

Über die Dimensionen der Erde nach muslimischen Gelehrten.

Von EILHARD WIEDEMANN.

Ich habe früher (diese Zeitschrift Bd. 1, S. 66, 1909) die Methode von AL BÊRŪNĪ († 1048) zur Bestimmung des Erddurchmessers besprochen. Im folgenden sollen zunächst einige Angaben von AL SCHĪRĀZĪ († 1311) (vgl. diese Zeitschrift Bd. 3, S. 1 und S. 187) mitgeteilt werden, die zeigen, wie kritisch die muslimischen Forscher Probleme anfassen, und daran anschließend einige Ausführungen von AL BÊRŪNĪ über die Größe der Erde usw. veröffentlicht werden.

I.

In dem zweiten Kapitel des 4. Buches seines Werkes über die Astronomie (Nihâjat usw.) behandelt AL SCHĪRĀZĪ die Vermessung der Erde und was damit zusammenhängt, sowie die Bestimmung der Größe der Dunstphäre (Kurrat al Buchâr). Wir wollen uns hier nur mit dem ersten Gegenstand befassen.

Zunächst bespricht er die gewöhnliche Methode der Erdvermessung¹⁾. Man schreitet auf einem Meridian, d. h. dem dem Himmelsmeridian entsprechenden Erdkreis auf einer ebenen, von Niederungen und Hügeln freien Gegend fort und richtet Zeichen (Stäbe) auf, von denen das zweite das dritte (vom ersten aus gesehen) verdeckt. Man geht soweit, daß die Breite einer Gegend, d. h. die Höhe des Poles um 1° zu- oder abnimmt, nämlich die Höhe des Poles über dem sichtbaren oder unsichtbaren (wenn etwa am Horizont Berge vorhanden sind) Horizont. Dies entspricht der Änderung um einen Breitengrad, da die Erde klein gegenüber der Himmelskugel ist. Die zurückgelegte Strecke mit 360 multipliziert gibt den Erdumfang. Dies erprobten zahlreiche Leute, so eine Schar der Alten;

¹⁾ Über die Länge der Grade des Meridians vgl. die treffliche Arbeit von C. A. NALLINO, Il valore metrico del Meridiano secondo i geografi arabi (Cosmos di GUIDO CORA. Bd. 11, 1892/93, Torino).

so fanden PTOLEMAEUS und seinesgleichen, die in sich eine besondere Tüchtigkeit in der Wissenschaft und Geschicklichkeit in der Praxis vereinigten, für $1^\circ 66\frac{2}{3}$ Meilen¹⁾; dabei hatte jede Meile 3000 Ellen, jede Elle 32 Finger, jeder Finger 6 mit ihren Bäuchen (flachen Seiten) fest aneinandergelegte (masfûd) Gerstenkörner von mittlerer Größe (mu'tadil). Von den Neuereⁿ²⁾ stellte eine Schar von Gelehrten der Zeit AL MĀMŪNS auf seinen Befehl in der Wüste Singâr Beobachtungen an. Ein Teil von ihnen ging nach Norden und ein Teil nach Süden, bis zwischen den beiden Höhen die Differenz 1° betrug, dann kamen sie wieder an ihrer Ausgangsstelle zusammen und verglichen ihre Resultate. Die einen hatten $56\frac{2}{3}$ Meilen, die anderen 56 Meilen gefunden. Solche Operationen zeigen stets Unterschiede, da man Nachlässigkeiten und Unaufmerksamkeiten nicht vollkommen vermeiden kann. Man nahm den Mittelwert dieser beiden Werte, nämlich $56\frac{1}{3}$. Man sagt, man nahm (endgiltig) den größeren Wert. Mit ihm wird operiert. Jede Meile (die hier benutzt wird) hat 4000 Ellen, jede Elle 24 Finger, jeder Finger 6 Gerstenkörner. Die von den Alten und den Neuereⁿ benutzten Meilen sind aber in Wirklichkeit gleich, da in beiden die Zahl der Finger gleich ist ($3000 \times 32 = 4000 \times 24$). Drei Meilen bilden eine Parasange und zwar von je 12000 Ellen bei den Neuereⁿ und von 9000 Ellen bei den Alten. In Parasangen ist die Länge des Grades bei den Alten $22\frac{2}{3}$ ($= \frac{1}{2} 66\frac{2}{3}$), bei den Neuereⁿ $18\frac{2}{3}$ ($= \frac{1}{2} 56\frac{2}{3}$).

