

DIE ERDMESSUNG DES ERATOSTHENES

‘Die Philologie hat die Pflicht die ganze Bedeutung des Mannes, der sich zuerst einen Philologen nannte und den Namen vor allen zur höchsten Ehre brachte, sich klar zu machen und ans Licht zu stellen. Die Lösung der Aufgabe auf den verschiedenen Gebieten der Mathematik und Astronomie, der Geographie und Chronologie, der Philosophie und litterarischen Kritik wird nur durch ein Zusammenwirken mehrerer möglich sein, aber schwerlich irgendwo vollständiger gelingen als bei der Geographie, in der sich die ganze Vielseitigkeit des Wissens und Könnens des Eratosthenes auf einen Punkt vereinigte.’ So schrieb vor einem Menschenalter Müllenhoff, als er mit der ihm eigenthümlichen Wucht von Gelehrsamkeit und Scharfsinn die Geographie des Eratosthenes als Grundstein für den Aufbau der Deutschen Alterthumskunde bearbeitete¹. Der diesen Worten vorausgeschickte Wunsch nach einer neuen und vollständigeren Sammlung der geographischen Fragmente ist ein Jahrzehnt darauf von Hugo Berger in dankenswerther Weise erfüllt worden². Es liegt auf der Hand, dass der jüngere Forscher seinen Vorgänger in vielen Stücken ergänzen und berichtigen konnte. Ob er dagegen die Leistung des Eratosthenes im Grossen richtiger und unbefangener gewürdigt habe, erscheint zweifelhaft. Freilich wer Auskunft sucht über die Geistesthat des hellenischen Meisters deren Ruhm zwei Jahrtausende überdauert hat, wird von der Skepsis Bergers so wenig wie von dem Enthusiasmus Müllenhoffs eine befriedigende Antwort erhalten. Es rächte sich, dass beide Forscher den Anschluss an die allgemeine Wissenschaft verpassten, der

¹ Deutsche Alterthumskunde I, Berlin 1870, p. 316. 17 und 259—349.

² Die geographischen Fragmente des Eratosthenes, Leipzig 1880. Ders. Geschichte der wissenschaftlichen Erdkunde der Griechen III, Leipzig 1891, p. 57—112.

über die Messung des Himmels getrennt werden dürfen. — Nach den Worten des Macrobius hat Eratosthenes *in libris dimensionum* aus den Mondfinsternissen das Grössenverhältniss der Sonne zur Erde ermittelt¹. Aehnlich wird Aristarch ἐν τῷ περὶ μεγεθῶν καὶ ἀποστημάτων unter Auslassung von ἡλίου καὶ σελήνης angeführt². Dass der Stoff mehr als Ein Buch ausgefüllt habe, mag richtig sein. Im Uebrigen trifft der Titel in der Fassung Herons vollkommen zu. Denn das war der wichtige Fortschritt in der Erforschung des Kosmos der Eratosthenes verdankt wurde, dass er die bisherigen Schätzungen durch ein festes Grundmaass ersetzte. Auch frühere Astronomen hatten mit Erddurchmessern gerechnet, Eratosthenes bestimmte den Betrag zu 80 000 Stadien. Nach ihm befasste die Sonne das 27fache Volumen der Erde³, also einen Durchmesser von 240 000 Stadien, und war 34 Sonnen-102 Erdradien oder 4080 000 Stadien von dieser entfernt⁴. Der Abstand des Mondes wird zu 780 000 Stadien oder 19½ Erdradien angegeben. — Hipparch Posidonios und andere Forscher erhöhen die Abstände auf ein Vielfaches. Nichtsdestoweniger behaupten sich die von Eratosthenes für den Erdumfang und -durchmesser gefundenen Zahlen mit bemerkenswerther Zähigkeit in der populären Litteratur. Nach Plutarch beträgt der Halbmesser 40 000 Stadien κατὰ τοὺς μέσως ἀναμετρούντας⁵. Macrobius schreibt: *evidentissimis et indubitabilibus dimensionibus constitit universae terrae ambitum, quae ubicumque vel incolitur a quibuscumque vel inhabitabilis est, habere stadiorum milia ducenta quinquaginta duo. cum ergo tantum ambitus teneat, sine dubio octoginta milia stadiorum vel non multo amplius diametros habet secundum triplicationem cum septimae partis adiectione, quam superius de diametro et circulo regulariter diximus*⁶. Während hier nach der archimedischen Bestimmung der Durchmesser 3¼ mal im Umfang enthalten ist, rechnen Andere aus Bequemlichkeit $\pi = 3$. Im Anschluss setzen sie unter Festhaltung der Ziffer für den Umfang 84 000 für den Durchmesser an⁷. Umgekehrt

¹ Macrobius somnium Scip. I 20, 9.

² Plut. de facie in orbe lunae 10 (p. 925).

³ Macrobius somn. Scip. I 20, 9.

