ет" одних лишь фессалийцев – они, де, для этого недостаточно учены. В Фессалии и для Фессалии Симонид написал многое. Поэтому, начиная с Виламовица, анекдот считают чистой выдумкой. Поддержать авторитет Плутарха пытался Ван Гронинген: "обман" равнозначен сюжету; в фессалийских композициях Симонида якобы отсутствовали мифы. Принять эту гипотезу, помимо общих оснований (полноценный эпиникий без мифа едва ли возможен; наивной публике сказки нравятся больше поучений), мешают долгая сюжетная часть в единственном фессалийском эпиникии Пиндара и античные свидетельства об адресованной фессалийскому князю оде Симонида, с такой же обширной "partie mythique". Однако и со скептиками трудно согласиться – хотя бы потому, что фессалийские стихи Симонида были знакомы его биографам. Признать аутентичным высказывание поэта в том виде, в каком его приводит Плутарх, видимо, невозможно. Попытка реконструировать подлинную мысль Симонида, трансформировавшуюся в известное Плутарху ироническое изречение, должна опираться на сравнительный материал: тема обмана часто возникает у авторов эпиникиев в связи с мифологическими сюжетами. "Обманывать" не означает "сочинять мифологические сюжеты", но – "искажать предание". Свободно варьируя миф, поэт убеждает слушателей, что его версия правдивее, историчнее. Каждый при этом изобретает свое средство убедить в истинности вымысла: Пиндар причисляет уверовавших к избранным, способным разглядеть неявное; Вакхилид, напротив, упирает на очевидность. Симонид сразу и хвалит своих заказчиков, и указывает на доступность истины. Фессалийцы могут быть уверены: рассказ поэта правдив, потому что обращен к слушателям прямодушным, имеющим все основания не доверять риторике. Таким людям поэт, умеющий искусно лгать, говорит только правду. Лесть, столь естественная у одописцев, плохо совмещалась с образом иронически настроенного мудреца (каким мы видим Симонида в "Гиероне" Ксенофонта). Ранняя биографическая традиция трансформировала слова лирика о правде для простосердечных фессалийцев в анекдот о мудром поэте, не удостаивавшем неучей своего обмана.

ANAXAGORAS UND DIE GRÖßE DER SONNE*

Intro

Plutarch, Hippolyt und Diogenes Laertius berichten, daß Anaxagoras (500–428 v. Chr.) die Größe der Sonne mit dem Peloponnes verglich. Ich will in diesem Aufsatz zeigen, daß Anaxagoras keineswegs von Sinnen war, als er diese Aussage machte, sondern daß dieser Vergleich eine durchaus vernünftige Einschätzung war, und zwar auf Grund seiner Sichtweise, nämlich der einer flachen Erde. Speziell will ich dartun, daß Anaxagoras mittels der seinerzeit verfügbaren Instrumente (Gnomon, Klepsydra, Guckrohr) sowie des damals verfügbaren mathematischen Wissens (die Eigenschaften ähnlicher Dreiecke, einfache Proportionen und der Satz des Pythagoras) in der Lage gewesen sein muß, Verfahren anzuwenden und Berechnungen auszuführen, die erforderlich sind, um das genannte Resultat zu erreichen.

Man muß zunächst betonen, daß, wie man bei Aristoteles nachlesen kann, Anaxagoras die Erde als flach ansah (*De Caelo* 294 b 14). Dmitri Panchenko hat überzeugend dargetan, daß Anaxagoras wenigstens *ein* Argument zur Stützung seiner Auffassung angeführt hat.[1] Bei Aristoteles liest sich das wie folgt (293 b 34 ff.): "Einige (denken, daß die Erde) flach ist und die Form einer Trommel hat. Sie führen als Beweis an, daß die Sonne, wenn sie auf- bzw. untergeht, mittels einer geraden und nicht einer gekrümmten Linie vom Horizont aus der Sicht abgeschnitten wird, während die Schnittlinie notwendigerweise gebogen sein müßte, wenn die Erde kugelförmig wäre".[2] Die Tatsache,

* Ich bin Herrn Dr. B. J. Mansfelt Beck (Universität Leiden) dankbar für seine freundliche und wertvolle Hilfestellung in Sachen chinesische Astronomie sowie Herrn Prof. Teije de Jong (Universität von Amsterdam), der mir die Gelegenheit gab, mit ihm den Text dieses Aufsatzes zu diskutieren. Meinem Bruder Jan Couprie danke ich für seine Hilfe bei den Berechnungen, die diesem Text zugrundeliegen. Weiterhin danke ich Herrn Dr. Joachim Aul für die Übersetzung dieses Aufsatzes. Selbstverständlich ist keiner der genannten Personen für eventuelle Fehler in meinen Ausführungen verantwortlich.

[1] D. Panchenko, "Anaxagoras' Argument against the Sphericity of the Earth", *Hyperboreus* 3 (1997): 1, 175–178.

[2] An anderer Stelle habe ich gezeigt, daß Aristoteles beim Parieren dieses und anderer Argumente für die Flachheit der Erde Schwierigkeiten hatte. Vgl. D. L. Couprie & H. J. Pott, "Die Angst zu fallen. Himmel und Erde in der antiken Kosmologie", *Prima Philosophia* 19 (2005) 28–34.

daß Anaxagoras an die Flachheit der Erde glaubte, wirft ein spezielles Problem auf, wenn wir versuchen zu verstehen, was er mit seinem Vergleich im Auge hatte, da uns die Vorstellung einer flachen Erde fremd ist. Sowohl die Geographie als auch die Astronomie führen, wenn sie auf die Vorstellung gegründet sind, die Erde sei flach, zu Schlußfolgerungen, die erheblich von dem abweichen, was sich aus der Vorstellung einer kugelförmigen Erde ergibt.

Die Quellen und frühere Interpretationen

Werfen wir zunächst einen genauen Blick auf die Quellen. Plutarch teilt mit, gemäß Anaxagoras sei "die Sonne viel größer (πολλαπλάσιον) als der Peloponnes", Hippolyt läßt wissen, daß "die Sonne den Peloppones an Größe übertrifft (ὑπερέχειν)", und Diogenes Laertius sagt: "Die Sonne ist größer als (μείζω) der Peloponnes" (59 A 72, A 42 [8] und A 1 [8] DK). Gershenson und Greenberg rubrizieren diese Mitteilungen unter dem Titel "late traditions whose validity is uncertain".[3] Der Vergleich zwischen der Sonne und dem Peloponnes ist dermaßen ungewöhnlich und überraschend, daß man sich kaum vorstellen kann, ein Doxograph habe sich ihn ausgedacht. Wir dürfen nicht vergessen, daß Plutarch und die anderen Doxographen zu einer Zeit lebten, wo bekannt war, daß die Sonne sich in weiter Entfernung befindet und sehr groß ist. Sie lebten erheblich später als Aristarch, der als erster versuchte, die Entfernung zwischen Erde und Sonne zu messen, und der zu dem Schluß gelangte, daß "der Abstand der Sonne zur Erde mehr als achtzehn, aber weniger als zwanzig mal den Abstand des Mondes zur Erde ausmacht", und daß "der Durchmesser der Sonne mehr als achtzehn, aber weniger als zwanzig mal den Durchmesser des Mondes beträgt".[4] Die Doxographen hatten somit keinen Grund, sich einen so merkwürdigen Vergleich wie den zwischen der Sonne und dem Peloponnes auszudenken. Außerdem gehen (gemäß Diels[5]) diese Mitteilungen auf Theophrast zurück, der wahrscheinlich noch Zugang zu den Schriften des Anaxagoras hatte. Wir können schließen, daß der Vergleich der Sonne mit dem Peloponnes auf die eine oder andere Weise von Anaxagoras selbst angestellt wurde.[6]

---

[3] D. E. Gershenson & D. A. Greenberg, *Anaxagoras and the Birth of Physics* (New York 1964) 352. Die Autoren führen auch noch Eusebius und Theodoretus an, die Plutarchs Version wiederholen.

[4] Propositionen 7 und 9 von Aristarchs Abhandlung über die Abstände von Sonne und Mond, zitiert nach T. Heath, *Aristarchus of Samos. The Ancient Copernicus* (Oxford 1915) 377 u. 383.

[5] Vgl. H. Diels, *Doxographi Graeci* (Berlin 1879) 138.