Zunächst werden nun auf Grund der Angaben der Alten der Umfang, der Radius, die Oberfläche der Erde und die Größe des bewohnten Viertels berechnet, dann dieselben Größen nach der Angabe der Neuereⁿ³⁾ ($1^\circ = 56\frac{2}{3}$ Meilen). Der Umfang des größten Kreises ist 20 400 Meilen, der Durchmesser angenähert 6491 Meilen, die Oberfläche 132 416 400 Quadratmeilen⁴⁾. Ein Viertel hiervon ist die Fläche des bewohnten (maskûn) Viertels; seine Länge ist der halbe Umfang und sein Breite ein Viertel⁵⁾ davon. Das Kulturland (al ma'mûr) liegt zwischen dem Äquator und dem Ort, dessen Breite dem Komplement ($90 - \alpha$) der Neigung α der Ekliptik entspricht. Man erhält die Breite, wenn man die Länge eines Grades in $66\frac{1}{2}$ (d. h. $90 - 23\frac{7}{12}$)⁶⁾ multipliziert, sie ist

1) Die muslimischen Gelehrten setzten die Meile = $7\frac{1}{2}$ Stadien und erhielten dann aus den 180 000 Stadien von PTOLEMAEUS für den Erdumfang $66\frac{2}{3}$ Meilen für einen Grad.

2) Ganz ähnliche Berichte bzw. denselben haben auch andere muslimische Schriftsteller gegeben (vgl. bei C. A. NALLINO a. a. O.).

3) Ich teile nur die letzteren Werte mit, füge aber die allgemeinen Betrachtungen, wie sie bei der Berechnung unter Zugrundelegung des Wertes der Alten angestellt sind, ein.

4) Rechnet man die Oberfläche $4\pi r^2 = \frac{(2\pi r)^2}{\pi}$ mit dem obigen Werte für den Umfang, so erhält man 132 414 545.

5) Er ist ein Viertel der Kugeloberfläche, s. unten. Es ist das Viertel, auf dem überhaupt bewohnte Stätten liegen, das Kulturland ist nur ein Teil davon.

6) $23\frac{7}{12}^\circ = 23^\circ 35'$ ist die Neigung der Ekliptik.

$b = 3763\frac{2}{3}$ Meilen. Für die Größe des Kulturlandes erhält man $b \cdot 2r = 24\,429\,960$ Quadratmeilen, diese ist in $\frac{1}{6} + \frac{1}{60}$ (d. h. $\frac{11}{60}$) der ganzen Erdoberfläche. Man kann dieselbe Größe auch in Parasangen, Fingern, Gerstenkörnern berechnen. — Dies ist die Vermessung der Erde nach der allgemein bekannten Methode.

(An der eben entwickelten Rechnung wird nun eine Kritik in den folgenden Ausführungen geübt.)

Hier ist nun eine eingehende Betrachtung nötig. Der Satz, daß der bewohnte Teil etwa $\frac{1}{6}$ der gesamten Oberfläche beträgt, ist nur richtig, wenn man die Länge des Durchmessers multipliziert mit derjenigen der Breite ($90 - \alpha$). Das ist aber nur gestattet, wenn das Kulturland von zwei halben größten Kreisen¹⁾ begrenzt ist. Das ist aber nicht der Fall, denn nach Süden wird das Kulturland begrenzt durch den Kreis des halben Äquators und nach Norden durch den halben Kreis, der durch den Punkt mit der Breite ($90 - \alpha$) geht und parallel zum Äquator liegt; ferner wird das Kulturland begrenzt je durch ein Stück der Meridiane an den äußersten Enden in China im Osten und in den Inseln der Glücklichen im Westen. Dies Stück ist aber notwendigerweise größer als das zuerst besprochene. Dieser Irrtum stieß allen zu und keiner richtete seine Aufmerksamkeit darauf.

