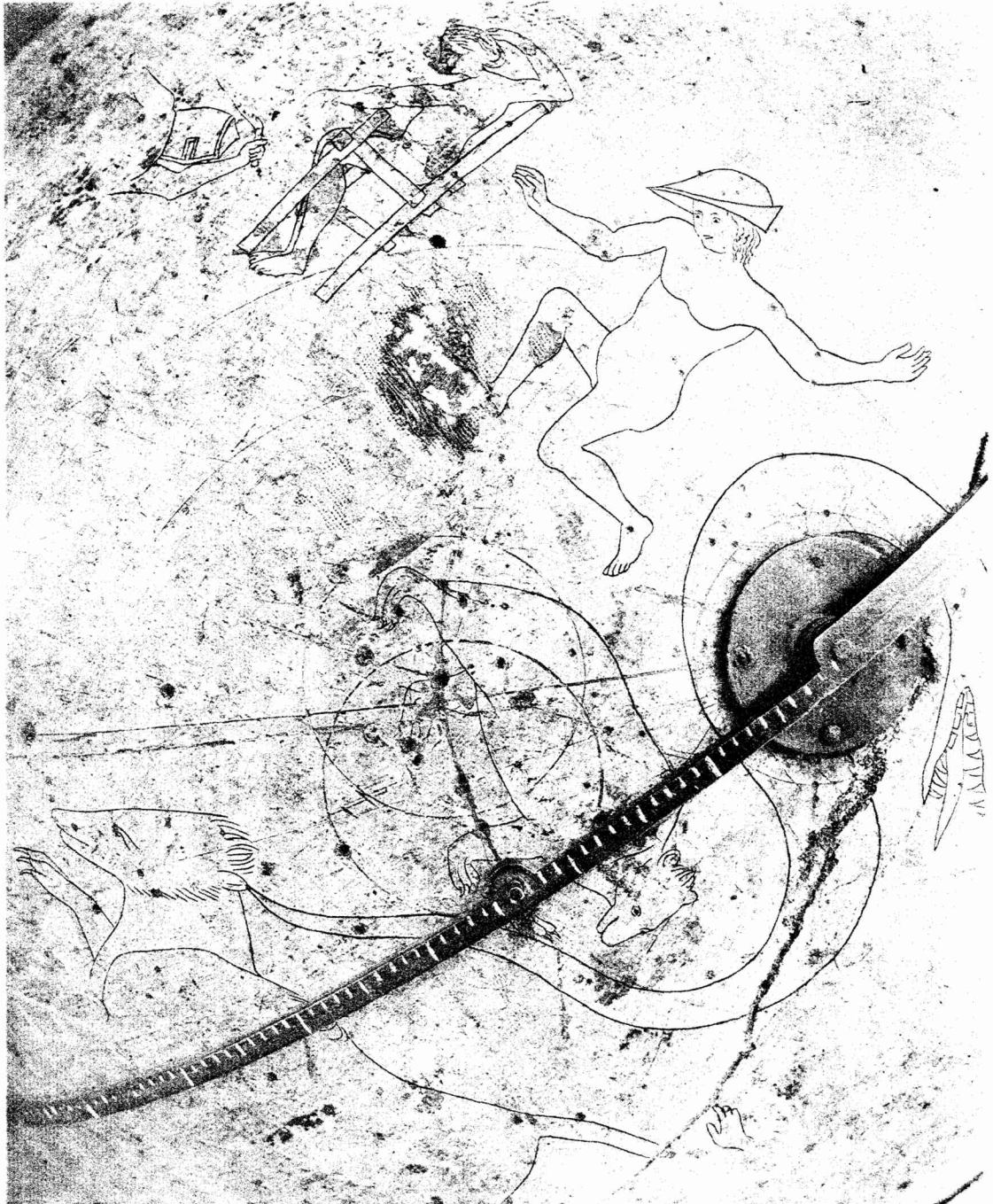
Die Cusanische Himmelskugel.