[6] Vgl. D. Fehling, "Das Problem der Geschichte des griechischen Weltmodells vor Aristoteles", *RhM* 128 (1985) 209: "Anaxagoras' Angabe sieht nicht wie aus der Luft

Wenn wir den Text etwas genauer in Augenschein nehmen, fällt noch etwas anderes auf. Es ist doch merkwürdig – ohne Anführung weiterer Bezugsgrößen zu behaupten, die Sonne sei größer als der Peloponnes. Wenn man etwas Sinnvolles sagen wollte, dann doch wohl ungefähr dies: "Die Sonne ist größer als der Peloponnes, *aber kleiner als Griechenland*", oder "Die Sonne ist *zehn mal so groß wie* der Peloponnes" oder wohl gar: "Die Sonne ist *ein bißchen* größer als der Peloponnes". Es fällt auf, daß letzteres die Art und Weise ist, in der die Autoren, auf deren Kommentar ich eingehen werde (Dreyer, West, Sider und Fehling[7]), explizit oder implizit die Texte lesen, ohne daß sie jedoch erklären, warum man "*ein bißchen* größer als" lesen soll, während in den Texten "(viel) größer als" steht. Wie auch immer es darum bestellt sein mag – ich selbst habe die Neigung, noch einen Schritt weiter zu gehen, indem ich bezweifle, daß Qualifikationen wie "größer als" und "viel größer als", welche die Doxographen dem Wort "Peloponnes" anhängen, in der Tat zurückgehen auf das, was Anaxagoras wirklich gesagt hat. Offensichtlich sind diese Beifügungen Ausdruck eines unwohlen Gefühls, das die Doxographen gehabt haben müssen, als sie lasen, daß Anaxagoras die Größe der Sonne mit der des Peloponnes verglich. Sie sehen aus wie ein Versuch, diesen merkwürdigen Vergleich ein wenig annehmlicher zu machen. Aus diesen Gründen denke ich, daß Anaxagoras ursprünglich so etwas wie "Die Sonne ist ungefähr so groß wie der Peloponnes" gesagt haben muß.

Eine andere Mitteilung von Plutarch, die nicht in DK aufgenommen ist, besagt, daß gemäß Anaxagoras "der Mond genau so groß (ist) wie der Peloponnes".[8] Zwei Merkmale dieser Passage fallen ins Auge. Das erste ist, daß es hier der Mond ist und nicht die Sonne, der mit dem Peloponnes verglichen wird. Das zweite ist, daß hier die Beifügung "viel größer als" fehlt, oder, um es positiv zu formulieren, es wird behauptet, daß der Mond genau so groß ist wie der Peloponnes. Auf den ersten Blick scheint nun alles deutlich zu sein: Anaxagoras hat die absolute Größe des Mondes gemessen (so groß wie der Peloponnes), und er schloß daraus auf die relative Größe der Sonne (größer als der Mond, d. h. größer als der Peloponnes).[9] Wir können allerdings

---

gegriffen aus, wie ein bloßes Synonym zu 'ungeheuer groß', sondern eher wie eine Schätzung auf Grund vernünftiger Annahmen".

[7] Fehling (o. Anm. 6) 209: "vielfach so groß nach Aëtius (auf den, gemäß Diels, der Text von Plutarch zurückgeht.– *D. L. C.*), ihm war das Richtige nicht groß genug".

[8] Plutarch, *De facie in orbe lunae* (932 a 8), nicht in DK. Vgl. Gershenson & Greenberg (o. Anm. 3) 123 (Nr. 189).

[9] So liest H. Görgemanns, *Untersuchungen zu Plutarchs Dialog De facie in orbe lunae* (Heidelberg 1970) 135 (24) den Text. Vgl. auch D. Panchenko, "Eudemus Fr. 145 Wehrli and the Ancient Theories of Lunar Light", in: I. Bodnár & W. W. Fortenbaugh, *Eudemus of Rhodes* (New Brunswick – London 2002) 333 Anm. 24.

bezweifeln, daß Anaximander tatsächlich in der Lage war, die absolute Größe des Mondes zu messen, es sei denn, wir nehmen (mit West) an, daß er fehlerhaft argumentierte. West suggeriert, daß Anaxagoras Berichte über die Sonnenfinsternis vom 19. Mai 557 v. Chr. gesammelt hat. Diese Eklipse war total über eine Bahn von ungefähr 80 km, die von Westen nach Osten über den Peloponnes lief. Anaxagoras soll dann irrtümlich gefolgert haben, "daß der Schatten des Mondes dasselbe Ausmaß haben muß wie der Mond selbst".[10] Dies ist höchst unwahrscheinlich, nicht nur deswegen, weil diese Sonnenfinsternis mehr als fünfzig Jahre vor Anaxagoras' Geburt stattgefunden hat, wie West selbst einräumt, sondern auch weil dies voraussetzt, daß Anaxagoras von den Gesetzen der Perspektive keine Ahnung gehabt habe.[11] Darum bin ich mit Fehling einverstanden, der der Meinung ist, daß Plutarch schlichtweg die Mitteilung über die Größe der Sonne auf den Mond übertragen hat.[12] Ich meine dann auch, daß wir in diesem Text eine Spur der ursprünglichen Worte von Anaxagoras vor Augen haben. Wenn wir hier "Sonne" statt "Mond" lesen, dann steht an dieser Stelle, daß gemäß Anaxagoras die Sonne so groß ist wie der Peloponnes. Wie dem auch sei – das wenigste, was wir sagen können, ist, daß Anaxagoras beim Nachdenken über die Maße der Sonne aus irgendwelchen Gründen den Peloponnes zum Bezugspunkt wählte.

Fehling nimmt, wie gesagt, an, daß gemäß Anaxagoras die Sonne *ein bißchen* größer ist als der Peloponnes, und behauptet, ziemlich willkürlich, daß ihr Durchmesser ungefähr 250 km beträgt. Auf Grund dessen berechnet er, daß der Durchmesser der Bahn der Sonne um die Erde zwischen 15 000 und 60 000 km liegen muß, je nach Schätzung des Winkelkdurchmessers der Sonne.[13] Fehlings Text liest sich wie ein Kommentar zur lapidaren Bemerkung von Dreyer: "therefore (the sun is) at not a very great distance from the earth".[14] Welche Gründe Anaxagoras gehabt haben könnte, die Sonne relativ nahe der Erde anzusiedeln, lassen sie uns jedoch nicht wissen, geschweige denn, daß sie uns erklären, *warum* die Sonne das Ausmaß des Peloponnes haben soll.

Sider verwendet eine Argumentation, die der von West entspricht. Seiner Meinung nach habe Anaxagoras die minimale Größe der Sonne mit Hilfe der Sonnenfinsternis vom 30. April 463 v. Chr. schätzen können. Die Breite der Bahn dieser Eklipse (d. h. des Mondschattens auf der Erdoberfläche), die über Griechenland zog, betrug 219 km (Abb. 1). Anaxagoras "may have reached a similar figure by asking as many people as he could to ascertain who saw a full and who a partial eclipse"[15]. Da nun, so Sider, Anaxagoras mit den Gesetzen der Perspektive vertraut war, kann er gefolgert haben, daß die Sonne größer ist als 219 km, d. h. größer als der Peloponnes. Dies sieht wie ein elegantes Argument aus. Ich habe jedoch drei Einwände. Soweit mir bekannt ist, gibt es keine einzige Quelle, aus der hervorgeht, daß die Griechen, oder welches Volk im Altertum auch immer, sich um die Breite der Bahn einer Sonnenfinsternis kümmerten. Sodann lief die Bahn der Eklipse, wie aus neueren Berechnungen hervorgeht,[16] von Thessalien bis nach Makedonien, und nicht über den Peloponnes, wie Sider sich das erhofft hat.[17] Es dürfte Anaxagoras demnach recht schwer gefallen sein, sich die erforderlichen Befunde zu verschaffen. Und schließlich ist, ganz allgemein, das stärkste Argument gegen Siders Suggestion, daß man auf der Grundlage einer Sonnenfinsternis keine einzige Folgerung mit Blick auf die absolute Größe der Sonne oder des Mondes ziehen kann, es sei denn, man kennt die Entfernung sowohl der Sonne als auch des Mondes zur Erde.[18] Sider läßt uns jedoch im Unklaren darüber, ob, und wenn ja, wie Anaxagoras diese Entfernungen hätte messen können. Wir werden im weiteren Verlauf sehen, wie er dies getan haben könnte, und auch, daß er nicht auf eine Sonnenfinsternis zu warten brauchte, um die Größe der Sonne zu messen.

Anaximander und der Abstand der Sonne zur Erde

Die Frage lautet: Wenn Anaxagoras die Sonne mit dem Peloponnes verglich – warum tat er dies, und hatte er damit recht – aus seiner Sichtweise? Wir wollen zunächst sehen, ob es möglich ist, den Abstand der Erde zur Sonne zu messen, wenn man davon ausgeht, daß die Erde flach ist. Nach der Doxographie war Anaximander der erste, der den Abstand der

---

[10] Vgl. M. L. West, *Early Greek Philosophy and the Orient* (Oxford 1971) 233 Anm. 1.

[11] Vitruvius, *De archit.* 7, pr. 11, berichtet explizit, daß Anaxagoras über Perspektive schrieb. Andererseits war sich Anaxagoras offensichtlich nicht darüber im Klaren, daß, falls die Sonne kleiner ist als die Erde, "then the moon would be eclipsed night after night": D. O'Brien, "Derived Light and Eclipses in the Fifth Century", *JHS* 88 (1968) 124.

[12] Fehling (o. Anm. 6) 209 Anm. 38.

[13] Fehling (o. Anm. 6) 209–210. Gemäß Fehling variierten die frühen Messungen des Winkelkdurchmessers der Sonne von 0.5° bis 2°. Zur Bedeutung der Messung des Winkelkdurchmessers der Sonne in diesem Zusammenhang siehe unten.