Nahe kommt dem Obigen, was AL BATTĀNĪ († 929) und QUDĀMA BEN GA'FAR AL KĀTĪB²⁾ († 922) passierte, als sie den Satz aufstellten, daß der bewohnte Teil der Erdoberfläche $\frac{1}{12}$ der ganzen Erdoberfläche ist; sie nahmen an, daß die Vermessung der Fläche eines Stückes der Kugel dadurch geschieht, daß man die Teile der Länge in die Teile der Breite multipliziert wie bei ebenen Flächen. Verfäht man aber so, wie sie meinen, so ist das Produkt aus der halben Länge, nämlich 180° , in $\frac{1}{6}$ der Breite (des Meridians), nämlich 60° , größer als $\frac{1}{4}$ der Kugel und nicht $\frac{1}{12}$ derselben³⁾.

Nun weist AL SCHĪRĀZĪ auf die Methode hin, deren sich die in den Problemen der Vermessung solcher Stücke sich auszeichnenden Gelehrten bedienen, um dem Leser dazu den rechten Weg zu weisen. Dazu mißt man zunächst die Kugelkalotte (das ergänzende Stück), dessen Pol der Erdpol ist und dessen Basis der Kreis ist, der im Abstand von $90 - \alpha$ vom Pol parallel zum Äquator verläuft. Zu dieser Bestimmung wird zunächst der Abstand l zwischen dem Pol und dem Umfang dieses Kreises

1) Der eine der beiden halben größten Kreise ist der halbe Äquator, der andere derjenige, der durch den Punkt geht, der von der Halbierungsstelle des halben Äquators um $(90 - \alpha)^\circ$ absteht.

2) In dem von DE GOEJE publizierten Text findet sich keine entsprechende Stelle.

3) Die in dieser Weise berechnete Oberfläche ist $\frac{1}{2} \cdot 2\pi r \times \frac{1}{2} \cdot 2\pi r = \frac{1}{2} \pi^2 r^2$ die Kugeloberfläche ist $4\pi r^2$, sie verhalten sich zueinander wie $\pi : 12$.

berechnet und zwar im Verhältnis zum Durchmesser $2r$ der Kugel¹⁾. Die Größe der Kugelkalotte J ist dann gleich dem halben Umfang eines Kreises, der mit l beschrieben ist²⁾, multipliziert mit l . Zieht man J von der halben bekannten Kugeloberfläche ab und nimmt die Hälfte des Restes, so erhält man genau die Größe der Kulturfläche.

Hieran schließt AL SCHĪRĀZĪ eine kurze Erwähnung der Methode von AL BĒRŪNĪ (vgl. diese Zeitschrift Bd. I, S. 66). Er sagt, ABU' L RAHĀN hat eine andere Methode gegeben, um die Größe der Erde zu bestimmen mittels der Depression der Horizonte von einem hohen Berggipfel, auf dem man sich aufstellen kann. Wir wollen aber hier nicht einen umfassenden langen geometrischen Beweis geben, sondern nur das, was wir in der Einleitung versprochen haben, nämlich die Bestimmung des Verhältnisses der Höhe des Berges in Parasangen zu dem Erddurchmesser usw. (Das wird nun numerisch durchgeführt.)

Bei einer späteren Gelegenheit hoffe ich die sehr interessanten Erörterungen AL SCHĪRĀZĪS mitteilen zu können, die nach ihm gegen die Bewegung der Erde sprechen.

II.

Das Folgende enthält einige Stellen aus dem Kitāb al Tafhīm³⁾ von AL BĒRŪNĪ, die sich auf die Größe der Erde beziehen.

1. Darüber, ob die Ansichten über die Größe der Erde verschieden sind. Das ist unbedingt nötig, da dies eine Sache ist, die sich auf die Beobachtung und dann auf die Berichte stützt. Ein jeder Imām (Gelehrte) kennt sie in dem Maße, das in seiner Gegend angewandt wird, so dem Stadium bei den Griechen und der Yojana⁴⁾ bei den Indiern. Aus diesem Grunde erachteten sie (die Araber) nicht das für richtig, was aus den betreffenden Werken ins Arabische übersetzt wurde; daher befahl (der Kalif) AL MĀMŪN IBN AL RASCHĪD, daß hierüber Beobachtungen angestellt würden. Damit beschäftigte sich eine Schar von Gelehrten; sie arbeiteten in der Wüste Singār und fanden für das, was auf einen Grad kam, $56\frac{2}{3}$ Meilen und zwar solche die den saudā' Ellen (schwarze) entsprechen. Dies multiplizierten sie in 360 und erhielten 20 400. Soviel Meilen beträgt der Umkreis des Erdumfanges. Die Meile hat 3 Para-

1) Die Handschrift ist an dieser Stelle stark verderbt.

