

und einen Massentransport bewältigen können, der uns geradezu unglaublich erscheint. Man denke weiter an die gewaltigen Leistungen von Pumpmaschinen für Bewässerungszwecke auf der Oberfläche oder auch von Wasserhaltungs- und Fördermaschinen für Bergwerke, deren Teufe auf dem Mars, kaum beeinträchtigt von innerer Gesteinswärme mit ihrer offenbar nur sehr langsam ansteigenden geothermischen Tiefenstufe, eine Ausbeute der Bodenschätze bis herab zu Schichten gestattet, die viele Kilometer unter der Oberfläche lagern. Vergewärtigen wir uns zu alledem noch die Möglichkeit, daß jene hypothetischen Bewohner eher größer und stärker gebaut sein werden, als die Erdenbewohner und daß sie vielleicht auf eine Kulturgeschichte von 500 000 oder mehr Jahren zurückblicken, während wir Erdenmenschen nur 5000 Jahre hinter uns haben, dann werden wir jeden Vergleich irdischer Bauwerke, seien es selbst der Turm zu Babel, die Pyramiden, der Panamakanal und die Wolkenkammer, mit den Bauwerken der Marsbewohner als Dünkel und Vermessenheit ansehen, dann werden wir auch nichts Wunderbares mehr in der Anlage eines die ganze Marsoberfläche umspannenden „Kanal“-Netz mehr finden, das der Mensch unter irdischem Gravitationsdruck zwar niemals zustande bringen könnte, das aber die Marsbewohner im Laufe der Jahrtausende sehr wohl zu schaffen vermochten, ja schaffen mußten, weil sie der allgemeine Wassermangel unerbittlich dazu zwang.

Mit solchen uns Erdenmenschen physiologisch vielleicht ganz unähnlichen und mit ganz anderen Sinnen ausgestatteten, intellektuell und kulturell uns aber unendlich weit überlegenen Wesen — wenn sie überhaupt existieren — in drahtlose Verbindung treten zu wollen, wie es tatsächlich bereits versucht worden ist, obwohl schon die Entfernung zwischen Mars und Erde, auch bei deren größter Annäherung, jedes Gelingen ausschließt, muß als lächerliche Utopie betrachtet werden. Wir dürfen trotz all' unserer Errungenschaften die geistige Kluft zwischen den hypothetischen Mars- und den Erdbewohnern getrost ebenso groß annehmen, wie zwischen uns und dem Pithec anthropos. Sind aber weit fortgeschrittene Wesen auf dem Mars wirklich vorhanden, was hier, wie nochmals betont sei, keineswegs behauptet, sondern nur in den Bereich der Möglichkeit gezogen werden soll, dann werden freilich auch ihre gesellschaftlichen, sozialen und kosmopolitischen Verhältnisse die des heutigentags noch zum Teil aus Banditen bestehenden irdischen Menschengeschlechts himmelhoch überragen. Ob aber die Zustände auf jener zweiten Erde oder auf anderen bewohnten Welten ganz ideal sein werden, das möge dahingestellt bleiben; auch dort wird es überall Gute und Böse geben, wird Freud und Leid beieinander stehen, wird der Kampf unsers Dasein toben. Und wenn wir jetzt in klaren Sommernächten unsere Blicke gen Süden wenden und sinnend und sehnend den uns zurzeit wieder nahestehenden Mars gleich einer roten Fackel herübergrüßen sehen, dann wollen wir der mahnender Worte des Dichters gedenken:

Und glaubst du nicht, daß sie sind selig droben?
Sprachst du und blicktest nach dem schönsten Sterne.
Du wolltest sagen: Dort in jener Ferne,
Dort wohnt das Glück, dort muß der Sturm vertoben.

Ich aber sprach: Erhalt dein Aug' gehoben
Auf's eigne Herz und mach' es stark und lerne:
Nichts ändern kann der Ort an unserm Kerne,
Und wie wir hier sind, wären wir auch da droben.

Auch diese arme Welt, im Äther hangend,
Sie ist, von jenem Sterne aus gesehen,
Ein lichter Ball, im hellsten Golde prangend.

Und brechen schwache Herzen dort, so spähnen
Sie auf nach uns, und zu uns her verlangend
Aufseufzen sie: Dort müssen Sel'ge gehen!

Eratothene's Messung der Ekliptikdicke.