[14] J. L. E. Dreyer, *A History of Astronomy from Thales to Kepler* (New York 1953) 31.

[15] D. Sider, "Anaxagoras on the Size of the Sun", *ClPh* 86 (1973) 129.

[16] Siehe http://sunearth.gsfc.nasa.gov/eclipse/SEatlas/SEatlas-1/SEatlas-0479.GIF.

[17] Sider (o. Anm. 15) 129 Anm. 12.

[18] Siehe auch Fehling (o. Anm. 6) 209 Anm. 40: "der kaum realistische Versuch von D. Sider".

Sonne mittels einer Zahl ausdrückte. Er stellte sich die Sonne als einen unsichtbaren Ring um die Erde vor, gefüllt mit Feuer, das wir nur an einem einzigen Punkt sehen können, nämlich dort, wo sich eine Öffnung in diesem Ring befindet, wo also das Feuer hindurchscheint. Dieses Sonnenrad ist, so sagt er, 27 mal die Erde. Diels nimmt an, dies habe zu bedeuten, daß der Durchmesser des Sonnenrades 27 mal den Durchmesser der Erde beträgt.[19]

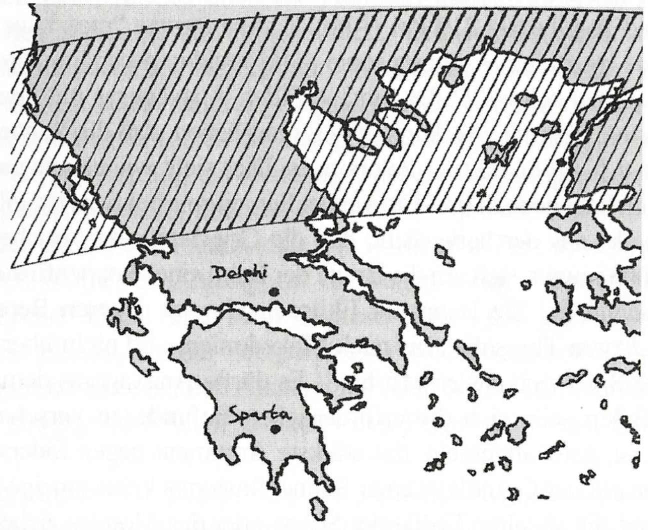

Abbildung 1. Die Bahn der Sonnenfinsternis vom 30. April 463 v. Chr.

Eine unerwartete Konsequenz von Anaximanders Zahlen ist, daß es keinen Ort auf der Erde gibt, wo die Sonne auch nur einen Moment im Zenith steht. Eine einfache Zeichnung kann dies illustrieren (vgl. Abb. 2). Um diese Zeichnung verstehen zu können, müssen wir uns kurz mit der Geographie der flachen Erde beschäftigen. Die alten Griechen glaubten, daß Delphi (38,4° NB) der Nabel ihrer flachen und runden Erde sei. Wir können eine Linie durch Delphi ziehen, die von Westen nach Osten verläuft. Diese Linie, welche auch ungefähr zwischen den Säulen des Herakles im Westen (36° NB) und durch Milet (37,5° NB) im Osten

[19] H. Diels, "Über Anaximanders Kosmos", *Archiv für Geschichte der Philosophie* 19 (1897) 231. Siehe jedoch meine Erörterung von Anaximanders Zahlen, in: D. L. Couprie e. a., *Anaximander in Context* (Albany 2003) 211–213, wo ich die Auffassung vertrete, daß Anaximanders Zahlen statt mit den Durchmessern der Himmelsräder mit ihren Strahlen (halben Durchmessern) zu tun haben. Dieselbe Auffassung vertritt M. Conche, *Anaximandre. Fragments et témoignages* (Paris 1991) 210.

läuft, teilt die flache Erde in zwei gleiche Teile, eine nördliche und eine südliche Hälfte. Heidel bezeichnete diese Linie als "Ionian equator", weil ionische Geographen wie Anaximander und Hecataeus die ersten Griechen waren, die eine Weltkarte entworfen haben.[20] Man beachte, daß dieser "Äquator" einen ganz anderen Verlauf hat als der, an den wir uns auf einer kugelförmigen Erde gewöhnt haben. Nördlich des "ionischen Äquators" wird das Klima immer kälter, bis wir in eine Gegend gelangen, wo mythische Völker wie die Hyperboräer wohnen. Je weiter wir uns jedoch

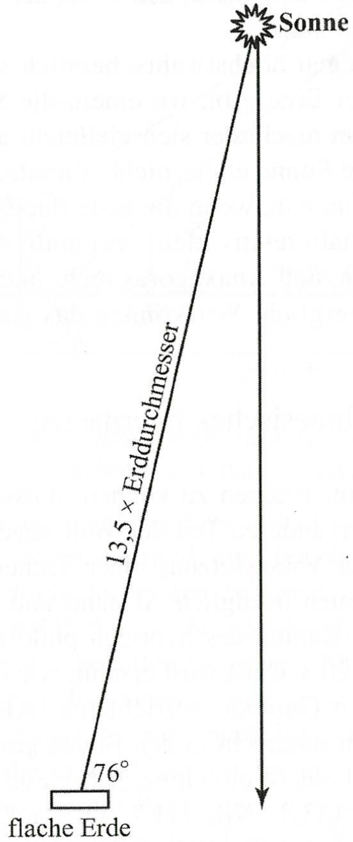

Abbildung 2. Auf Anaximanders Erde steht die Sonne niemals im Zenith

nach Süden hin bewegen, wird es immer wärmer, bis wir die Gebiete erreichen, wo die Menschen leben, die von der Sonne schwarz verbrannt

[20] Vgl. W. A. Heidel, *The Frame of the Ancient Greek Maps* (New York 1937) 19–21.

sind. Auf dem "ionischen Äquator" steht die Sonne nicht im Zenith, im Gegensatz zum Äquator auf kugelförmiger Erde. Anaximander muß wohl gedacht haben, daß Milet, wo er lebte, auf oder ganz in der Nähe des "Äquators" seiner flachen und runden Erde lag. Die größte Höhe, welche die Sonne in Milet während des Sommersolstitiums erreicht, ist 76° (52,5° + die Neigung der Ecliptica, die 23,5° beträgt). Abbildung 2 macht deutlich, daß es auf Anaximanders Erde keinen Ort gibt, wo die Sonne jemals im Zenith steht.[21] Entweder war sich Anaximander dieser Konsequenz nicht bewußt, oder er wußte nicht, daß es auf der Erde Orte gab, wo die Sonne im Zenith stehen kann.

Anaxagoras wird dagegen höchstwahrscheinlich sehr wohl gewußt haben, daß es Orte auf der Erde gibt, wo einem die Sonne direkt über dem Kopf steht, und darum machte er sich vielleicht auch klar, daß mit Anaximanders Zahl für die Sonne etwas nicht stimmte. Die Konsequenz von Abbildung 2 liegt darin, daß, wenn die Erde flach ist, die Sonne der Erde relativ nahe und deshalb relativ klein sein muß. An sich sollte dies genügen um zu illustrieren, daß Anaxagoras recht hatte, als er die Sonne mit dem Peloponnes verglich. Wir können das jedoch näher präzisieren.

Ein chinesisches Intermezzo

Um den nächsten Schritt machen zu können, müssen wir uns einige Jahrhunderte später in einen anderen Teil der Welt begeben, wo Astronomen, die gleichfalls von der Voraussetzung einer flachen Erde ausgingen, sich mit denselben Problemen bezüglich Abstand und Größe der Sonne herumschlugen. Im dritten Kapitel des hybriden philosophischen Buches *Huai nan tzu*[22] (ungefähr 120 v. Chr.) wird erzählt, wie chinesische Astronomen einen 10 *chi* langen Gnomon aufrichteten (AB in Abb. 3). Ein Gnomon ist schlichtweg ein senkrecht in den Boden gesteckter Stock, der als Sonnenuhr fungiert; ein *chi* ist ein chinesischer Fuß. Die Astronomen hielten sich in Yangcheng (33,3° NB, 111,7° ÖL) auf, an dem Ort, wo normalerweise die Wahrnehmungen mit dem Gnomon vorgenommen wurden.[23] Am Tag der Sommersonnenwende, ungefähr zur Mittagszeit, nahmen sie wahr, daß ihr Gnomon einen Schatten (BX) von 2 *chi* warf. Das ist der Fall, wenn der Winkel bei X – das ist also die Höhe in Graden der Sonne über dem südlichen Horizont – 78,7° beträgt.[24]

