

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München

1920. Heft II

Mai- bis Julisitzung

München 1920

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)

Optische Beweise für die Erdkrümmung sonst und jetzt.

Von S. Günther.

Vorgelegt in der Sitzung am 3. Juli 1920.

Eine sehr eigenartige, von der Geschichte der Wissenschaften jedoch wenig beachtete Persönlichkeit ist Scipio Chiaramonti¹⁾ (Claramontius) aus Cesena in der Romagna (1565—1652). Unter den überzeugten Aristotelikern, die jede Neuerung ablehnten, die jeden Satz ihres Meisters als untrügliche Wahrheit hinnahmen, steht er wohl als der konsequenteste da. Kein Wunder, daß die fortschrittlicher gesinnten Kreise ihn mit aller Schärfe bekämpften²⁾, und daß er zeit seines langen Lebens fast fortwährend in Polemiken verwickelt war. So kam es, daß auch gar manche Gedanken und Anregungen, die von ihm ausgingen, keine gute Stätte fanden, sondern ohne genauere Prüfung zurückgewiesen wurden. Ein Fall dieser Art soll uns hier wesentlich beschäftigen; doch wird es sich empfehlen, zuvor der gesamten literarischen Tätigkeit des Mannes eine kurze Betrachtung zu teil werden zu lassen³⁾.

¹⁾ Sowohl Galilei im „Saggiatore“ (Le Opere di Galileo Galilei, Edizione Nazionale, 6. Band, Florenz 1896, S. 231) als auch Nelli (s. u.) schreiben auffallenderweise Chiaramonte.

²⁾ Der toskanische Literaturhistoriker G. C. Nelli führt (Saggio di storia letteraria Fiorentina del secolo XVII, Lucca 1759, S. 18) in sehr unhöflicher Weise „quella porcheriola del Chiaramonte“ an.

³⁾ Abgesehen von den Enzyklopädiën eines Jöcher und Zedler findet man die umfassendsten und zuverlässigsten Angaben über Chiaramonti bei R. P. Nicéron (Memoires pour servir a l'histoire des hommes illustres dans la republique des lettres, 30. Band, S. 157 ff.).

Natürlich nur, insoweit er sich mit naturwissenschaftlichen Dingen beschäftigt hat, denn Chiaramonti war zwar mehrere Jahre Professor an der Universität Pisa, bekleidete aber nachher durch viele Jahre städtische Ämter in seiner Heimat und schrieb hier über verschiedenartige Dinge, die uns nicht näher angehen.

Als eine seiner Hauptaufgaben sah er die an, die Sublunarität der Kometen und Neuen Sterne zu erweisen, um so die in dem Buche „De Cælo“ vertretene aristotelische Theorie zu retten¹⁾. Auch war er selbstverständlich entschiedener Anticopernicaner²⁾. Seine naturphilosophischen und meteorologischen Schriften³⁾ sind teilweise erst posthum heraus-

1) *Discurso della Cometa Pogonare dell' anno 1618, aggiuntavi la Risposta della Cometa prossima antecedente, Venedig 1619; Anti-Tycho, in quo contra Tychonem-Brahe, et nonnullos alios, rationibus eorum ex Opticis et Geometricis principiis solutis, demonstratur Cometas esse sublunares, non coelestes, Venedig 1621; Apologia pro Anti-Tychone suo adversus Hyperaspisten Joannis Kepleri, Venedig 1626; De tribus novis stellis, quae annis 1572, 1600 et 1604 comparuere, libri tres, in quibus demonstratur rationibus ex parallaxi praesestim ductis stellas eas fuisse sublunares et non coelestes, adversus Tychonem, Gemmam, Maestlinum, Digesseum, Hagecium, Samucium, Keplerum, aliosque plures, quorum rationes in contrarium adductae solvuntur, Cesena 1628; Difesa di Scipione Chiaramonti al suo Anti-Tychone, e libro delle tre nuove stelle dall' oppositioni dell' Autore de' due Massimi Sistemi Tolemaico e Copernicano, Florenz 1633; Examen ad Censuram Joannis Camilli Gloriosi in librum de tribus novis stellis, Florenz 1636; De sede sublunari Cometarum Opuscula tria in supplementum Anti-Tychonis cadentia, Amsterdam 1636; Castigatio Joannis Camilli Gloriosi adversus Claramontium castigata ab ipso Claramontio, Cesena 1638; Defensio ab oppugnationibus Fortunii Liceti de sede Cometarum, Cesena 1644.* Wir lernen durch diese Übersicht auch die Hauptgegner des Autors kennen: G. C. Gloriosi (1572—1643) und F. Liceti (1577—1657).

2) *Anti-Philolaus, in quo Philolaus redivivus de terrae motu et solis ac fixarum quiete impugnatur, necnon positio eadem de re Copernici confutatur, et Galilaei defensiones rejiciuntur, Cesena 1643.* Das Buch soll dasjenige des J. Bouillaud widerlegen: *Philolaus, seu de vero systemate Mundi*, Amsterdam 1639.