⁴ Plut. de placitis phil. II 31 (p. 892) Galen. de hist. phil. 15 (XIX 283 K.) Stob. ecl. I 26 (p. 566).

⁵ Plut. de facie in orbe lunae 10 (p. 925).

⁶ Macrobius somn. Scip. I 20, 20.

⁷ Plin. n. h. II 248 Gemin. 16, 6.

bleibt der Durchmesser von 80 000 unverändert und erleidet der Umfang eine Abminderung auf 250 000, wenn die Sonnenbahn (statt 720) 750 Sonnendurchmessern gleich genommen wird, um dadurch ein fasslicheres Verhältniss und eine leichtere Rechnung zu erzielen¹. — Namhafte Gelehrte sind der Meinung, dass das ursprüngliche Ergebniss für den grössten Erdkreis 250 000 gelautet habe, dass dieses sodann um der Theilbarkeit willen, sei es von Eratosthenes selbst, sei es von Hipparch oder einem anderen Nachfolger, um 2000 erhöht worden sei. Wenn nun Kleomedes, auf den sich diese Annahme stützt, wörtlich schreibt: ἐπεὶ οὖν ἡ γῆ πέντε καὶ εἴκοσι μυριάδων κατὰ τὴν Ἐρατοσθένους ἔφοδον τὸν μέγιστον ἔχει κύκλον, δεῖ τὴν διάμετρον αὐτῆς πλεόν ἢ μυριάδων ὀκτώ εἶναι, so sind Zweifel an der Zuverlässigkeit des Gewährsmannes berechtigt. Natürlich mussten die Zahlen abgerundet werden: ein Durchmesser von 80 000 giebt 251 429 Umfang; jener steigt auf 80 182, wenn der Umfang 252 000 beträgt. Auch mag, um mit Plinius zu reden², die *harmonica ratio quae cogit rerum naturam sibi ipsam congruere* mitgespielt haben. Aber der Grad der Abrundung und die Weite des Spielraums kann doch erst nach gründlicher Untersuchung festgestellt werden.

Die Grösse der Erde ist vor und nach Eratosthenes durch Schätzung, von Eratosthenes allein durch wirkliche Messung ermittelt worden. Man fragt unwillkürlich warum keiner der Nachfolger und Gegner die Messung in einem anderen Lande und unter anderen Bedingungen wiederholt habe. Offenbar, lautet die Antwort, war das Unternehmen mit einem so gewaltigen Aufwand von Mitteln durchgeführt worden, dass jeder Gedanke an einen Wettbewerb im Keime erstickte. Mit der königlichen Pflege die sie den Wissenschaften angedeihen liessen, verbanden die Ptolemäer Erwägungen praktischer Politik. Aus den Gegenden vom oberen Nil bezogen sie die Elephanten, welche die Ueberlegenheit brechen sollten, die der Besitz des indischen Kampftiers den Seleukiden bisher gewährt hatte. Es war von unleugbarem Nutzen die Ausdehnung der nubischen Jagdgründe im Voraus zu kennen, die Theorie wusste vermeintlichen Rath. An der Küste des Rothen Meeres entfalteteten ägyptische Seefahrer eine eifrige Thätigkeit um neue Handelsgebiete zu erschliessen.

¹ Cleom. de motu circ. corp. cael. II 1.

² Plin. n. h. II 248.

Für die Weisungen die der König den ausgesandten Entdeckern mit auf den Weg gab, diente der Gelehrte naturgemäss als Sachverständiger. Die erhaltenen Nachrichten sind recht dürftig¹. Immerhin tritt die äussere Gunst der Verhältnisse, die eine Erdmessung in grossem Stil ermöglichte, klar zu Tage.

Die umfassenden Beobachtungen des Sonnenstandes in Alexandria und Syene legten das Fundament der Arbeit. Für die Polhöhe beider Städte (vielleicht auch von Meroe) wurden grosse Schattenfänger aus Kupfer angefertigt, die eine Bestimmung von Minuten gestatteten. Welche Feinheit der Theilung von den alexandrinischen Mechanikern erreicht wurde, bleibt im Dunkeln². Indessen sollte die Thatsache, dass es noch zu Anfang des 19. Jahrhunderts Schwierigkeiten machte Secundenwinkel zu lesen, davon abhalten die von Eratosthenes gefundenen Werthe in Secunden auszudrücken³. Für Alexandria werden folgende Beobachtungen bezeugt:

1. am Sommersolstiz war der Schatten des Gnomon 50 mal im ganzen Umfang der Halbkugel die den Gnomon umgab, enthalten. Folglich betrug der Abstand der Stadt vom Wendekreis $\frac{1}{50}$ des Erdumfangs = $7^{\circ}12'4$.
2. am Wintersolstiz wurde sowohl in Alexandria als in Syene das Verhältniss des Schattens zum Kreisumfang festgestellt. An jenem Ort war das Verhältniss $\frac{1}{50}$ höher als an diesem: mithin erfuhr das frühere Ergebniss eine Bestätigung⁵.