2) Gewöhnlich setzt man, wenn h die Höhe der Kugelkalotte ist, $J = 2\pi r h$.

Es ist aber $l : h = 2r : l$ oder $2rh = l^2$, d. h. $J = \pi l^2 = \pi l \cdot l = 2\pi \frac{1}{2} \cdot l$.

3) Vgl. dazu E. W. Beiträge Bd. 17, S. 8.

4) Die beiden mir zugänglichen Berliner Handschriften geben beide das Wort sehr verderbt und zwar in verschiedener Weise. Es ist aber sicher so zu lesen. Eine Yojana ist etwa 2 geographische Meilen.

sangen, und jede Meile umfaßt 4000 Ellen und zwar solche, die in 'Irâq „saudâ“ (schwarze) heißen¹⁾. Ich habe diese Größe (d. h. den Erdumfang) in Indien beobachtet und das Resultat unterschied sich in nichts von dem obigen. (Es geschah dies nach der eben erwähnten Methode.)

2. Die Durchmesser der vier Elemente und ob sie durch die erwähnte Größe (d. h. die Größe der Erde) bestimmt sind. Die Erde hat eine rauhe Oberfläche und ihre Gewässer sind in ihren Furchen vereinigt. Sie bilden im großen und ganzen eine Kugel. Ziehen wir einen ihrer Durchmesser von dem kleinsten Abstand des Mondes ab, so bleibt die Tiefe der Atmosphäre (Gaww) übrig ($35\ 213\ \frac{2}{11}$ Parasangen). (Durch Abziehen des Volumens der Erde von dem Volumen der Mondsphäre erhält dann AL BĒRŪNĪ das Volumen der Luft (Hawâ) und des Feuers zusammen.) Am untersten Teile dieses Volumens entstehen aus dem feuchten Dunst (Buchâr) des Wassers die Winde, Wolken, Regen, Schnee und Kälte, ferner Donner (Ra'd), Donnerschläge (Hadda), Blitze (Barq), Blitzschläge²⁾ (Sâ'iqâ), Regenbogen, Halo und ähnliches. In den hohen Regionen entstehen aus dem rauchartigen trocknen Dunst die

1) Vgl. dazu E. W. Beiträge Bd. 14, S. 46 u. 53.

2) Für den Unterschied zwischen al Barq (Blitz) und al Sâ'iqâ (Blitzschlag mit Donnergekrach, der einschlägt) ergibt sich nach der Berliner Handschrift (We 1813) folgendes: Während der Blitz (Barq) leuchtender Rauch, der in den Teilen der Wolke verteilt ist, ist, leuchtet der Blitzschlag auf einmal auf, dabei sind die Teilchen vereinigt und er tritt nur auf einer Seite im Unterschied vom Blitz aus. Die Materie des Blitzes ist fein, die des Blitzschlages dicht. Der Rauch, der die Materie des Blitzes bildet, wird, wenn er in der Wolke längere Zeit verweilt, zu Stein (Donnerkeil!) und steigt mit dem Blitzschlag herab und richtet großen Schaden an allen Körpern an, durch die er hindurchgeht. Die von dem Blitzschlag und den Steinen getroffenen Gegenstände geben (bekanntlich) einen Geruch nach verbranntem Schwefel. Dieser rührt daher, daß entweder der Schwefel aus der Erde in die Wolke emporgestiegen ist oder daß er sich dadurch gebildet hat, daß in der Wolke die feinen, von der Erde aufgestiegenen Teile sich mit dem Rauche gemengt haben. — Da mit dem Einschlagen des Blitzes stets ein lebhaftes Getöse verbunden ist, so ist die mir von Prof. JACOB mitgeteilte Stelle aus EVLĪJA III, S. 333 sehr charakteristisch; er sagt vom Eisgang auf der Donau, daß, wenn die Eisschollen aneinanderprallen, sich eine Sâ'iqâ wie ein Kanonenschuß ergibt. — Daß aber mit Barq nicht etwa nur ein donnerloses Wetterleuchten gemeint ist, geht aus zahllosen Stellen hervor. In unserer Handschrift wird ausdrücklich betont, daß, entgegen der üblichen Ansicht, der Donner nach dem Blitze gehört wird, und zwar weil das Sehen auf einmal (plötzlich) handelt, das Hören aber allmählich (also nicht infolge einer verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit, wie nach unserer Ansicht). Es ist das gerade so, wie man bei den Kanonen (Midfa') das Aufleuchten des Pulvers eine Weile, ehe man den Schall hört, sieht (zu dem späteren Hören des Donners usw. vgl. AL HAMDĀNĪ, E. W. Beiträge zur Kenntnis des Orients, Bd. 7, S. 25, 1909). — Dieser Unterschied zwischen Blitz und Blitzschlag zeigt sich auch bei der Schilderung eines Gewitters in Antiochia (1050 n. Chr., vgl. Jâqût, Bd. 1, S. 384 und Le Strange Palestine 1890, S. 372). Nachdem zahlreiche Donner (Ra'd) und Blitze (Barq) aufgetreten waren, kam plötzlich ein Blitzschlag (Sâ'iqâ, Thunderbolt), der gewaltige Verheerungen anrichtete, die an der betreffenden Stelle eingehend geschildert sind; so wurde eine massive silberne Kette geschmolzen usw.