Von Thøger Larsen in Lemvig, Dänemark.
Ins Deutsche übertragen von Max Valier.
(Mit 2 Figuren und 1 Kartenlitze.)

I.

Der erste, welcher nach der Überlieferung die Schiefe der Ekliptik gemessen hat, war der chinesische Astronom Tschou-Kong, der sie mittelst eines Gnomons um das Jahr 1100 v. Chr. Geb. im Winter-

solstitium zu Lojang ($\lambda = 112^{\circ} 25.0$ östl. Greenwich, $\varphi = +34^{\circ} 42.5$) bestimmt haben soll und dabei ihren Wert zu $23^{\circ} 54'$ ermittelte. Auf gleiche Weise maß Pntheas von Massilia (Marseille) die größte Mittagshöhe der Sonne 323 v. Chr. Geb. Er fand das Verhältnis zwischen der Höhe der Stange und der Schattenlänge gleich $120 : 41,8$, wonach sich die Sonnenhöhe nach den bekannten trigonometrischen Formeln leicht berechnen läßt, denn es ist tang Sonnenhöhe = $120/41,8 = 2,87081$; woraus $\log \operatorname{tg} S = 0,45800$ und endlich als Höhe der Sonne selbst $70^{\circ} 47' 41''$ folgt. Schon Cassendi vermutete zweifellos richtig, daß diese Zahl eigentlich auf den Nordrand der Sonnenscheibe bezogen sei, denn die Schattenstabmessungen der alten Astronomen benützten den vollen Schlag Schatten, also die Spitze jenes Schattenkegels, in welchem das Sonnenlicht ganz oder doch zum größten Teile ausgeschlossen war, berückichtigten aber nicht jenen Halbschattensaum, der durch die Scheibenform der Sonne notwendig entstehen muß. Um den wahren Winkel aus den alten Messungen zu finden, muß man daher einige Korrekturen anbringen, welche ich im folgenden selbst ohne Rücksicht auf Cassendi durchführe. Es ist nach der Messung des Pntheas also der Zenitabstand der Sonne gleich $90^{\circ} - 70^{\circ} 47' 41''$ gleich $19^{\circ} 12' 19''$. Dann können wir folgendermaßen verfahren:

Zenitdistanz des Pntheas	=	$19^{\circ} 12' 19''$
+ Sonnenradius am Sommer solstiz	+	$15' 43''$
+ Refraktion	+	$21''$
ergibt eine scheinbare Zenitdistanz zu		$19^{\circ} 28' 23''$
— Parallaxe	—	$3''$
ergibt den geozentrischen Zenitabstand zu		$19^{\circ} 28' 20''$
geogr. Breite von Marseille	+	$43^{\circ} 17' 20''$
— geozentr. Zenitdistanz	—	$19^{\circ} 28' 20''$
ergibt die Ekliptikdicke zu		$23^{\circ} 49' 0''$

Aus den Untersuchungen der Neuzeit ist allerdings bekannt geworden, daß die Ekliptikdicke an und für sich kein konstanter Wert ist, sondern daß sich auch die Erdbahnebene unter dem störenden Einflusse der anderen Planeten hebt und senkt, freilich so, daß sie mit ihrem Brennpunkt doch ungefähr im Sonnenzentrum festgelagert bleibt. Die Folge dieser Bewegungen ist, daß der Pol der Ekliptik kleine Kurven um einen mittleren Punkt beschreibt. Verschiedene Astronomen, zuletzt Newcomb, haben für diese Perturbationen Formeln abgeleitet, mittels deren sich der Verlauf der Ekliptikveränderungen wenigstens auf eine praktisch hinreichend lange Zeit mit angenäherter Genauigkeit berechnen läßt. Nach der Formel Newcombs war danach die Schiefe der Ekliptik am größten um das Jahr 7300 v. Chr. Geb., nämlich = $24^{\circ} 14' 39''$; sie wird am kleinsten werden um das Jahr 11 300 nach Chr. Geb., nämlich = $22^{\circ} 37' 56''$. Die Formel Newcombs liefert für die Zeiten, zu denen Tschou-Kong und Pntheas lebten, Werte, nach den die Messungen dieser Astronomen um 4 bzw. 5 Bogenminuten zu große Resultate ergeben hätten.

