

Über den Aufbau der Welt nach Ibn al Haitam.

Von Karl Kohl.

Für das mittelalterliche muslimische und christliche Weltbild hat die von Ptolemäus in seinen Hypotheseis entwickelte Auffassung über den Aufbau der Welt eine bestimmende Rolle gespielt. Eine treffliche Darstellung dieses Weltbildes gibt *Ibn al Haitam*, die den Inhalt dieser Untersuchung bilden soll¹⁾. Bereits Pythagoras, bezw. Plato haben die Sphären als Träger der Wandelsterne²⁾ als feste Gebilde angesehen; dafür spricht, daß sie bei ihrem Umschwung bestimmte Töne und in ihrer Gesamtheit die Sphärenmusik erzeugen sollen. Für Eudoxus aus Knidos, der sich später eingehender mit der Theorie der homozentrischen Sphären beschäftigte, waren sie aber offenbar nur mathematische Gebilde. Dagegen sieht Aristoteles die Sphären als durchsichtige Kristallschalen an.

Daß Aristoteles aufeinander reagierende Sphären einführt, um die Einwirkungen der äußeren Sphären auf die inneren aufzuheben, die er damit als reale Gebilde betrachtet, entspricht ganz seiner Denkart als Naturforscher. Dem System von Eudoxus haftete der Mangel an, daß er nicht der Tatsache, daß die Planeten wechselnde Abstände von dem Erdmittelpunkt, d. h. dem Weltmittelpunkt besitzen, Rechnung trug. Daher führt Hipparch exzentrische Kreisbahnen ein, ohne, wie es scheint, sich darüber zu äußern, ob sie nur gedacht oder real sind. Ptolemäus entwickelte schließlich diese Theorie unter

1) In einer besonderen Arbeit werden Herr Geheimer Rat Professor Dr. E. Wiedemann und ich die gesamte historische Entwicklung des von *Ibn al Haitam* entwickelten Weltbildes von Ptolemäus bis in die Zeit von Newton behandeln.

2) Im folgenden ist der Ausdruck Wandelsterne benutzt, da er die fünf damals bekannten Planeten Venus, Merkur, Mars, Jupiter, Saturn sowie Mond und Sonne umfaßt.

Heranziehung der Epizykeln des Apollonius weiter. Von einer Realität dieser Sphären ist im Almagest keine Rede; das Wort Sphäre wird dort nur im Sinne von Bahnen für die Wandelsterne angewandt. Eine ganz andere Stellung nimmt dagegen Ptolemäus selbst in seinen Hypotheseis ein; hier kommt den Sphären in der Gestalt von körperlichen Kugelschalen oder Zonen von solchen vollkommene Realität zu³⁾.

Die arabischen Astronomen standen durchweg auf dem Boden von Aristoteles und Ptolemäus und zwar legten sie dabei entweder den Almagest oder die Hypotheseis zugrunde. Eine Reihe von ihnen, so *al Battânî*, *al Farjânî* usw. faßten die Sphären als mathematische Gebilde auf. Nur die Fixsternsphäre scheinen auch sie, wie Ptolemäus, als ein starres, massives Gebilde zu betrachten. Andere Philosophen, Kosmographen, Geographen sprechen einfach ohne genauere Vorstellung von Sphären, denen sie dabei nach Aristoteles eine gewisse Körperlichkeit erteilen, ohne sich jedoch näher darüber, wie das mit der Epizykeltheorie zu vereinbaren sei, zu äußern. Manche Araber dagegen nehmen das Weltbild der von *Tābit b. Qurra* ins Arabische übersetzten Hypotheseis auf; so vielleicht schon *Tābit* selbst, dann nach Angabe von *al Charaḳî* der Astronom *Abū Gāfar al Chāzin* († um 965), dessen Schrift nicht mehr erhalten ist und vor allem *Ibn al Haiṭam* (965—1039)⁴⁾, der freilich seine Vorgänger nicht erwähnt. Von ihm ist uns ein Werk erhalten mit dem Titel: Über den Aufbau der Welt (*Fî Hajat al 'Ālam*)⁵⁾.

Ibn al Haiṭam beabsichtigt in diesem Werk seinen Zeitgenossen eine leicht verständliche Darstellung des Aufbaues der Welt zu geben, die unter Vermeidung jeglicher mathematischer Rechnung die Resultate der astronomischen Wissen-

3) Wegen der Einzelheiten dieser Darstellung sei ebenfalls auf die oben angeführte Arbeit verwiesen.

4) Über *Ibn al Haiṭam* siehe Festschrift für J. Rosenthal, „*Ibn al Haiṭam* ein arabischer Gelehrter“ von Prof. Dr. E. Wiedemann, Leipzig 1906, S. 149, und H. Suter, „Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke“ S. 91, Nr. 204 (im folgenden kurz mit H. Suter zitiert).

5) Zur Bearbeitung dieses Werkes konnte ich eine Übersetzung der Handschrift India Office, London Nr. 734, fol. 101—116 durch Herrn Geheimen Rat Professor Dr. E. Wiedemann benützen.

schaften seiner Zeit übermitteln sollte. Er behandelt nach einer Einleitung nacheinander die einzelnen Wandelsterne und deren Sphären und erklärt im einzelnen die beobachteten Bewegungen. Dabei stellt sich *Ibn al Haiṭam* wie Ptolemäus bei seinen Entwicklungen als Astronom zugleich auf den Standpunkt des Physikers. Er verläßt in seinem Werke den Boden der reinen Beschreibung und sucht einen ursächlichen Zusammenhang für die Mitbewegung aller in der Ptolemäischen Theorie auftretenden Kreise. Die Lösung, die Mitführung der Kreise durch körperliche Sphären, stellt auch für seine Zeit die natürlichste Erklärung dar, da der Begriff der Fernwirkung und Fernkraft vollkommen fehlte. Hierbei folgt *Ibn al Haiṭam* ganz den Fußstapfen von Aristoteles und Ptolemäus; scheinen doch auch diese ähnliche Gedanken bewegt zu haben, die mathematischen Sphären des Eudoxus zu materialisieren. Andererseits dürfte *Ibn al Haiṭam* noch der Umstand zu dieser Theorie der körperlichen Sphären veranlaßt haben, daß er sich weitgehend mit dem Problem der Nichtexistenz des leeren Raumes⁶⁾ beschäftigt hat. Das geht aus seiner Arbeit über den Ort hervor⁷⁾, in der er den leeren Raum nur als eine mathematische Fiktion anerkennt, im Gegensatz zum Raum der physischen Erscheinungswelt.

Wie die Theorie der Sphären und das Problem des leeren Raumes zusammenhängen, zeigt folgender Zusatz, der sich am Schlusse des erwähnten arabischen Textes⁸⁾ befindet:

„Anhang: Wir fanden ihn (verfaßt) von der Hand des Scheichs — Gott verlängere sein Leben — am Schlusse dieser Schrift. Wir haben ihn Wort für Wort übermittelt, wie wir ihn fanden. Da die Gestirne natürliche Körper sind, so muß ein jeder von ihnen, und das ist das allein Richtige, sich von

6) Es ist dies das Prinzip, das in der Form des *horror vacui* noch von Aristoteles her, das ganze Mittelalter hindurch, bis in die Zeit Galileis eine Rolle spielte.

7) Näheres darüber bei E. Wiedemann, Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften XVII, Sitzungsberichte der phys.-mediz. Sozietät in Erlangen, Bd. 41. 1909.

8) Siehe Anmerkung 5. Bei der Übersetzung der folgenden Stelle hat Herr Professor Dr. Horten in Bonn in liebenswürdigster Weise seine Hilfe geliehen.

selbst nur in einer einzigen natürlichen Bewegung bewegen. Da die Sterne von einfacher Substanz sind, so müssen ihre Bewegungen gleichförmig sein, wobei stets der Zustand eines jeden von ihnen ein ähnlicher bleibt, und die Bewegung keine Verschiedenheit (im Laufe der Zeit) zeigt. Da der sich von selbst bewegende, der sich von einem Ort zu einem anderen bewegt, den einen Raum zu einen leeren macht und einen anderen dagegen anfüllt, so kann nur einer von zwei Fällen eintreten, entweder, daß der Ort, an dem er sich befand, leer wird (bleibt), oder daß ihn ein anderer Körper ausfüllt, der einer der diesen Raum umgebenden Körper ist. Der Ort des letzteren kann aber nicht leer werden. Wenn die Körper ihre Orte wechseln, durch die sie hindurchgehen, so folgt daraus, daß in dem Körper oder den Körpern, durch die sich einer von ihnen hindurchbewegt, eine Trennung eintritt. Da aber der Körper des Himmels seiner Natur nach so beschaffen ist, daß er einer Beeinflussung nicht fähig ist, so wird die Ansicht hin-fällig, daß irgendeiner von den Sternen sich in dieser Weise bewegt, und es bleibt für seine Bewegung nur eine andere Möglichkeit übrig, nämlich daß für jeden einzelnen von ihnen ein kreisförmiger Körper existiert, der um sich selbst eine kreisförmige Bewegung ausführt. Dabei bleibt der Körper des Sternes unveränderlich an einer Stelle dieses Körpers und es bewegt sich dieser Stern durch dessen Bewegung und bedarf weder er noch auch der Körper, der ihn bewegt, eines größeren Raumes als der Raum ist, den diese beiden einnehmen. Da man nun bei jedem einzelnen von ihnen verschiedene Bewegungen findet und es nicht richtig sein kann, daß ihm von sich selbst aus mehr als eine einzige gleichförmige Bewegung zukommt, so folgt hieraus, daß jedem einzelnen von ihnen eine Reihe von Dingen zuerteilt sind, die sie (die Wandelsterne) bewegen. Jeder dieser Beweger bewegt sie in einer bestimmten Art von diesen Bewegungen. Daraus folgt, daß jedem von ihnen oder einigen von ihnen mehr (Sphären-) Körper als nur einer zu-gehören, die sich um sich selbst bewegen und keines größeren Raumes als des Raumes dieser Sphären bedürfen. Durch deren Bewegung bewegen sich die Sterne, die mit ihnen innigst ver-bunden sind. Aus all diesem folgt notwendig, daß den Sternen zahlreiche Sphären zukommen, von denen die eine die andere

umgibt. Jede von ihnen hat eine besondere Bewegung um zwei feste Pole und eine feste Achse, um die sie sich bewegt. Diese Kugeln bedürfen keines größeren Raumes als ihres eigenen.

Weitere Bemerkung: Die für die Zusammensetzung der Sphären, für die Gestirne und für alle sich um den Mittelpunkt der Welt bewegenden Körper grundlegenden Voraussetzungen sind vier:

1. Der natürliche Körper führt von sich aus nicht mehr wie eine einzige natürliche Bewegung aus.

2. Der natürliche einfache Körper führt keine verschiedene Bewegung aus, d. h. er legt stets auf den Kreisen in gleichen Zeiten gleiche Strecken zurück.

