

Werk

Titel: Mikroskopische Untersuchung des Malgrundes der Cusanischen Himmelskugel

Autor: Ostwald, Wilhelm

Jahr: 1920

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?251726223_0010|log52

Kontakt/Contact

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

✉ info@digizeitschriften.de

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 wässerige 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.

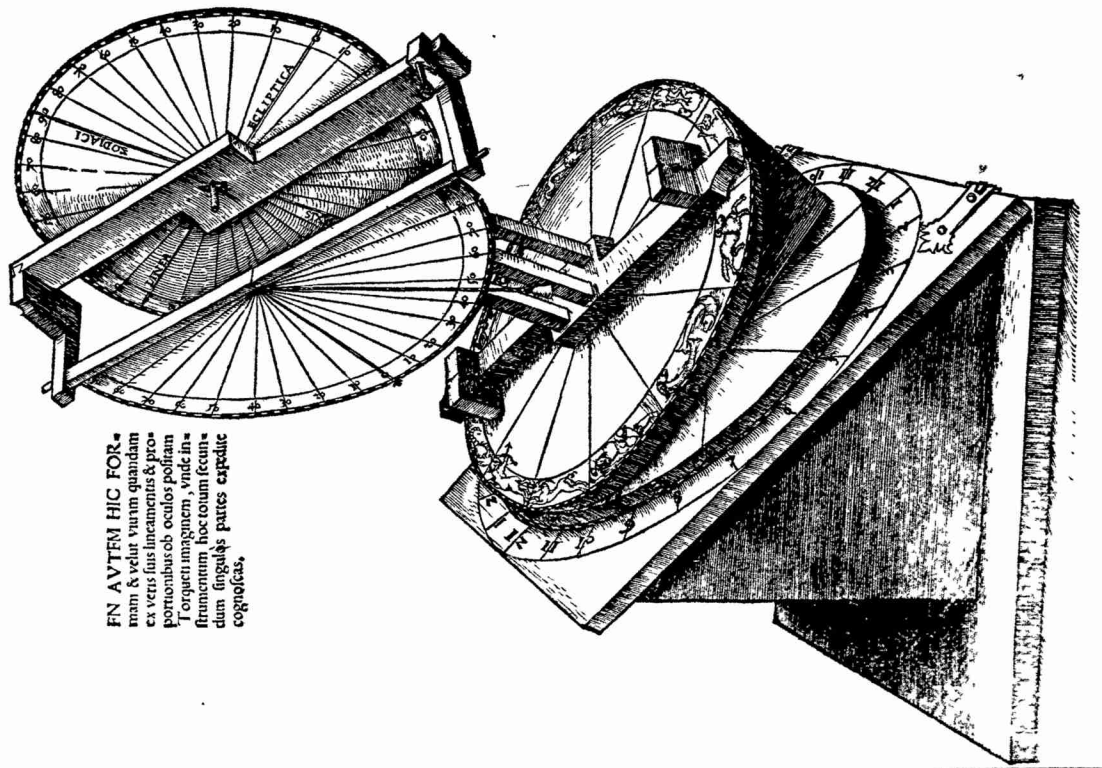
Der Farbstoff der Sterne. Die Untersuchung des roten Farbstoffs, mit dem die Sterne gekennzeichnet waren, ergab das mikroskopische Bild des Zinnobers, das mir auf grund früherer (unveröffentlichter) Untersuchungen genau bekannt war.

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.