Müllenhoff legt einer angeblich dritten Beobachtung mit Unrecht ein hohes Gewicht bei. Er meint, die Aussage Hipparchs, dass zu Alexandria im Aequinoctium die Schattenlänge zum Gnomon sich verhalte wie 3 : 5, sei aus Eratosthenes entlehnt. Das Verhältniss führt auf $30^{\circ}58'$ N. Br.⁶. Aber von einer solchen Entlehnung kann keine Rede sein; denn unter den sorgfältigen Beobachtungen der Nachtgleichen die Hipparch aus jenem Ort aufzählt, sucht man vergebens nach einer die dem Eratosthenes zugeschrieben werden dürfte⁷. Die Breiten wurden von

¹ Droysen, Geschichte des Hellenismus III² p. 307 2 p. 336 fg.

² Ptol. synt. math. III 1 p. 195 vgl. I 12 p. 64 Heiberg.

³ Peschel, Geschichte der Erdkunde p. 571.

⁴ Cleom. I 10, 55.

⁵ Cleom. I 10, 55.

⁶ Ptolemaeos wiederholt diese Bestimmung synt. math. V 12 p. 407 Heib., rundet sie in der Geographie auf 31° ab.

⁷ Hipparch bei Strabo II 133 Ptol. synt. math. III 1 p. 195 Heib. Müllenhoff p. 270.

den Alten durch Schattenmessung an dem Aequinoctium bestimmt und fielen nothwendig um einen halben Sonnendurchmesser zu niedrig aus, weil die von der Spitze des Schattens nach der Spitze des Gnomon gezogene Linie in ihrer Verlängerung nicht die Mitte, sondern den oberen Rand der Sonnenscheibe trifft¹. Diese Fehlerquelle blieb den Alten zwar nicht verborgen, wurde aber als unerheblich oder unvermeidlich in der Regel von ihnen vernachlässigt. Auch Eratosthenes hat sich trotz aller Bemühungen von ihrem Einfluss nicht ganz frei machen können. — Das Hauptfeld seiner Thätigkeit lag an der Südgrenze Aegyptens bei Syene in der Gegend des ersten Katarakts. Wenn unsere Berichterstatter durchweg Syene unter den Wendekreis versetzen, so wollen wir uns daran erinnern, dass der Sprachgebrauch ihnen mehr Freiheit liess als uns erlaubt ist. Berühmte Schlachten wurden nach Städten benannt, obgleich sie in einer Entfernung von 10 und mehr deutschen Meilen geschlagen worden waren². Bei der Erklärung der überlieferten Zeugnisse werden wir uns daher nicht ängstlich an die heutige Bestimmung der Polhöhe von Assuan-Syene $24^{\circ}4'23''$ klammern, sondern einen angemessenen Spielraum beanspruchen dürfen. Die Schiefe der Ekliptik war im 4. Jahrhundert zu 24° angenommen worden³. Nach neueren Berechnungen betrug sie 300 v. Chr. $23^{\circ}44'24''$, 200 v. Chr. $23^{\circ}43'36''$ ⁴. Dies ist vom Mittelpunkt der Sonnenscheibe zu verstehen: fügt man $16'$ für den Halbmesser zu obigem Werth hinzu, so hat doch auch der Nordrand der Sonne den Scheitelpunkt Syenes zur Zeit der Sonnenwende nicht erreicht, sondern nur bis zum Abstand von $4'$. — Zum Gelingen der ganzen Erdmessung kam Alles darauf an den Wendekreis mit vollster Schärfe zu ziehen. Es wird erzählt (und von fachmännischer Seite zweckmässig befunden), dass Eratosthenes einen Brunnen habe graben lassen um festzustellen, dass dieser am Mittag der Sonnenwende von den Sonnenstrahlen ganz erleuchtet werde⁵. Der Gelehrte wird von einem ansehnlichen Stab von Gehülfen unterstützt worden sein und konnte mit deren Beistand ermitteln, dass die Sonne im fraglichen Zeitpunkt auf einer Strecke von 300 Sta-

¹ Figürlich erläutert von Peschel, *Gesch. d. Erdkunde* p. 40.

² *Arrian Anab.* VI 11, 5.

³ Berger, *Gesch. d. wiss. Erdkunde d. Gr.* II 93.

⁴ Director Förster von der Berliner Sternwarte bei Müllenhoff p. 271.