3. Der Körper des Himmels ist keiner Beeinflussung fähig.

4. Der leere Raum existiert nicht.“

M. Steinschneider meint (Bull. Bonc. Bd. 16, p. 512, 1883), daß dieser Anhang von *Ibn al Haitam* selbst herrührt. Dieser müßte dann noch zu Zeiten des ersten Abschreibers, der ihn beigefügt, gelebt haben, wie der Satz „Gott verlängere sein Leben“ zeigt. Unsere Handschrift stammt etwa aus dem 17. Jahrhundert. Möglich ist jedoch, daß unter dem Scheich irgend ein anderer Gelehrter verstanden ist, der im Anschluß

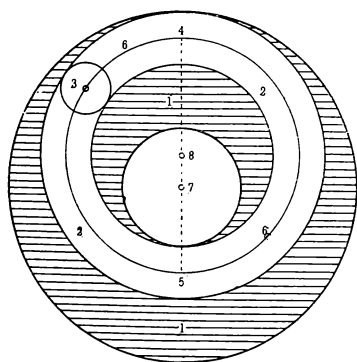


Fig. 1: Sphäre der Sonne.

1. Konzent. Sphäre. — 2. Exzentrische Sphäre. — 3. Sonnenkörper. — 4. Apogeum. — 5. Perigeum. — 6. Bahn des Sonnenmittelpunktes. — 7. Weltmittelpunkt. — 8. Mittelpunkt der exzent. Sphäre.

an die Ausführungen, wie sie sich bei *Naşır al Dîn al Tûsi*, *Qutb al Dîn al Schîrâxî* finden, den Anhang zur theoretischen Begründung der Anschauungen *Ibn al Haitams* beigefügt hat. Auch ist möglich, daß dieser Zusatz dadurch veranlaßt wurde,

daß arabische Philosophen annahmen, daß die Zwischenräume zwischen den Sphären mit einem komprimierbaren Stoff angefüllt seien.

Um das Verständnis zu erleichtern, schicken wir kurz voraus, wie *Ibn al Haiṭam* den einfachsten Fall, nämlich den der Sonne behandelt. Er lagert zwischen die Kugelflächen einer mit dem Mittelpunkt der Welt konzentrischen Kugelschale exzentrisch eine zweite Kugelschale ein. Erst zwischen die Kugelflächen dieser zweiten Kugelschale denkt er sich den Sonnenkörper fest eingelagert. Dreht sich die exzentrische Kugelschale um einen ihrer Durchmesser, so führt sie den Sonnenkörper in einer Ebene mit sich. Wie ersichtlich, bleibt aller Raum während der ganzen Bewegung stets erfüllt und das Entstehen eines leeren Raumes wird vermieden.

In wie scharfsinniger Weise *Ibn al Haiṭam* allen weiteren Einzelheiten der Bewegung, Lage usw. der Wandelsterne Rechnung trägt, werden wir weiter unten sehen.

Daß *Ibn al Haiṭam* später als der erste, der diese Gedankengänge entwickelte, angesehen wurde, läßt sich aus folgender Stelle bei *al Akfâni*⁹⁾ († 1348) entnehmen: „die Alten hatten sich stets für die Form der Sphären mit abstrakten Kreisen begnügt, bis *Ibn al Haiṭam* seine Ansicht dahin offen aussprach, daß sie körperlich seien und die mit ihnen verbundenen Eigenschaften und ihre Beschaffenheit auseinandersetze; ihm folgten die späteren.“

In der Tat ist das Werk *Ibn al Haiṭams* von seinen Landsleuten viel beachtet worden, so bezeichnet es *al Charaḡi* als eines der wichtigsten in der Einleitung zu seinem größeren Werke über die Astronomie (s. w. u.).

Die Schrift über den Aufbau der Welt zerfällt in folgende Teile: 1. ein einleitendes Vorwort, 2. eine Übersicht über den Aufbau des Kosmos, 3. eine Einführung der himmlischen Sphären nebst Erläuterung astronomischer Grundbegriffe und endlich 4. die eigentliche Theorie der einzelnen Sphären.

Wie bei allen Schriften *Ibn al Haiṭams*, so ist die Darstellung auch hier eine sehr breite, wodurch das Studium seiner

9) Siehe E. Wiedemann, Rosenthal-Festschrift S. 164.

Schriften erschwert wird; häufig gibt er denselben Gedanken, mit nur wenig veränderten Worten, zweimal. Wir werden daher die Theorie *Ibn al Haiṭams* nur ihrem wesentlichen Inhalte nach geben, uns aber an seine Gedankengänge eng anschließen. Dabei werden wir vermeiden, irgendwelche moderne für die damalige Zeit fremde Elemente hinzuzufügen. So bleibt der eigentümliche Charakter und Inhalt der Schrift unverfälscht erhalten und wir gewinnen einen Einblick in die sorgfältige Erörterung aller Fragen durch diesen muslimischen Gelehrten, wodurch er sich auch sonst auszeichnet.

Da uns die Art des wissenschaftlichen Denkens *Ibn al Haiṭams* gerade in dem Vorwort entgegentritt, so sei dies vollständig mitgeteilt:

Ibn al Haiṭams Werk über den Aufbau der Welt.

Im Namen Gottes, des Allbarmherzigen. Gottes ist die Majestät. Ausführung (*Qaul*) von *Al Hasan Ibn al Hasan Ibn al Haiṭam* über den Aufbau der Welt.

Zahlreiche Vertreter der mathematischen Wissenschaften (*taʿālim*), die voll Eifer ihren Blick auf die Wissenschaft der Astronomie (*hajja*) richteten, und sich bemühten, der Wahrheit entsprechende Vorstellungen zu gewinnen von den [uns erscheinenden] Bildern, die der Gesamtheit der Welt und deren wichtigsten Teile eigen sind, verfaßten stets von neuem weit-schweifige, umfangreiche Ausführungen. In ihnen erläuterten sie in vortrefflicher Weise die Beschaffenheit der Gestalt (*schakl*) der Welt und eines jeden ihrer ersten (fundamentalen) Teile (der Sphären der Wandelsterne), die Zustände (das Verhalten) aller himmlischen Körper, die Anordnung der einen von diesen gegenüber den anderen, deren Entfernungen voneinander, die Größen ihrer Körper, die Verschiedenheiten ihrer Lagen, die Arten ihrer Bewegungen und die Gestalten, die sie annehmen (bezieht sich wahrscheinlich auf die Mondphasen und die Stellungen der Planeten zu den Sternbildern).

Indes befolgten sie (die früheren Gelehrten) dabei einen Weg, der äußerlich der exakten Art (den Feinheiten) in der astronomischen Betrachtung entsprach und sich freihielt von allen (willkürlichen) Behauptungen. Jene Behauptungen, d. h.

diejenigen, die sich auf die Bilder der Gestalten (d. h. die Stellungen der Gestirne) und auf die Grundformen der Bewegungen durch die erprobten Beobachtungen und die sichergestellten Beweise beziehen, sind aber ausschließlich aufgebaut auf (die Annahme von) Bewegungen gedachter (mathematischer) Punkte auf den Peripherien von Kreisen, die man mit dem Verstand sich ausdenkt, entsprechend dem, was sie in ihren, bei uns vorhandenen Büchern, darlegten ¹⁰⁾. Jene Punkte werden durch einen Hinweis (eine mathematische Annahme) von ihnen bestimmt, sind aber nicht durch die deutlich ausgesprochene Angabe festgelegt, daß sie sich auf den Flächen von körperlichen Kugeln befinden, die mit jenen (mathematischen) Punkten jene Bewegungen vollbringen. Daher sind ihre Ausführungen bei ihren Erklärungen nur verständlich unter der Voraussetzung jener Kreise und jener mathematischen Punkte. (Unvollkommen bleiben ihre Ausführungen), weil sie ihr Ziel (das Weltbild, auf das sie hinsteuern,) nicht zur Erklärung der Methode (der Ansicht) verwenden, nach der es möglich ist, diese verschiedenen Bewegungen vollkommen zu erklären. Trotzdem nehmen sie diese (Planeten) auf körperlichen sphärischen Flächen (nicht in Kugelschalen, sondern auf Kugelflächen) an. Ebenso erläutern sie den Zustand der Kugeln(-flächen), die die (Planeten) tragen, wobei ihre Mittelpunkte eine verschiedene Lage besitzen.

Ihre Darlegungen sind vielmehr nichts anderes, als die Sammlung aller einzelnen Lehren, die über diese Fragen aufgestellt wurden, z. B. über ihr (der Sterne) Verhalten. Die früheren Gelehrten führen auf diese Weise Sätze an, denen die Beweise fehlen und auch die übrigen Beweismethoden (Wege), um ihre (d. h. der mathematischen Annahme) Gültigkeit nachzuweisen, sind ungenügend. Dadurch, (d. h. durch Befolgung) der richtigen Methode, würde nur erreicht werden, daß jemandem, der zur Kenntnis der Gestalten jener (Stern-) Bewegungen gelangen wollte, das Verständnis erleichtert würde,

10) Wie aus dem Späteren hervorgeht, handelt es sich hier nicht, wie man zunächst vermuten könnte, um eine Polemik gegen Ptolemäus, mit dessen Werken *Ibn al Hai'am* sich eingehend beschäftigt hat, und mit dessen mathematischen Ausführungen er sich einverstanden erklärt, wie das Folgende zeigt. Er wendet sich vielmehr vor allem gegen eine unwissenschaftliche popularisierende Darstellung ohne klare Definitionen und Begriffe.

indem er sich wie jemand verhält, der die Prinzipien der Beweise zugibt, ohne selbst zu forschen und der auf die Autorität der Fachleute hin die Behauptungen gläubig annimmt, ohne sie in Abrede zu stellen und weitere Aufklärungen zu fordern. Ich meine Du sollst zu verstehen suchen, was jene über diese Probleme anführten und Dir ihre Definitionen und Ausführungen im Geiste bildlich unter Zuhilfe der Phantasie vorstellen! Dazu kommt noch, daß bei diesen Schwächen ihre Behauptungen durchaus nicht überall klar sind, noch alle Bedingungen, die an die Darstellung von Gedanken geknüpft sind, erfüllen. Teils überreden sie nur, teils sind sie ungenau. Wir beabsichtigen nicht, sie alle zu widerlegen und zu tadeln; denn es ist möglich, daß die Vertreter solcher (nicht gründlich durchdachter) Lehren bei all ihrem Außerachtlassen von Begriffen, mit denen sie sich ungenügend beschäftigt haben, doch einige klare Vorstellungen haben, indem sie diese Ansichten vertreten. Sie wählten eine solche Darstellungsweise, und befolgten dabei eine weitschweifige Methode, um diese Begriffe aufzustellen. Zugleich waren sie meine Vorgänger in diesem Fache und bewiesen, wie sehr einerseits die Lehren in ihm aus einandergehen, während sie andererseits übereinstimmen.