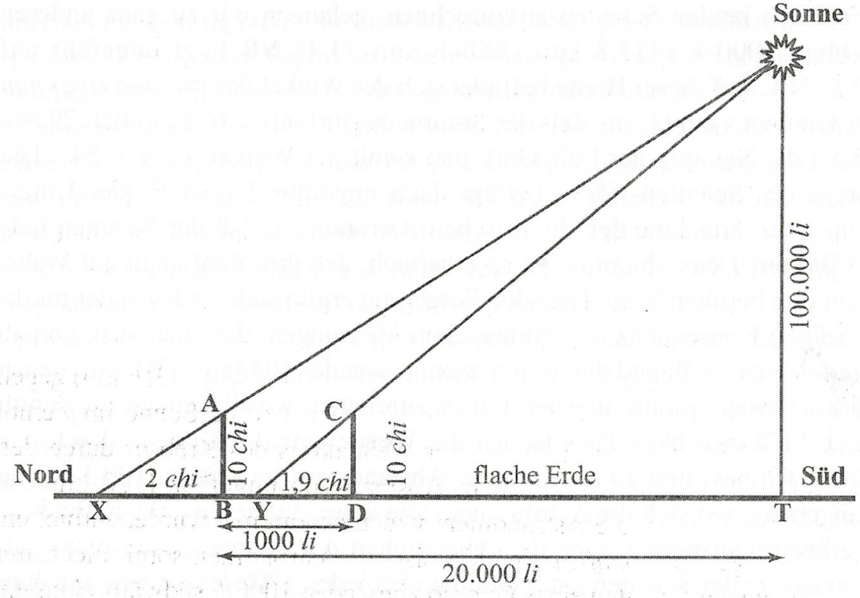

Abbildung 3. Wie chinesische Astronomen den Abstand der Sonne gemessen haben (nicht maßstabsgerecht)

Sie gingen nun davon aus, daß im selben Moment ein zweiter Gnomon (CD), der sich in einem Abstand von 1000 *li* (ein *li* ist eine chinesische Meile) genau südlich des ersten befindet, einen Schatten (DY) von 1,9 *chi* wirft (1 *li* = 415,8 m; 1 *chi* = 1/1500 *li* = 27,72 cm).[25] Sie folgerten, daß es, wenn der Schatten für jede 1000 *li* südwärts 1 *cun* kürzer wird (ein *cun* ist ein chinesischer Daumen und ist gleich 1/10 *chi*, also 2,772 cm), einen Punkt T geben muß, und zwar in einem Abstand von 20 000 *li* südlich des ersten Gnomon, wo ein Gnomon gar keinen Schatten mehr wirft. An diesem Punkt muß die Sonne genau im Zenith stehen. Da nun die Proportionen von Dreieck XAB dieselben sind wie die von Dreieck XST, und AB : BX = 10 : 2 = 5 : 1, konnten sie die Länge von ST ausrechnen, nämlich 5 × 20 000 *li* = 100 000 *li*, und das ergibt

[21] Die Zeichnung entspricht der Interpretation von Diels. In meiner eigenen Interpretation (siehe o. Anm. 19) ist der Effekt noch krasser.

[22] Zitiert in J. Needham, *Science and Civilization in China* III (Cambridge 1959) 225.

[23] Vgl. C. Cullen, *Astronomy and Mathematics in Ancient China. The Zhou bi suan jing* (Cambridge 1996) 222.

[24] $\tan^{-1}(10/2) = 78{,}69$.

[25] Normalerweise nimmt man an, daß ein *li* ungefähr 500 Meter beträgt, aber Dubs hat berechnet, daß der *li* der Han-Dynastie 415,8 Meter betrug. Vgl. H. H. Dubs, *The History of the Former Han Dynasty by Pan Ku* III (Ithaca, N. Y. 1955) 160 Anm. 7.

41 580 km.[26] In dieser relativ einfachen Weise waren sie somit in der Lage, den Abstand der Sonne zur Erde zu messen.

Wenn wir jedoch versuchen, den wirklichen Längenunterschied zwischen den beiden Schatten auszurechnen, gelangen wir zu ganz anderen Zahlen. 1000 *li* (415,8 km) südlich von 33,3° NB liegt ungefähr auf 29,5° NB. Auf dieser Breite befindet sich der Winkel des zweiten *Huai nan tzu*-Gnomons bei C, zur Zeit des Sommersolstitiums = 6° (nämlich 29,5°–23,5°, die Neigung der Ecliptica), und somit der Winkel bei Y = 84°. Die Länge des Schattens (DY) beträgt dann ungefähr 1,1 *chi*.[27] Der Unterschied zur Annahme der chinesischen Astronomen, daß der Schatten jede 1000 *li* um 1 *cun* abnimmt, ist so erheblich, daß ihre Zahl nicht auf Wahrnehmung beruhen kann. Dieselbe Folgerung ergibt sich auch aus der merkwürdigen Konsequenz der chinesischen Messungen, daß man sich, gemäß *Huai nan tzu*, während der Sommersonnenwende 20 000 *li* (8316 km) gegen Süden bewegen muß, um den Ort zu erreichen, wo die Sonne im Zenith steht. In Wirklichkeit läuft jedoch der Wendekreis des Krebses durch den Süden Chinas, und zwar in einem Abstand von ungefähr 1100 km von Yangcheng, wo sich die Astronomen, wie angenommen wurde, aufhielten. Merkwürdigerweise *maßen* die chinesischen Astronomen somit nicht, mit wieviel *cun* der Schatten eines Gnomon bei jeden 1000 *li* südwärts abnahm. Sie *nahmen* schlichtweg *an*, daß dies 1 *cun* per 1000 *li* war. Der Text suggeriert, daß dies eine Art Offenbarung war.[28] Kürzlich hat Dmitri Panchenko die Vermutung geäußert, daß sie diese Methode von einem griechischen Vorbild übernommen haben, wobei sie ganz einfach für die ursprünglichen Maßbezeichnungen chinesische einsetzten.[29]

Ich gestatte mir noch eine letzte Bemerkung zu diesen alten chinesischen Berechnungen. Genau genommen maßen die Chinesen nicht *den* Abstand der Sonne zur Erde, sondern einen der vielen möglichen Abstände. Was sie tatsächlich maßen, ist der größte Abstand. Auf einer flachen Erde variiert der Abstand zwischen Sonne und Erde je nach Zeit und Ort. Nicht nur steht (seltsam genug) die Sonne zur Winterzeit der flachen Erde näher als zur Sommerzeit – sie steht zudem abends der Erde näher als mittags. Das ist einfach zu begreifen, wenn wir uns eine flache Erde vorstellen mit einem Durchmesser, der beinahe genauso groß ist wie der Durchmesser der Sonnenbahn um die Erde. Offensichtlich waren die chinesischen Astronomen sich dessen bewußt, denn der *Huai nan tzu*, von dem angenommen wird, daß darin während des Sommersolstitiums gemessen wurde, ergibt einen anderen Abstand (100 000 *li*) als der *Zhou bi* (80 000 *li*), der während eines Äquinox maß.[30] Und ein weiterer Text besagt, daß zur Zeit der Wintersonnenwende die Sonne 20 000 *li* über dem Land steht.[31]

Obwohl wir auf die Vorgehensweise der chinesischen Astronomen angewiesen sein werden, um festzustellen, wie Anaxagoras die Größe der Sonne gemessen haben kann, ist ihr fehlerhaftes Resultat ohne Einfluß auf die Argumentation dieses Aufsatzes. Am Ende werden wir sehen, zu welchem Ergebnis es führt, wenn wir mit der wirklichen statt mit einer fingierten Verkürzung des Schattens eines Gnomon rechnen, der in einem bestimmten Abstand südlich eines anderen Gnomon aufgestellt ist. Auch die Tatsache, daß die Chinesen sich die Erde als Viereck vorstellten, ist hier nicht von Bedeutung.

Thales und Eratosthenes

Wir wissen nicht, ob er es getan hat, aber prinzipiell könnte auch Anaxagoras das Verfahren der chinesischen Astronomen angewendet haben. Die Verwendung des Gnomons war bekannt, seitdem Anaximander dieses Instrument in die griechische Welt eingeführt hatte. Zudem ist die Methode, welche die Chinesen zur Messung des Abstandes der Sonne verwendeten, im Grunde dieselbe wie jene, mit Hilfe derer Thales nach

[26] Vgl. Needham (o. Anm. 22) 225. Die Zeichnung ist nach H. Thurston, *Early Astronomy* (New York 1994) 91. Thurston, der etwas andere Zahlen verwendet, ist nicht recht deutlich über die Prozedur, der er folgt.

[27] 10 / tan 84 = 1,05.

[28] Man könnte versuchen, einen anderen Wert für den *li* einzuführen, um den Text mit der Wirklichkeit in Einklang zu bringen, wie Tzuong-Tsieng Moh dies in "A Note on the Ancient Chinese Astrological Measurements", http://omni.cc.purdue.edu/~wtv/article.html, tut. Sein Wert von 77 m für den *li* beruht jedoch auf keiner einzigen chinesischen Quelle, sondern stellt eine Folgerung auf Grund eigener Berechnungen dar. Zudem involviert sein Wert von 77 für den *li* auch noch einen unakzeptablen Wert für den *chi*, wie er selbst einräumt.

[29] D. Panchenko, "The City of the Branchidae and the Question of Greek Contribution to the Intellectual History of India and China", *Hyperboreus* 8 (2002): 2, 252.