3) *De Universo libri XVII, Cöln 1644; Philosophia Naturalis methodo resolutiva tradita, seu de principiis et communibus affectionibus*

gekommen. An dieser Stelle soll hauptsächlich die Rede sein von einem bisher nicht genannten Werke ¹⁾, worin Chiaramonti eine Anzahl von Abhandlungen aus dem Gebiete der reinen und angewandten Mathematik vereinigte, und welches von seinen sämtlichen Veröffentlichungen zweifellos deshalb am höchsten steht, weil seine stagiritischen Schrullen in ihm keine Rolle spielen ²⁾, vielmehr allerorts das Streben nach exakt wissenschaftlicher Darstellung hervortritt. Wir geben Titel und Inhalt der einzelnen Bestandteile im folgenden kurz wieder.

1. De Phasibus Lunae, quo modo rotunda, modo dimidiata, modo aucta lumine, modo diminuta apparet. Der Zweck des Aufsatzes ist zu ermitteln, ein wie großer Teil der Mondkugel beleuchtet ist, wenn man deren Stellung zu Sonne und Erde kennt.

rerum naturalium libri XI, Cesena 1652; Commentaria in Aristotelem de Iride, de Corona, de Pareliis et Virgis, editore Petro Ruinetto, Cesena 1654 (Corona bedeutet den kleinen Sonnen- oder Mondhof, Virga jene wohlbekannte Erscheinung, für die bei uns der Name „Wasserziehen“ üblich ist); In quartum Meteororum Aristotelis librum Commentaria, editore Petro Gallo, Venedig 1668.

¹⁾ Das der Staatsbibliothek angehörige Exemplar führt nachstehenden Titel: Scipionis Claramontii philosophi profundissimi ac mathematici celeberrimi opuscula varia mathematica nunc primum in lucem edita, Bologna 1653. Man muß wohl annehmen, daß entweder die ganze Sammlung oder doch einer ihrer Teile schon einmal viel früher gedruckt gewesen ist. Sicher steht, daß die Kaukasus-Schrift (Nicéron, a. a. O., S. 164) schon früher in Paris gedruckt und in den Handel gekommen war.

²⁾ Chiaramonti, sagt O. Zöckler (Geschichte der Beziehungen zwischen Theologie und Naturwissenschaft mit besonderer Berücksichtigung der Schöpfungsgeschichte, 1. Abteilung, Gütersloh 1877, S. 539) betrachtete jeden Versuch, über Aristoteles und Ptolemaeus hinauszugehen, als eine Art Verbrechen. Ja, in einer gewissen Beziehung war er ein noch weit entschiedenerer Reaktionär. Er wärmte die von Maimonides und Dante vertretene Ansicht wieder auf, daß die Leitung der Bewegung der Planeten je einem besonderen Engel übertragen sei — eine patristische Doktrin, die auf ein noch weit höheres Alter Anspruch erheben kann, denn sie geht (O. Peschel, Geschichte der Erdkunde bis auf A. v. Humboldt und C. Ritter, München 1865, S. 88) auf die orientalisch-kirchenväterische Schule zurück, auf Patricius, Thomas Edessenus, Cosmas Indicopleustes.

2. De horizonte sensibili. Eine Betrachtung über den Unterschied zwischen wahren und scheinbarem (sinnenfälligem) Horizont.

3. De Usu Speculi pro Libella et de tota Libratione. Erörterungen verschiedenster Art über das Wesen der Wägung und die Einstellung horizontaler Linien, wobei insbesondere des Vitruvius Wasserwage („Chorobates“) eingehende Berücksichtigung findet.

4. De altitudine Caucasi¹⁾.

5. Ex inspectione imaginis subjecti per reflexionem ex aqua quiescente in vase, investigare quanta sit semidiameter Terrae. Dies ist die Arbeit, welcher die nachfolgende Untersuchung wesentlich gilt.

In einer Darstellung, die allerdings selbst für jene Zeit schleppend und nicht leicht verständlich genannt werden muß, verbreitet sich der Autor über die Möglichkeiten, rein ter-