Wir geben über den Aufbau der Welt eine Ausführung, die sich auf das erstreckt, was wir von den allgemeinen Begriffen über die wesentlichen Punkte für richtig halten, nämlich von denjenigen, zu denen diejenigen, die die Wahrheit der mathematischen Wissenschaften erforschten, gelangten und diejenigen, die sich auf die Abhandlung über die Wissenschaften stützen, die durch seine abschließende Forschung niedergelegt hat der vortrefflichste Ptolemäus, in seinem Werk über die mathematischen Wissenschaften (dem Almagest). Wir werden für die Bewegungen voraussetzen, daß die Kreise und die gedachten Punkte, die er als isolierte (unkörperliche) annahm, sich auf den Oberflächen von Kugeln befinden, die dann durch ihre Bewegungen diese (d. h. die wirklichen) Bewegungen hervorrufen. Dies entspricht sicher besser dem wirklichen Zustand und ist für das Verständnis einleuchtender. Wir wollen das, was wir uns von diesen Wissenschaften zu eigen gemacht haben, dem Verständnis solcher zuführen, die sie ohne eigene Forschung erfassen wollen und die das zu erkennen suchen, wozu die Be-

weise verwendet wurden, (die aber selbst nichts von Beweisen wissen wollen) und die dabei nur diese Kreise und Punkte zu Hilfe nehmen. Da unsere Ausführung dem, was er (Ptolemäus) dargelegt und festgestellt hat, — dabei benutzt er aber keinerlei Körper — entspricht, so nehmen wir für jede einzelne der Bewegungen, die er erwähnt, und zwar in der Richtung, in der es möglich ist, daß diese Bewegung infolge einer individuellen körperlichen Bewegung in Erscheinung tritt, eine einfache zusammenhängende (kontinuierliche) ohne Ende fortdauernde Bewegung an.

Hierbei ist es möglich, daß für jede einzelne Bewegung alle diese angenommenen Körper gleichzeitig vorhanden sind, ohne daß sie sich gegenseitig hindern, stoßen oder ohne daß eine Verzögerung eintritt, sondern vielmehr daß die Bewegungen trotz dem gleichzeitigen Vorhandensein der Körper andauernd und ununterbrochen erfolgen.

Wir teilen jeder dieser einfachen Bewegungen, die wir aufführen werden, einen kugelförmigen Körper zu, der sich ununterbrochen um seinen Mittelpunkt bewegt, so daß diese Bewegung vollkommen einem Zustand gleicht, der ewig andauert, der fern von jeder Veränderung ist und keiner Schädigung unterworfen ist. Dann werden wir kurz all das mitteilen, was man an den himmlischen Körpern beobachtet und ebenso die an ihnen vorkommenden Bewegungen im Raum und die Verschiedenheit der Lagen. Alles, was wir übermitteln, gibt nur eine Übersicht, aus der man ein Bild von der Gestalt, der Lage und der Bewegung im Großen und Ganzen gewinnt; dabei enthält sie aber nichts Unwesentliches. Es ist aber zulässig (sicher) daß, wenn man mit ihr (der Übersicht) die Einzelheiten (der Bewegungen u. s. w.) vergleicht, letztere (mit jenem allgemeinen Bilde) übereinstimmen. Unser einziges Bemühen bei dieser Darstellung ging dahin, sie so gut wie möglich zu machen.“

Gemäß den Ausführungen dieser Einleitung entwickelt nun *Ibn al Haiṭam* sein Weltbild der Sphären.

Im zweiten Teil seiner Schrift¹¹⁾ erläutert *Ibn al Haiṭam* den Begriff der Welt als der Gesamtheit aller existierenden

11) Eine vollständige Übersetzung dieses Teiles hat E. Wiedemann im Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik gegeben. Bd. 1, S. 21. 1909.

Dinge, sodann gibt er an, daß die Welt als Ganzes Kugelgestalt besitzt und ein massiver Körper ist. Dabei findet sich die bemerkenswerte Angabe: „Unter meinem Ausdruck massiv will ich verstanden haben, daß es in ihr (der Welt) keinen leeren Ort gibt, sondern nur erfüllte (Orte)“. Weiter unterscheidet er schwere und leichte Körper und solche, die weder leicht noch schwer sind, und behandelt, wie das Weltall aus diesen verschiedenen Körpern gesetzmäßig sich aufbaut. Den schweren Körpern wohnt nämlich das Bestreben inne, sich dem Weltmittelpunkt zu nähern, wodurch das leichtere verdrängt und ihm eine aufsteigende Bewegung erteilt wird¹²⁾. Das Schwere besteht bei *Ibn al Haitam* zunächst aus der festen Erdmasse, einschließlich der gesamten Tier- und Pflanzenwelt, dieses ballt sich aus dem obigen Grund zu einer kugelähnlichen Gestalt um den Weltmittelpunkt. Dabei sind die von den himmlischen Körpern verursachten Abweichungen von der Kugelgestalt im Verhältnis zur Größe der ganzen Erde nur klein. Ein weiterer schwerer Körper ist das Wasser, das die Vertiefungen erfüllt und so die feste Erdmasse zum Teil als Kugelschale umhüllt.

Leichte Körper sind die Luft und das Feuer. Die Luft umgibt abgesehen von unmerklichen Abweichungen die Kugelschale des Wassers als Kugelschale. Die Kugelschale der Luft ihrerseits wird von der Kugelschale des Feuers umgeben.

Die weder leichten noch schweren Körper umhüllen dann als weitere Kugelschale die Kugelschale des Feuers. In ihr sind die Himmelskörper eingeschlossen und sie bewegt sich kreisförmig als Ganzes schnell von Osten nach Westen. Ihre äußere Oberfläche bildet die Grenze für alles Existierende.

In diesem zweiten Teil erwähnt er dann nur noch kurz, daß dieser Körper, der die himmlischen Körper enthält, in verschiedene Teile unterteilt wird.

Im dritten Teile seines Werkes behandelt *Ibn al Haitam* diese Teile und beginnt seine Ausführungen damit, daß er den Begriff „*al Falak*“ (Sphäre) einführt¹³⁾. Er schreibt:

12) Es deutet sich in dieser Auffassung bemerkenswerterweise bereits der relative Charakter des Begriffes „leicht“ an.

13) Vgl. die Mitteilungen über das Wort „Sphäre“ in E. Wiedemann, Beiträge IX, Bd. 38. S. 192. 1906; ferner in E. Wiedemann, Beiträge XLVII, Bd. 47, S. 228. 1915.

„*Al Falak* ist ein ganz bestimmter Ausdruck und wird in der Bedeutung für eine jede kreisrunde Größe angewandt, wie z. B. einen kugelförmigen Körper, eine Kugelfläche, eine Kreisfläche oder den Umfang eines Kreises¹⁴⁾. Auch der die Welt umgebende Teil, der sich um den Mittelpunkt der Welt bewegt, heißt als Ganzes *Falak*. Dieser *Falak* wird in zahlreiche Teile geteilt und zwar zunächst in neun Teile. Es sind kugelförmige Körper, die einander berühren. Dabei berührt die konkave Fläche des umhüllenden Körpers die konvexe des von ihm Umhüllten. Alle diese Kugeln, (eigentlich Kugelschalen) haben als Mittelpunkt den Mittelpunkt der Welt und jede heißt für sich allein *al Falak*.

Der erste ist der *Falak* des Mondes, an ihn schließen sich diejenigen des Merkur, der Venus, der Sonne, des Mars, des Jupiter, des Saturn, der Fixsterne an, und daran endlich die größte Sphäre, die alle diese Sphären in Bewegung setzt und sie umgibt.

Diese Sphären haben verschiedene Bewegungen. Sie zerfallen zunächst ganz allgemein in zwei einander entgegengesetzte, die eine von Osten nach Westen, die andere von Westen nach Osten. Sie finden um verschiedene Pole statt. Jede Bewegung hat zwei, ihr speziell zukommende Pole, und jede von diesen Kugelschalen zerfällt in verschiedene Kugeln, bezw. Kugelschalen, von denen eine jede eine ihr eigentümliche Bewegung hat. Wir werden jede an entsprechender Stelle behandeln.“

Diese wenigen Zeilen enthalten alles Wesentliche über das Sphärensystem. Bevor *Ibn al Haitam* an die Beschreibung und Erläuterung der einzelnen Sphären geht, behandelt er in diesem dritten Teil seines Werkes noch eine Reihe bekannter astronomischer Grundbegriffe, wie: Breitenkreis, Horizont, Zenit, Meridian, Höhenkreis, Länge, Breite, Tag- und Nachtbogen, Weite des Ostens, des Westens, Ekliptik, Äquinoktien, Solstitien, u. a.

Auf diesen Teil, der sich bei fast allen arabischen Astronomen und Kosmographen findet, braucht hier nicht näher eingegangen zu werden.

Im vierten Teil seines Werkes gibt *Ibn al Haitam* die Einzelheiten seiner Theorie der Sphären. Dabei bespricht er

14) Im folgenden wird dieser Ausdruck hauptsächlich in der Bedeutung von **Kugelschale** verwandt.

die einzelnen Sphären nicht ganz in der Reihenfolge ihrer Lagerung, sondern erläutert zuerst die Sphäre für die Sonne, dann die für den Mond, dann kommen die für die inneren Planeten, Merkur, Venus, hierauf die für die äußeren Planeten, Mars, Jupiter, Saturn, daran schließt sich die Fixsternsphäre und zum Schluß die oberste Sphäre. In unserer Darstellung behalten wir diese Reihenfolge bei.

Um eine Übersicht über das Weltbild *Ibn al Haitams* zu erleichtern, sei vorausgeschickt, daß nach seiner Ansicht der Kosmos in seiner Gesamtheit eine Vollkugel ist. Diese zerfällt in neun konzentrische Kugelschalen, die Sphären der Wandelsterne; jede dieser Kugelschalen besteht wiederum aus einzelnen konzentrisch und exzentrisch ineinander gelagerten Kugelschalen bezw. Kugeln.

Dabei ist die Sphäre der Sonne (Fig. 1 u. 2) die einfachste: sie besteht nur aus zwei ineinander geschachtelten Kugelschalen. Die äußere ist konzentrisch zum Weltmittelpunkt, dem Erdmittelpunkt, die innere ist exzentrisch zu diesem und trägt den Sonnenkörper. Die Sphäre der Venus und der oberen Planeten (Fig. 6) sind wie die Sonnensphäre aus zwei Kugelschalen aufgebaut. Nur trägt die innere, exzentrische Kugelschale zunächst den Epizykel, eine massive Kugel und erst in diese ist das Gestirn eingebettet. Beim Mond (Fig. 3) ist entsprechend der Kompliziertheit seiner Bewegung, der auch die moderne Theorie der Mondbewegung Rechnung zu tragen hat, ein dem eben beschriebenen ähnliches Sphärensystem vorhanden, das ferner noch von einer mit dem Mittelpunkt der Welt konzentrischen Kugelschale umgeben ist. Der Merkur endlich (Fig. 5) hat das komplizierteste Sphärensystem, bei ihm ist die exzentrische Sphäre, die die Epizykelkugel mit dem Planeten trägt, nicht unmittelbar in die mit dem Mittelpunkt der Welt konzentrische Kugelschale eingelagert, sondern diese ist erst noch in eine zweite exzentrische Kugelschale eingelagert und dieses gesamte Kugelschalensystem sodann in die zum Mittelpunkt der Welt konzentrische Kugelschale.