⁵ *Plin. n. h.* II 183.

dien, was einem Sonnendurchmesser oder halben Grad entspricht, überhaupt keinen Schatten werfe, also im Zenith stehe¹. Aus dieser ersten Beobachtung folgte mithin, dass die Schiefe der Ekliptik zwischen 24° und $23^{\circ} 28'$ betrüge. Enger wurden die Grenzen der Schwankung am Wintersolstiz gezogen. Eratosthenes fand für den Abstand der beiden Wendekreise ziemlich genau ($\xi\gamma\gamma\iota\sigma\tau\alpha$) $11\frac{1}{88}$ des Kreisumfangs, nach unserer Ausdrucksweise $47^{\circ}42'40''$. Hipparch stimmte zu. Auch Ptolemaeos gelangte ungefähr zum gleichen Werth $47^{\circ}40'—45'^2$. Nach den Worten dieses unseres Gewährsmannes ist es freilich unstatthaft, dem Eratosthenes einen haarscharfen Ansatz des nördlichen Wendekreises auf $23^{\circ}51'20''$ zuzuschreiben. Vielmehr bleiben wir im Ungewissen, ob die Grösse um ein paar Minuten nach oben oder unten zu rücken sei. — So viel man sieht, haben die Arbeiten für die Erdmessung anderthalb Jahr in Anspruch genommen. Die Vermuthung bietet sich ungesucht dar, dass Eratosthenes von Alexandrien aus zunächst 240 Meilen weit nach Meroe reiste, dann auf der Rückkehr die oben dargelegten abschliessenden Untersuchungen in Syene vornahm. Für Meroe handelte es sich darum die Angabe Philons nachzuprüfen, dass die Sonne 45 Tage vor der Sommerwende im Zenith des Ortes stehe³. Die Angabe war in der That vollkommen richtig; denn für den Zenithstand der Sonne am bezeichneten Tage im 3. Jahrhundert wird eine Polhöhe von $17^{\circ}10'—9'$ berechnet, Meroe liegt $16^{\circ}55'—58'$, somit noch innerhalb des Bereichs der Sonnenscheibe. Indessen hat Eratosthenes die Entfernung vom Aequator auf 11800 Stadien $16\frac{6}{7}^{\circ}$, von Syene auf 5000 Stadien $7\frac{1}{7}^{\circ}$, von Alexandria auf 10 000 Stadien $14\frac{2}{7}^{\circ}$ abgerundet⁴. Endgiltig wurden demnach die Breiten, die als Gerüst für die Gradmessung dienten, folgendermassen angesetzt:

Meroe $16^{\circ}51'26''$	heute $16^{\circ}55'—58'$
Wendekreis $23^{\circ}50'—57'$	genau $23^{\circ}44'$
Syene 24°	heute $24^{\circ}4'23''$
Alexandria $31^{\circ}8'34''$	heute $31^{\circ}12'17''$

Ein Vergleich beider Reihen flösst aufrichtigen Respect vor der Sorgfalt der alten Beobachter ein. Es sind die genauesten Bestimmungen des Alterthums und hätten sich noch im 16. und

¹ Cleom. II 1, 76. 79 I 10, 53.

² Ptol. synt. math. I 12 p. 68 Heib. vgl. Theon Alex. p. 60.

³ Strabo II 77 Müllenhoff p. 277.

⁴ Strabo I 63 II 72. 132.

17. Jahrhundert mit Ehren sehen lassen können¹. Aus den Breiten erkennt man ohne Weiteres, dass die von Kleomedes für den Erdumfang bezeugte Ziffer von 250 000 Stadien unrichtig sein muss (S. 234). Denn lässt sich auch nicht der eratosthenische Werth für die Schiefe der Ekliptik auf die Minute ermitteln, so ist er unter allen Umständen unter 24° der Breite von Syene gegeben. Milderungsgründe können für die Nachlässigkeit des Schriftstellers ausgedacht werden, doch lohnt es nicht dabei zu verweilen. — Eine junge Quelle überliefert, Eratosthenes habe die Strecke von Syene bis Meroe *per mensores regios Ptolemaei* ausmessen lassen². Mit seltener Einmüthigkeit wird die Nachricht von den Neuern verworfen. Jedoch klingt sie durchaus glaubwürdig. An eine geodätische Aufnahme mit Ruthe und Schnur ist selbstverständlich nicht zu denken. Grosse Entfernungen wurden im Alterthum durch Schrittmessung bestimmt. Und dass dem Vorsteher des alexandrinischen Museums auf seiner aethiopischen Reise königliche Bematen mitgegeben wurden, befremdet in keiner Weise. Erfahrungsmässig fallen Routenangaben in unbekanntem Gegenden immer zu hoch aus. Während in Latium die Meilensteine der Via Appia mit einem Fehler von $\frac{1}{200}$ am richtigen Fleck stehen, wächst der von den Bematen in der aethiopischen Wüste begangene Fehler auf 12 vom Hundert. Viel besser ist die Strecke Alexandria-Syene gelungen: eine besondere Messung wird nicht ausdrücklich bezeugt, vielleicht haben die Entfernungsangaben des ägyptischen Strassennetzes zur Ableitung genügt.