¹⁾ Direkte Methoden zur Messung von Berghöhen standen dem Altertum, dem Mittelalter und auch noch der beginnenden Neuzeit nicht zu gebote. Aristoteles gab deshalb als ein Aushilfsmittel das an, die Zeit festzustellen, während deren ein Berg von der auf- und untergehenden Sonne beleuchtet werde. Da die einschlägigen Worte des Meisters eine gewisse Unklarheit zu enthalten schienen, so haben sie, wie wir erfahren, den Kommentatoren reichlich zu tun gegeben. Unsere Aufgabe, so erklärt der Autor, läßt sich nur dann richtig verstehen, wenn wir die Worte des Aristoteles so deuten, daß der „Mons Caucasus“ während des dritten Teiles der Nacht von Osten her und eben so lange von Westen her bestrahlt werde. Es müsse aber auch der Standort der Sonne gegeben sein, denn im Hochsommer werde die Beleuchtung anders als im Winter ausfallen. So wird denn für die Tage der Solstitien und Äquinoktien das Problem der sphärischen Trigonometrie behandelt, welches die Höhenbestimmung in sich schließt, und zwar wird auch die Mächtigkeit der Atmosphäre gemäß den bekannten Vorschriften des Arabers Alhazen beleuchtet, um die Dämmerungsdauer richtig abzuschätzen. Mit Anwendung der neuen Formelsprache sucht die fraglichen Rechnungen wiederzugeben A. G. Kästner (Weitere Ausführung der Mathematischen Geographie besonders in Absicht auf die sphäroidische Gestalt der Erde, Göttingen 1795, S. 459 ff.), indem er sich namentlich auf das Werk „De situ orbis“ des Pomponius Mela und dessen Ausgabe durch J. Vossius (Haag 1658) bezieht.

restrisch, ohne Zuhilfenahme astronomischer Beobachtungen, die Größe der Erdkugel zu ermitteln. Da ist vor allem das Verfahren des Maurolico zu nennen¹⁾. Nachher ist auch die Rede von der verschiedenen Krümmung der Flüssigkeitsoberfläche in zwei vom Erdmittelpunkte ungleich weit abstehenden Gefäßen der nämlichen Größe und Beschaffenheit²⁾. Hier könne

1) Über dasselbe, welches in des Sizilianers „Cosmographia“ (Venedig 1543) enthalten ist, orientiert am besten P. Riccardi (Sopra un'antico metodo per determinare il semidiametro della terra, Memorie dell' Accademia di Bologna, 8. Band, S. 63 ff. Von einem Höhenpunkte aus, der um $(R + h)$ vom Erdzentrum entfernt ist, wird eine Berührende an die Kugel gelegt, deren Länge l Maurolico mittelst eines eigenartigen Instrumentes messen zu können vermeinte. Dann besteht die Proportion $h : l = l : (2R + h)$. Es verdient immerhin bemerkt zu werden, daß der bekannte englische Geodät Clarke, diesem Grundgedanken folgend, durch eine Messung auf dem Gipfel des Ben Nevis in Schottland (1343 m) einen leidlichen Wert für den Erdhalbmesser erhielt. Als eine Weiterführung können die verschiedenen Vorschläge gelten, dieses Ziel durch Messung der Depression des Horizontes zu erreichen (G. B. Riccioli, Geographiae et Hydrographiae reformatae libri XII, Bologna 1661, S. 163 ff.).

2) Hierauf haben zuerst die Araber hingewiesen, und Gelehrte des Westens nahmen die ganz richtige Idee wieder auf (vgl. E. Wiedemann, Inhalt eines Gefäßes in verschiedenen Abständen vom Erdmittelpunkte, Annalen der Physik und Chemie, (3) 39. Band, S. 319). Sie beruht auf dem archimedischen Fundamentalsatze der Hydrostatik (De iis, quae in humido vehuntur, lib. I, theorema II): Die Oberfläche jeder ruhenden Flüssigkeitsmasse hat die Gestalt einer mit der Erde konzentrischen Kugel (Archimedis Opera Omnia cum commentariis Eutocii, ed. J. L. Heiberg, Vol. II, Leipzig 1881, S. 360). Darauf gründeten nach Wiedemann (s. o.) Alkhazīni und Roger Bacon den Schluß, ein Gefäß könne umsoweniger Wasser aufnehmen, je höher es stehe. Am einfachsten beweist sich das, wenn man zwei kongruente Hohlzylinder vergleicht und für verschiedene Seehöhen den Kubikinhalt der Kugelhäuben berechnet, die über den oberen Rand der Mantelflächen emporragen (vgl. S. Günther, Astronomische Geographie, 3. Aufl., Leipzig 1915, S. 64). Nach Chiaramontis Angabe hätten Männer von Ansehen — H. Cardano, A. Piccolomini — an der Richtigkeit jenes Theoremes des Archimedes gezweifelt; ihnen stellt er, ohne Quellenangabe, die Zeugnisse des Alliacus und Clavius gegenüber.

nun auch der katoptrische Beweis für die Erdrundung einsetzen¹⁾. Daß das Spiegelbild eines von einem Konvexspiegel reflektierten Gegenstandes kleiner als dieser selbst sei, lehre ein einfacher Versuch. Man brauche nur an jene Kugeln zu denken, welche man als Zierobjekte in den Gärten und Prunkräumen der Vornehmen antreffe, um sich zu überzeugen, daß darin alles verkleinert werde. Wenn somit die freie Oberfläche eines mit Wasser oder Wein gefüllten Gefäßes solche verkleinerte Spiegelbilder liefere, so sei damit dargetan, daß jene Fläche keine ebene, sondern nur eine konvex gekrümmte sein könne. Ein direktes Mittel, die Verkleinerung zu messen, besaß jene Zeit noch nicht, und so verfiel Chiaramonti auf einen Ausweg, der freilich, wenn sich auch theoretisch nichts gegen ihn einwenden läßt, praktisch kein verwertbares Ergebnis zu liefern vermag.

