

Giorgiones Entdeckung der vier großen Jupitermonde 105 Jahre vor Galileo Galilei - Ein Beitrag zur Kunst- und Astronomiegeschichte der Frühen Neuzeit.

von Frank P.J. Keim, Universität Ulm

Abstrakt. Mit Aristarchus von Samos¹, dem großen griechischen Mathematiker² und Astronomen hat Giorgio da Castelfranco, gen. Giorgione (um 1478-1510) in seinem Gemälde "Drei Philosophen" (1508 / 9)³ neben Pythagoras von Samos und Averroes den ersten Vertreter der heliozentrischen These⁴ im Altertum in Szene gesetzt. Auf dem Gemälde⁵ hat der „Enigmatiker“ eine revolutionäre Entdeckung festgehalten: Die Beobachtung der vier großen Monde des Jupiter 105 Jahre vor Simon Marius und Galileo Galilei. Sie findet sich auf dem Dokument, das der alte "Philosoph" vor seine Brust hält (Abb. 1 a).

Der entscheidende Hinweis auf die hier dargestellte Person ist das Wort unterhalb der rechten Hand. Es ist das griechische Wort $\mu \epsilon \gamma \epsilon \theta \omega \nu$ ⁶, dt. "Größen" (Abb. 1 b), das einen Bestandteil des Titels der Schrift $\text{'\pi\epsilon\rho\iota \mu\epsilon\gamma\epsilon\theta\omega\nu \kappa\alpha\iota \alpha\pi\omicron\sigma\tau\eta\mu\alpha\tau\omega\nu \eta\lambda\iota\omicron\upsilon \kappa\alpha\iota \sigma\epsilon\lambda\eta\eta\nu\eta\varsigma}$ ⁷ des Aristarchus von Samos (310-230 v.Chr.)⁸ bezeichnet. Somit ist klar, dass der rechts postierte "Philosoph" Aristarchus ist. Er hat u.a. mit der Schrift $\text{'\pi\epsilon\rho\iota \mu\epsilon\gamma\epsilon\theta\omega\nu..}$ ' als erster Mensch die heliozentrische Hypothese verbunden.

¹ auch: Aristarchos oder Aristarch

² „Aristarchus was called ‚the mathematician‘ ..“ (Heath 1913 S. 299)

³ Leinwand, 123 x 144 cm, am linken Rand stark beschnitten. Das Gemälde kam im Jahr 1656 nach Wien und bildete „später den Grundstock des Kunsthistorischen Museums“ (Ferino-Pagden 2004 S. 179; siehe www.khm.at)

⁴ „There is not the slightest doubt that Aristarchus was the first to put forward the heliocentric hypothesis.“ (Heath 1913 S. 301). Der Heliozentrismus des Aristarch ist durch den Arenarius des Archimedes und Plutarchs De facie in orbe lunae (1509 veröffentlicht) überliefert

⁵ Die erste Beschreibung des Gemäldes aus dem Jahre 1525 stammt von Marcantonio Michiel: "Im Hause von M. Taddeo Contarini. Das Ölgemälde mit den drei Philosophen in einer Landschaft, zwei stehende und ein sitzender, der die Sonnenstrahlen beobachtet, mit diesem so wunderbar gemalten Felsen; es wurde von Giorgione aus Castelfranco begonnen und von Sebastiano Veneziano vollendet." (ibid.)

⁶ Der erste Buchstabe ist ein μ (My): entscheidend ist die Bewegung Aufwärts-Abwärts-Aufwärts-Abwärts; der zweite Buchstabe ist klar ein ϵ (Epsilon); der dritte Buchstabe, das γ (Gamma) ist ebenfalls erkennbar; alle nachfolgenden Buchstaben sind wegen der Blattkrümmung und der durch die Hand verursachten Schatteneffekte an dieser Stelle kaum lesbar

⁷ künftig: $\text{'\pi\epsilon\rho\iota \mu\epsilon\gamma\epsilon\theta\omega\nu..}$. Dt. Über die Größen und Entfernungen der Sonne und des Mondes, veröffentlicht 1488 und wieder 1498 in Venedig in der lateinischen Übersetzung Giorgio Vallas (nach Heath 1913 S. 321). Zur Überlieferungsgeschichte der Schrift siehe Noack 1992

⁸ siehe Heath 1913 sowie Kuhn 1981

Die astronomische Zeichnung - sie nimmt mehr als 3/4 des Blattraumes ein - veranschaulicht die einzelnen Phasen einer Sonnenfinsternis.⁹ An ihr sind zwei Körper, der Mond und die Sonne beteiligt (siehe Abb. 2 a):