Ungefähr um das Jahr 200 v. Chr. Geb. wurden aber einige Messungen ausgeführt, die für uns ein besonderes, erhöhtes Interesse beanspruchen dürfen. Der Gelehrte, der sie ausführte, war der bekannte Geograph des Altertums Eratosthenes, der in Ägypten von 276 bis 194 v. Chr. Geb. lebte. Er verfolgte mit seinen Messungen wohl mehr geographische als astronomische Ziele. Er wurde unter dem König Ptolemaios Evergetes Vorsteher der berühmten Bibliothek zu Alexandria und hat seinen Namen als Leiter der ersten Gradmessung unsterblich gemacht, als der erste auch, der den Umfang des Erdmeridians bestimmte.*

Die Erdmessungen selbst wurden wahrscheinlich von den königlichen Erdmessern des Ptolemaios ausgeführt, wohl von denselben, die nach Marcianus Capella die Messungen zwischen Syene und Meroë vornahmen.

Eratosthenes betrachtete die Erdkugel als ruhend in der Mitte der Himmelskugel, so daß beide Kugeln dasselbe Zentrum hatten, eine Anschauung, die für diesen Zweck zu richtigen Resultaten führen mußte, sofern nur die Messungen genau ausgeführt waren. Bei flüchtigem Zusehen möchte man nun seine Zahlen für zu abgerundet und ihre Verhältnisse für zu einfach halten, so daß man glauben könnte, daß sie keinen Anspruch auf große Genauigkeit machen dürfen,

*) Es scheint uns allerdings, namentlich dann, wenn die Eröffnungen, die Dr. Fritz Koetlings Buch „Die kosmischen Zahlen der Cheopspyramide“ gewährt, zu Recht bestehend sich erweisen, daß schon Jahrtausende vor den Ptolemäern die vorpharaonischen Ägypter eine sehr genaue Kenntnis des Erdumfangs und noch viel weitergehender astronomischer Maßverhältnisse über das Planetensystem usw. besaßen. Eratosthenes könnte dann nur als der erste Wiedererenteder längst verschollenen Wissens bezeichnet werden, was seinen Ruhm gewiß nicht im geringsten schmälert. Der Verfasser.

und es ist wahrscheinlich, daß die scheinbaren Resultate auch ihm selbst nicht die Anschauung von mehr als rohen Annäherungen geben konnten. Korrigiert mit den Methoden der Neuzeit scheinen sie aber eines weit höheren Interesses für die Bestimmung der Schiefe der Ekliptik wert zu sein.

kleomedes beschreibt ausführlich das Verfahren des Eratosthenes zur Bestimmung des Erdumfanges. Er glaubte, daß Alexandria und Syene (letzteres ein wenig südlich vom heutigen Assuan gelegen) auf demselben Meridiane lägen. Dazu war es ihm bekannt, daß beim Sommerstiltium, wenn die Sonne durch den Wendekreis des Krebses ging, sie in Syene im Zenit erschien, denn der Gnomon des Horologiums warf dann keinen Schatten. Und er berichtet, daß diese Erscheinung sich über ein Gebiet von 300 Stadien Breite erstreckt. Wiewohl diese Zahl scheinbar nur rund angegeben ist, kommt sie doch, wie wir heute wissen, der Wirklichkeit außerordentlich nahe. Von einem Gnomon kann nämlich nur für Orter kein Vollschatten fallen, die in ihrem Zenit einen Punkt der Sonnenscheibe haben. Beim Sommerstiltium beträgt der Sonnendurchmesser 0,5239°. Rechnet man nun, wie allgemein angenommen, 1 griech. Stadion = 192 Meter, dann ergeben 300 Stadien 0,5174° des Erdumfanges. Hätte Eratosthenes sein Maß zu 304 Stadien angegeben, so würde es genau dem Sonnendiameter entsprochen haben.