In unserer Figur sei C der Mittelpunkt der sphärischen, das Licht zurückwerfenden Fläche MN . Aus B gelange ein Lichtstrahl nach Punkt D , und dieser werde so reflektiert, daß $\sphericalangle BDE = \sphericalangle ADF$ sind, wenn EF die in D an den Kreis MN gelegte Tangente bedeutet. Alsdann soll die folgende Proportion gelten:

$$\text{I.} \quad BC : CG = BE : EG.$$

Um sie zu beweisen, wird durch B eine Linie parallel zu AG gezogen, welche den verlängerten Halbmesser CD in H schneidet. Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke CBH und CGD ergibt sich

$$\text{II.} \quad BH : GD = BC : CG.$$

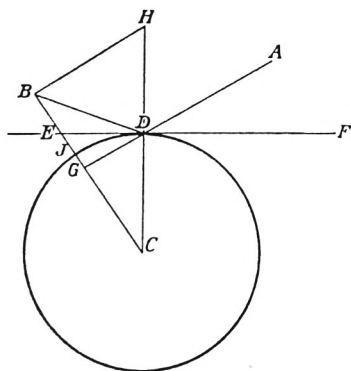
¹⁾ Die Anordnung des Stoffes in Chiaramontis Schrift ist höchst sonderbar, und wir haben uns deshalb auch oben nicht an sie gehalten. Er gibt nämlich zuerst die geometrische Erörterung, deren Endzweck der Leser zunächst gar nicht einsieht, und erst am Schlusse läßt er die Ursache folgen, welche ihn zu jener Betrachtung veranlaßte. Daß er alle Schriftsteller zitiert, die sich mit der Lehre vom Sehen und von den Spiegeln befassen, wie Euclides, Alhazen und Witelo (Vitellion), versteht sich von selbst.

Das Dreieck BDH hat die beiden gleichen $\sphericalangle BHD$ und HDB ; somit ist auch $BH = BD$ und

$$\text{III.} \quad BD : GD = BC : CG.$$

Die Gerade DE halbiert $\sphericalangle BDG$, und deshalb hat man nach einem bekannten Satze der Elementargeometrie:

$$\text{IV.} \quad BD : GD = BE : EG.$$



Aus III. und IV. folgt durch Komparation die Proportion I der Behauptung.

Es sei ferner J der Punkt, in welchem die Linie CB dem Kreise begegnet. Gesetzt, man wäre imstande, die vier Strecken BD , DG , BG und BJ zu messen, so könnte man im nämlichen Maße auch CJ , den Kreisradius, ausdrücken.

Und zwar wird dies folgendermaßen zu machen sein. Die beiden Strecken BE und EG sind, weil man ihre Summe kennt, aus Proportion I zu entnehmen, und dann ist $EJ = BJ - BE$ ebenfalls bekannt. Die Winkelhalbierende DE des Dreiecks BDG läßt sich durch die beiden Segmente BE und EG und durch die beiden anderen Seiten BD und DG darstellen; es ist¹⁾

$$DE^2 = BD \cdot DG - BE \cdot EG.$$

¹⁾ Im Originale sieht diese Herleitung natürlich ganz anders aus, weil dasselbe noch nichts von Gleichungen weiß und sich auf die An-

Endlich liefert das in D rechtwinklige Dreieck CDE den pythagoreischen Satz:

$$(R + EJ)^2 = DE^2 + R^2.$$

DE und EJ sind bekannt; mithin gilt dies auch für den Halbmesser R , denn es ist

$$R = \frac{(DE + EJ)(DE - EJ)}{2EJ}.$$

Die gestellte Aufgabe ist damit gelöst.

Auf die Art und Weise, wie Chiaramonti dieses theoretische Ergebnis praktisch zu verwerten trachtet, soll hier nicht näher eingegangen werden. Denn daß in Wirklichkeit ein solcher Versuch niemals ernsthaft unternommen werden konnte, bedarf keines Beweises. Auch ist die Figur, an welcher das Verfahren erläutert werden soll¹⁾, so undeutlich und mangelhaft ausgeführt, daß man mit ihrer Hilfe sich unmöglich eine Vorstellung zu bilden vermag, wie sich eigentlich der Autor zu verhalten beabsichtigte. Es muß jedoch anerkannt werden, daß das katoptrische Prinzip, von dem ausgegangen wird, ein richtiges ist, und daß, wenn es möglich wäre, gewisse Streckenmessungen, wie sie die Theorie vorschreibt, tatsächlich vorzunehmen, das Ziel erreicht, ein augenfälliger Beweis für die Sphärizität der Erde erbracht sein würde. Es scheint indessen dem ganzen Bestreben keinerlei weitere Folge gegeben worden zu sein. Nirgendwo in der Literatur läßt sich ein Hinweis auf die Beziehungen der Erdkrümmung zu optischen Sätzen im Verlaufe des 17. und 18. Jahrhunderts aufzeigen. Offenbar war Chiaramontis Name durch die Zurückweisungen, welche seine rabulistischen Angriffe von seite Galileis und Keplers erfahren hatten, in Mißkredit gekommen, und darunter litten auch diejenigen von ihm ausgegangenen Anregungen,