1. Der Mond wird angedeutet (kleine Ellipse). Er befindet sich links von der Sonne. Die Sonnenfinsternis beginnt, wenn sich die Bahnen von Mond und Sonne Körper kreuzen, was durch die Linien und die Parallele angedeutet wird.
2. Der Mond hat sich vor die Sonnenscheibe geschoben: Wir beobachten eine partielle Sonnenfinsternis.¹⁰

Erläuterung der Zeichnung im Zusammenhang mit Aristarchs heliozentrischer Vermutung:

Aristarch bestimmte das Entfernungsverhältnis Erde-Mond zur Sonne. Da er erkannte, dass bei Halbmond Erde, Mond und Sonne ein rechtwinkliges Dreieck bilden, kam es darauf an, den Winkel α , den die Erde mit dem Mond und der Sonne bildet, zu bestimmen. Aristarchs Annahme des Winkels α war „Ein Dreißigstel des Viertelkreises weniger als ein Viertelkreis“, also 3° weniger $90^\circ = 87^\circ$. Damit ergab sich ein Entfernungsverhältnis von 1:19.- Nach heutigem Wissen beträgt der Winkel etwa $89^\circ 51'$, also „nur“ ca. 9 Bogenminuten weniger als ein rechter Winkel. Das Entfernungsverhältnis ist also etwa 1:400.

Das Naturphänomen der Sonnenfinsternis war wichtig für die Einschätzung der Größen der beiden Himmelskörper. Bei einer totalen Sonnenfinsternis steht der Mond nämlich genau vor der Sonne. Da er von der Erde aus unter demselben Winkel wahrgenommen wird wie diese, nämlich unter $0,5^\circ$, erscheinen beide Körper im Moment der Finsternis als gleich groß. Da die Sonne jedoch ca. 400-mal (Aristarch: 19-mal) "tiefer" im Raum steht, muss sie auch 400-mal (Aristarch: 19-mal) größer sein als der Mond.¹¹ Aufgrund dieser Größenberechnung erschien es wahrscheinlicher, dass sich der kleinere Körper um den größeren dreht.

In unmittelbarer Nähe der beiden Himmelskörper Mond und Sonne erkennen wir die Zahlen 1, 7 und 3 (Abb. 2, Sektor 4 Nachzeichnung). Die Zahl 1 steht unterhalb der kleinen Ellipse (Mond), die 7 am (virtuellen) Sonnenrand.¹² Die Ziffer 3, die sich auf den Erddurchmesser bezieht, steht neben der 7, in größtmöglicher Nähe zur Erde, die durch das beobachtende Auge symbolisiert wird. Die gesamte Zeichnung ist, wir erinnern uns, mit $\mu \epsilon \gamma \epsilon \theta \omega \nu$ überschrieben. Somit beziehen sich die

⁹ Aristarch gab die richtige Erklärung für die Sonnenfinsternis: „For since, if the sun is eclipsed, it is eclipsed because the moon is in front of it, ...“ (Heath 1913 Proposition 8 S. 383). Er konnte eine Sonnenfinsternis um 281/280 v.Chr. beobachten (ibid. 1913 S. 299)

¹⁰ Giorgione konnte eine partielle Sonnenfinsternis, die exakt dasselbe Aussehen hatte wie auf der Zeichnung, am 1. 10. 1502 von Venedig aus beobachten. Ortszeit: 01/10/1502 06:52. Standort: Län = $012^\circ 19' 48''$ O Br = $45^\circ 25' 48''$ N (Venedig). Die Daten sind der Software Redshift Planetarium entnommen.

¹¹ In diesem Zusammenhang ist die Proposition 9 von $\mu \epsilon \gamma \epsilon \theta \omega \nu$ wichtig: „The diameter of the sun is greater than 18 times, but less than 20 times, the diameter of the moon.“ (Heath 1913 S. 383).- In der Proposition 15 wird der Durchmesser der Sonne als das ~7-fache des Erddurchmessers bestimmt (ibid. S. 403), der als das 3-fache des Monddurchmessers definiert wird (ibid. Proposition 17 S. 409)

¹² Gabriele spricht von einem „seltsame(n) Zeichen, das der Ziffer 7 ähnelt und nicht weiter identifizierbar ist.“ (Ferino-Pagden 2004 S. 83, Anm. 21)