Nach dem Gesagten ist ein Meridianbogen von $14\frac{2}{7}^\circ$ Ausdehnung zur Bestimmung des Erdumfangs verwandt worden. Mit begreiflicher Spannung sieht man dem Ergebniss der weitschichtigen Arbeiten entgegen. Die Alten haben mit ihrer Anerkennung nicht gekargt. In der ganzen Ehrlichkeit mangelnden Verständnisses schreibt Plinius³: *universum autem circuitum Eratosthenes in omnium quidem litterarum subtilitate in hac utique praeter ceteros solers, quem cunctis probari video, CCLII milium stadiorum prodidit, quae mensura Romana computatione efficit trecentiens quindecies centena milia passuum, improbum ausum, verum ita subtili*

¹ Vgl. Peschel, Gesch. d. Erdkunde 351, Wolf, Gesch. d. Astronomie 375.

² Martian. Cap. VI 598.

³ Plin. n. h. II 247.

argumentatione comprehensum ut pudeat non credere. Die Bewunderung ist in der Neuzeit noch gesteigert und zu dem wunderlichen Wahn verdichtet worden, dass die antike Erdmessung, was die Zuverlässigkeit des Endresultats betrifft, mit den modernen wetteifern könne. Zu dem Zweck hatte schon Danville dem Eratosthenes ein besonderes Stadion beigelegt. Auf diesem Wege gelang Letronne in einer 1816 gekrönten Preisschrift über die Fragmente Herons, die 1851 nach seinem Tode erschien, und deren Herausgeber Vincent der verblüffende Nachweis, dass der eratosthenische Grad 110,775 km misst und mit dem für Oberägypten festgestellten Werth des Breitengrads bis auf den Meter übereinstimmt. In Urzeiten sei das ägyptische Stadion nebst der ägyptischen Elle in ein festes Verhältniss zum wirklichen Erdumfang gesetzt und diese alteinheimische Wissenschaft von dem eiteln Griechen in unziemlicher Weise ausgenutzt worden. Die Ableitung des Meter aus dem nördlichen Erdquadranten erhielt somit ein Vorbild in der Morgendämmerung der Géschichte. Dieser Gedanke kehrt auch bei anderen französischen Gelehrten der Revolutionszeit wieder¹. — Müllenhoff will von der mythischen Urweisheit der Aegypter nichts wissen und weist den Angriff auf die Ehre des Eratosthenes würdig zurück. Er betont richtig, dass Letronne den Werth der altägyptischen Elle $2\frac{1}{2}$ mm zu hoch rechne, schliesst sich aber im Uebrigen jenem blindlings an (p. 293): 'so dass darnach der eratosthenische Grad nur 110,25 km di. 861 m weniger als der mittlere Grad des Meridianviertels von 111,111 km enthält, oder dass er beinahe $\frac{1}{7}$ einer deutschen Meile kleiner ist als der Aequatorialgrad von 111,306 km. Der Fehler aber der sich dabei von etwa 42 Meilen für den Meridiankreis, von wenig mehr als 51 für den Aequator ergibt, ist nicht so beträchtlich, dass 700 eratosthenische Stadien nicht 15 deutschen Meilen und die 252 000 des Erdumfangs unsern 5400 Meilen unter dem Aequator gleich geachtet werden können'. — Unerheblich weicht davon Vivien de Saint-Martin ab². Er rechnet die ägyptische Elle 526 mm, das Stadion 158 m.

¹ Letronne, Recherches sur les fragments d'Heron d'Alexandrie, Paris 1851 ed. Vincent, p. 129. 280. 290. Ders. Memoires de l'académie des inscriptions VI (1822) p. 261 fg. Die letztere Abhandlung wurde 1838 von Hoffmann im Anhang zu Lelewels Pytheas ins Deutsche übersetzt.

² Histoire de la Géographie, Paris 1873, p. 136—40.

Die Ungenauigkeiten des Verfahrens werden von dem erfahrenen Geographen unnachlässig aufgedeckt, indessen schliesst die Erörterung ganz versöhnend ab, da Eratosthenes nur 4000 Stadien zu viel gerechnet, also sich um $\frac{2}{125}$ geirrt haben soll. — Noch günstiger lautet das Urtheil von Hultsch¹. Darnach hätte Eratosthenes ein neues Stadion von 157,5 m zur Vereinfachung der Rechnung erfunden und dieses Maass durch Bematen in der Wüste erproben lassen. 'Soweit fusste Eratosthenes um den Umfang der Erde zu bestimmen auf Schrittmessungen. Ausserdem richtete er sich nach astronomischen Beobachtungen, die bei der Unvollkommenheit der damaligen Methoden und Instrumente mit mancherlei Fehlern behaftet sein mussten. Aber die Alten verstanden es in staunenswerther Weise, die bei Beobachtungen und Rechnungen unvermeidlichen Fehler durch eine feine oft mehr unbewusste Compensirung auszugleichen, so dass das Endresultat häufig ein überraschend genaues wurde. Dies gilt ganz besonders für Eratosthenes' Berechnung des Erdumfanges, denn die 252 000 Stadien, welche er schliesslich ansetzte, sind so viel als 39700 km, so dass nur 300 km oder $\frac{1}{182}$ des Ganzen hinzuzufügen sind, um den wirklichen Erdumfang zu erhalten.' — Endlich sei noch erwähnt, dass nach einer beiläufigen Bemerkung Susemihls die Angabe 250 000 den Meridiankreis, 252 000 den Aequator bezeichnen sollte². Wie Eratosthenes die Abplattung der Pole erkannt hatte, wird leider nicht verrathen.