[30] Die Endredaktion des *Zhou bi*, einer Sammlung alter chinesischer Texte über Astronomie und Mathematik, ist wahrscheinlich für das erste Jahrhundert v. Chr. zu datieren, enthält jedoch älteres Material. Im *Zhou bi* hat der Gnomon eine Länge von 8 *chi*, und sein Schatten beträgt 6 *chi*. Dies ist ungefähr der Fall im Yangcheng während eines Äquinox. Der Winkel bei X (die Höhe der Sonne über dem Horizont) ist dann 56,7°. Dann gilt, daß 8 : tan 56,7 = 5,3. Der exakte Schatten von 6 *cun* fällt ungefähr eine Woche nach dem Herbstäquinox, oder inetwa eine Woche vor dem Frühlingsäquinox. Auch von diesem Schatten wird ausgesagt, daß er per 1000 *li* südwärts um 1 *cun* kürzer wird. In diesem Text ist BT = 60 000 *li*, und ST (der Abstand der Sonne zur Erde) = 80 000 *li*. Vgl. Cullen (o. Anm. 23) 78 u. 178.

[31] Vgl. Cullen (o. Anm. 23) 189.

Plutarch die Höhe einer Pyramide gemessen hat. Ich habe in Plutarchs Text Buchstaben eingefügt, die mit Abbildung 4 korrespondieren, welche seine Beschreibung illustriert (11 A 21 DK): "Stelle einen Stock (BC) am Ende des Schattens auf, der von der Pyramide geworfen wird, und, wenn du auf diese Weise zwei Dreiecke angelegt hast durch die Berührung der (Spitzen der Pyramide und dem Stock mit) dem Strahl der Sonne – dann zeige, daß der Schatten (der Pyramide, AE) dasselbe Verhältnis hat zum Schatten (des Stockes, AC) wie die (Höhe der) Pyramide (DE) zum Stock (BC)".[32]

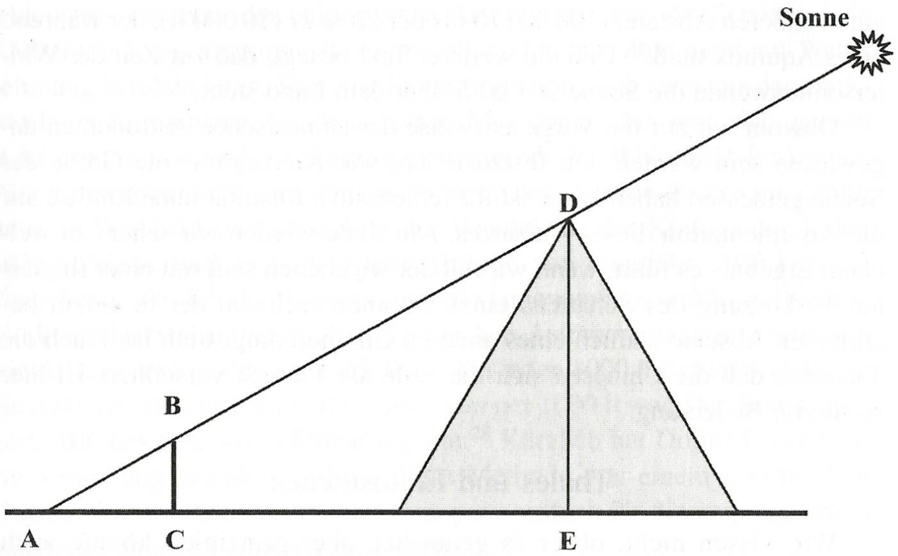

Abbildung 4. Wie Thales die Höhe einer Pyramide gemessen haben könnte

Diese Illustration lädt geradezu ein, noch eine andere Linie zu ziehen, nämlich von der Sonne senkrecht zur Erde, um dadurch auf dieselbe Weise die Entfernung der Sonne von der Erde zu messen. Das einzige Problem liegt dann darin, wie man den Abstand zwischen Punkt A und dem Erdpunkt genau unter der Sonne ermitteln kann. Dies war das Problem, das die chinesischen Astronomen im Prinzip gelöst haben.

Seltsam an der Vorgehensweise der chinesischen Astronomen ist, daß sie dem berühmten Experiment entspricht, mit dem Eratosthenes den Umfang der Erde gemessen hat. Der einzige Unterschied liegt darin, daß Eratosthenes, da er wußte, daß die Erde kugelförmig ist, in der Lage war, den Umfang der Erde zu messen, während die chinesischen Astronomen, in der Annahme, die Erde sei flach, die Entfernung der Erde zur Sonne maßen.[33] Wie man weiß, fand Eratosthenes heraus, daß, zum Zeitpunkt an dem in Syene die Sonne im Zenith stand und ein Gnomon ganz und gar keinen Schatten mehr warf, ein Gnomon in Alexandrien (das seiner Meinung nach auf demselben Meridian lag wie Syene) einen kleinen Schatten warf, mit Hilfe dessen er messen konnte, daß die Sonne 7° aus dem Zenith stand. Er wußte auch, daß der Abstand zwischen beiden Städten 5000 Stadia betrug. Und somit schloß er, daß der Umfang der Erde (360/7 = ungefähr 50) × 5000 = 250 000 Stadia sein mußte. Dies illustriert Abbildung 5.

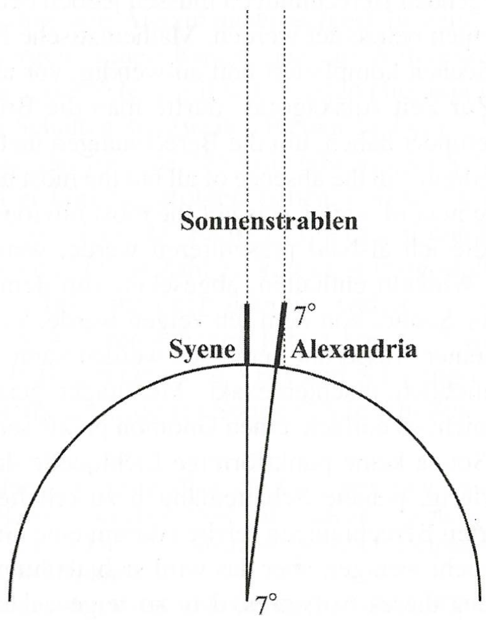

Abbildung 5. Wie Eratosthenes den Umfang der Erde gemessen hat

Wie bereits gesagt muß Anaxagoras in der Lage gewesen sein, sich derselben Verfahrensweise wie die chinesischen Astronomen zu be-

[32] In entsprechender Weise könnte man illustrieren, wie Thales die Entfernung eines Schiffes auf See gemessen haben könnte, wie in Couprie (Anm. 19) 193 gezeigt ist.

[33] Vgl. hierzu auch C. Cullen, "A Chinese Eratosthenes of the Flat Earth. A Study of the Fragment of Cosmology in Huai Nan tzu", *The Bulletin of the School of Oriental and African Studies* 39 (1976) 106–127, u. L. Raphals, "A 'Chinese Eratosthenes' Reconsidered. Chinese and Greek Calculations and Categories", *East Asian Science, Technology, and Medicine* 19 (2002) 10–60. Siehe auch bereits Needham (Anm. 22) 225.

dienen. Ich möchte sogar die Möglichkeit zur Sprache bringen, daß die von Eratosthenes angewandte Vorgehensweise von einem mittlerweile in Vergessenheit geratenen griechischen Astronomen ausgedacht war, wonach Eratosthenes die Voraussetzung einer flachen Erde durch die einer kugelförmigen Erde ersetzte.

Die Größe der Sonne

Bevor wir darangehen, uns mit den spezifischen Berechnungen zu beschäftigen, tun wir gut daran zu betonen, daß sie auf Methoden begründet sind, die weit entfernt davon sind, exakt zu sein, obwohl die sich dabei ergebenden Zahlen den Eindruck erwecken könnten, ziemlich genau zu sein. Die nun folgenden Berechnungen müssen jedoch bei jedem Schritt als grobe Annäherungen betrachtet werden. Mathematische Prozeduren waren bei den alten Griechen kompliziert und aufwendig, vor allem wenn es um Brüche ging.[34] Zur Zeit Anaxagoras' dürfte man die Brüche wahrscheinlich einfach abgerundet haben, um die Berechnungen nicht allzu schwierig zu machen. Obendrein, "in the absence of all but the most basic trigonometry (…), the measurement of angles was not the most obvious of ploys".[35] Die Berechnungen, die ich alsbald präsentieren werde, werden darum keine Messungen von Winkeln enthalten, abgesehen von dem des scheinbaren Durchmessers der Sonne, von dem ich zeigen werde, wie er in indirekter Weise mit Hilfe einer Wasseruhr gemessen werden kann. Die verwendeten Instrumente, schließlich, machten exakte Messungen geradezu unmöglich. Es war z. B. gar nicht so einfach, einen Gnomon präzis senkrecht aufzustellen, und da die Sonne keine punktförmige Lichtquelle darstellt, war es in der Praxis schwierig, genaue Schattenlängen zu erhalten.[36] Die im Anschluß ausgeführten Berechnungen reichen darum eine Größenordnung an, nicht mehr und nicht weniger, aber das wird sich als hinreichend erweisen für die Zielstellung dieses Aufsatzes, d. h. zu zeigen, daß es auf einer flachen Erde sinnvoll ist zu sagen, die Sonne sei so groß wie der Peloponnes. Am Schluß dieser Arbeit werde ich noch einmal auf das Thema "Ungenauigkeit der Messungen" eingehen.