Zahlen auf die von Aristarch errechneten „Größen“ der drei Himmelskörper. Der Durchmesser der Erde betrug demnach das 3-fache des Durchmessers des Mondes.¹³ Die Sonne maß das Siebenfache des Erddurchmessers, also etwa das 19-fache der Mondgröße.¹⁴

Nun zur Aufklärung jener „rätselhaften“ Punktpaare in der rechten oberen Ecke des Blattes (Abb. 1 a).- Die vier Punkttupfer stellen die vier großen Monde des Jupiter Kallisto, Io, Europa und Ganymed dar (von links)¹⁵, und dies mehr als ein Jahrhundert, bevor sich Simon Marius im Jahre 1609 und Galileo Galilei 1610 als die ersten Entdecker im 17. Jahrhundert in die Annalen der Astronomiegeschichte eingeschrieben haben. Die Breite der Paare ist unterschiedlich. Das Verhältnis der Breiten des linken zum rechten Paar beträgt $\sim 7:8$. Außerdem sind die Punkte des rechten Paares deutlich größer gemalt.-

Die astronomische Zeichnung enthält eine weitere Bedeutungsebene, die die Art der Beobachtung betrifft. In der oberen linken Ecke erkennen wir die Ziffern $5 * 4 * *$. Merkwürdigerweise taucht diese Zahlenfolge auch auf dem menschlichen Auge auf, jedoch in Gestalt von $4 * 5 *$, also seitenverkehrt und um die Hälfte verkleinert (Abb. 2, rote und blaue Punkte).- Diese Darstellung entspricht einer Abbildung auf der Netzhaut ohne verstärkende Instrumente. Die Abbildung in der unteren Ecke ist also eine Darstellung des menschlichen Auges mit dem Augenlid und seinen Wimpern. Der Blick durch die konvexen Linsen (Mond, Sonnensegment) vergrößert die Zahlen und Punkte: Dies entspricht dem Prinzip des Giorgioneschen Fernrohrs¹⁶, das aus zwei konvexen Linsen, dem Objektiv und dem Okular besteht. Giorgione benutzte die Zahlen und Punkte, um auf das Phänomen der optischen Vergrößerung aufmerksam zu machen.¹⁷ Sie sind mit Hilfe der optischen Apparatur deutlicher zu sehen.- Der schwache Strahl, den die Satelliten reflektieren, fällt durch die konvexe Linse, die an beiden Enden gekrümmt ist (Sonnensegment)¹⁸. Giorgione hat hier sowohl die Sonnensichel als auch das System der beiden hintereinander geschalteten Linsen in einem unglaublich kühnen bildnerischen Entwurf vereinigt. Die vier großen Monde sind mit bloßem Auge gar nicht sichtbar.- Das Verhältnis der Brennweiten in beiden Systemen beträgt 2:1 (Abb. 2 b).

Die Erkennung der beiden Punktpaare als Jupitertrabanten im Sinne einer "Mustererkennung" (s. oben) reicht allein nicht aus. Die Frage ist, woraus der Bezug der vier Punkte zum Jupiter ersichtlich ist, der das entscheidende Referenzobjekt für die Trabanten ist? Dieser Bezug ist

¹³ Heath 1913 Proposition 17 S. 409 von 'περι μεγεθων..'

¹⁴ Ibid. Proposition 15.- Die Proposition 9 lautet: „The diameter of the sun is greater than 18 times, but less than 20 times, the diameter of the moon.“ (ibid. S. 383)

¹⁵ Um die Monde zu erkennen, braucht man ein Fernglas mit 6-7facher Vergrößerung

¹⁶ später: astronomisches oder Keplersches Fernrohr

¹⁷ Beim astronomischen Fernrohr ist das beobachtete Objekt nicht bloß seitenverkehrt abgebildet, sondern steht zusätzlich auf dem Kopf. Für die astronomische Beobachtung, auf die es Giorgione in diesem Kontext allein ankam, sowie für astronomische Beobachtungen allgemein ist diese Tatsache jedoch irrelevant. Außerdem ist mit den Zahlen eine Datumsangabe verbunden (siehe nachfolgend)

¹⁸ Die Sammellinse ist weder bikonvex noch plankonvex, sondern eben: gekrümmt konvex oder: konkav-konvex

notwendig, um mit Sicherheit sagen zu können, es handle sich um die Monde, die um den Jupiter kreisen.

Giorgione hat nicht nur einen, sondern zwei (!!)-handschriftliche Hinweise auf den Jupiter in seinem Bild versteckt. Es handelt sich um zwei Schriftzüge, die äußerst klein geschrieben wurden und nur bei sehr starker Vergrößerung gelesen werden können.