Stier, Zwillinge, Eridanus, Orion, Hase, kleiner Hund, großer Hund, Argo.



Die Cusanische Himmelskugel.

Drache, großer Bär, Krebs, Löwe, Jungfrau, Wasserschlange.



Die Cusanische Himmelskugel.

Nordpole, Cepheus, Cassiopeia, Perseus, Drache, kleiner Bär, großer Bär.



Die Cusanische Himmelskugel.

Nordpol der Ekliptik, kleiner Bär, Drache, Cepheus, Schwan, Leier, Herkules,
Bootes, nördliche Krone, Schlangenträger mit Schlange.



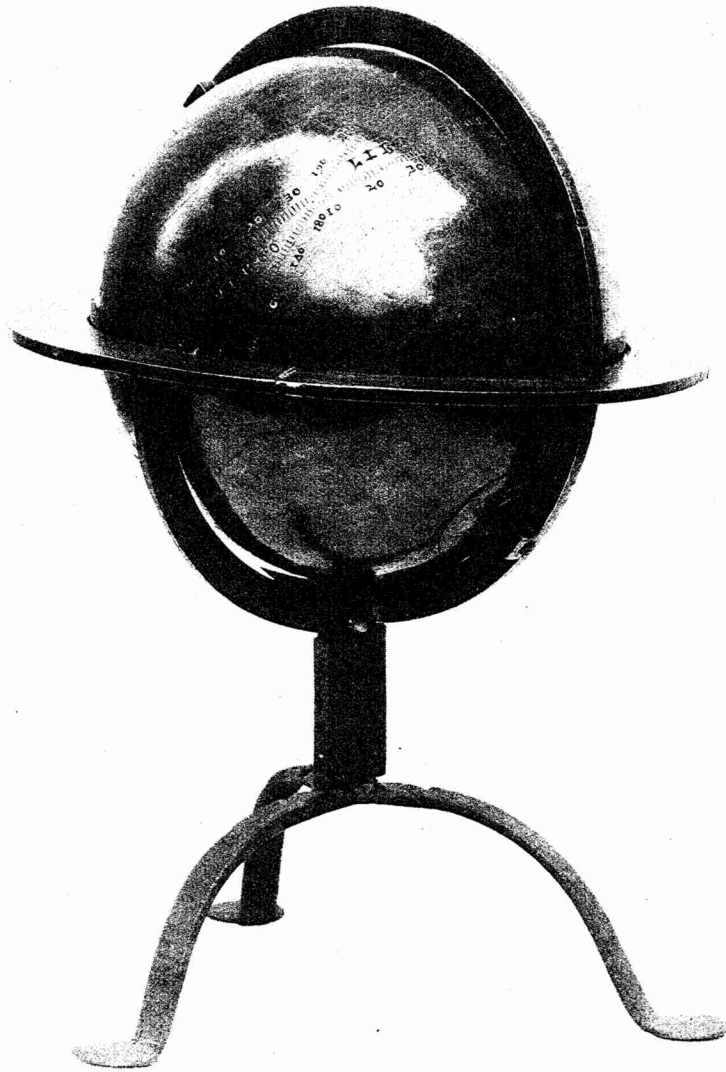
Die Cusanische Himmelskugel.

Skorpion, Wasserschlange, Zentaur, Wolf, Altar, Argo, Südpol der Ekliptik.



Die Cusanische Himmelskugel.

Adler, Pfeil, Schwan, Delphin, kleines Pferd, Pegasus, Schütze, Steinbock,
Wassermann, Fische, südlicher Fisch.



Die kupferne Himmelskugel.

ABHANDLUNGEN

DER
KÖNIGLICHEN GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN
ZU GÖTTINGEN.

Mathematisch-physikalische Klasse. Neue Folge.