[34] Vgl. http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/HistTopicsGreek_numbers.html. Siehe auch C. B. Boyer, *A History of Mathematics* (New York 1968) 11: "It was in the use of fractions that the (Greek notation) systems were weak".

[35] M. J. T. Lewis, *Surveying Instruments of Greece and Rome* (Cambridge 2001) 41.

[36] D. R. Dicks, "Ancient Astronomical Instruments", *The Journal of the British Astronomical Association* 64 (1954) 77: "accurate measurements of the shadow-lengths were difficult to obtain in practice".

Wir wissen nicht, ob Anaxagoras Messungen mit Hilfe von Gnomons vorgenommen hat, wie dies bei den chinesischen Astronomen der Fall ist. Aber wir wollen sehen, was sich ergibt, wenn wir unterstellen, daß er dies getan hat, und darüberhinaus voraussetzen, daß er eine reelle Kalkulation der Verkürzung des Schattens statt einer fiktiven verwendete. Die Griechen sahen Delphi an als den Nabel ihrer flachen und kreisförmigen Welt. Wir wollen annehmen, daß Anaxagoras einen Gnomon (AB) von 200 cm Länge in Delphi (38,5° NB, 22,5° ÖL) aufrichtete. Und wir nehmen weiterhin an, daß er einen zweiten Gnomon (CD) gleicher Länge in Sparta (37,1° NB, 22,5° ÖL) aufgestellt hat, im Herzen des Peloponnes, ungefähr 156 km genau südlich von Delphi (vgl. Abbildungen 1 u. 6).[37] Wir könnten uns selbst vorstellen, daß er dabei von dem Gnomon Gebrauch machte, der, wie berichtet wird, just dort von Anaximander aufgestellt wurde (12A1 DK). Er könnte dann wahrgenommen haben, daß zur Mittagszeit, während des Sommersolstitiums, der Schatten BX des ersten Gnomon ungefähr 53,6 cm lang war, und der Schatten des zweiten inetwa 48,4 cm.[38] Sodann könnte er extrapoliert haben, daß für jede 156 km südwärts der Schatten um 5,2 cm kürzer wird, und er könnte gefolgert haben, daß sich ungefähr 1608 km südlich des ersten Gnomon der Punkt (T) befinden mußte, wo die Sonne präzise im Zenith steht. Diese Zahl, so könnte er festgestellt haben, stimmte sehr wohl mit den Informationen überein, welche er von Reisenden in Richtung südliches Ägypten erhalten haben könnte.[39] Wenn man die Eigenschaften der ähnlichen Dreiecke XBA und XTS zugrundelegt, dann ergibt sich der Abstand der Erde zur Sonne (TS in Abbildung 6) aus der Pro-

[37] Da der Umfang der Erde, über die Pole gemessen, ungefähr 40 000 km beträgt, ist die Differenz zwischen zwei aufeinander folgenden Breitegraden etwa 1/360 × 40 000 = 111,13 km. Der Abstand zwischen Delphi und Sparta beträgt 1,4 × 111,3 = ungefähr 156 km.

[38] Anaxagoras kann das selbst wahrgenommen haben. Wir können es auch mit Hilfe der Trigonometrie berechnen, da wir wissen, daß der Winkel an der Spitze des Gnomons während des Sommersolstitiums in Delphi 38,5–23,5 = 15° beträgt und somit der gegenüberliegende Winkel 75°. Die Länge des Schattens beläuft sich dann auf 200 : tan 75 = 53,6 cm, und in Sparta 200 : tan 76,4 = 48,4 cm. Wenn man zweifelt, ob Sparta weit genug von Delphi entfernt liegt, um einen deutlichen Unterschied bei der Schattenlänge wahrnehmen zu können, mit Blick auf die dieser Art von Messungen inhärierende Unsicherheit, dann könnte man sich den zweiten Messungsort auf Kap Tainaron im äußersten Süden des Peloponnes vorstellen, auf 36,4 NB und 22,5 ÖL, wo der Schatten des Gnomons 45,8 cm beträgt. (Ein gebildeter Mann wie Anaxagoras hätte sich nicht gefürchtet – die Griechen glaubten ja, daß sich dort einer der Eingänge zum Hades befindet).

[39] Die tatsächliche Entfernung zwischen Delphi und dem Wendekreis des Krebses beträgt 1670 km.

portion 53,6 : 200 = 1608 : *x* und beträgt demnach 6000 km.[40] Natürlich rechnete Anaxagoras nicht in (Kilo)metern, sondern in Einheiten wie Füßen, Stadia und Parasangen (die Entfernung, die man in einer Stunde zu Fuß ablegen kann), aber das hat hier keine Bedeutung.

Der nächste Schritt, den er gemacht haben könnte, ist die Berechnung des Abstandes der Sonne zu Delphi. Das ist die Hypotenuse XS des Dreiecks XTS in Abbildung 6. Nach dem Satz des Pythagoras ist die Hypotenuse $\div (1608^2 + 6000^2) = 6212$ km. Dies stimmt gut mit einem angenommenen Durchmesser von Anaxagoras' flacher Erde von 5000 km überein[41]

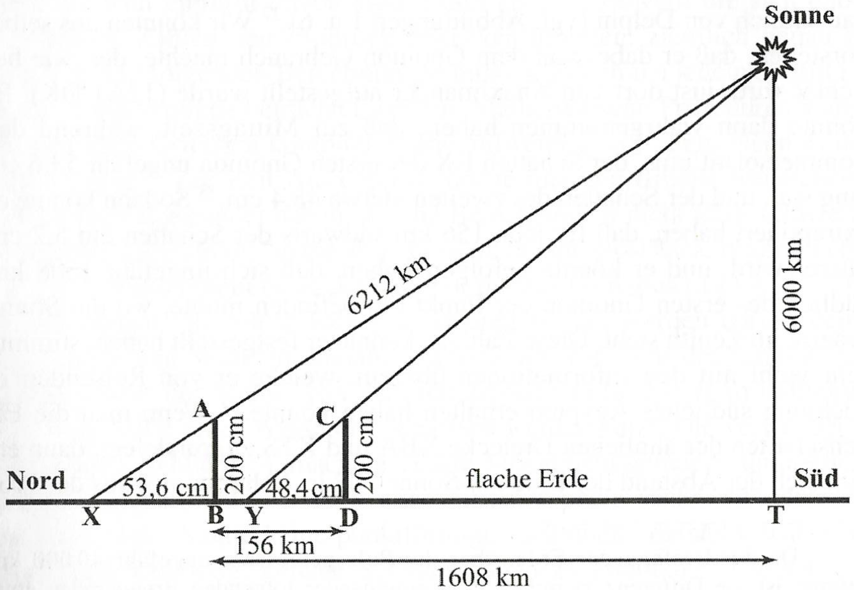

Abbildung 6. Wie Anaxagoras die Entfernung zur Sonne gemessen haben kann (nicht maßstabsgerecht)

und läßt auch noch Raum für den Mond übrig, um unter der Sonne um die Erde kreisen zu können. Falls die großen Zahlen beim Multiplizieren und

[40] Es ist in gewissem Sinne eine Frage des Geschmacks, ob man, in Abbildung 6, TS (die gerade Linie von der Sonne zur Erdoberfläche) oder XS (den Strahl der Bahn der Sonne um die Erde) den Abstand der Sonne zur Erde nennt. In diesem Aufsatz habe ich mich für TS entschieden, weil die chinesischen Astronomen dies auch taten. Für die Berechnung der Größe der Sonne ist, wofür man sich hier entscheidet, übrigens ohne Bedeutung.

[41] Vgl. Fehling (o. Anm. 6) 210: "Nun betrug die größte Entfernung innerhalb der damals bekannten Erde (von der Säulen des Herakles bis Babylon) ca. 5000 km".

Wurzelziehen ein Problem darstellten, dann hat er die Länge der Hypotenuse XS auch ohne Verwendung des Satzes des Pythagoras ermitteln können. Dasselbe Resultat kann nämlich auch mit Hilfe der ähnlichen Dreiecke erzielt werden. Da in Abbildung 6 AB und XB bekannt sind, kann die Länge von XA, ungefähr 207 cm, mit einer Meßschnur ermittelt werden. Die Länge von XS ist dann das Ergebnis der Proportion XA : AB = XS : ST, also 207 : 200 = XS : 6000, woraus sich ergibt, daß XS = 6210 km.