Es leuchtet von vornherein ein, dass alle diese Ansichten mit dem wirklichen Thatbestand unvereinbar sind: das schliessliche Ergebniss der Erdmessung muss einen starken Fehler aufgewiesen haben. Nach Eratosthenes lagen Alexandria und Syene auf demselben Meridian, während der Unterschied 3° beträgt. Die zu 5000 Stadien angegebene Entfernung beider Städte entspricht der Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen kleine Kathete 3° dh. unter 3° N. Br. rund 1600 Stadien misst. Die grosse Kathete ist demnach 4740 Stadien lang, und diesen Betrag würde Eratosthenes erhalten haben, wenn er auf dem Meridian von Syene $7\frac{1}{7}^{\circ}$ nordwärts gegangen wäre. Derart wird durch einwandfreie Rechnung bewiesen, dass der Grad zwischen Alexandria und Syene $\frac{1}{20}$ zu hoch gegriffen, von 700 auf

¹ Griechische und römische Metrologie², Berlin 1882, p. 60—63.

² Gesch. d. gr. Litt. in der Alexandrinerzeit, Leipzig 1891, I p. 416 A. 40.

663 Stadien abzumindern sei. Für die Strecke von Syene-Meroe ist der Fehler weit geringer, da der Längenunterschied keinen vollen Grad erreicht. Indessen steht die Messung in der nubischen Wüste zweifellos an Genauigkeit und Zuverlässigkeit weit hinter der innerhalb Aegyptens vorgenommenen zurück. — Ein zweites Vorurtheil ist gleichfalls allgemein verbreitet, dass nämlich Eratosthenes sich des ägyptischen Maasses bedient haben soll. Bei Licht betrachtet sprechen keine Gründe für solche Annahme, aber gewichtige Gründe dagegen. Obwohl er in Aegypten lebte und arbeitete, blieb der Forscher dennoch Grieche, schrieb griechisch, stand mit gelehrten Landsleuten in Verkehr. Dass er diesen das Verständniss durch Einführung oder Erfindung einer fremdartigen Maassgrösse erschwert haben sollte, sieht wenig glaubwürdig aus. Die Alten wissen davon nichts, lassen ihn vielmehr den gewöhnlichen im 6. Jahrhundert in Athen und Rom eingeführten Fuss von 296 mm, dem ein Stadion von 177,6 m entspricht, gebrauchen. Auf die römische Millie gehen $8\frac{1}{3}$ dieser Stadien, aus Bequemlichkeit wird meistens mit einem Fehler von $\frac{4}{100}$ der Bruch vernachlässigt. Ausdrücklich lässt Varro dies Stadion bei der Erdmessung verwandt sein¹: *nam ut Eratosthenes geometrica ratione collegit maximum terrae circuitum esse stadiorum ducentum quinquaginta duum milium, ita Pythagoras quot stadia inter terram et singulas stellas essent indicavit. stadium autem in hac mundi mensura id potissimum intellegendum est quod Italicum vocant, pedum sescentorum viginti quinque: nam sunt praeterea et alia longitudine discrepantia, ut Olympicum quod est pedum sescentum, item Pythicum pedum mille.* Aus Varro hat ferner geschöpft Plinius: *stadium centum viginti quinque nostros efficit passus, hoc est pedes sexcentos viginti quinque*, der demgemäss nach dem Verhältniss 1 : 8 die eratosthenischen Stadien in Millien umsetzt². Wenn Varros Bestimmung richtig wäre, so hätte Eratosthenes nach einem Fuss von 308,33 mm, wie er für seine Heimat Kyrene wirklich bezeugt wird³, und einem Stadion von 185 m gerechnet. Dann hätte er für den Erdgrad 600 Stadien erhalten sollen und um ein volles Sechstel zu hoch gegriffen. Allein Varro hat sich geirrt und die übliche vereinfachte Gleich-

¹ Bei Censorin d. d. n. 13, 2.

² Plin. n. h. II 85. 247 VI 36. 171. 183. Ebenso Martian. Cap. VI 569. 609.

³ Feldmesser 123 Lachm.

chung der Millie mit 8 Stadien verwechselt mit der genauen Norm. Eine metrologische Tabelle erklärt in deutlichen Worten, dass Eratosthenes und Strabo $8\frac{1}{3}$ Stadien auf die römische Meile rechneten, die Gegenwart nur $7\frac{1}{2}$ Stadien¹. Es ist ja auch ganz unfassbar, wie Pythagoras und andere Gelehrte, die sich *in hac mundi mensura* bethätigt hatten, statt des allerwärts bekannten gemeingriechischen auf den kyrenaaischen oder ptolemaischen Fuss hätten verfallen können. Damit mindert sich der bei der Erdmessung begangene Fehler nicht unerheblich; denn der Grad befasst 625 gemeine Stadien und die eratosthenischen 700 sind weniger als ein Achtel und mehr als ein Neuntel zu viel.