- I. Bd. No. 1. **Koenen, A. v.**, *Ueber Fossilien der Unteren Kreide am Ufer des Mungo in Kamerun*. Mit 4 Tafeln. 4. (48 S.) 1897. 5 M. Nachtrag dazu. 4. (S. 49—65 mit Tafeln V—VII.) 1898. 3 M.
- I. Bd. No. 2. **Brendel, Martin**, *Theorie der kleinen Planeten*. Erster Teil. 4. (171 S.) 1898. 16 M.
- I. Bd. No. 3. **Schur, W.**, *Ableitung relativer Oerter des Mondes gegen die Sonne aus heliometrischen Messungen von Sehnenlängen ausgeführt auf der Sternwarte zu Göttingen während der partiellen Sonnenfinsternisse von 1890 Juni 16/17 (Beobachter: Schur, Ambronn u. Hayn) und von 1891 Juni 6 (Beobachter: Schur)*. Mit 3 Plänen der Sternwarte nebst Verzeichniss der grösseren Instrumente. 4. (26 S.) 1898. 3 M.
- I. Bd. No. 4. **Schur, W.**, *Vermessung der beiden Sternhaufen η und α Persei mit dem sechszölligen Heliometer der Sternwarte in Göttingen verbunden mit einer Uebersicht aller bis zum Jahre 1900 ausgeführten Instrumentaluntersuchungen*. Mit einer Sternkarte. 4. (88 S.) 1900. 9 M.
- II. Bd. No. 1. **Wiechert, E.**, *Theorie der automatischen Seismographen*. 4. (128 S.) 1903. 8 M.
- II. Bd. No. 2. **Kramer, Julius**, *Theorie der kleinen Planeten. Die Planeten vom Hekubatypus*. 4. (153 S.) 1902. 15 M.
- II. Bd. No. 3. **Furtwängler, Ph.**, *Ueber das Reciprocitätsgesetz der n ten Potenzreste in algebraischen Zahlkörpern, wenn l eine ungerade Primzahl bedeutet*. 4. (82 S.) 1902. 6 M.
- I. Bd. No. 4. **Prasad, G.**, *Constitution of Matter and Analytical Theories of Heat*. 4. (68 S.) 1903. 6 M.
- III. Bd. No. 1. **Ehlers, E.**, *Neuseeländische Anneliden*. Mit 9 Tafeln. 4. (79 S.) 1904. 10 M.
- III. Bd. No. 2. **Koenen, A. v.**, *Ueber die Untere Kreide Helgolands und ihre Ammonitiden*. Mit 4 Tafeln. 4. (63 S.) 1904. 4 M.
- III. Bd. No. 3. **Schur u. Ambronn**, *Die Messungen des Sonnendurchmessers an dem Repsoldischen 6zöll. Heliometer der Sternwarte zu Göttingen*. 4. (126 S. u. 2 Taf.) 1905. 12 M.
- III. Bd. No. 4. **Brendel, M.**, *Theorie des Mondes*. 4. (97 S.) 1905. 7 M.
- III. Bd. No. 5. **Linke, F.**, *Luftelektrische Messungen bei 12 Ballonfahrten*. Mit 4 Tafeln. 4. (30 S.) 1904. 6 M.
- IV. Bd. No. 1. **Schwarzschild, K.**, *Untersuchungen zur geometrischen Optik*. I. Einleitung in die Fehlertheorie optischer Instrumente auf Grund des Eikonalbegriffs. Mit 6 Fig. 4. (31 S.) 1905. 2 M.
- IV. Bd. No. 2. **Schwarzschild, K.**, *Untersuchungen zur geometrischen Optik*. II. Theorie der Spiegelteleskope. Mit 9 Fig. 4. (28 S.) 1905. 2 M.
- IV. Bd. No. 3. **Schwarzschild, K.**, *Untersuchungen zur geometrischen Optik*. III. Ueber die astrographischen Objektive. Mit 10 Fig. 4. (54 S.) 1905. 4 M.
- IV. Bd. No. 4. **Verworn, M.**, *Die archaolithische Cultur in den Hipparionschichten von Aurillac (Cantal)*. Mit 5 Taf. 4. (56 S.) 1905. 4 M. 50 Pf.
- IV. Bd. No. 5. **Meyermann, B.**, *Vermessung der Umgebung des Orionnebels*. 4. (47 S.) 1906. 3 M. 50 Pf.
- V. Bd. No. 1. **Kohlschütter, E.**, *Ergebnisse der Ostafrikanischen Pendelexpedition v. J. 1899 u. 1900*. Mit 16 Tafeln u. 8 Figuren im Text. 4. (VIII u. 229 S.) 1907. 26 M.
- V. Bd. No. 2. **Schwarzschild, K.**, *Ueber die totale Sonnenfinsternis vom 30. August 1905*. Mit 5 Tafeln. 4. (73 S.) 1907. 6 M.
- V. Bd. No. 3. **Kramer, J.**, *Theorie der kleinen Planeten vom Hekubatypus*. 4. (154 S.) 1907. 14 M.
- V. Bd. No. 4. **Ehlers, E.**, *Neuseeländische Anneliden*. II. Mit 16 Figuren. 4. (31 S.) 1907. 2 M.
- V. Bd. No. 5. **Gerdien, H.**, *Untersuchungen über die atmosphärischen radioaktiven Induktionen*. Mit 4 Tafeln. 4. (74 S.) 1907. 7 M.