Um den letzten Schritt, die Bestimmung der Größe der Sonne, verstehen zu können, müssen wir uns vor Augen führen, daß Delphi der Mittelpunkt der flachen Erde ist und somit auch als Zentrum der Bahn der Sonne um die Erde angesehen werden kann. Der Strahl der Bahn hat, wie wir sahen, eine Länge von 6212 km, sodaß die vollständige Bahn der Sonne um die Erde $2\pi \times 6212$ km = 39 031 km beträgt.[42]

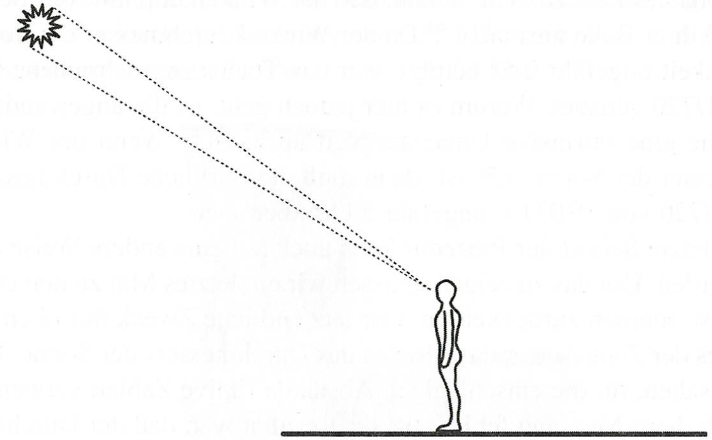

Abbildung 7. Der Winkel- oder scheinbare Durchmesser der Sonne

Nach der Überlieferung hat bereits Thales entdeckt, daß der Winkelkdurchmesser (oder scheinbare Durchmesser) der Sonne 1/720 ihrer Bahn beträgt (11 A 1 [24] u. 11 A 19 DK). Daß diese Entdeckung Thales zugeschrieben wird, ist zu optimistisch und gewiß unrichtig,[43] aber es macht sehr wohl Sinn, sie seinem Nachfolger, Anaximander, zuzuschreiben, weil

[42] Wir dürfen annehmen, daß Anaxagoras den Wert von π ungefähr kannte, obwohl man in alten Kulturen gewöhnt war, den Wert von π auf 3 festzulegen. Vgl. Needham (o. Anm. 22), 99. Siehe auch D. R. Dicks, "Thales", *ClQ* 9 (1959) 307 Anm. 3.

[43] Vgl. die kritischen Bemerkungen in Dicks (o. Anm. 42) 306, und vom selben Verf., "Solstices, Equinoxes, and the Presocratics", *JHS* 86 (1966) 37.

dieser der erste war, der die Bahn der Sonne als einen vollständigen Zirkel um die Erde beschrieb. Dies bedeutet, daß Anaxagoras darüber Bescheid gewußt haben kann. Er könnte den Winkelkdurchmesser der Sonne berechnet haben, und zwar mittels eines der ältesten Zeitmessungsinstrumente, einer Wasseruhr oder *Klepsydra* (Abb. 8), wie dies von Cleomedes, im zweiten Jahrhundert nach Christus, dargelegt wurde. In diesem Zusammenhang ist eine Klepsydra ein Gefäß, welches regelmäßig mit Wasser gefüllt wird. Cleomedes beschreibt, wie ein Gefäß einer Klepsydra von dem Moment an gefüllt wird, da sich der erste Lichtschimmer der Sonne über dem östlichen Horizont zeigt bis zu dem Augenblick, an dem die Sonne ganz über dem Horizont steht. Während eines Tages und einer Nacht, d. h. während eines vollständigen Umlaufs der Sonne, wurden, so Cleomedes, die Gefäße 750 mal mit Wasser gefüllt.

Cleomedes kam zu dem Schluß, daß der Winkelkdurchmesser der Sonne 1/750 ihrer Bahn ausmacht.[44] Da der Winkelkdurchmesser der Sonne in Wirklichkeit ungefähr 0,5° beträgt, war das Thales zugeschriebene Resultat von 1/720 genauer. Worum es hier jedoch geht, ist die angewandte Methode, die eine intrinsike Ungenauigkeit aufweist.[45] Wenn der Winkelkdurchmesser der Sonne 0,5° ist, dann muß der wirkliche Durchmesser der Sonne 1/720 von 39 031 = ungefähr 54 km betragen.

Der letzte Schritt der Prozedur kann auch auf eine andere Weise ausgeführt werden. Um das zu zeigen, müssen wir ein letztes Mal zu den chinesischen Astronomen zurückkehren. Der letztendliche Zweck des oben zitierten Teiles der *Zhou bi* war das Messen des Durchmessers der Sonne. Da sie, wie wir sahen, für die einschlägigen Abstände fiktive Zahlen verwendeten, war auch diese Messung fehlerhaft. Ihr Resultat war, daß der Durchmesser der Sonne = 1250 *li* (520 km) betrug.[46] Sie nahmen eine hohle Röhre aus Bambus mit einer Länge von 8 *chi* und einem BinnenDurchmesser von 1 *cun* (= 0,1 *chi*) und stellten fest, daß die Sonne genau in diese Öffnung

[44] Cleomedes, *De motu circulari corporum celestium* 2.75 (ed. Ziegler [Leipzig 1891] 36).

[45] Vgl. Dicks (o. Anm. 36) 84: "(…) it was liable to constant error". A. Wasserstein ("Thales' Determination of the Durchmessers of Sun and Moon", *JHS* 75 [1955] 114–116) versucht plausibel zu machen, daß Thales nicht die Klepsydra-Methode heranzog, sondern den Winkel mittels eines mechanischen Verfahrens maß, das eine "calculation or geometrical construction, or some such process" zum Bestandteil hatte. Was dieses Verfahren genau gewesen sein soll, läßt er jedoch nicht wissen. Man beachte, daß Wassersteins Aufsatz nicht, wie der Titel suggeriert, den Durchmesser, sondern den Winkelkdurchmesser der Sonne zum Gegenstand hat.

[46] Zitiert in Cullen (Anm. 23) 78.

paßte. Sodann "(they) worked things out in proportion", wie der Text sagt. "Working things out in proportion" muß wohl bedeuten, daß sie erneut mit zwei ähnlichen Dreiecken rechneten: OPQ und OYZ. Die Länge der Röhre ist die Senkrechte von O auf PQ (der Durchmesser der Röhre), die zugleich die Senkrechte auf YZ (der Durchmesser der Sonne) ist. Nun gilt die folgende Proportion: 80 : 1 = 100 000 : x (x ist der Durchmesser der Sonne). Wie wir sahen, ist die Zahl von 100 000 *li* (41 580 km) viel zu groß, als Folge ihrer verfehlten Annahme mit Blick auf die Verkürzung des Gnomon-Schattens. Wenn wir jedoch die chinesischen *chi* und *cun* in Zentimeter umrechnen und die oben ermittelte Zahl von 6212 km als Entfernung des Auges des Wahrnehmers von der Sonne beibehalten, statt der fehlerhaften Zahl von 41 580 km, dann finden wir den Durchmesser der Sonne mit folgender Proportion: 22 176 : 2772 = 6212 : x, also x = ungefähr 78 km. Wenn man die Ungenauigkeit des verwendeten Instruments und der angewandten Methode berücksichtigt, kann man sagen, daß diese Zahl von derselben Größenordnung ist wie die eher ermittelten 54 km.

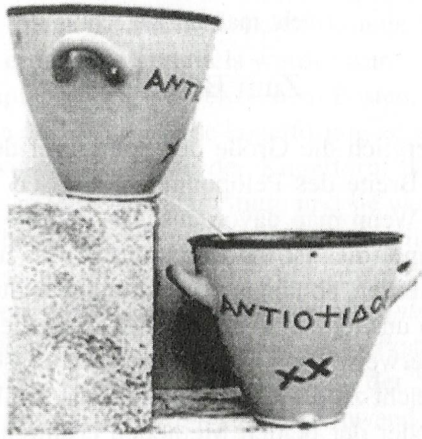

Abbildung 8. Eine Klepsydra

Die Guckröhre war Aristoteles bekannt,[47] aber das Instrument dürfte viel älter sein. Die angewandte Methode ist wesentlich dieselbe wie die

[47] Vgl. Aristot. *De gen. an.* 780 b 19–22 u. 781 a 9–12. Siehe J. Evans, *The History and Practice of Ancient Astronomy* (New York 1998) 33 u. 34: "a sighting tube (…) is simply a hollow tube attached to a stand. (…) The sighting tube was known to the ancient Greek astronomers by the name *dioptra*". Aristoteles verwendete jedoch noch das Wort αὐλός ('Röhre', 'Tülle', 'Hülse', 'Flöte').