einanderreihung von Proportionen beschränkt, was für einen Leser der Gegenwart das Verständnis nicht erleichtert. Dazu kommt noch als erschwerender Umstand die für einen italienischen Druckort geradezu auffällige Unvollkommenheit der graphischen Darstellungen.

¹⁾ A. a. O., S. 287.

denen ein berechtigter Kern nicht abgesprochen werden kann. Wahrscheinlich hat auch die höchst undurchsichtige Schreibart des Autors dazu beigetragen, das Bekanntwerden seiner Arbeit in weiteren Kreisen zu erschweren. Galileis kurze, ironisch gefärbte Bemerkungen¹⁾ dürften ihrem Zweck am besten gedient haben; daß Kepler mit so gewaltigem Rüstzeuge gegen den „*Eques et Doctor perillustris*“ zu Felde zieht, wie er es tut²⁾, wird man als eine Verschwendung seiner gewaltigen Geisteskraft beinahe mißbilligen müssen, obwohl die fragliche Schrift zweifellos auch viel an sich bemerkenswertes enthält.

¹⁾ Le Opere di Galileo Galilei, 7. Band, Florenz 1897. Im „*Dialogo*“ finden sich zwei hier einschlägige Stellen. So sagt Sagredo (S. 296, S. 504), eines der von Chiaramonti beigebrachten Argumente richte sich gegen ihn selbst, und Salviati (S. 304, S. 504) widerlegt mit scharfer Logik die Gründe dafür, daß der Neue Stern vom Jahre 1572 sich diesseits der Mondsphäre befunden habe.

²⁾ J. Kepler, *Tychonis Brahei Dani Hyperaspistes adversus Scipionis Claramontii Caesenatis Itali, Doctoris et Equitis Anti-Tychonem in aciem productus*, Frankfurt a. M. 1625. Ein Untertitel besagt: „In quo libro doctrina praestantissima de Parallaxibus, deque Novorum siderum in sublimi aethere discussionibus, repetitur, confirmatur, illustratur“. S. auch *Johannis Kepleri Astronomi Opera Omnia*, ed. Ch. Frisch, 7. Band, Frankfurt a. M. 1868, S. 147 ff. Der sonderbar anmutende Haupttitel soll dartun, daß der Autor sich als Schildträger des mit Unrecht angegriffenen Tycho Brahe fühle und den Angreifer bekämpfe. Da dieser das Wesen und die Berechnung einer Parallaxe nicht verstanden, so gibt Kepler eine ausführliche Theorie des parallaktischen Winkels und seines Zusammenhanges mit der Messung kosmischer Entfernungen. Die große Unklarheit, welche mehrfach hierüber obwaltete, wird auch bestätigt durch eine Nachricht A. Favaros (*Galileo Galilei e lo studio di Padova*, 1. Band, Florenz 1883, S. 282). Chiaramonti soll von G. Ciampoli, einer in der Geschichte Galileis wiederholt genannten Persönlichkeit, eine merkwürdige Geschichte gehört haben: „fuisse philosophum Patavii celebrem, qui Galilaeum tum mathematicas ibi profitentem interrogavit, quidnam esset parallaxis, velle enim se illam scriptis confutare.“ Der sonderbare Herr, der über eine Sache schreiben wollte, die ihm noch völlig unbekannt war, soll Antonio Lorenzini gewesen sein. Man kann es Galilei nachfühlen, wenn es weiter von ihm heißt: „Risit vir ille solertissimus propositum hominis, qui jam decreverat confutare quod nondum intellexerat verum esset an falsum.“

Der einzige Gelehrte späterer Zeit, der Chiaramontis gedenkt, ist, wie es den Anschein hat, der Kepler-Herausgeber Ch. Frisch gewesen¹⁾, der wenigstens die für uns in Betracht kommende Schrift namhaft macht, ohne allerdings näher auf sie einzugehen. Er urteilt über den Gegner des großen deutschen Astronomen scharf ab, was ja bei seinen Beziehungen zu diesem letzteren nicht wunder nehmen kann; nachdem er den „eques Caesenas“, wie er sich gleichfalls ironisch ausdrückt, als einen Mann gekennzeichnet hat, der wegen seiner Leistungen als Philosoph und Historiker von Literaturkundigen gelobt worden sei, fährt er fort: „minus profecit in astronomicis“. Er kommt dann nochmals auf Claramontius zu sprechen, der sich beklagt habe, daß Kepler eine so herbe Polemik gegen ihn richtete²⁾; herber, quam eques Caesenas, professor Pisanus, audire consueverat. In der Tat war diese Beschwerde nicht ungerechtfertigt.