ABHANDLUNGEN
DER
KÖNIGLICHEN GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN
ZU GÖTTINGEN.

Mathematisch-physikalische Klasse. Neue Folge.

- VI. Bd. Nr. 1. **Pütter, August**, *Studien zur vergleichenden Physiologie des Stoffwechsels*. 4. (79 S.) 1908. 5 M.
- VI. Bd. No. 2. **Holm, Ragnar**, *Experimentelle Untersuchungen über die geschichtete positive Glühlichtsäule, insbesondere über das Schichtenpotential in H_2 , N_2 , He* . Mit 3 Tafeln und 6 Figuren im Text. 4. (50 S.) 1908. 4 M.
- VI. Bd. No. 3. **Bütschli, O.**, *Untersuchungen über organische Kalkgebilde, nebst Bemerkungen über organische Kieselgebilde*. Mit 4 Tafeln u. 3 Textfiguren. 4. (IV, 177 S.) 1908. 19 M.
- VI. Bd. No. 4. **Brendel, Martin**, *Theorie der kleinen Planeten*. Zweiter Teil. 4. (VI, 192 S.) 1909. 18 M.
- VI. Bd. No. 5. **Brendel, Martin**, *Theorie der kleinen Planeten*. Dritter Teil. 4. (IV, 83 S.) 1910. Geh. 8 M.
- VI. Bd. No. 6. **Schwarzschild, K.**, *Aktinometrie der Sterne B. D. bis zur Größe 7.5 in der Zone 0° bis $+20^\circ$ Deklination*. Teil A. Unter Mitwirkung von Br. Meyermann, A. Kohlschütter und O. Birck. Mit 1 Tafel und 2 Figuren. 4. (115 S.) 1910. 12 M.
- VII. Bd. No. 1. *Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Kgl. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen*. I. Das Samoa-Observatorium von **Hermann Wagner**. Mit 9 Taf. 4. (70 S.) 1908. 6 M.
- VII. Bd. No. 2. *Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Kgl. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen*. II. Die meteorologischen Registrierungen der Jahre 1902—1906 von **Otto Tetens** und **Franz Linke**. Mit 3 Taf. u. 25 Figuren. 4. (139 S.) 1908. 12 M.
- VII. Bd. No. 3. *Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Kgl. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen*. III. Die Brandungsbewegungen des Erdbodens und ein Versuch ihrer Anwendung in der prakt. Meteorologie. Von **F. Linke**. M. 3 Taf. 4. (58 S.) 1909. 5 M.
- VII. Bd. No. 4. *Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Kgl. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen*. IV. Das Klima von Samoa. Von **Otto Tetens** und **Franz Linke**. Mit 7 Figuren u. 3 Tafeln. 4. (114 S.) 1910. 10 M.
- VIII. Bd. No. 1. **Brendel, Martin**, *Theorie der kleinen Planeten*. Viertes Teil. 4. (V u. 124 S.) 1911. 12 M.
- VIII. Bd. No. 2. **Take, E.**, *Alterungs- und Umwandlungs-Studien an Heuslerschen ferromagnetisierbaren Aluminium-Manganbronzen insbesondere an Schmiedepollen*. Mit 16 Figuren im Text. 4. (IV u. 127 S.) 1911. 8 M.