Messung des Durchmessers der Sonne mit der *Dioptra*, ein Gerät, das wenigstens auf Hipparchos (2. Jh. v. Chr.) zurückgeht.[48]

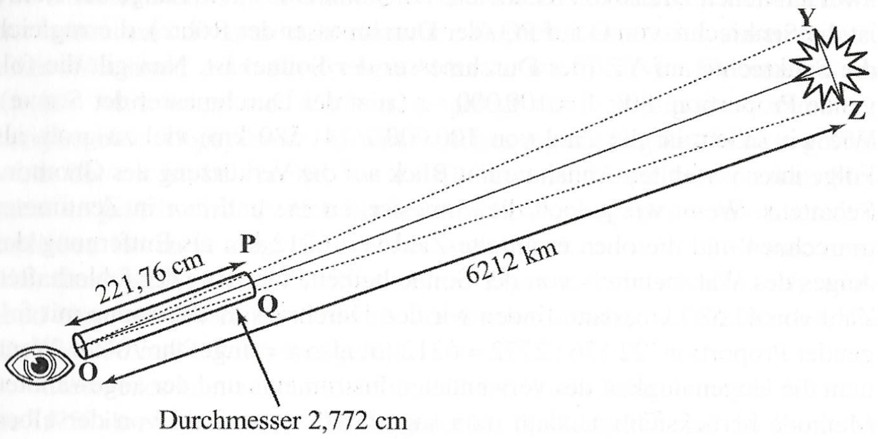

Abbildung 9. Die Messung des Durchmessers der Sonne mittels einer Guckröhre (nicht maßstabsgerecht)

Zum Beschluß

Anaxagoras verglich die Größe der Sonne mit dem Peloponnes. Die kleinste Ost-West-Breite des Peloponnes, gemessen über Sparta, beträgt ungefähr 100 km. Wenn man davon ausgeht, daß die Erde flach ist, kann die Größe der Sonne (dies ist ihr Durchmesser) als ungefähr 54 km oder 78 km berechnet werden, abhängig von der angewandten Methode, wie wir sahen. Wir müssen uns jedoch klarmachen, daß zu dieser Zeit alle Berechnungen notwendigerweise grob und ungenau waren, sodaß die Messungen von Anaxagoras leicht zu einer (etwas) größeren Zahl geführt haben können, als wir mit jeder der beiden Methoden ermittelt haben. Um nur *ein* Beispiel zu geben: Die alten Schätzungen des Winkelkdurchmessers der Sonne weichen von 0,5° bis 2° voneinander ab.[49] Wenn wir diese letzte Zahl beibehalten, die überraschenderweise von Aristarch verwendet wird,[50] dann wird die Größe der Sonne ungefähr 216 km. Diese Zahl stimmt inetwa mit der größten Nord-Süd-Abmessung des Peloponnes überein.[51] Die Berechnungen in diesem Aufsatz verschaffen demnach nicht mehr als eine Indikation der Größenordnung, die gleichwohl mit der des Peloponnes vereinbar ist.

Auf Grund der Annahme, daß Anaxagoras seine Gründe hatte, die Größe der Sonne mit dem Peloponnes zu vergleichen, habe ich versucht, soviel "circumstantial evidence" wie möglich anzuführen, um zu zeigen, daß er die Mittel zur Verfügung hatte, mit denen er seine Behauptung mathematisch unterbauen konnte. Ob er ein Experiment wie das der chinesischen Astronomen ausführte oder nicht, ob er den Winkelkdurchmesser der Sonne mittels einer Klepsydra oder mit irgendeiner anderen Methode maß oder nicht, oder ob er vielleicht schlichtweg eine vernünftige Mutmaßung anstellte – wir dürfen schlußfolgern, daß Anaxagoras, von seinem Gesichtspunkt her, völlig recht hatte, als er die Größe der Sonne mit dem Peloponnes verglich. Von seinen Zeitgenossen wurde Anaxagoras "das Gehirn" genannt, seines schnellen Geistes und seiner großen Kenntnis von Naturerscheinungen wegen (59 A 15 DK). Vielleicht konnte in diesem Aufsatz gezeigt werden, daß er dieses Ehrentitels würdig war.

Anaxagoras kämpfte jedoch auf verlorenem Posten. Platon und vor allem Aristoteles legten dar, daß die Erde kugelförmig ist, und dies wurde zur herrschenden Sichtweise. Als Folge der Kugelform der Erde wurde die Sonne sozusagen in den Himmel katapultiert, und sie wurde viel größer, als die Vertreter der flachen Erde sich jemals hatten vorstellen können. Aristoteles scheint sich dessen sehr deutlich bewußt gewesen zu sein. Wenn er versucht, das Argument des Anaxagoras, welches im *Intro* dieses Aufsatzes zitiert wurde, zu widerlegen, macht er darauf aufmerksam, daß die Vertreter einer flachen Erde "vergessen, die Entfernung der Sonne zur Erde zu berücksichtigen" (Aristot. *De caelo* 294 a 5). Als Einwand gegen Anaxagoras' Argument ist diese Bemerkung von geringem Wert, da der Abstand der Sonne durchaus nichts mit der Frage zu tun hat, ob die Linie, welche die Sonnenscheibe am Horizont abschneidet, gerade oder gekrümmt ist. Aristoteles' Worte bezeugen jedoch, daß ihm bewußt ist, daß die Form der Erde und die Entfernung der Sonne zwei Sachverhalte darstellen, die mit einander verbunden sind. Ganz am Ende des Kapitels 14 des zweiten Buches seines *De caelo* (das ist das Kapitel, in dem er den Beweis für die

---

[48] Siehe die Beschreibung in Dicks (o. Anm. 36) 84. Der einzige Unterschied liegt darin, daß die Griechen den *Winkelkdurchmesser* gemessen haben, während die Chinesen den Anspruch erheben konnten, den "echten" Durchmesser der Sonne berechnet zu haben.

[49] Zu diesen und anderen Variationen in den Methoden und Resultaten von Messungen bezüglich der Größe der Sonne vgl. Heath (Anm. 4) 311–313.

[50] Vgl. *ebd.*, 353, Hypothese 6 u. n. 4, und 383, Proposition 8.

[51] Vgl. Fehling (Anm. 6) 219: "Die größte Entfernung innerhalb des Peloponnes ist ca. 220 km".

Kugelform der Erde führt) nimmt er, in deutlichem Kontrast zu Anaxagoras' Auffassung, als gegeben an, daß "sie (d. h. die Erde.– *D. L. C.*) im Vergleich mit anderen Himmelskörpern nicht groß ist" (298 a 20). Und an anderer Stelle sagt er etwas genauer, daß "astronomische Forschung nunmehr deutlich gemacht hat, daß die Erde kleiner ist als einige Himmelskörper" (*Meteor.* 339 b 7–9).

Dirk L. Couprie
Maastricht

По сообщениям Плутарха, Ипполита и Диогена Лаэрция, Анаксагор сравнивал размер Солнца с Пелопоннесом. В статье доказывается, что эта идея не безумна с точки зрения человека, считавшего Землю плоской. Располагая такими инструментами, как гномон, диоптра и клепсидра, и такими геометрическими познаниями, как свойства подобных треугольников и теорема Пифагора, Анаксагор мог произвести измерения и вычисления, позволявшие получить примерно такой результат.

ИНСЦЕНИРОВАННАЯ СОФИСТИКА В "АЛКЕСТИДЕ" ЕВРИПИДА (*Alc.* 509 sqq., 1008 sqq.)

Нас будут занимать сцены мистификации в "Алкестиде",[1] в особенности первая, когда Адмет вводит в заблуждение Геракла.

§ 1. *Траур и гостеприимство*

Великодушная жена умерла вместо своего мужа. Признаки приближающейся смерти (ст. 77 сл., 133 сл.) были ощутимы давно; постепенно они становились все отчетливее;[2] после ст. 422 слл. готовятся похороны. Адмет дает прямые распоряжения о трауре, πένθος от всех домашних ожидаются соответствующая *стрижка* и *черны одежды*; ст. 512 и 536 слл. показывают, что сам Адмет уже в трауре. Навстречу Гераклу, который рассказывает Хору о том, как он оказался близ дома своего старого друга по дороге на новый подвиг (кони Диомеда), выходит Адмет, одетый так, как положено скорбящему. Скорбь Адмета нестерпимо сильна,[3] однако такой друг, как Геракл, не должен и сегодня остаться без дружеского крова – таково

[1] Ссылки на текст "Алкестиды" даются по изд.: *Euripidis Alcestis*, ed. A. Garzya (Lipsiae 1980), причем иногда решения издателя приходится оспаривать. Издание схолиев – Э. Шварца: *Scholia in Euripidem*. Coll., rec. ed. E. Schwartz, II (Berolini 1891). Наряду со старыми комментариями к пьесе автор в процессе последнего редактирования мог воспользоваться новым, обстоятельно комментированным изданием: Euripides. *Alcestis*. With intr. and comm. by L. P. E. Parker (Oxford 2007).

[2] *Alc.* 818 сл. драматически столь выразительны, что их ни в коем случае не следует убирать (ср. ниже прим. 27): они свидетельствуют о том, что распоряжение Адмета о трауре приведено, как и следовало ожидать, в исполнение. Геракл, конечно, не мог не видеть этого сразу, в чем его и обвиняет слуга Адметова дома (751 сл., 754); сам герой признает это в ст. 826 сл. (ср. 923, но и 512!) Указание ст. 98 слл., что χέρνιψ πηγαῖος у входа в дом Адмета еще не стоит, следует, нам кажется, понять в том смысле, что затем, по смерти Алкестиды, таковой сразу являлся взору зрителя. Эта косвенная παρεπιγραφή, указывающая на сценические манипуляции с реквизитом, повышала выразительность обоих диалогов Адмета и Геракла; ср. последовательность поэта в отношении χαίτι τομαῖος в ст. 101 сл., 215 слл. и 425, с одной стороны, и 512, 818 сл., с другой.

[3] Вопрос об эгоизме Адмета стал предметом обширной полемики, образчики которой собраны в томе: *Twentieth Century Interpretations of Euripides*