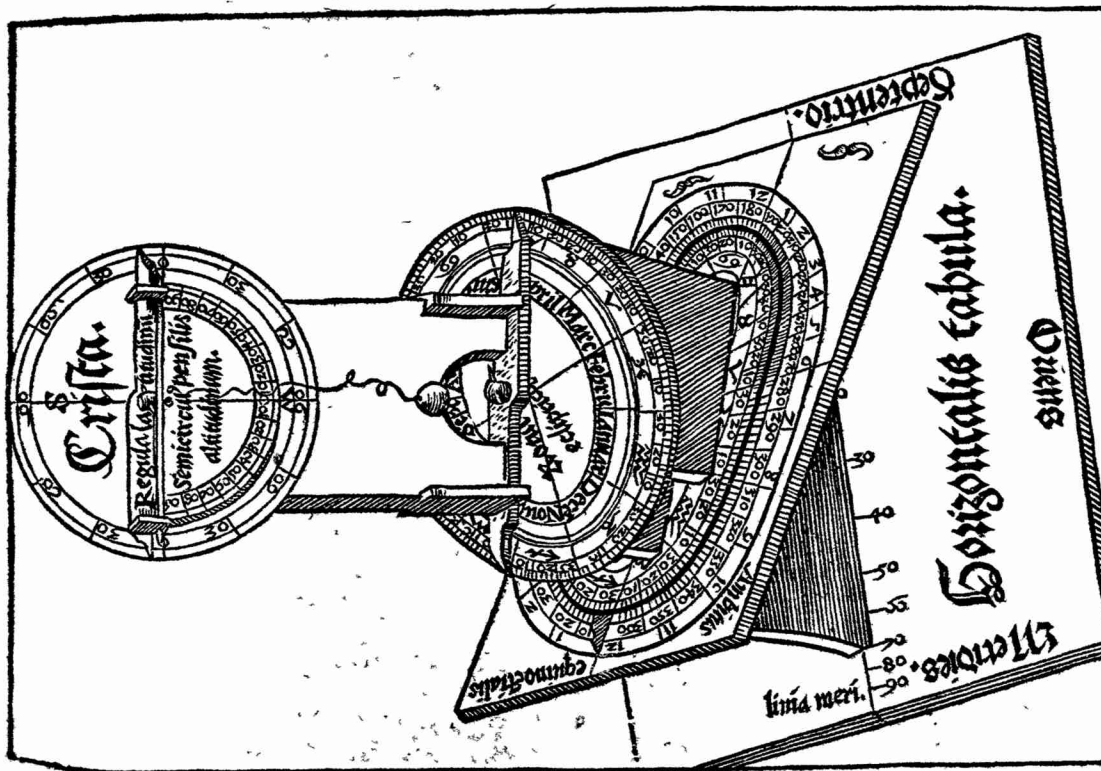
Auf diese letzte Schicht wurden dann nach ausgiebigem Trocknen (denn sie war schon etwas spröde geworden) die Sternbilder mit gewöhnlicher Tinte (aus Galläpfeln und Eisenvitriol) gezeichnet. Die Zeichnung wurde mit einer Nadel eingeritzt und (mindestens an den stärker ausgeführten Stellen) nochmals mit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

Groß-Bothen, Februar 1919.