- VIII. Bd. No. 3. **Schwarzschild, K.**, u. **W. Dziewulski**, *Bestimmung der Polhöhe von Göttingen und der Deklinationen von 375 Zenithsternen mit der hängenden Zenithkamera*. Mit 9 Figuren im Text und einer Tafel. 4. (III u. 43 S.) 1911. 3 M.
- VIII. Bd. No. 4. **Schwarzschild, K.**, *Aktinometrie der Sterne der B. D. bis zur Größe 7.5 in der Zone 0° bis $+20^\circ$ Deklination*. Teil B. Mit 3 Figuren im Text. 4. (III u. 81 S.) 1912. 8 M.
- VIII. Bd. No. 5. **Kohlschütter, E.**, *Ergebnisse der Ostafrikanischen Pendelexpedition in den Jahren 1899 und 1900*. Bd. II. Mit 4 Tafeln und 5 Figuren im Text. 4. (VI und 101 S.) 1912. Geh. 11 M.
- IX. Bd. No. 1. *Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Kgl. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen*. V. Die erdmagnetischen Registrierungen der Jahre 1905 bis 1908. Von **F. Linke** und **G. Angenheister**. Mit 9 Tafeln und 4 Figuren im Text. 4. (IV, 52 und CXXXIX S.) 1911. 20 M.
- IX. Bd. Nr. 2. *Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Kgl. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen*. VI. Die luftelektrischen Beobachtungen am Samoa-Observatorium 1906, 1907, 1908. Von **G. Angenheister**. Mit 3 Tafeln und 8 in den Text gedruckten Figuren. 4. (III u. 43 S.) 1911. 5 M.
- IX. Bd. No. 3. *Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Kgl. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen*. VII. Die luftelektrischen Beobachtungen am Samoa-Observatorium 1909 bis Mai 1911. Von **K. Wegener** u. **M. Hammer**. Mit 2 Tafeln. 4. (31 S.) 1912. 3,60 M.
- IX. Bd. No. 4. *Ergebnisse der Arbeiten des Samoa-Observatoriums der Kgl. Gesellschaft d. Wissenschaften zu Göttingen*. VIII. Zusammenstellung der Barometer-Beobachtungen von Samoa aus den Jahren 1903—1908 zur Bestimmung der Gezeitenbewegungen der Atmosphäre. Von **Gotthold Wagner**. Mit 8 Figuren. 4. (48 S.) 1913. 3,60 M.
- X. Bd. No. 1. **Wedekind, R.**, *Monographie der Clymenien des Rheinischen Gebirges*. Mit 7 Tafeln. 4. (80 S.) 1914. 7 M.
- X. Bd. No. 2. **Hartmann, J.**, *Tabellen für das Rowlandsche und das Internationale Wellenlängensystem*. Mit 1 Taf. 4. (78 S.) 1916. 6,60 M.
- X. Bd. No. 3. **Schwiebring, Fr.**, *Das Reziprozitätsgesetz und die Kristallreflexion*. Mit 16 Fig. im Text. 4. (46 S.) 1916. 3,60 M.
- X. Bd. No. 4. **Horstmann, A.**, *Bestimmung der genäherten absoluten Bahn des Planeten Sappho (80) nach der Gylden-Brendelschen Methode nebst Tafeln für die Bewegung im Zeitraum von 1860—1960*. 4. (37 S.) 1916. 3,60 M.
- X. Bd. Nr. 5. **Espe, W.**, *Ueber einige bemerkenswerte Missbildungen*. Mit 2 Tafeln und 15 Figuren im Text. 4. (17 S.) 1918. 3 M.