Was die Bewegungen dieser Sphären anbelangt, so sind diese im allgemeinen gleichförmige Drehungen um ganz bestimmte Durchmesser, die Achsen, ganz entsprechend dem Platonischen Prinzip, die Planetenbewegungen durch Kreisbewegungen zu er-

klären. Dieses Prinzip wird aber in mehrfacher Hinsicht von *Ibn al Haitam*, wie übrigens auch schon von Ptolemäus, durchbrochen. Abgesehen von der Sphäre der Sonne müssen sich nämlich die exzentrischen Sphären der übrigen Gestirne ungleichförmig bewegen; der Epizykelmittelpunkt bewegt sich nämlich, den Ausführungen zufolge, gleichförmig nicht in bezug auf den Mittelpunkt der exzentrischen Sphäre, sondern in bezug auf einen exzentrischen Punkt (siehe w. u. Anm. 24). Eine entsprechende Verletzung des Prinzips tritt ein bei der Breitenbewegung im Epizykel (vgl. w. u. Anm. 39). Der Breitenbewegung der exzentrischen Sphären bei Merkur und Venus endlich entspricht überhaupt keine Kreisbewegung; sie erfolgt in einer Art Schaukelbewegung.

Die von *Ibn al Haitam* seinem Werke beigegebenen Figuren fehlen leider in unserer Handschrift. Es waren die Darstellungen der Sphären der Sonne, des Mondes, des Merkur, der Venus, ferner ein Bild für die oberen Planeten und sodann eine schematische Darstellung der Gesamtheit der Sphären.

Im Anschluß an die Angaben von *Ibn al Haitam* sind die hier gegebenen Figuren Rekonstruktionen. Es sind Schnitte der Ekliptikebene mit den betreffenden Sphären; dabei wurde wie im Original die vereinfachende Annahme gemacht, daß die Äquatorebenen aller Sphären mit der Ekliptik zusammenfallen. Die weitere Spezialisierung *Ibn al Haitams* die Mittelpunkte aller Sphären auf eine gerade Linie zu verlegen, wurde, außer beim Merkur, nicht gemacht, sondern eine allgemeine Lage der Sphären gezeichnet. Die Figuren stimmen im wesentlichen mit den mir nachträglich zugänglich gewordenen Abbildungen in den Werken von *al Charaǧí*, *Našír al Dín al Tûsî* und *Quṭb al Dín* überein; daraus ergibt sich, daß sie den Gedanken *Ibn al Haitams* entsprechen.

Bemerkenswert ist insbesondere, daß *Ibn al Haitam* die mit dem Weltmittelpunkt konzentrische Kugelschale als *al Falak al mumattal* bezeichnet. Ihre Äquatorebene fällt mit der Ekliptikebene zusammen, es dürfte demnach *al Falak al mumattal* wörtlich zu übersetzen sein mit „die ähnlich gelagerte Sphäre“. *Našír al Dín* und *Quṭb al Dín* nennen diese Sphäre *al muráfiq* d. h. die übereinstimmende Sphäre nämlich in bezug auf die Lage ihres Mittelpunktes und ihrer Achse mit der Ekliptik. Die Über-

setzung „die gleichlaufende Sphäre“ (vgl. G. Rudloff und A. Hochheim, die *Astronomie des Mahmûd Ibn Muhammed Ibn 'Omar al Gajmînî*. Zeitschr. d. deutschen Morgenl. Ges. 47, S. 222, 1893) dürfte das Wesentliche nicht treffen, da es sich nicht um eine bestimmte Bewegung, sondern um die gleiche Lage handelt.

Zu beachten ist weiter, daß *Ibn al Haitam* sowohl die Kugelschalen als auch die durch sie bestimmten Kreise als Sphären mit dem gleichen Namen bezeichnet. Er macht dies wohl um im engeren Anschluß an die reine Epizykeltheorie mit Kreisen von Ptolemäus zu bleiben.

Im einzelnen gibt *Ibn al Haitam* folgende Theorie der Sphären:

Die Sphäre der Sonne.

Die Sphäre der Sonne ist eine zum Mittelpunkt der Welt konzentrische körperliche Kugelschale. Sie umgibt die Sphäre der Venus und wird ihrerseits von der Sphäre des Mars umgeben. In diese Sphäre ist eine weitere Kugelschale exzentrisch eingelagert, und zwar so, daß die innere Fläche der exzentrischen Kugelschale die innere Fläche der konzentrischen von

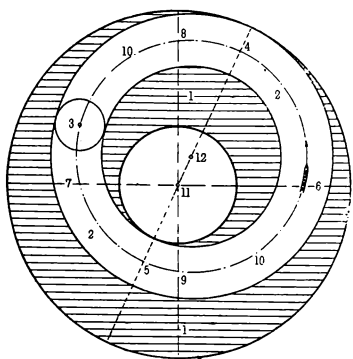


Fig. 2: Sphäre der Sonne^{14a)}.

1. Konzent. Sphäre. — 2. Exzent. Sphäre. — 3. Sonnenkörper. — 4. Apogeum. — 5. Perigeum. — 6. Frühlingsäquinoktium. — 7. Herbstäquin. — 8. Sommersolstitium. — 9. Wintersolst. — 10. Bahn des Sonnenmittelpunktes. — 11. Weltmittelpunkt. — 12. Mittelpunkt der exzentrischen Sphäre.

außen und die äußere Fläche der exzentrischen Kugelschale die äußere Fläche der konzentrischen von innen in einem Punkt berührt¹⁵⁾. Diese zweite Kugelschale heißt exzentrische

14^{a)} Diese Figur unterscheidet sich von der Fig. 1 der Sonne dadurch, daß auch noch die im Text S. 155 angegebene Lage des Apogeums in bezug auf das Sommersolstitium berücksichtigt ist.

15) Diese beiden Berührungspunkte liegen auf der Zentrale der beiden Kugelschalen und außerdem, wie aus dem folgenden hervorgeht, in der Ebene der Ekliptik.

Sphäre. Sie dreht sich von Westen nach Osten um einen ihrer Durchmesser (nämlich denjenigen, der auf der Ebene der Ekliptik senkrecht steht); seine Endpunkte sind die Pole der Drehung. Die Sonne selbst ist ein massiver, kugelförmiger Körper; sie ist so in die exzentrische Sphäre eingelagert, daß ihr Mittelpunkt gleich weit von den Polen der exzentrischen Sphäre entfernt ist (d. h. sie liegt in der Ebene der Ekliptik). Dabei hat der Sonnenkörper eine solche Größe, daß er gleichzeitig beide Flächen der exzentrischen Kugelschale berührt. Bei der Drehung der exzentrischen Sphäre beschreibt der Mittelpunkt der Sonne einen Kreis, der ebenfalls exzentrische Sphäre heißt. (s. o.) Die Ebene dieses Kreises schneidet die oberste Sphäre in einem Kreis, dem Tierkreis. Die Verbindungslinie von Weltmittelpunkt und Mittelpunkt des exzentrischen Kreises schneidet dessen Umfang in zwei Punkten. Der Punkt mit dem größeren Abstand von dem Mittelpunkt heißt *Aug* der Sonne (Apogeum), der mit dem kleinsten Abstand heißt *Haḥī!* der Sonne (Perigeum). Das Apogeum liegt auf der Nordseite dem Punkt auf dem Tierkreis gegenüber, der um $24\frac{1}{2}^{\circ}$ dem Sommer-solstitium vorangeht, wie das Ptolemäus in seinem *Almagest* angibt¹⁶). Dieser Punkt bewegt sich nicht¹⁷).

Durch die Drehung der exzentrischen Sphäre kommt die Sonne einem Grad der Ekliptik nach dem andern gegenüber zu liegen; das wiederholt sich je im Laufe eines Sonnenjahres. Befindet sich die Sonne im Apogeum, so hat sie ihre größte, im Perigeum ihre kleinste Entfernung vom Erdmittelpunkt, das heißt dem Mittelpunkt der Welt.

Ibn al Haiṭam erörtert daran anschließend, daß die Orte, für die sich die Sonne zu dieser Zeit im Zenit befindet — es sind dies nach seiner Ansicht etwa die Orte des zweiund-

16) Siehe Ptolemäus, *Almagest* in der Übersetzung von K. Manitius, Teubner 1913, 3. Buch, 4. Kap., S. 167. (Im folgenden kurz als Manitius zitiert.)

17) Dies ist die von Ptolemäus übernommene Ansicht (vgl. Ptolemäus 3. Buch, 4. Kap. Manitius S. 167). Daß aber sich in Wirklichkeit die Absidenlinie bewegt, wurde schon vor *Ibn al Haiṭam* von *al Battānī* entdeckt, aber mit der Präzessionsbewegung identifiziert. *Ibn al Haiṭam* ist das auch nicht entgangen, er bemerkt nämlich weiter, daß spätere Beobachter nach Ptolemäus der Ansicht sind, daß sich Apogeum und Perigeum in der Reihenfolge der Tierkreiszeichen, d. h. rechtläufig verschieben.

zwanzigsten Breitenkreises südlicher Breite — die größte Temperatur besitzen müssen, weil diese Orte von der Sonne den kleinsten Abstand besitzen. Diesen Breitenkreis nennt er den verbrannten Weg [vgl. auch Geographie d'Aboulféda übersetzt von M. Reinaud, Bd. II, 1. Teil, S. 6 (Voie brûlée)]^{17a)}.

Damit die Sonne an verschiedenen Stellen der Ekliptik gleichlange Bögen zurücklegt, bedarf sie verschiedener Zeiten; im Apogeum braucht sie für die gleiche Anzahl Grade länger als im Perigeum. Die gleichförmige Drehung der exzentrischen Sphäre im bezug auf die Ekliptik erscheint also ungleichförmig.

Die Sphäre des Mondes.

Die Sphäre des Mondes ist eine zum Mittelpunkt der Welt konzentrische körperliche Kugelschale. Sie wird von der Sphäre des Merkurs umhüllt und umhüllt ihrerseits die Sphäre des Feuers. Diese Sphäre besteht zunächst aus zwei konzentrischen Kugelschalen, von denen die eine die andere umhüllt. Die äußere Kugelschale heißt ähnlich gelagerte Sphäre, die innere

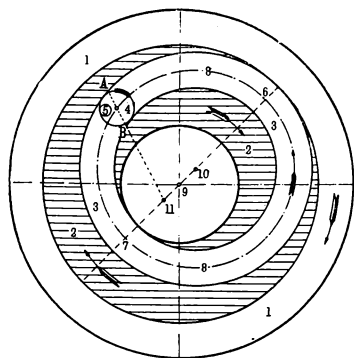


Fig. 3: Sphäre des Mondes.

1. Ähnlich gelagerte (konzentrische) Sphäre. — 2. Geneigte Sphäre. — 3. Exzentrische Sphäre. — 4. Sphäre des Epizykel. — 5. Mondkörper. — 6. Apogeum. — 7. Perigeum. — 8. Bahn des Mittelpunktes der Epizykel. — 9. Weltmittelpunkt. — 10. Mittelpunkt der exzentrischen Sphäre. — 11. Richtungspunkt für den Epizykeldurchmesser AB.

geneigte Sphäre (*al Falak al mād'il*). In die innere Sphäre ist eine weitere exzentrische Kugelschale eingelagert, sodaß ihre äußere Fläche die äußere der geneigten Sphäre von innen und ihre innere Fläche die innere der geneigten Sphäre von außen berührt (ganz

^{17a)} Auf dieselbe Anschauung weist auch *al Bîrûnî* (*Chronologic*, Übersetzung von E. Sachau S. 249) hin, teilt aber dabei mit, daß *Abû Gâfar al Châzin* eine Art der Bewegung der Sonne ersonnen habe, bei der diese stets den gleichen Abstand von der Erde besitzt und daß er so zwei Gegenden eine nördliche und eine südliche, erhält, die einander nach Wärme und Kälte gleich sind.

entsprechend wie bei der Sonne); außerdem ist der Abstand der exzentrischen Sphäre von den beiden Polen (den Endpunkten des Durchmessers, um den die Drehung der Sphäre erfolgt) der geneigten Sphäre gleich. Diese Sphäre heißt die exzentrische Sphäre. In die exzentrische Sphäre ist nun weiter eine massive Kugel zwischen ihren konzentrischen Kugelflächen eingebettet; ihr Durchmesser ist gerade gleich der Dicke dieser Kugelschale und ihr Mittelpunkt ist gleich weit von den Polen der exzentrischen Sphäre entfernt (d. h. ihr Mittelpunkt liegt in der Äquatorebene der exzentrischen Sphäre, die ja mit der geneigten Sphäre identisch ist). Diese Kugel heißt Epizykel (*Falak al Tadwîr*). Da die exzentrische Sphäre diese Kugel trägt, so heißt sie auch tragende Sphäre (*hâmil*). Der Mond ist eine massive Kugel, die in die massive Epizykelsphäre eingebettet ist, sodaß die Mondkugel die Epizykelsphäre von innen berührt.