Sterne mit Stirnlocken¹⁾ (Dawât al Dawâjib), die geschwänzten Sterne, die herabstürzenden Sternschnuppen und ähnliches.

3. Über die Lage des bewohnten Landes. Wie sonst wird auch von AL BĒRŪNĪ die Erde durch Äquator und einen Meridiankreis in 4 Viertel geteilt, dann heißt es: Nach dem Ergebnis der eifrig Forschenden erstreckt sich die Kultur nicht über eines der nördlichen Viertel hinaus, das dann das bewohnte Viertel heißt; es enthält alles, was man kennt und bereist an Meeren, Inseln, Bergen, Flüssen, sowie die bekannten Wüsteneien (Mafâwis) und die Länder und Orte zwischen ihnen. Indes bleibt nach dem Nordpol zu ein unbewohntes Stück übrig²⁾, da dort die Kälte übergroß ist und wegen der angehäuften Schneemassen.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht Herrn Direktor Dr. STERN in Berlin und Herrn Dr. JUYNBOLL in Leyden meinen besten Dank für die Überlassung von Handschriften auszusprechen.

1) Diese Sternarten, die die mit Schwänzen (Danab), Bärten (Lihja) und Stirnlocken (Duwâba) versehenen heißen, die auch in der Handschrift, Berl. We. 1813 (AHLWARDT Nr. 5734) unter dem Namen des mit einem Schwanz versehenen und seiner Brüder aufgeführt werden, sind die Kometen. Über solche Gegenstände hat AL BĒRŪNĪ mehrere Schriften verfaßt: 1. Über den Hinweis der oberen Zeichen (meteorologischen Erscheinungen) auf die unteren Ereignisse. 2. Widerlegung der irrigen Meinungen, die einigen Ärzten eingefallen sind in betreff der in der Luft entstehenden Sterne. 3. Über die Ausführung über die Kometen. 4. Über die Lichterscheinungen der Luft, die in der Höhe entstehen. 5. Über die sorgfältige Betrachtung der Ausführung von ABŪ SAHL AL KŪHF über die herabfallenden (munqad) Sterne (Sternschnuppen).

2) Über die im äußersten Norden wohnenden Leute äußert sich AL BĒRŪNĪ an einer anderen Stelle im Tafhîm folgendermaßen (vgl. auch Jâqût Bd. 1, S. 35): Von dem bewohnten Teil behauptet PROLEMAEUS, daß seine äußerste Grenze in der Insel Tûlâ liegt und daß ihre Breite nahe gleich der größten Neigung ist, die etwa 66° beträgt. Die Völker zwischen dem Ende des siebenten (nördlichsten) Klimas und dieser Grenze sind den wilden Tieren ähnlicher als den Menschen und ihr Lebensunterhalt ist über alle Maßen dürftig.