Die weitere Geschichte der Erdmessungen lehrt, dass man allen Grund hat, mit dem Ausgang dieses ersten Versuchs zufrieden zu sein. Es dauert mehr als ein Jahrtausend, bevor er auf Betrieb des Chalifen Mamun (813—33) am Euphrat von arabischen Astronomen wiederholt wurde. Die Verhältnisse lagen günstiger, wohlweislich hatte der Fürst seinen Auftrag auf die Ausmessung eines Meridianbogens von 2° beschränkt: trotzdem war die Endziffer $\frac{10}{100}$ zu hoch, ein wenig besser als in Aegypten, wo sie $\frac{12}{100}$ gelautet hatte². Nach ferneren 800 Jahren hat zuerst Willebrord Snell in seinem 1617 zu Leiden erschienenen *Eratosthenus Batavus de terrae ambitus vera quantitate* die sichere trigonometrische Messung für den $1^\circ 9' 47''$ langen Meridianbogen zwischen Bergen op Zoom und Alkmaar angewandt; nur etwa 330 m waren als Basis für das Netz der Dreiecke mit der Ruthe bestimmt worden. Nichtsdestoweniger blieb er um $\frac{4}{100}$ hinter der Wahrheit zurück³. Bis auf $\frac{1}{200}$ kam ihr Richard Norwood nahe, als er 1635 den $2^\circ 28'$ langen Bogen zwischen London und York maass, obwohl sein Verfahren an Zuverlässigkeit entfernt nicht dem trigonometrischen vergleichbar war⁴. Eine neue Methode befolgten 1645 die Jesuiten Riccioli und Grimaldi in der Romagna, die gar trübselig mit einem Zuviel von $\frac{9}{100}$ abschloss.

Bei diesem flüchtigen Ueberblick fällt sofort in die Augen, dass die Nachfolger zur Feststellung des Erdumfangs sich mit

¹ Metr. scr. I 201. Strab. VII 332 fr. 57 spricht sich über diese genaue Gleichung des Polybios aus, braucht aber selbst das bequeme Verhältniss 1 : 8.

² Peschel, Gesch. d. Erdkunde p. 121.

³ Peschel aO. p. 356.

⁴ Wolf, Gesch. d. Astronomie p. 385.

einem 6—12 mal kleineren Meridianbogen begnügt haben als Eratosthenes ausmessen liess. Und doch waren die Arbeiten mit der 14° langen Strecke von Alexandria bis Meroe keineswegs erschöpft. Zu grösserer Vorsicht wurde noch am Rothen Meer zwischen Berenike und Ptolemais ein Stück der Küste in der Ausdehnung von 4820 Stadien herangezogen¹. Da die Küste nicht erheblich vom Mittagskreis abweicht, lagen die Verhältnisse ganz günstig. Indessen hat Eratosthenes weder die Gegend selbst aufgesucht, noch genaue Breitenbestimmungen beschafft: überhaupt lässt sich mit den bezüglichen verworrenen Nachrichten nichts anfangen². — In der Beschränkung zeigt sich der Meister. Ohne Zweifel wäre Eratosthenes der Wahrheit näher gekommen, wenn er die Länge des gemessenen Bogens verkürzt und dafür die Sorgfalt der Messung erhöht hätte. Allein man darf den Unterschied der Zeiten nicht vergessen. In der Neuzeit war die Kugelgestalt der Erde eine erwiesene Thatsache, an der kein im Besitz seiner fünf Sinne befindlicher Mensch zweifelte. Im Alterthum drang die Erkenntniss nicht über einen engen Kreis von Gebildeten hinaus. Ein ansehnlicher Bruchtheil der Bildung, die Schule Epikurs, widersprach mit allem Nachdruck. Und ferner umspannte der Blick des Eratosthenes nur einen geringen Ausschnitt des Erdrunds. Das bewohnte Land begann für ihn erst 12° nördlich vom Aequator und endigte am Polarkreis, während es sich von West nach Ost an 1800 d. Meilen erstreckte. Da hat er das Bedürfniss gefühlt, auf einer möglichst langen Meridianlinie sich selbst und Andere von der Wirklichkeit der Kugelform unseres Planeten zu überzeugen. — Gescheitert ist das Unternehmen schliesslich an derselben Klippe die eine zuverlässige Lösung der Frage nach dem Erdumfang überhaupt verwehrte, dem Unvermögen der Alten den west-östlichen Abstand zweier Oerter astronomisch genau zu bestimmen. Dass dies durch gleichzeitige Beobachtungen von Mondfinsternissen und Sternbedeckungen zu erreichen sei, war ihnen wohl bekannt. Um eine zielbewusste gemeinschaftliche Arbeit anzubahnen und zu erleichtern hat Hipparch für angeblich 600 Jahre die Finsternisse voraus berechnet. Und was war die Frucht seiner Mühen? Ptolemaeos hat für sein Kartenwerk keine Himmelsbeobachtung

¹ Plin. n. h. II 183 VI 171.