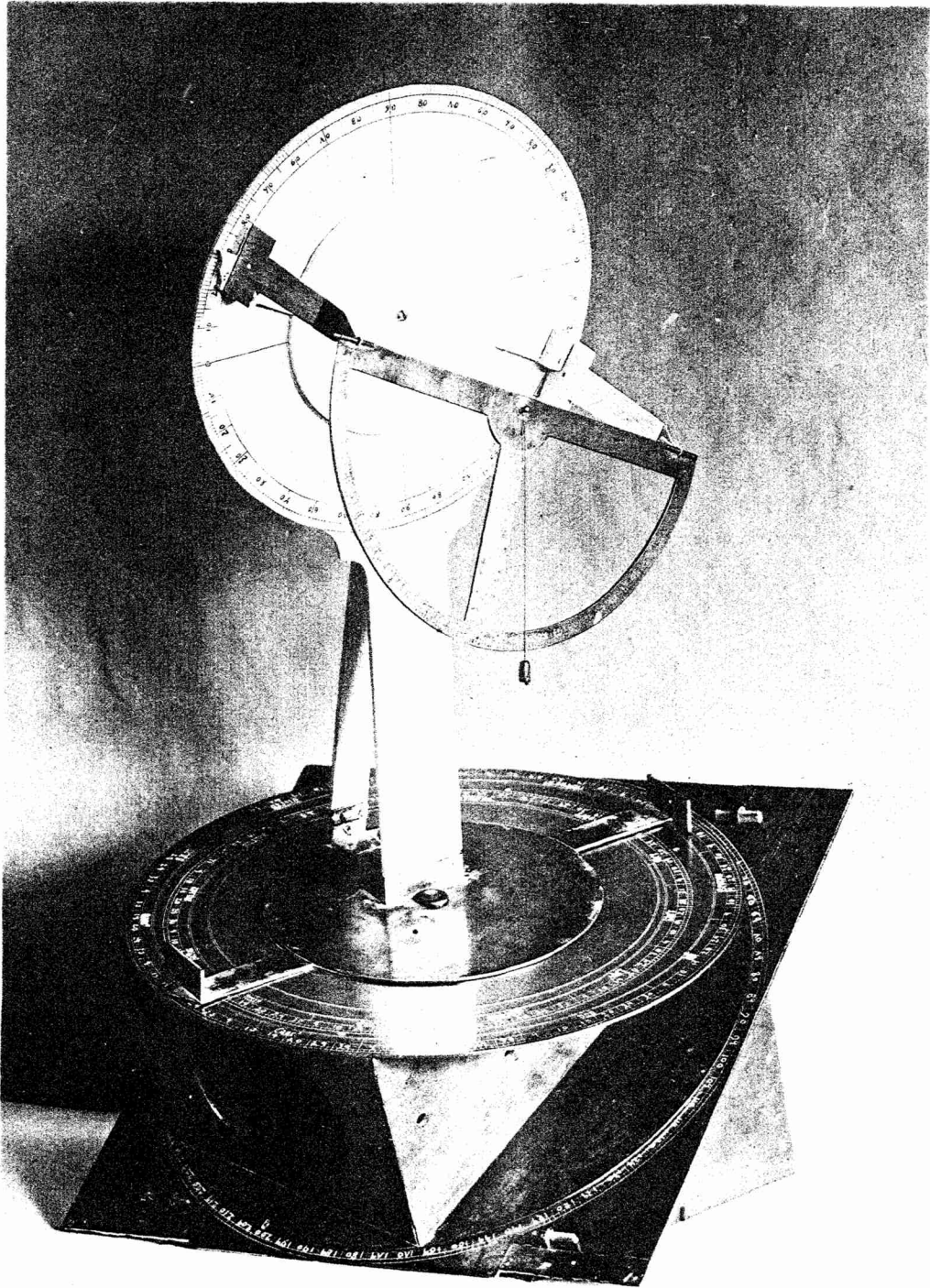


FN AVTEM HIC FOR-
mam & vultu vultum quandam
ex versis suis lineamentis & pro-
portionibus oculis postquam
Torqueti imaginem, unde in-
strumentum hoc totum fecun-
dum singulas partes expedit
cognoscas.