Die erste Stelle findet sich rechts unterhalb des Wortes $\mu \epsilon \gamma \epsilon \theta \omega \nu$, links vom Lichtstrahl, der in das Auge einfällt. Bei starker Vergrößerung lässt sich das Wort als das lateinische Wort **J o v i s**, deutsch: 'J u p i t e r' lesen (Abb. 2 c. Sektor 1).¹⁹ Dieses Wort ist an einer Stelle auf dem Blatt aufgebracht, an der das Papier aufgrund der das Skript haltenden Hand stark eingedrückt ist. Aufgrund dieser "Verbiegung" erscheint das "o" von "Jovis" auch als ein "u"; jedoch handelt es sich zweifelsfrei um ein "o". Das Wort "J o v i s" bezeichnet an dieser Stelle des Blattes, wo es direkt neben dem Lichtstrahl platziert ist, der in das Auge einfällt, die Richtung, in die das Auge bei der astronomischen Beobachtung blickte. Sinngemäß könnte man seine Bedeutung wie folgt ausdrücken: in Richtung Jupiter, oder auch: zum Jupiter hin.

Die zweite Stelle, an der das Wort "Jovis" erkennbar ist, liegt am oberen rechten Rand des Manuskripts, genau oberhalb der beiden Punktpaare. Auch hier lässt sich das Wort klar und deutlich als "J o v i s" (Jupiter) rekonstruieren (Abb. 2 c. Sektor 2); das "s" ist sogar über den Blattrand hinaus geschrieben.- Das Wort enthält jedoch noch eine weitere Besonderheit. Das "o" steht in Verbindung mit einem Pfeil, der inmitten der beiden Paare aufgetragen ist (Abb. 2 c. Sektor 2 Nachzeichnung). Da er auf der Grundierung mehr "ingeritzt" denn aufgemalt ist (vielleicht mit der Rückseite eines Federkiels), ist er für das bloße Auge kaum sichtbar. Dieser Pfeil zeigt nach oben, direkt auf den Buchstaben "o" von "Jovis". In Verbindung mit dem Pfeil meint das "o" daher nicht bloß den Buchstaben, sondern das "o" stellt selbst eine Verbildlichung des realen Objektes Jupiter dar. Damit ist das Referenzobjekt für die beiden Punktpaare, die sich rechts und links vom Pfeil befinden, zweifelsfrei ermittelt: Es handelt sich um den Planeten Jupiter, den von der Sonne aus fünften Planeten unseres Sonnensystems. Die vier Punkte sind folglich notwendigerweise als die vier großen Jupitertrabanten zu identifizieren.-

Auf der Abbildung des menschlichen Auges ist auch das Datum der astronomischen Erstbeobachtung eingezeichnet. Die deutlich erkennbare Zahl 4 steht für den Monat April, die Zahl 5 für das Jahr 1505. Die Angabe des genauen Tages ist in einem Bereich links von der Zahl 4 zu erwarten. Tatsächlich lässt sich dort, in der Nähe des Lidrandes, bei sehr starker Vergrößerung folgende symmetrische Struktur²⁰ erkennen:

¹⁹ Der Schriftzug wurde vielleicht mit einem Federkiel aufgetragen

²⁰ ‚kleiner Dolch‘



 5 | 1 (Abb. 2, Sektor 3)

Dies könnte ein Hinweis auf den Kalendertag sein, nämlich den 15. 4. 1505. Allerdings birgt dieser Ausdruck eine Merkwürdigkeit in sich: Das Datum ist seitenverkehrt eingetragen: statt 1 | 5 (für 15), was zu erwarten gewesen wäre, lesen wir 5 | 1²¹. - Warum hat Giorgione hier die Seitenverkehrung, die für den Blick durch das Giorgionesche Fernrohr typisch ist, nicht korrigiert? Nachdem die Zahlen 4 und die 5, also der Monat und das Jahr in der richtigen Reihenfolge stehen, würde man diese Reihenfolge auch für die Angabe des Tages erwarten, also: 1 | 5 . 4 . 5.-