Die ähnlich gelagerte Sphäre dreht sich von Osten nach Westen also rückläufig um eine feste Achse, auf der die beiden Ekliptikpole liegen. Diese Sphäre setzt durch ihre Bewegung alle mit ihr verbundenen (inneren) Sphären in Bewegung¹⁸⁾, so bewegt sie z. B. die ganze Fläche der geneigten Sphäre rückläufig. Die Bewegung dieser Sphäre heißt Bewegung der Knoten (s. w. u.).

Die geneigte Sphäre dreht sich ebenfalls von Ost nach West, rückläufig um eine Achse, auf der aber nicht die Ekliptikpole liegen¹⁹⁾, und bewegt dabei alle in ihr gelegenen Sphären mit sich fort.

Die exzentrische Sphäre dreht sich rechtläufig von West nach Ost um eine Achse, auf der aber nicht die Pole der geneigten Sphäre liegen^{19a)}. Durch ihre Bewegung wird die Sphäre des Epizykels und damit auch der Körper des Mondes

18) Ob die Übertragung der Bewegung durch Reibung oder sonstwie zu denken ist, führt *Ibn al Haiṭam* weiter nicht aus.

19) D. h. diese Achse schließt mit der Ekliptikachse einen Winkel ein, deshalb heißt diese Sphäre auch die geneigte. Die Bewegung der Absidenlinie der Mondbahn erfolgt zum Teil durch diese Bewegung.

19a) Es ergibt sich aus dem Folgenden, daß diese Achse parallel zur Achse der geneigten Sphäre ist, so daß die Äquatorebenen der geneigten und der exzentrischen Sphäre zusammenfallen, nicht aber die Achsen. Durch die Drehung der exzentrischen Sphäre entsteht die monatliche Bewegung des Mondes.

rechtläufig fortgeführt. Dabei beschreibt der Mittelpunkt der Sphäre des Epizykels einen Kreis, der ebenfalls exzentrische Sphäre heist (s. o.). Der Schnittkreis der Ebene dieses Kreises mit der äußeren Fläche der gleichgelagerten Sphäre heißt ebenfalls geneigte Sphäre. Die beiden Schnittpunkte dieses Kreises mit der Ekliptikebene heißen die beiden Knoten; derjenige, der den Anfang der nördlichen Hälfte bildet, heißt Kopf, derjenige, der den Anfang der südlichen Hälfte bildet, heißt Schwanz²⁰). Die Neigung dieses Kreises gegen die Ekliptik ändert sich nicht. Die Drehung der exzentrischen Sphäre heißt Bewegung in der Breite, weil durch sie die Änderung in der Breite des Gestirns bedingt ist.

Der Schnittpunkt der Verbindungslinie des Mittelpunktes der konzentrischen Sphäre und der exzentrischen mit dem Kreis der exzentrischen Sphäre, der auf der Seite des Mittelpunktes der exzentrischen Sphäre liegt, heißt Apogeum, der andere Schnittpunkt heißt Perigeum.

Die Sphäre des Epizykels dreht sich ebenfalls um eine Achse (die parallel zur Achse der exzentrischen bzw. der geneigten Sphäre ist) und bewegt dadurch den Körper des Mondes²¹), dessen Mittelpunkt einen Kreis beschreibt, der ebenfalls Sphäre des Epizykels heißt. Dabei erfolgt die Drehung so, daß die Bewegung des Mondes in größerem Abstand rückläufig, in kleinerem Abstände rechtläufig ist²²). Die Drehung des Epizykels heißt Bewegung der Verschiedenheit, Ungleichheit (*Ichtilâf*, weil die scheinbare Bewegung des Gestirns dadurch bald schneller bald langsamer wird.)

Ist der Epizykel zu Beginn der Bewegung im Apogeum, so behält derjenige Durchmesser des Epizykels, (der nach dem

20) Die Bezeichnung Kopf und Schwanz rühren von der älteren Vorstellung eines auf der Knotenlinie liegenden Drachens her. Vgl. Notes d'astronomie syrienne p. M. F. Nau: Ataliâ ou le dragon céleste. Journal asiatique [10], t. 16. 1910, p. 219 und E. Wiedemann, Beiträge XLVII, Bd 47. 1915, S. 224 u. 229, Anm. 33.

21) Eine weitere Drehung des Mondkörpers selbst wird nicht erörtert; darin liegt offenbar eine Lücke der Theorie der Bewegung des Mondes, indem nämlich der Erscheinung, daß der Mond der Erde stets dieselbe Seite zukehrt, nicht Rechnung getragen wird.

22) Von der Nordseite aus erscheint also die Drehung der Sphäre des Epizykels rückläufig.

Weltmittelpunkt gerichtet ist), dessen Enden zu dieser Zeit den größten und den kleinsten Abstand haben, bei der weiteren Bewegung die Richtung weder nach dem Mittelpunkt der exzentrischen Sphäre noch nach dem Weltmittelpunkt bei, sondern ist immer nach dem Punkt gerichtet, der im gleichen Abstand vom Weltmittelpunkt wie der Mittelpunkt der exzentrischen Sphäre aber auf der anderen Seite diesem gegenüberliegt²³⁾. Die Bewegung dieses Epizykeldurchmesser heißt die gegenüberliegende Bewegung (*a Haraka al muḥādā*)²⁴⁾.

23) Gemeint ist eigentlich, daß die Sphäre des Epizykels so mitbewegt wird, daß dieser zentrale Durchmesser, falls der Epizykel selbst keine Umdrehung besäße, stets die angegebene Richtung hätte.

24) Ist in der Figur 4 Z der Mittelpunkt der exzentrischen Sphäre, der Kreis K um Z die Bahn des Epizykelmittelpunktes M , der Deferent; C der Punkt, der dem Weltmittelpunkt W im gleichen Abstand gegenüberliegt, so erfolgt die Bewegung des Epizykels so, daß die Verbindungslinie CM sich mit konstanter Geschwindigkeit um diesen Punkt C dreht, während der Mittelpunkt M des Epizykels auf dem Kreis K bleibt. Dabei wird jener zentrale Epizykeldurchmesser AB (des Apogeums) fest mit dieser Verbindungslinie CM verbunden gedacht. Der Epizykel selbst dreht sich mit konstanter Geschwindigkeit w im bezug auf die jeweilige Lage der Linie (CM , CM_1 usw.). Ist z. B. die Zeit t , in der sich M nach M_1 bewegt, verflossen, so ist $A_1 M_1 G$ (G ist der Mittelpunkt des Gestirns im Epizykel) gleich $w \cdot t$. Diese Theorie der Mondbewegung geht auf Ptolemäus zurück, der sie auch ganz entsprechend bei den anderen Wandelsternen außer der Sonne verwendet. Mit dieser Ergänzung des exzentrischen Punktes (C) der Bewegung ist jedoch das ursprüngliche Prinzip der Bahnbewegung auf Kreisen, auf denen das Gestirn, bew. der Epizykelmittelpunkt sich gleichförmig bewegen soll, aufgegeben, Es sei hier gerade deshalb ausdrücklichst darauf verwiesen, weil vielfach Darstellungen der Epizykeltheorie diese ungleichförmige Bewegung des Epizykelmittelpunktes (M) auf dem exzentrischen Kreis übersehen. Der Epizykelmittelpunkt (M) bewegt sich nämlich auf dem exzentrischen Kreis nicht gleichförmig, sondern nur mit konstanter Winkelgeschwindigkeit im bezug auf den exzentrischen Punkt C ; es muß sich dementsprechend die ganze exzentrische Sphäre ungleichförmig drehen. Um auch für diesen Fall

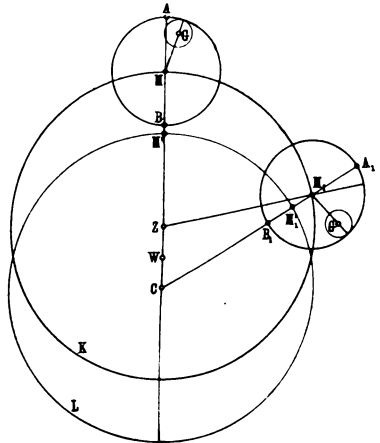


Fig. 4.

Um auch für diesen Fall

Wie schon erwähnt, erfolgen die Bewegungen des Mittelpunktes des Epizykels (infolge der Umdrehung der exzentrischen Sphäre) und die Bewegung des Apogeums (infolge der Umdrehung der geneigten Sphäre) nach entgegengesetzten Richtungen und zwar sind sie im bezug auf den mittleren Ort der Sonne²⁵⁾ gleich.

Das Apogeum verschiebt sich rückläufig von der Stelle der (mittleren) Sonne, und kehrt in der Zeit eines Mondmonats zu ihr zurück. Der Mittelpunkt des Epizykels bewegt sich rechtläufig von der Stelle des Apogeums und kehrt zu ihr zweimal in der Zeit eines Mondmonats zurück. Die Bewegung verläuft also folgendermaßen: Zur Zeit der mittleren Konjunktion fallen mittlere Sonne, Mittelpunkt des Epizykels und Apogeum zusammen; hat der Mittelpunkt des Epizykels den halben exzentrischen Kreis durchlaufen, so befindet er sich im Perigeum, so daß der Mond und das Apogeum sich in Quadratur zur Sonne befinden. Hat der Mittelpunkt der Sphäre des Epizykels dann weiter den exzentrischen Kreis ganz durchlaufen, ist er also zum Apogeum zurückgekehrt, so stehen Mond und Apogeum in Opposition zur Sonne. Dann kommen wieder Mond in Perigeum und Apogeum in Quadratur zur mittleren Sonne und schließlich der Mond im Apogeum mit der mittleren Sonne in Konjunktion. Demnach finden Konjunktion und Opposition im Apogeum, die Quadraturen im Perigeum statt^{25a)}.