— Plinius berichtet ergänzend außerdem noch, daß zur gleichen Zeit am Sommerjonnwendmittag, als der Gnomon in Syene keinen Schatten war, auch das Wasser in dem tiefen Schachtbrunnen der Stadt voll beleuchtet war, wodurch wieder hervorgeht, daß der tiefe Wasserspiegel dieses Brunnens senkrecht unter dem oberen (nördlichen) Rand der Sonnenscheibe lag. — Das Meßinstrument des Eratosthenes war ein Horologium, nach Capellas Beschreibung eine halbkugelförmige Kupferschale mit horizontalem Randkreis und einem kupfernen Dorn (Gnomon), der senkrecht fest in der Mitte des Schalenbodens stand und die gleiche Länge wie der Radius der Schale besaß, so daß die Spitze dieses Dorns mit dem Zentrum der Schale zusammenfiel. Kleomedes berichtet nun ausführlich, wie sich Eratosthenes der Horologien zu Syene und Alexandria bediente. Figur 1 (siehe Heft 6) läßt seine Darstellung sofort deutlich werden. Beide Dornspitzen stehen als Verlängerungen der Erdoberfläche senkrecht zur Erdoberfläche in den beiden Städten, und ihre Rückwärtsverlängerungen ins Erdinnere schneiden sich im Erdmittelpunkte. Verlängert man den Erdradius von Syene weiter hinaus in den Weltraum, so trifft er die Sonne, da diese im Zenit dieser Stadt steht. In Alexandria dagegen wirft der Gnomondorn einen kurzen Schatten in die Schale. Eratosthenes sagt sich nun, daß die Visierlinien zur Sonne, deren Entfernung er für unendlich groß annimmt, von Syene und Alexandria zueinander parallel sind. Weil nun die Linie Erdzentrum—Alexandria eine Gerade ist, welche die beiden Parallelen Sonne—Syene und Sonne—Alexandria schneidet, muß der Winkel beim Erdzentrum zwischen Syene und Alexandria notwendig gleich dem Winkel des Schattenbogens im Horologium zu Alexandria sein, was ohne Zweifel richtig ist, da es sich um Gegenwinkel zwischen Parallelen handelt.

Eratosthenes fand nun, daß der Schattenbogen in der Schale zu Alexandria gleich $\frac{1}{50}$ des ganzen Kreisumfanges ausmachte, und schloß also, daß auch die Winkelentfernung (Breitendifferenz) zwischen Alexandria und Syene $\frac{1}{50}$ des ganzen Erdumkreises (Erdmeridians) ausmachen müsse. Nachdem die Entfernung von Syene bis Alexandria durch maßstäbliche Abmessung der Geometer gleich 5000 Stadien befunden worden war, mußte der Erdumfang 50 mal so groß sein.

(Schluß folgt.)

Zum Problem der Klimaänderung.

Die bis in den Anfang dieses Jahrhunderts allgemein verbreitete Annahme einer Verschlechterung des Klimas infolge stetig fortschreitender Abkühlung der Erde und Sonne hat sich nach neueren Untersuchungen nicht aufrecht erhalten lassen*. Überall auf der Erde zeigen sich so deutliche und auffallende Merkmale, daß an einer Klimaänderung im entgegengeetzten Sinne nicht mehr zu zweifeln ist. Das Innere aller großen Kontinentalmassen unterliegt einem zwar langsamen, aber unverkennbaren Austrocknungsprozeß, der Ausbreitung vorhandener und der Bildung neuer Wüstengebiete. Zahlreiche Binnenseen werden kleiner, versumpfen,

versanden und verschwinden schließlich ganz, ebenso verlieren viele Flüsse ihren Wasserreichtum durch Verjagen von Quellen und Nebenflüssen, um nach und nach nur noch zu bestimmten Jahreszeiten Wasser zu führen und endlich völlig auszutrocknen. Der Tschadsee und der Stephaniese mit ihren teils schon versandeten Stromsystemen in Zentral-Afrika, der Loop-Nor mit seinem verödeten Wüstengebiet in Zentral-Asien, der große Salzsee mit seiner Umgebung in Nordamerika, das furchtbare Innere von Australien und Arabien legen überwältigendes Zeugnis ab für den unaufhaltsamen Austrocknungsprozeß der großen Ländermassen, dem später auch das heute noch wasserreiche Südamerika unfehlbar folgen wird. Im Einklange damit steht die einwandfrei nachgewiesene Abnahme der weitaus meisten Gletscher der Erde. Es werden einst die Alpen ihren schönsten Schmuck verlieren, der Simla-Ndschato, der Himalaya, die Anden in späteren Tagen ihre von Firn und Eis entblößten fahlen Felsenzinnen gen Himmel recken; auch Island wird voraussichtlich in ferner Zukunft seinen Vatna Jökull, Grönland seinen gewaltigen Eispanser einbüßen. Es ist sogar anzunehmen, daß selbst die Polareismassen einmal wieder verschwinden werden, denn auch hier sind schon Anzeichen einer Abnahme vorhanden.