Für eine Rekonstruktion des Sehvorgangs müssen wir von einem Kalenderblatt des Jahres 1505 ausgehen, das Giorgione aus einigen Metern Entfernung betrachtet hat. Als er seinen Blick auf das Blatt richtete, konnte er die Ziffern des Monats und des Jahres, also die 4 für den Monat April und die 5 für das Jahr 1505 mit bloßem Auge klar und deutlich erkennen. Deshalb sind beide Zahlen auf der Abbildung des Auges auch für uns klar und deutlich sichtbar. Sie stehen auch in der richtigen Reihenfolge. Die exakten Zahlen für den Tag der Erstbeobachtung jedoch, der mit einem vertikalen, punktierten Strich markiert war, waren mit dem bloßen Auge nicht zu erkennen gewesen. Giorgione blieb nichts anderes übrig, als zum Teleskop zu greifen, um die Ziffern näher heranzuholen. In diesem Augenblick waren sie zwar erkennbar, aber immer noch winzig klein und längst nicht so deutlich wie die Zahlen 4 und 5.

Giorgione hätte das nunmehr entdeckte Datum des Tages auf der „Projektionsfläche“ links oben unterbringen können. Der Vorteil wäre die deutlichere Erkennung der Zahlen aufgrund der vergrößernden Wirkung des optischen Systems gewesen. Unglücklicherweise fehlt an dieser Stelle jedoch der notwendige Platz. Außerdem „verbiegt“ die Hand, die den Pergamentstapel hält, das oberste Blatt an dieser Stelle derart, dass das Datum nicht mehr lesbar ist. Der Maler nahm daher eine Art Rück-Projektion vor: das Ziffern paar ' 5 | 1 ' wurde in äußerster Verkleinerung auf das Lid des menschlichen Auges eingezeichnet. Dadurch wurde der Tatsache Rechnung getragen, dass das Auge das Tagesdatum 1. ausschließlich durch das verstärkende Instrument sehen konnte, und 2. dass es die Ziffern selbst durch das Teleskop nur sehr klein wahrnehmen konnte. Giorgione hat nur präzise aufgezeichnet, was er mit bloßem Auge bzw. was sein Auge mit Hilfe des Teleskops gesehen hat.

Daraus lässt sich folgern, dass der Zeitraum der Erstbeobachtung der großen Jupitermonde die Nacht des 15. 4. 1505 war. Die Monde Ganymed und Europa standen an diesem Tag z.B. um 21:00 Uhr in einem Winkel von ca. 30° zur Jupiterenebene. Sie bewegten sich danach langsam nach unten, bis sie zusammen mit dem Jupiter und den Monden Io und Kallisto um ca. 02:28 eine gerade

²¹ Aus Gründen der Vereinfachung und besseren Lesbarkeit wird die Markierungslinie zwischen der 5 und der 1, die in Wahrheit länger und durchbrochen ist, im Text verkürzt mit 5 | 1 wiedergegeben

Linie bildeten. Diese Konstellation entsprach genau derjenigen, die Giorgione abgebildet hat.²²

Offensichtlich schlug er die Nacht zum 16. 4. 1505, also den Zeitraum ab 0:00 Uhr (Mitternacht) bis zum Sonnenaufgang noch dem 15. 4. 1505 zu. Die astronomische Beobachtung wurde also in der zweiten Nachthälfte des 15. 4. 1505 gemacht, bevor mit dem Aufgang der Sonne der neue Tag (!), nämlich der 16. 4. 1505 begann.

Selbstverständlich ist bei einer Rekonstruktion der Konstellation der vier Monde die durch das Giorgionesche Fernrohr verursachte Seitenverkehrung zu berücksichtigen. Real stand in der Nacht des 15. 4. 1505 der Mond Ganymed ganz links außen, rechts neben ihm war Europa zu sehen; beide Trabanten bilden bei Giorgione das rechte Paar. Das zweite Paar wurde von Io und Kallisto gebildet, die rechts vom Jupiter zu erkennen waren, dem linken Punktpaar auf dem Pergament des Aristarchus.

An der Bewegung der vier Monde um den Jupiter herum konnte Giorgione erkennen, dass es sich um Himmelskörper handeln musste, die sich um den Jupiter, einem anderen Zentrum als der Erde bewegten, also "exzentrisch" waren. Die Beobachtung dieser Körper machte die heliozentrische Weltanschauung sehr wahrscheinlich und bestätigte die Hypothese, die Aristarchus von Samos vor fast 2000 Jahren aufgestellt hatte und als deren wissenschaftlicher Begründer in der Neuzeit Nikolaus Kopernikus (1473-1543) gilt.²³ Damit war die Motivation zum Konzept und zur Umsetzung des Gemäldes „Drei Philosophen“ geboren, die etwa drei Jahre später, um 1508 / 9 erfolgt ist.