Die Folgezeit hat die Möglichkeit, lediglich durch terrestrische Beobachtungen die Kugelgestalt unseres Planeten zu erkennen und gegebenenfalls metrisch zu ermitteln, so gut wie ganz beiseite gesetzt³⁾, bis erst in den letzten Dezennien der

¹⁾ Ch. Frisch, a. a. O., S. 149.

²⁾ A. a. O., S. 155 ff. Es wird dort hingewiesen auf einen Brief, welchen Kepler am 9. Mai n. St. 1627 aus Ulm an den Straßburger Mathematiker M. Bernegger schrieb. Darin bemerkt ersterer, er habe gegen den Widersacher Brahes sehr kräftige Töne angeschlagen („in eo libro acer fui et acerbus in Claramontium, nolim tibi exemplo esse“). Wer Keplers milde und versöhnliche Denkart kennt, begreift, daß er dem Freunde gegenüber Gewissensbisse über sein Verhalten empfunden zu haben scheint.

³⁾ Daß die Wahrnehmungen, welche man machen kann, wenn ein Fahrzeug auf einer größeren Wasserfläche sich nähert oder entfernt, für die Rundung sprechen, ist so bekannt, daß man längst auf sie einen augenfälligen Beweis in gemeinverständlichen Darstellungen zu gründen pflegt. Schon in seinem Aristoteles-Kommentar (Augsburg 1519) sucht der bekannte Johann Eck diese Tatsache durch eine freilich etwas kuriose Zeichnung zu erläutern (vgl. S. Günther, Johann Eck als Geograph, Forschungen zur Kultur- und Literaturgeschichte Bayerns, 2. Band, S. 140 ff.). Daß man auch den Versuch quantitativer Verwertung

Plan wieder auftauchte und nunmehr, weil ganz andere Hilfsmittel zur Verfügung standen, eine Gestalt gewann, wie sie im 17. Jahrhundert nicht erreichbar gewesen wäre. Auf den

dieser Gesichtseindrücke wagen konnte, bekundet J. Müller, Lehrbuch der kosmischen Physik, herausgegeben von Peters, Braunschweig 1894, S. 46; s. auch J. Pick, Die Kugelgestalt der Erde, Zeitschr. f. math. u. naturwissensch. Unterricht, 2. Band, S. 505 ff.). Eine ganz interessante Anekdote über die hier obschwebende Frage entnimmt man der Autobiographie eines berühmten britischen Naturforschers (A. R. Wallace, *My Life, a Record of Events and Opinions*, 2. Band, London 1905, S. 365 ff.); der Verfasser wurde dankenswerterweise auf diese sonst leicht zu übersehende Stelle durch Herrn K. v. Goebel aufmerksam gemacht. Der berühmte Erforscher der Hinterindischen Inselwelt hatte sich verleiten lassen, im Januar 1870 mit einem Herrn John Hampden sich in eine Wette einzulassen, ob man auf der Erde selbst die Krümmung einer ausgedehnten Wasserfläche zu erkennen vermöge. Man einigte sich darüber, als Ort des Versuches den Bedford-Kanal in Norfolk zu wählen, über den zwei genau um 6 (engl.) Meilen absteigende Brücken führen. In der Mitte *B* zwischen beiden (*A* und *C*) wurde ein Pfahl so errichtet, daß die drei Punkte *A*, *B*, *C*, falls sie einer ganz ebenen Fläche angehören, genau in eine gerade Linie zu liegen kommen, die mit der Achse eines in *A* angebrachten und auf *C* gerichteten Fernrohres zusammenfällt; eine in *B* befindliche Signalplatte muß den anvisierten Punkt *C* verdecken. Ist aber die Linie, in deren Mitte sich der Pfahl aus dem Wasser erhebt, konvex gekrümmt, so geht die Visierlinie unterhalb an *B* vorüber, und da es sich nur um kleine Längenunterschiede handelt, so erblickt das bei *A* gedachte Auge im Gesichtsfelde zugleich die Signalscheibe *B* und den Punkt *C*. Eine dieses einfache Prinzip verdeutlichende Zeichnung wurde dem Gegner Hampden und seinen beiden Sekundanten vorgelegt, und alle drei räumten ein, daß sich gegen die Probe in dieser Form nichts einwenden lasse. Allein, als nun diese Probe vom Papier in die Wirklichkeit übertragen ward, wollten Hampden und seine Freunde das nicht sehen, was ihrer vorgefaßten Meinung zuwider war, und es kam zu einem häßlichen Streite zwischen beiden Parteien. Das englische Gesetz scheint damals festgesetzt zu haben, daß alle Wetten um Geld null und nichtig, die Einsätze aber nicht zurückzuverlangen seien. Das zog persönliche Beleidigungen nach sich, und deren Verfolgung erwies sich für Wallace nicht bloß als recht ärgerlich, sondern auch als kostspielig. Es ist wohl wenig bekannt, daß noch in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ein lange andauernder Prozeß um den Fundamentalsatz der Geographie hat geführt werden müssen.