² Die Ausführungen Müllenhoffs p. 277—86 sind ebenso künstlich wie willkürlich.

nach Hipparch und überhaupt nur eine einzige älteren Datums benutzt¹. Das ist die berühmte Mondfinsterniss vom 20. September 331 die um die 5. Stunde der Nacht zu Arbela, um die 2. zu Karthago beobachtet wurde. Ptolemaeos hält die Zeitangaben für richtig und setzt danach die Entfernung beider Städte zu 45° an. In Wahrheit liegen sie nur 34° aus einander und der Beobachtungsfehler beträgt nicht weniger als 44 Minuten². Der Mangel des Zusammenarbeitens, das Fehlen einer die verschiedenen Sitze der Gelehrsamkeit zusammen haltenden Organisation wird zunächst als die Ursache betrachtet werden, weshalb die Bestimmung des Erdumfangs den Alten nicht besser geglückt ist. Allein die Hauptschuld ist den unzulänglichen Leistungen ihrer Mechanik beizumessen. Die Sternwarten von Rhodos und Alexandria standen Jahrhunderte lang in regem Verkehr. Trotzdem verkannte man, dass ihr Längenunterschied $1\frac{1}{2}^\circ$ betrug, schwankte hinsichtlich der Entfernung auf und ab, bis schliesslich der verhängnissvolle Ansatz des Posidonios, der die Grösse unseres Planeten um ein Fünftel verkürzte, durch Ptolemaeos kanonische Geltung erlangte. Es handelt sich hier um zwei unabhängige durchs Meer getrennte rivalisirende Stätten der Wissenschaft. Aber Alexandria und Syene lagen im Inland, die Beobachtungen wurden einheitlich geleitet. Wenn es nichtsdestoweniger dem Eratosthenes entging, dass beide Orte in westöstlicher Richtung 3° von einander entfernt waren, so verfügte er eben nicht über Uhren die den Beobachtern einen Zeitunterschied von 12 Minuten bemerkbar machten. Gewiss wäre unter günstigen Verhältnissen dem Fortschritt der Wissenschaften auch die Technik gefolgt: allein die bisherige Gunst der Verhältnisse ging mit der römischen Weltherrschaft unrettbar verloren.

Die eratosthenische Erdmessung war ein erster Versuch, als solcher nothwendiger Weise mit vielen Mängeln behaftet. Die schwächste Seite ist die astronomische, die Anwendung auf das Universum (S. 233). Aber auch das Gradnetz, die erstaunliche Unkenntniss Westeuropas forderten den Widerspruch heraus, die Stoa rührte die Lärmtrommel. In wie weit die Gegner den Gelehrten des Königs von Aegypten aus politischen Gründen bekämpften, ob sie seiner Leistung gerecht wurden, lassen wir auf sich beruhen. Unleugbar jedoch ist das ganze Problem durch

¹ Ptol. Geogr. I 4. Peschel, Gesch. d. Erdkunde p. 44.

² Zech, Astron. Unters. ü. d. Finstern. d. Alterth. p. 33. 47.

die einschneidende Kritik, im Besonderen durch die Arbeiten Hipparchus mächtig gefördert worden. Als die römische Republik ihre Wandlung in eine Monarchie begann, war es für eine neue Lösung reif. Man erstaunt über die Leichtfertigkeit mit der Posidonios, des Pompeius Freund, den grössten Erdkreis auf 180000 Stadien 4320 d. Meilen herabsetzte. Das gefeierte Schulhaupt war freilich für immer im stoischen Lager der Beachtung sicher. In Gallien jedoch studirte Caesar die Geographie des Eratosthenes und stellte die Verschiebung der Tagesdauer bei zunehmender Breite durch Messungen fest¹. Wie er den verrotteten Kalender nach ägyptischem Muster reformirte, so wäre Caesar der Mann gewesen, um nach dem Vorgang der Ptolemaeer eine Erdmessung auf wissenschaftlicher Grundlage anzuordnen. Ob er daran gedacht habe, wissen wir nicht: jedenfalls ist der Plan nebst so vielen anderen mit Caesar ins Grab gesunken. Die Nachfolger sonnten sich in dem eitlen Wahn, dass die ganze bewohnte Welt den Römern huldige. Seitdem die babylonische Astrologie die Seelen erfüllte, war das Verständniss für die Aufgaben der Naturwissenschaft bei den Machthabern erloschen.

Bonn.

H. Nissen.

¹ Caesar Gall. Krieg V 13, 4 VI 24, 2.