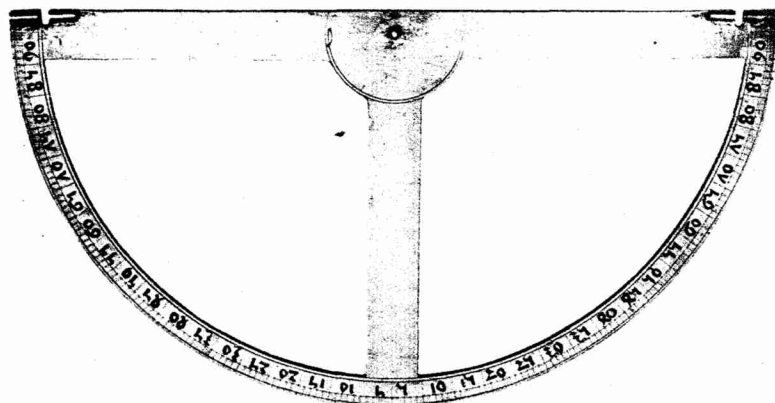
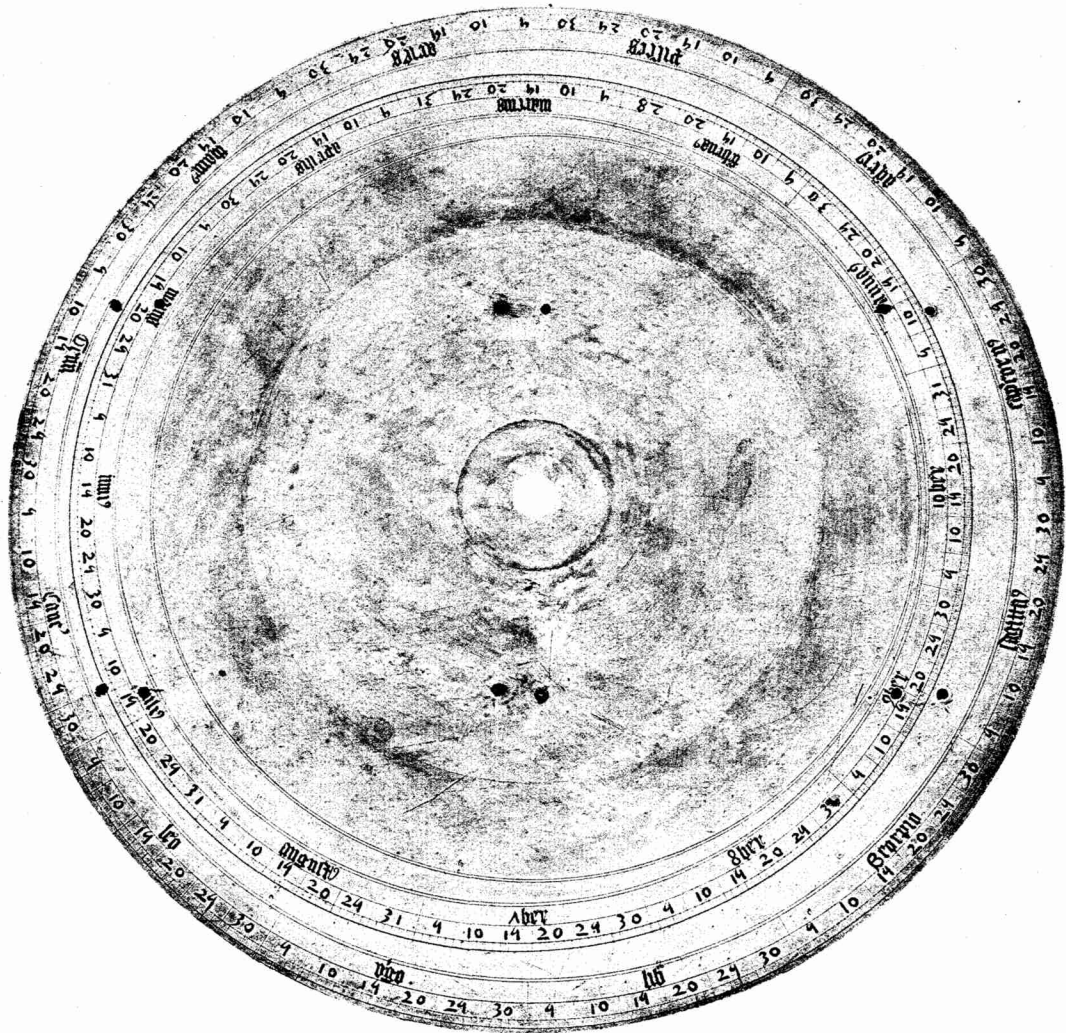
Torquetum nach Apianus.



Torquetum nach Regiomontanus.



Das Cusanische Torquetum 1434.



Die Ekliphtscheibe und der hängende Halbkreis.