Zu diesen eindrucksvollsten Zeugnissen für ein Wärmerwerden des Klimas gefellen sich noch viele andere, insbesondere der Untergang ganzer Städte und Siedlungen, wie in Ägypten, Mesopotamien, Arabien, in dem schon genannten Loop-Nor-Gebiet, in Mexiko usw., wo verfallene Ruinen von einer längst verschwundenen hohen Kultur eine ernste Sprache reden, die sich mit keinem Argument hinwegdisputieren läßt. Vor kurzem hat auch der Ornithologe W. Schuster von Forstner aus biologischen Gründen die Wiederkehr eines wärmeren, subtropischen Klimas mit tertiärzeitähnlichen Lebensverhältnissen vorausgesagt. Es sollen wieder ähnliche Zeiten kommen wie vor dem großen Klimasturz im Diluvium, wo das Nilpferd in der Themse badete und der Pelikan bei Nördlingen brütete. Diese Annahme begründet er besonders auf Erscheinungen des Vogelfluges und der Tierwanderungen. Viele Tierarten, allein 70 Vogelarten, dehnen ihr Verbreitungsgebiet gegenwärtig immer mehr nach Norden aus; eine sehr große Anzahl von Zugvögeln wandelt sich allmählich in Standvögel um, und zahlreiche Arten, die durch die Eiszeit nach Osten verdrängt wurden, wandern langsam wieder nach Westen zurück.

Wenn es nun feststeht, daß die Erde durch Strahlungsverlust immer mehr abkühlt, kann die tatsächlich vorhandene Wärmezunahme nur allein in zwei Faktoren gesucht werden: einem tellurischen, der Abnahme der Bevölkerung, und einem kosmischen, der Zunahme der Sonnenstrahlung. Die Abnahme der Bevölkerung darf man indessen für einen mehr untergeordneten Faktor ansehen, weil der im Meere aufgespeicherte Wasservorrat der Erde noch außerordentlich groß ist und durch Wasserstoffverlust in den Weltraum sicher nur langsam abnimmt. Dagegen ist die Zunahme der Sonnenstrahlung, ohne die keine Zunahme der Erdoberflächentemperatur denkbar wäre, von größter Tragweite. Sie hat ihren Ursprung in der Sonne selbst, die keineswegs, wie man leider noch heute in allen astronomischen und astrophysikalischen Werken, einschließlich der streng wissenschaftlichen, lesen muß, schon zu den sog. gelben Sternen, d. h. zu den schon über das Strahlungsmaximum vorgeschrittenen glühenden Körpern, sondern noch zu den blauen Sternen gehört, zu den Körpern, die stofflich oder chemisch noch unfertig sind. Der die Sonnenwärme erzeugende Gravitationsdruck bringt bis auf weiteres im Sonnenkörper einen Wärmeüberschuß hervor, und zwar so lange noch, bis die Stoff-Assoziation zu Elementen im allgemeinen vollendet ist — die auf der Sonne durch die Spektralanalyse nachgewiesenen Stoffe sind noch keine „Fertigprodukte“, wie die chemischen Elemente unserer Erde, sondern charakterisieren sich durch ihre Linienarmut als erst in der Bildung stehende Materie. Auf lange Zeit hinaus, vielleicht Millionen von Jahren nimmt daher die Sonnenwärme noch zu und damit ihre Strahlung — diese nach dem Stefan-Boltzmannschen Gesetz sogar sehr erheblich. Wir gehen also in der Tat einem wärmeren Klima entgegen, das kaum noch eine größere Eiszeit aufkommen lassen wird, bis dereinst, in Aeonen von Jahren, endlich auch die Sonne ihn Strahlungsmaximum überschritten haben und dann wirklich zu einem gelben Sterne herabgesunken sein wird.

Arthur Stenkel.

*) Siehe A. Stenkel: „Die Ausdorrung der Kontinente“ in der Naturwissenschaftlichen Wochenschrift 1905, „Die Eiszeit“, ebenda 1906, „Säkulare Klimaänderungen“ im „Weltall“ 1906 und die Aufsätze über dieselben Themata in dieser Zeitschrift.