Nach dem Obigen wäre der Mond infolge der Umdrehung der Sphäre des Epizykels in größerer Entfernung im Epizykel rückläufig und in kleinerer Entfernung rechtläufig. Nun wird

noch eine gleichförmige Bewegung in Betracht ziehen zu können, wird in der Epizykeltheorie die gleichförmige Bewegung des dem Epizykelmittelpunkt M entsprechenden Punktes M' (M_1' usw) auf dem zu K entsprechenden Kreis L um C betrachtet. C wird dann Centrum äquans und der Kreis L als circulus äquans bezeichnet. — Ob die Bezeichnung „gegenüberliegende“ Bewegung darauf beruht, daß dieser genannte Epizykeldurchmesser AB stets diesem bestimmten Punkt C „gegenüberliegt“ oder andererseits dieser Punkt selbst dem Mittelpunkt der exzentrischen Sphäre gegenüberliegt, ist nicht zu ersehen.

25) Darunter ist verstanden der Ort der mittleren Sonne, d. h. der gedachten Sonne, die sich mit der mittleren Geschwindigkeit der wahren Sonne bewegt.

25a) Eine kritische Bemerkung hierzu von K. Manitius im Weltall 1907/08, S. 54.

aber stets eine rechtläufige Bewegung beobachtet; dies erklärt sich daraus, daß die stärkere rechtläufige Bewegung des Epizykelmittelpunktes durch die rückläufige Bewegung des Mondes im Epizykel nur verlangsamt wird, während andererseits die rechtläufige Bewegung im Epizykel eine Vermehrung der rechtläufigen Bewegung bewirkt.

Zu dieser erwähnten Bewegung in der Breite gibt es eine entsprechende in der Länge. Durch eine Gerade vom Weltmittelpunkt durch den Mittelpunkt des Mondes erhält man den Ort des Mondes auf dem Kreis der geneigten Sphäre. Der Schnittpunkt des größten Kreises auf der geneigten Sphäre durch die Ekliptikpole und den eben erwähnten Ort des Mondes mit der Ekliptik ist der Ort des Mondes auf der Ekliptik. Bewegt sich nun infolge der Umdrehungen der verschiedenen Sphären der Mond, so bewegt sich der Ort des Mondes auf der Ekliptik und diese Bewegung des Ortes des Mondes auf der Ekliptik heißt Bewegung des Mondes in der Länge.

Der Bogen des größten Kreises zwischen der geneigten Sphäre und dem Ort des Mondes auf der Ekliptik heißt Breite. Diese ändert sich ebenfalls bei der Bewegung des Mondes, bald nimmt sie zu, bald ab.

Sonnenfinsternis²⁶⁾: Rückt der Ort des Mondes auf der Ekliptik auf einen Knoten, so ist der Mond selbst an dem Knoten angelangt. Liegt nun gerade zu dieser Zeit der Mittelpunkt der Sonne gegenüber diesem Knoten, so liegen Weltmittelpunkt, Mondmittelpunkt und Sonnenmittelpunkt auf einer geraden Linie; dann tritt eine Sonnenfinsternis ein. Der Mondkörper bildet dann einen Schirm, der das Licht der Sonne abschirmt. Betrachten wir den Kegel, dessen Spitze ein Punkt unseres Auges und dessen Basis der Mondkörper ist, und verlängern wir die Kegelfläche bis zur Sonne, so spricht man von einer totalen Sonnenfinsternis, wenn die Sonne ganz innerhalb dieses Kegels liegt, weil uns die ganze Sonne verdunkelt wird. Liegt nur ein Teil innerhalb dieses Kegels und ein anderer noch außerhalb, so wird uns nur der erste Teil verhüllt und man spricht von einer teilweisen Sonnenfinsternis.

26) Eine wörtliche Übersetzung dieser Stelle hat E. Wiedemann in Wied. Ann. Bd 39. 1890, S. 373 veröffentlicht.

Mondfinsternis: Geht die gerade Linie Weltmittelpunkt, Mondmittelpunkt durch den Knoten und befindet sich die Sonne gerade gegenüber dem anderen Knoten, so tritt eine Mondfinsternis ein; denn der Mond besitzt an sich kein Licht, sondern sein Licht ist nur von der Sonne erworben²⁷⁾. Er ist ein glatter Körper und an seine Oberfläche wird das Licht der ihm gegenüberstehenden Sonne zur Erde reflektiert²⁷⁾, wodurch er gesehen werden kann. Da die Erde ein dichter Körper ist, so wirft sie nach der der Sonne abgewandten Seite einen Schatten. Dieser Schatten hat wiederum die Gestalt eines Kegels. Da der Durchmesser der Sonne größer ist, als der der Erde, so bilden die vom Umfang der Sonne zum Umfange der Erde gehenden Strahlen einen Kegel und da der Erdkörper die Lichtstrahlen der Sonne abblendet, so ist der dahinter liegende Kegelraum ein zusammenhängender Schatten und heißt die Nacht. Liegen nun die Mittelpunkte der Sonne, der Erde und des Mondes in einer geraden Linie, sodaß die Erde zwischen ihnen steht, so liegt der Mondkörper im Schattenkegel. Die Erde bildet einen Schirm und hindert den Mond das Sonnenlicht aufzunehmen.

Ist der ganze Mond in dem Schattenkegel, so ist er vollständig verdunkelt und man spricht von einer totalen Mondfinsternis. Befindet er sich zum Teil außerhalb, zum Teil innerhalb des Kegels, so ist nur ein Teil verfinstert und man spricht von einer teilweisen Mondfinsternis.

Ist der Mond ganz verfinstert, und geht er durch die Mitte des Kegels, so dauert die Finsternis länger, geht er aber an der Seite des Kegels durch, so dauert die Verfinsterung nicht so lange.

Mondphasen: Warum ist nun überhaupt zu einer Zeit der ganze Mond leuchtend, zu anderer Zeit nur zum Teil leuchtend und zu manchen Zeiten überhaupt nicht leuchtend? Das hat seinen Grund in der verschiedenen Lage von der Sonne und von

27) Eine ausführliche Darstellung über das Licht des Mondes gibt *Ibn al Haiṭam* in einer anderen Schrift, in ihr kommt er aber zu dem Schlusse, daß das Licht des Mondes nicht reflektiertes Licht ist, sondern daß er durch die Beleuchtung mit dem Sonnenlicht zum Selbstleuchten angeregt wird, es fehlt ihm also der Begriff der diffusen Reflexion. In einer besonderen Arbeit soll diese Schrift behandelt werden. Vgl. übrigens auch E. Wiedemann, Beiträge XIII, Bd 39. 1907, über eine Schrift von *Ibn al Haiṭam* „Über die Beschaffenheit der Schatten“.

uns selbst in bezug zum Mond. Der leuchtende Teil des Mondes ist etwa nahezu die Hälfte der Oberfläche des Mondes. Auch der für uns sichtbare Teil ist nahezu die Hälfte; während aber der leuchtende Teil stets der der Sonne zugekehrte Teil ist, sind dessen Lagen uns gegenüber verschieden²⁸⁾. Bei der Opposition ist die der Sonne zugekehrte Seite auch uns zugekehrt, dabei befinden wir uns an einer Stelle zwischen Sonne und Mond, weshalb wir seine ganze leuchtende Fläche sehen. Nach der Opposition liegt unser Ort nicht mehr zwischen Sonne und Mond, sondern seitlich davon. Die leuchtende Fläche ist dann nicht mehr gerade die uns zugekehrte Seite, sondern die uns zugekehrte Seite gehört nur zum Teil der leuchtenden Hälfte an, der übrige Teil zur dunklen Hälfte. Der uns zugekehrte leuchtende Teil nimmt fortwährend ab, bis man zur Konjunktion kommt, dann ist der leuchtende Teil die der Sonne zugekehrte Hälfte und die uns zugekehrte Hälfte ist ganz dunkel. Entfernt sich der Mond von der Sonne, so wendet sich die leuchtende Fläche wieder uns zu.

Die Sichelgestalt des leuchtenden Teiles erklärt sich daraus, daß dieser Teil von zwei sich schneidenden Kreisbögen begrenzt wird, deshalb erscheint der am Anfang und Ende sichtbare Teil sichelförmig. Nimmt der leuchtende Teil zu, so erscheint schließlich der eine Grenzbogen als gerade Linie, während der andere Begrenzungsbogen der halbe Umfang des Kreises ist, der die uns zugewandte Mondhälfte begrenzt. Zu dieser Zeit erscheint uns deshalb die sichtbar leuchtende Fläche als Halbkreis, dann nimmt sie weiter zu, bis sie zum Vollkreis wird.

Die Sphäre des Merkur.

Die Sphäre des Merkur ist eine zum Mittelpunkt der Welt konzentrische körperliche Kugelschale. Sie wird von der Sphäre der Venus umhüllt und umhüllt ihrerseits die Sphäre des Mondes. Die Sphäre besteht zunächst aus einer zum Mittelpunkt der Welt konzentrischen Kugelschale, der ähnlich gelagerten Sphäre. In diese Kugelschale ist eine exzentrische Kugelschale so eingelagert, daß ihre äußere Fläche die äußere Fläche der ähnlich

28) Wie schon oben erwähnt (Anm. 31) wird der Tatsache, daß der Mond der Erde stets dieselbe Seite zuwendet, nicht Rechnung getragen.

gelagerten Sphäre von innen berührt und ihre innere deren innere von außen (ganz entsprechend wie bei Sonne und Mond). Diese Kugelschale heißt die Sphäre, die die Umdrehung bewirkt, die umdrehende Sphäre (*a Falak al mudîr*). In diese exzentrische Kugelschale ist eine weitere exzentrische Kugelschale eingelagert, deren Mittelpunkt einen Abstand vom Mittelpunkt der umdrehenden Sphäre hat, der gleich der Hälfte von dem Abstand ist, den deren Mittelpunkt vom Weltmittelpunkt besitzt. Diese zweite exzentrische Sphäre heißt die tragende Sphäre. In diese Sphäre ist eine Kugel von solcher Größe eingelagert, daß sie gerade beide Flächen der exzentrischen Sphäre berührt. Ihr Mittelpunkt ist von den Polen der exzentrischen Sphäre gleich weit entfernt²⁹⁾. Diese Kugel heißt die Sphäre des Epizykels. Der Körper des Merkur ist eine massive Kugel. Er ist in den Körper des Epizykels eingebettet, sodaß er dessen Fläche von innen berührt.

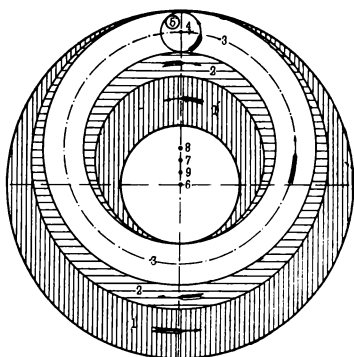


Fig. 5: Sphäre des Merkur.

1. Ähnlich gelagerte (konzentrische) Sphäre. — 2. Drehende Sphäre. — 3. Tragende Sphäre. — 4. Sphäre des Epizykel. — 5. Körper des Merkur. — 6. Weltmittelpunkt. — 7. Mittelpunkt der drehenden Sphäre. — 8. Mittelpunkt der tragenden Sphäre. — 9. Richtungspunkt für den Epizykeldurchmesser *AB*.

Bewegungen der Sphären: Die konzentrische Sphäre, die alle Sphären des Merkur umgibt, dreht sich um eine Achse, auf der die beiden Pole des Tierkreises liegen. Sie bewegt alle in ihr eingelagerten Sphären mit sich. Die Drehung erfolgt langsam rechtläufig, nach Ptolemäus in je 100 Jahren um einen Grad und heißt Bewegung des Apogeums³⁰⁾.