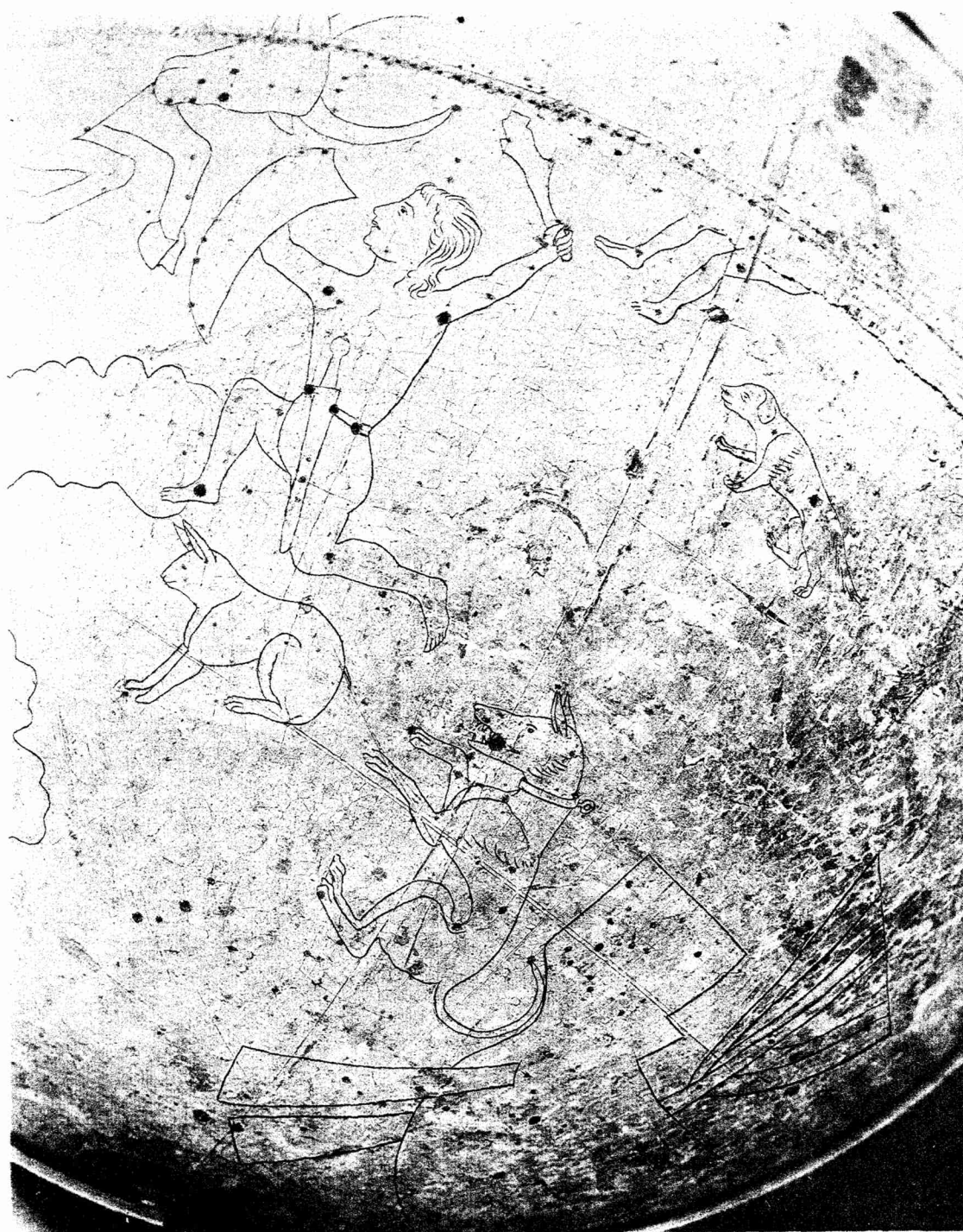
Die Cusanische Himmelskugel.

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.