Gedanken, die Größe eines Spiegelbildes mit derjenigen des gespiegelten Objektes zu vergleichen, konnte ein Zeitalter nicht wohl verfallen, welches noch eines Winkelmessinstrumentes, wie es später der Spiegelsextant oder Spiegelkreis war¹⁾, entbehren mußte. Von der neuesten Phase, in welche das von Chiaramonti gestellte Problem eingetreten ist, soll im folgenden gehandelt werden, um zu erhärten, daß der Kern der Erörterungen, welche dieser seiner katoptrischen Methode gewidmet hatte, ein gesunder war. Es sind zwei waadtländische Forscher gewesen, die zuerst daran dachten, mit einem Spiegelinstrumente die Größe und Gestalt des von der ruhigen Fläche des Genfer Sees zurückgeworfenen Sonnenbildes zu bestimmen. Die Messungen von Dufour²⁾ und Forel³⁾ lassen keinen Zweifel darüber, daß die Beobachtung das theoretisch erschlossene Ergebnis sehr wohl zu bestätigen vermag. Es bedarf zu diesem Zwecke allerdings großer Aufmerksamkeit, weil nicht bloß die Refraktion⁴⁾, sondern auch die gerade am genannten See nicht ganz seltene Luftspiegelung⁵⁾ eine Trübung des Sach-

¹⁾ Wie spät erst da und dort in der praktischen Nautik die Spiegelinstrumente sich die durchschlagende Wertschätzung zu erringen imstande waren, die uns heute als etwas ganz selbstverständliches erscheint, ist bei früherer Veranlassung hervorgehoben worden (Die indirekten Ortsbestimmungsmethoden in der Entwicklung der Mathematischen Geographie, Sitzungsber., 15. November 1919).

²⁾ Ch. Dufour, De l'altération des images par réflexion sur la surface des eaux, Bulletin de la Société Vaudoise des sciences naturelles, 13. Band, S. 303 ff.

³⁾ F. A. Forel, Image réfléchie sur la nappe sphéroïdale des eaux du lac de Léman, Compt. Rend. de l'Acad. Franç., 107. Band, S. 605 ff.

⁴⁾ Die atmosphärische Strahlenberechnung bewirkt, daß der untere Sonnenrand mehr als der obere gehoben wird, was eine Abflachung der Sonnenscheibe zur Folge hat. Im Spiegelbilde ist der obere Rand zum unteren geworden, und so kommt es, daß Refraktion des Originals und Reflexion für die vom Wasser gelieferte Kopie im gleichen Sinne wirken, daß sonach eine stärkere Eindrückung der unteren Hälfte sich ergibt.

⁵⁾ Abweichende Dichteverhältnisse in der Atmosphäre können zum Auftreten der Erscheinung Anlaß geben, die man als Luftspiegelung („Mirage“) kennt (vgl. Günther, Handbuch der Geophysik, 2. Band,

verhaltes zu bedingen geeignet scheint. Indem Dufour ferner annahm, man könne ermitteln, wie groß die Länge DE der zwischen zwei verlängerten Erdhalbmessern enthaltenen Geraden ist, welche die Wasserfläche in einem zwischenliegenden Punkte A berührt, während zugleich die Entfernungen KB und LC der beiden Licht aussendenden resp. empfangenden Punkte K und L vom Niveau bekannt sind, deren Lichtstrahlen eben die Spiegelung in A hervorrufen, gelangte er zu einer Berechnung des der spiegelnden Fläche entsprechenden Erdhalbmessers¹⁾; es ist dies eine Neugestaltung des von Ghetaldi hiefür vorgeschlagenen Verfahrens²⁾. Es muß überhaupt, wenn man rechnerisch vorgehen will, nicht bloß einseitig mit dem Sonnenbilde operiert werden; vielmehr läßt sich auch irgend ein anderes Objekt der Himmelskugel, z. B. ein Fixstern, verwenden. Groll z. B.³⁾ bedient sich eines Fixsternes, der von einem um hm über der Wasserfläche gelegenen Punkte aus betrachtet wird. Versteht man unter β die gemessene Höhe jenes Sternes, unter α den Winkel, um den der gespiegelte Stern höher erblickt würde, wenn die betreffende Fläche ein

Stuttgart 1899, S. 118 ff.). Gerade auf dem Genfer See ist ein sehr merkwürdiger Fall zur Wahrnehmung gekommen, indem Original und Luftkopie einander nicht, wie gewöhnlich, vertikal, sondern vielmehr horizontal zugeordnet waren, so daß also die spiegelnde Fläche lotrecht auf der des Wassers stand. Im „Bulletin de la Société Philomathique“ hat F. J. Soret beschrieben, was er zusammen mit L. Jurine gesehen hatte (Sur un phénomène du mirage latéral). Der Schatten der im Süden den See einschließenden Berge fiel so über diesen, daß eine südliche kühle, deutlich von einer nördlichen warmen Luftschicht sich abgrenzte.