29) D. h. der Mittelpunkt liegt in der Äquatorebene der zweiten exzentrischen Sphäre.

30) Diese Bewegung besitzen die ähnlich gelagerten Sphären aller folgenden Planeten, sie entspricht der Präzession; es handelt sich demnach nicht um eine Eigenbewegung der Absidenlinie des betreffenden Wandelsternes.

Die erste exzentrische Sphäre dreht sich rückläufig um eine Achse, auf der nicht die Ekliptikpole liegen³¹). Sie bewegt ihrerseits alle in ihr befindlichen Sphären. Diese Bewegung beträgt in einem Jahre einen Umlauf und heißt Bewegung der umdrehenden Sphäre.

Die zweite exzentrische Sphäre bewegt sich rechtläufig um eine Achse, auf der weder die Ekliptikpole, noch die Pole der ersten exzentrischen Sphäre liegen³²). Sie bewegt die Epizykelsphäre und den Merkur mit sich; dabei beschreibt der Mittelpunkt der Sphäre des Epizykel einen Kreis, der ebenfalls „tragende Sphäre“ heißt. Die Ebene dieses Kreises schneidet die äußere Fläche der konzentrischen Sphäre und die der obersten Sphäre je in einem Kreis, von denen jeder „geneigte Sphäre“ heißt. Die Schnittpunkte des Kreises auf der obersten Sphäre mit dem Ekliptikkreis heißen Knoten³³). Die Bewegung dieser exzentrischen Sphäre beträgt in einem Jahr zwei Umläufe und heißt Bewegung des Mittelpunktes des Epizykels.

Die Sphäre des Epizykels dreht sich um eine Achse und bewegt den Merkur mit sich in einer Kreisbahn, ebenfalls Epizykel genannt. Dieser Kreis ist gegen den Kreis der exzentrischen Sphäre geneigt. An der entfernteren Stelle findet die Bewegung rechtläufig, an der näheren Stelle rückläufig statt³⁴), gerade umgekehrt wie beim Mond. Diese Bewegung heißt die Bewegung der Verschiedenheit (*Ichtiläf*).

Die entsprechende Bewegung des Ortes des Merkur auf dem Tierkreis heißt Bewegung in der Länge³⁵).

Einzelheiten der Bewegung: Befindet sich der Merkur in größtmöglicher Entfernung vom Mittelpunkt der Welt, so liegen die Mittelpunkte des Epizykel, der tragenden Sphäre, der

31) Die Lagerung ist so, daß die Äquatorebene dieser exzentrischen Sphäre mit der Ekliptikebene einen Winkel einschließt, die Schnittlinie stellt die Knotenlinie dar.

32) Diese Achse ist parallel zur Achse der ersten exzentrischen Sphäre und außerdem fallen die Äquatorebenen der beiden exzentrischen Sphären zusammen.

33) Hier tritt die oberste Sphäre als Bezugssystem auf, das *Ibn al Haiṭam* auch sonst verwendet, allerdings nicht ganz konsequent, wie die andere Definitionsweise der Mondknoten zeigt (S. 158).

34) Die Drehung erscheint also von der Nordseite aus als rechtläufig.

35) Ähnlich wie schon oben beim Mond (s. S. 161).

Sphäre *al mudîr* und der Welt in einer geraden Linie und zwar in der angeführten Reihenfolge. Der Durchmesser des Epizykels, dessen Endpunkte zu dieser Zeit den kleinsten und den größten Abstand vom Mittelpunkt der Welt besitzen (vergl. beim Mond s. S. 158 u.), behält bei der Weiterbewegung des Epizykels stets die Richtung nach dem Punkt, der zu dieser Zeit in der Mitte zwischen dem Mittelpunkt der umdrehenden Sphäre und dem der Welt liegt, bei³⁶). Dieser Punkt beschreibt einen Kreis bei der Weiterbewegung, der ebenfalls exzentrische Sphäre heißt³⁷). Die Verlängerung dieses Durchmessers bis zu diesem Punkte heißt Linie der umdrehenden Sphäre und die Bewegung dieser Linie heißt die Bewegung des Ausgleichers (*mu'addil*) der Wanderung (weil dadurch die Bewegung des Merkurs ausgeglichen wird).

Wie oben erwähnt, erfolgen die Bewegungen der beiden exzentrischen Sphären nach entgegengesetzten Richtungen, daraus ergibt sich für die Bewegung des Mittelpunktes des Epizykels, daß seine Verschiebung stets gegenüber dem mittleren Ort der Sonne erfolgt. Man findet bei fortgesetzter Beobachtung des Körpers des Gestirns, wie er sich von dem mittleren Ort der Sonne entfernt, indem er um gleiche Größen ihm vorausgeht und hinter ihm zurückbleibt. Dies ergibt sich durch die Bewegung im Epizykel, durch die der Stern um gleiche Größen von dem Durchmesser des Epizykels, der stets mit der Linie der umdrehenden Sphäre verbunden ist, entfernt wird.

Man spricht von einer rückläufigen Bewegung, wenn sich der Merkur in näherer Entfernung im Epizykel bewegt, weil sich dann diese Bewegung der Bewegung des Epizykels so überlagert, daß der Merkur sich rückläufig bewegt. Falls die Bewegung des Merkurs im entfernteren Teil des Epizykels stattfindet, so erfolgen beide Bewegungen, die im Epizykel und die des Epizykels, im Sinne der Tierkreiszeichen und es ergibt sich eine gleichsinnige Bewegung.

36) Vgl. hierzu Anm. 23 und 24. Es tritt ganz entsprechend wie beim Mond ein Centrum äquans auf.

37) Dieser Kreis ist offenbar konzentrisch zur ersten exzentrischen Sphäre. Der erwähnte Durchmesser hat dieselbe Bedeutung für den Epizykel beim Merkur, wie der entsprechende beim Mond (vgl. Anm. 24).

Die Neigung der ersten exzentrischen Sphäre³⁸⁾ ist nur klein und behält nicht immer dieselbe Größe bei, sondern ändert sich so, daß sich ihre Äquatorebene neigt, bis sie mit der Tierkreisebene zusammenfällt und dann weiterneigt nach der anderen Seite, bis zu einer Neigung, die gleich derjenigen auf der ersten Seite ist. Dann vermindert sich wieder die Neigung, bis die ursprüngliche Lage zurückkehrt (wieder erreicht ist), worauf der Vorgang von vorne beginnt³⁹⁾. Dabei befindet sich gerade der Mittelpunkt des Epizykels zur Zeit der größten Neigung im Apogeum und zurzeit des Zusammenfallens der Äquatorebene der geneigten Sphäre mit der Ekliptikebene im Perigeum. Diese Änderung der Neigung der Äquatorebene der geneigten Sphäre zur Ekliptikebene heißt Bewegung der Neigung.

Die Neigung des Epizykels⁴⁰⁾: Der Durchmesser des Epizykels, dessen Enden den größten und den kleinsten Abstand haben, bleibt nicht stets in der Äquatorebene der exzentrischen Sphäre, sondern bewegt sich so, daß sein eines Ende⁴¹⁾ stets auf dem Umfang eines kleinen Kreises sich befindet, dessen Ebene senkrecht auf der Äquatorebene der exzentrischen Sphäre steht⁴²⁾ und dessen Mittelpunkt in ihr liegt. Ist der Epizykel im

38) D. h. die Neigung ihrer Äquatorebene gegen die Ekliptik, die zudem mit der der zweiten exzentrischen Sphäre identisch ist.

39) Die Äquatorebene der geneigten Sphäre pendelt also um ihre Knotenlinie gleich weit nach beiden Seiten der Ekliptikebene. Damit ist eine weitere Verletzung (vgl. Anm. 24) des Prinzips der Darstellung der Bewegung der Wandelsterne durch Kreisbewegungen gegeben.

40) Wie schon aus der obigen Definition der Umdrehung zu ersehen war, ist *Ibn al Haiṭam* ebenso wie dem ganzen Altertum, insbesondere Ptolemäus der Begriff der absoluten Richtung vollkommen unbekannt. Ähnlich wie bei der Bewegung im Epizykel die Umdrehung von einem besonders gerichteten, aber im Raum sich bewegenden Durchmesser gezählt wurde, so wird die Neigung der Äquatorebene des Epizykels durch die Bewegung zweier zueinander senkrechter Epizykeldurchmesser jeweils bestimmt. Unter Einführung des Begriffes der absoluten Richtungen ließe sich das einfach als Parallelverschiebung der Äquatorebene des Epizykels darstellen, denn der Neigungswinkel der Äquatorebene des Epizykels mit der Ekliptik muß eigentlich als konstant angenommen werden, was aber den Alten auch infolge der Beobachtungsfehler nicht zum Bewußtsein kommen konnte. Die Darstellung *Ibn al Haiṭams*, die wir geben, schließt sich an Ptolemäus an (vgl. Ptolemäus *Almagest* XIII. Buch, 2. Kap. Manitius S. 330).

41) Ptolemäus nimmt das erdnahe Ende an.

42) Nach Ptolemäus steht dieser Kreis senkrecht zur Ekliptik (Manitius II, S. 331).

Apogeum, so liegt dieser Durchmesser in der geneigten Sphäre, dann trennt er sich, indem er sich nach Norden bewegt, dann kehrt er wieder zur Äquatorebene der exzentrischen Sphäre zurück und trennt sich von ihr nach Süden, kehrt dann in die ursprüngliche Lage zurück und so geht das ohne Ende weiter. Die Bewegung dieses Durchmessers heißt das Neigen des Epizykels.

Der zu dem vorigen Durchmesser senkrechte Durchmesser bewegt sich ebenfalls und zwar so, daß sein eines Ende einen kleinen Kreis beschreibt, dessen Ebene senkrecht zur Ekliptik steht, mit einer Geschwindigkeit, die derjenigen der ersten Bewegung entsprechend ist, jedoch so, daß die Bewegung, durch die er sich von der Äquatorbene der exzentrischen Sphäre trennt, beginnt, wenn der Epizykel sich im aufsteigenden Knoten befindet. Diese Bewegung heißt die Bewegung der Abweichung (*Inchirâf*).

Die Bewegung der Endpunkte der Durchmesser auf den kleinen Kreisen erfolgt außerdem ganz entsprechend der Bewegung in der Länge in den einzelnen Quadranten, jedoch ist, wie bei der Bewegung in der Länge, der Mittelpunkt der Bewegung nicht jeweils der Mittelpunkt des Kreises, sondern ein außerhalb gelegener Punkt⁴³).

Gemäß diesen beiden letzten Bewegungen und der Bewegung der Neigung, erfolgt die Bewegung des Sterns in der Breite.

Die Sphäre der Venus.