Zitierte Literatur:

Ferino-Pagden, S. (Hg.): Giorgione – Mythos und Enigma, Wien 2004

Heath, Th.: Aristarchos of Samos – The ancient Copernicus, Oxford 1913

Hirdt, W.: Bildwelt und Weltbild. Die drei Philosophen Giorgiones, Tübingen 2002

Kuhn, Th.: Die kopernikanische Revolution, Braunschweig 1981

Noack, B.: Aristarch von Samos, Untersuchungen zur Überlieferungsgeschichte der Schrift 'περι μεγεθων και αποστηματων ηλιου και σεληνης', Wiesbaden 1992

Redshift Planetarium, United Soft Media Verlag 1994-2004

²² Ortszeit: 16/04/1505 02:28. Standort: Län = 012° 19' 48" O Br = 45° 25' 48" N (Venedig). Die Beobachtung erfolgt von der Erde aus. Zielobjekt war der Jupiter (RedShift Planetarium Software)

²³ Die handschriftlichen Aufzeichnungen des Kopernikus zum heliozentrischen System sind in den Jahren 1506-1514 entstanden ("Commentariolus" = flüchtiger Entwurf). Dieser kleine Kommentar wurde zu seinen Lebzeiten jedoch nicht veröffentlicht. Das Manuskript wurde erst im 19. Jahrhundert entdeckt. Ebenso hielt Kopernikus sein Hauptwerk 'De Revolutionibus Orbium Coelestium' wohl aus Furcht vor der Inquisition bis kurz vor seinem Tod (1543) zurück.- Giorgiones "Drei Philosophen" wurde spätestens im Jahr 1509 vollendet. Die in diesem Gemälde dokumentierte "Bildwelt", in der Giorgione seine im Jahre 1505 gemachte astronomische Entdeckung festgehalten hat, darf daher als eines der ersten Zeugnisse der Heliozentrischen These in der Frühen Neuzeit (ab 1501) gelten.