¹⁾ Vgl. Günther, Handb. d. Geophysik, 1. Band, Stuttgart 1897, S. 118.

²⁾ Näheres hierüber teilt mit E. Gelcich (Über den Vorschlag des Marino Ghetaldi, Die Größe der Erde zu bestimmen, Zeitschrift f. Mathematik und Physik, Histor.-Liter. Abteilung, 28. Band, S. 130 ff.). Tatsächlich in diesem Sinne vorzugehen, ist anscheinend und begreiflicherweise niemals versucht worden, wie denn auch Ghetaldis Anregung in einer für derartige Pläne sehr disponierten Zeit vereinzelt blieb.

³⁾ J. Groll, Einfache Methode zur Bestimmung des Erdhalbmessers, Gaea, 1900, S. 696 ff.

Planspiegel wäre, so folgt der Erdradius aus nachstehender Formel:

$$\frac{h \cos(2\alpha + \beta)}{2 \sin \frac{\alpha}{2} \sin \left(\frac{3\alpha}{2} + \beta \right)}.$$

Daß α meßbar ist, unterliegt keinem Zweifel, und es ist somit in der Tat ein von Forel gesprochenes Wort¹⁾ bekräftigt.

Anknüpfend an das Vorgehen der beiden Schweizer haben auch andere Gelehrte sich mit der Spiegelung im Wasser und mit deren Beziehungen zur Erdrundung beschäftigt. So hat insbesondere Wolf²⁾ die hier auftretenden Verhältnisse rechnerisch geprüft. Er fand, daß in dem Augenblicke, in dem die Sonnenscheibe die spiegelnde Fläche berührt, der Durchmesser des Bildes 10 Bogenminuten betrage. Die Deformationen, welche letzteres erleidet, sind unter ausnehmend günstigen Umständen von Riccò in Catania untersucht worden³⁾. Am besten gelang die Beobachtung, wenn das Auge sich 100 m über dem Meere befand, und die Tatsache, daß die Fläche des letzteren nicht eben, sondern gekrümmt ist, sprang überzeugend zumal dann in die Augen, wenn die Sonne im Auf- oder Untergehen begriffen war. Es zeigte sich nämlich dann sofort, daß die beiden Segmente, das direkt und das durch Reflexion sichtbare, nichts weniger als kongruent waren, was sie doch bei einem Planspiegel hätten sein müssen, sondern daß nach Größe und Gestalt die Abweichungen zwischen beiden solche waren, wie sie es eben unter der Voraussetzung eines Konvexspiegels sein mußten.

¹⁾ „Cette démonstration nouvelle de la rotondité de la Terre n'est donc pas seulement théorique; elle est appuyée sur l'observation directe du phénomène.“ Und Dufour drückt sich (a. a. O.) noch etwas plastischer aus: „On voit la Rondeur de la Terre, aussi bien que l'on voit celle d'une boule qu'on tient à la main.“

²⁾ C. Wolf, Sur la déformation des images des astres vus par réflexion à la surface de la mer, Compt. Rend., 107. Band, S. 650 ff.

³⁾ A. Riccò, Image réfléchie du Soleil à l'horizon marin, ebenda, 107. Band, S. 590 ff. Hierzu ist Archenholds Aufsatz (Himmel und Erde, 1. Jahrgang, S. 255 ff.) beizuziehen.

Was Chiaramonti in der ungelenten Denk- und Sprechweise seiner Zeit als eine Notwendigkeit bezeichnete und durch einen „Versuch mit untauglichen Mitteln“ erkennbar zu machen sich bemühte, war, wie wir jetzt wissen, kein Hirngespinnst, sondern eine richtige Einsicht, die freilich noch für ~~lange~~ nicht zur sinnenfälligen Erkenntnis gebracht werden konnte. Daß analoge Beobachtungen und Messungen noch häufiger sich wiederholen möchten, ist sehr zu wünschen, und der Wunsch darf um so eher auf Erfüllung rechnen, seitdem Dufour gezeigt hat, daß jene vollkommene Ruhe der reflektierenden Fläche, die allerdings eine Voraussetzung für das Gelingen ist, bei Binnenseen keineswegs so selten eintritt, wie man wohl zu vermuten geneigt sein möchte. Auffallen mag es, daß anscheinend nicht auch bereits die Mondscheibe verwertet ward, deren Größe doch von derjenigen der Sonnenscheibe nicht sehr verschieden ist. Das milde Licht des Vollmondes müßte, sollte man meinen, günstige Bedingungen liefern.