Abbildungen

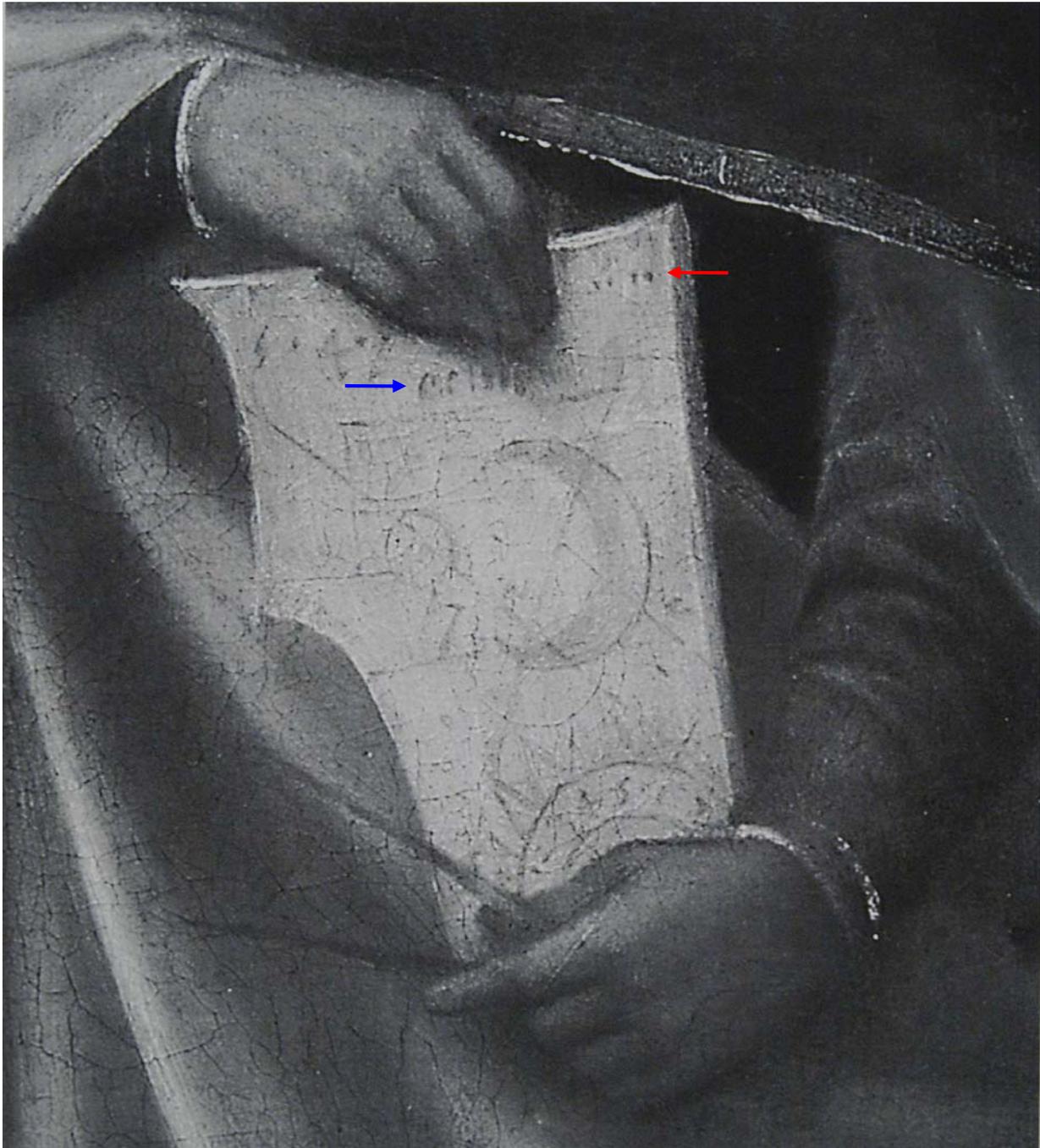


Abbildung 1: Referenzdokument auf die Schrift 'περι μεγεθων ..' (Ausschnitt aus Giorgiones „Drei Philosophen“)

Quelle: Ferino-Pagden, S. (Hg.): Giorgione. Mythos und Enigma, Wien 2004 S. 78.

Die digitalisierte Datei wurde am 1. 3. 2005 mit einer Nikon D100 aufgenommen.

Größe: 1800 x 2012 Pixel. Auflösung: 300x300 dpi. Bittiefe: 24. Format: JPEG (Foto: G. Nusser, Universität Ulm)

Die Genehmigung zum Abdruck des Auszuges zu wissenschaftlichen Zwecken liegt dem Autor vor; erteilt am 29. 8. 2005 vom KHM Wien.

- a. Die vier großen Jupitermonde (roter Pfeil): Ganymed, Europa, Io, Kallisto (von rechts nach links)
- b. Das griechische Wort 'μεγεθων' (blauer Pfeil)

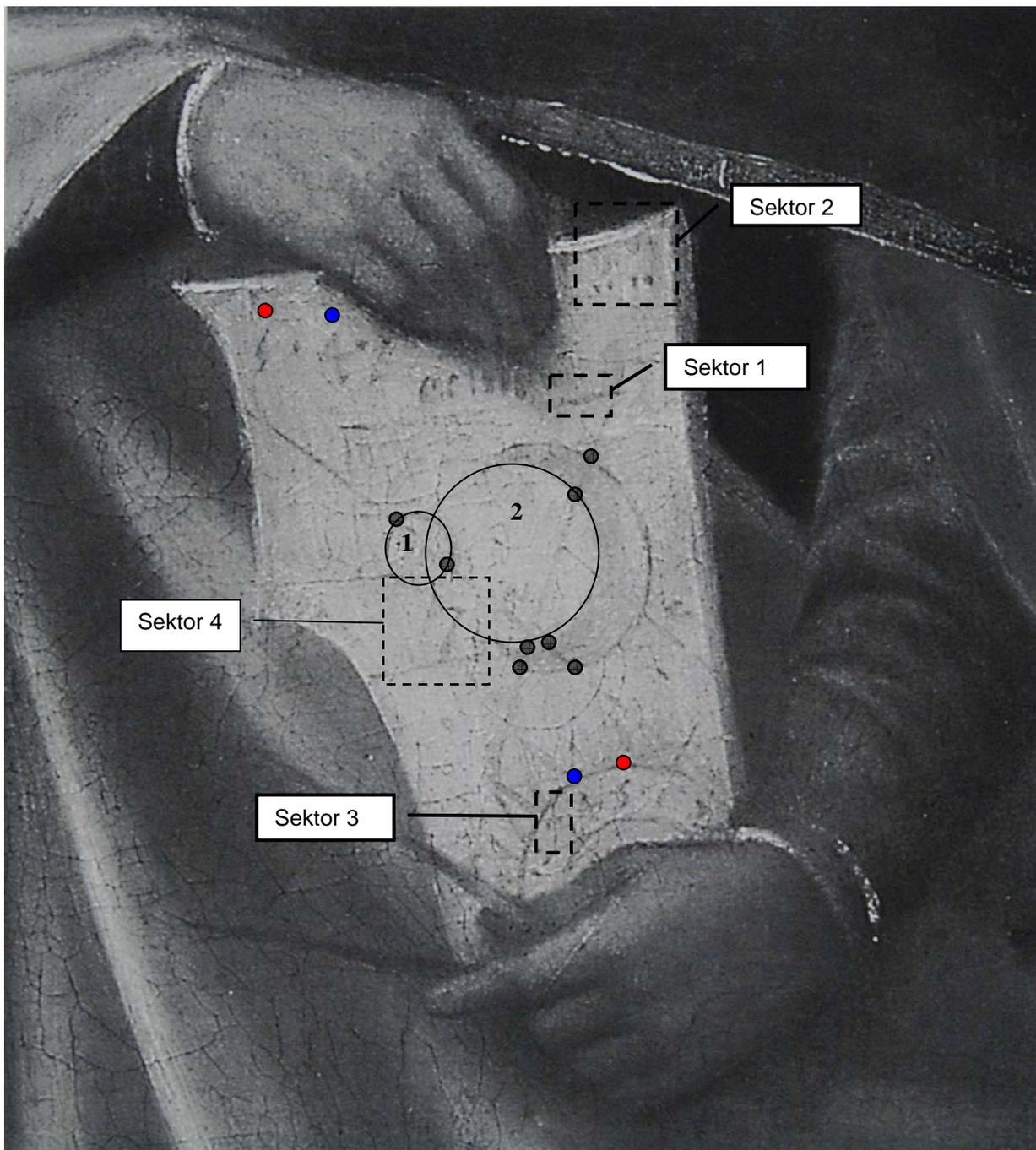


Abbildung 2: wie Abb. 1 (Sonnenfinsternis und optisches System)

a. Phasen der Sonnenfinsternis

1 Beginn: kleine Ellipse = Mond; eingefügt

2 Mond vor der Sonne; eingefügt

b. Die eingezeichneten grauen Punkte verdeutlichen die beiden optischen Systeme

(System 1: 1 : 0,5 cm; System 2: 0,6 : 0,3 cm)

c. Sektoren

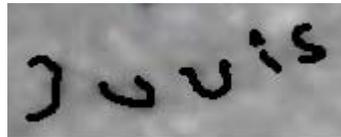
Sektor 1 (stark vergrößert).

Das Wort ist das lateinische Wort J o v i s , dt. Jupiter



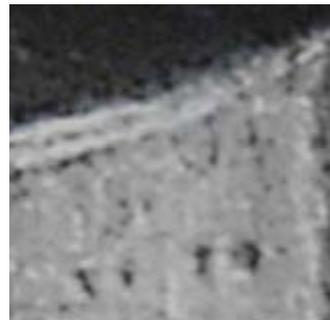
Sektor 1, Nachzeichnung von J o v i s.

Der obere Teil des „o“ ist nicht sichtbar, da das Blatt an dieser Stelle abgeknickt ist.



Sektor 2 (stark vergrößert).

Das Wort lautet wieder lateinisch J o v i s , dt. Jupiter



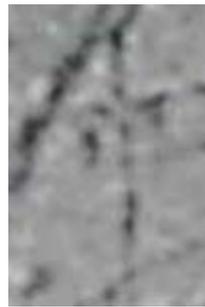
Sektor 2, Nachzeichnung von J o v i s.

Roter Pfeil: Zwischen den Punktpaaren zeigt der in die Grundierungsfarbe geritzte Pfeil auf das „o“ von J o v i s

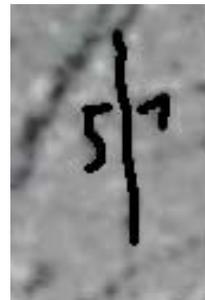


Sektor 3 (stark vergrößert)

Die eingezeichneten Zahlen lauten (von links): 5 | 1

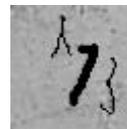


Sektor 3, Nachzeichnung



Sektor 4, Nachzeichnung

Die eingezeichneten Ziffern lauten: 1 7 3
(von links oben nach rechts unten)



Zum Autor:

Frank Keim ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am
Kommunikations- und Informationszentrum der Universität Ulm

Adresse:

Frank Keim
Universität Ulm
Albert-Einstein-Allee 11
D-89069 Ulm
e-mail: frank.keim@uni-ulm.de
Tel.: 0731 50-22496