Die Sphäre der Venus ist eine zum Mittelpunkt der Welt konzentrische körperliche Kugelschale. Sie wird von der Sphäre der Sonne umhüllt und umhüllt ihrerseits die Sphäre des Merkur. Die Sphäre selbst besteht zunächst aus einer konzentrischen Kugelschale, der ähnlich gelagerten Sphäre. In diese Kugelschale ist exzentrisch eine weitere Kugelschale, wie schon mehrfach beschrieben, eingelagert. In den Raum zwischen den konzentrischen Flächen dieser Kugelschale befindet sich eine

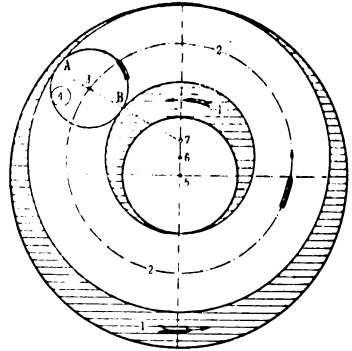
43) Die Zeitdauer der Bewegung der Endpunkte der Durchmesser des Epizykels auf den kleinen Kreisen und diejenige des Ortes des Merkur auf der Ekliptik werden in den einzelnen Quadranten entsprechend als gleich angenommen. Dabei ist ferner die Bewegung dieser Durchmesserpunkte auf den kleinen Kreisen nicht gleichförmig im bezug auf die Kreismittelpunkte, sondern auf bestimmte exzentrische Punkte. *Ibn al Hai'am* schließt sich damit an Ptolemäus an (vgl. Manitius II, S. 332).

massive Kugel, die Sphäre des Epizykels. In dieser Sphäre ist der Körper des Gestirns, die Venus befestigt⁴⁴).

Bewegungen der Sphären: Die konzentrische Sphäre dreht sich äußerst langsam in 100 Jahren um einen Grad rechtläufig wie diejenige der Sphäre des Merkur⁴⁵) um eine Achse, auf

Fig. 6: Sphäre der Venus und der oberen Planeten.

1. Ähnlich gelagerte (konzentrische) Sphäre. —
2. Exzentrische Sphäre. —
3. Sphäre des Epizykels. —
4. Körper des Gestirns. —
5. Weltmittelpunkt. —
6. Mittelpunkt der exzentrischen Sphäre. —
7. Richtungspunkt für den Epizykeldurchmesser AB .



der die Pole der Ekliptik liegen. Sie bewegt die Gesamtheit der Sphären der Venus, so insbesondere die exzentrische Sphäre. Diese Bewegung heißt die langsame Bewegung.

Die tragende, exzentrische Sphäre dreht sich in Richtung der Tierkreiszeichen, d. h. rechtläufig um eine besondere Achse⁴⁶) und bewegt die Sphäre des Epizykels und damit das Gestirn, die Venus selbst. Die Bewegung heißt Bewegung der tragenden Sphäre.

Der Mittelpunkt dieser exzentrischen Sphäre wird nicht, wie beim Merkur, durch eine weitere exzentrische Sphäre bewegt, sondern unterliegt nur einer langsamen Umdrehung (nämlich der der ähnlich gelagerten Sphäre).

Die Sphäre des Epizykels dreht sich ebenfalls um eine Achse und bewegt dabei das Gestirn in einem Kreis, der gegen die Äquatorebene der exzentrischen Sphäre geneigt ist, ähnlich wie beim Merkur. In dem entfernteren Teil des Epizykels ist die Bewegung rechtläufig und in dem näheren ist sie rückläufig. Diese Bewegung ist die Bewegung des Epizykels.

44) Die Einzelheiten der Lagerung der Sphären entsprechen, soweit ersichtlich, ganz denjenigen bei den oben behandelten Sphären.

45) Siehe S. 164.

46) D. h. diese Achse ist nicht parallel zur Achse der konzentrischen Sphäre, weshalb diese Sphäre auch die geneigte heißt.

Die Bewegung des Ortes der Venus auf dem Tierkreis ist die Bewegung der Venus in der Länge.

Durch die Umdrehung der exzentrischen Sphäre beschreibt der Mittelpunkt des Epizykels einen Kreis, der wieder „exzentrische Sphäre“ heißt. Auf diesem Kreis bestimmt die gerade Linie durch den Mittelpunkt der Welt und seinen Mittelpunkt zwei Punkte, die den größten und kleinsten Abstand besitzen. Es sind dies Apogeum und Perigeum.

Wenn sich der Durchmesser der Sphäre des Epizykels, dessen Enden zu der Zeit, zu der sich der Epizykelmittelpunkt im Apogeum befindet, den kleinsten und größten Abstand besitzen, infolge der Umdrehung der tragenden Sphäre weiterbewegt, so verschiebt sich dieser Durchmesser. Dabei ist er stets nach einem anderen Punkt als dem Mittelpunkt der exzentrischen Sphäre gerichtet, der Ausgleicher der Bewegung heißt. Dessen Abstand ist gleich dem Abstand des Mittelpunktes der exzentrischen Sphäre vom Mittelpunkt der Welt. Die Verbindungslinie dieses Punktes und des Epizykelmittelpunktes heißt Linie der umdrehenden Sphäre (*Chaff al Mudîr*) und auf dieser liegt stets der eben erwähnte Durchmesser⁴⁷⁾. Die Bewegung dieser Linie heißt die Bewegung der Linie der umdrehenden Sphäre.

(Bewegung in der Breite.) Ähnlich wie beim Merkur⁴⁸⁾ bewegen sich der Epizykeldurchmesser, dessen Enden den kleinsten und den größten Abstand haben, und der dazu senkrechte Durchmesser auf kleinen Kreisen, wodurch die ganze Äquatorebene des Epizykels bewegt wird (zu sich selbst parallel). Die Bewegungen der Durchmesserendpunkte erfolgen wieder nicht um die Kreismittelpunkte, sondern um exzentrisch gelegene Punkte, entsprechend der Bewegung in der Länge, mit den gleichen Umlaufzeiten. Zum Unterschied vom Merkur erfolgt hier die Bewegung des ersten Durchmessers im Perigeum und die des senkrechten Durchmessers beim absteigenden Knoten nach Norden⁴⁹⁾. Dies sind also die Bewegungen des geneigten und des ihn senkrecht schneidenden Durchmessers.

47) Vgl. Anm. 23 und 24 zum Mond und Merkur.

48) Siehe S. 167.

49) D. h. die Neigung der Äquatorebene des Epizykels gegen die Äquatorebene der exzentrischen Sphäre liegt nach der anderen Seite wie beim Merkur.

Die Bewegung der geneigten Sphäre erfolgt wie beim Merkur, nur befindet sich die Venus stets auf der Nordseite (der Ekliptik) und insbesondere zur Zeit, wenn der Mittelpunkt der Epizykel im Apogeum oder Perigeum ist, hat sie ihre größte Neigung. Diese Bewegung heißt Bewegung der geneigten Sphäre.

Die Sphären der oberen Planeten Mars, Jupiter und Saturn.

Nach Ptolemäus sind die Arten der Bewegungen für die drei oberen Wandelsterne Mars, Jupiter und Saturn untereinander ähnlich; deshalb kann ihre Behandlung zusammengefaßt werden.

Jedem einzelnen dieser Wandelsterne kommt als Sphäre eine mit dem Mittelpunkt der Welt konzentrische Kugelschale zu. Die äußerste ist die Sphäre des Saturn, sie wird von der Sphäre der Fixsterne umhüllt, und umhüllt ihrerseits die Sphäre des Jupiter, die ihrerseits wieder die Sphäre des Mars umhüllt und diese umhüllt die Sphäre der Sonne. In jede dieser Kugelschalen ist eine weitere Kugelschale exzentrisch eingelagert. Diese Kugelschale heißt die tragende Sphäre. Zwischen die konzentrischen Kugelflächen ist bei jeder einzelnen, wie mehrfach beschrieben, eine Kugel eingelagert. Diese Kugel heißt die Sphäre des Epizykels und in diese ist dann je der Körper des Gestirnes eingebettet.

Bewegungen der Sphären. Jede der konzentrischen Sphären dreht sich um eine Achse, auf der die Pole der Ekliptik liegen, genau wie bei Venus und Merkur, langsam rechtläufig in 100 Jahren um einen Grad und setzt dabei alle eingelagerten Sphären und das Gestirn entsprechend in Bewegung. Dies ist die Bewegung der ganzen Sphäre. Die tragende Sphäre dreht sich ebenfalls rechtläufig um eine Achse, auf der aber nicht die Ekliptikpole liegen⁵⁰⁾; dabei beschreibt der Epizykelmittlepunkt bei jedem Gestirn einen Kreis, der ebenfalls „tragende Sphäre“ genannt wird. Diese sind geneigte Kreise, wie wir das schon bei Venus und Merkur gesehen haben, doch ändern diese Sphärenkreise nicht ihre Neigung (gegen die Ekliptik,

50) Die Äquatorebene dieser Sphäre bildet jeweils mit der Ekliptikebene einen Winkel, weshalb diese Sphäre auch die geneigte heißt.

wie Merkur und Venus). Dies ist die Bewegung der tragenden Sphäre.

Die Sphäre des Epizykels dreht sich um eine Achse, (die mit der Achse der exzentrischen Sphäre einen Winkel bildet). Daher beschreibt das Gestirn einen Kreis, auf dem es sich in dem (von der Erde) entfernteren Teil rechtläufig und in dem (ihr) näheren rückläufig bewegt⁵¹⁾.

Die Ebene dieses Kreises ist gegen die Äquatorebene der exzentrischen Sphäre geneigt. Die Drehung der Sphäre des Epizykels heißt Bewegung des Epizykels.

Die Bewegung des Ortes des Gestirnes auf dem Tierkreis ist die Bewegung in der Länge.

Die Verbindungslinie der Mittelpunkte der Welt und der exzentrischen Sphäre bestimmt auf dem Kreis der exzentrischen Sphäre zwei Punkte. Der eine, der die größte Entfernung vom Mittelpunkt der Welt hat, liegt stets auf der Nordseite (der Ekliptik), der andere, der die kleinste Entfernung besitzt, stets auf der Südseite (der Ekliptik), denn diese geneigten Sphären ändern ihre Lage nicht (gegen die Ekliptik, s. oben).

Wie bei der Sphäre der Venus, behält der schon mehrfach erwähnte Epizykeldurchmesser⁵²⁾, dessen Enden die größten und kleinsten Entfernungen vom Weltmittelpunkt besitzen, wenn der Epizykel sich im Apogeum befindet, bei der Bewegung der tragenden Sphäre stets die Richtung nach einem bestimmten Punkte bei. Die Verbindungslinie des Epizykelmittelpunktes und dieses Punktes heißt die Linie der umdrehenden Sphäre und ihre Bewegung heißt Bewegung der Linie der umdrehenden Sphäre. Dieser (zentrale) Durchmesser des Epizykels beschreibt mit seinem einen Ende wieder einen kleinen Kreis⁵³⁾, weshalb er sich bald nach Norden, bald nach Süden neigt und mit ihm tut dies die Äquatorebene des Epizykels. Die Bewegung dieses Durchmessers von der Äquatorebene nach Norden beginnt bei

51) Die Drehung ist also, von der Nordseite aus gesehen, rechtläufig.

52) Vgl. Anm. 23 und 24.

53) Ähnlich wie beim Merkur (vgl. S. 167); jedoch fehlt hier die Bewegung des dazu senkrechten Durchmessers; auch Ptolemäus läßt diesen anderen Durchmesser bei den drei Planeten immer parallel zur Ekliptik bleiben (siehe Ptolemäus *Almagest* XIII. Buch, 2. Kap., Manitius S. 331).

dem aufsteigenden Schnittpunkt⁵⁴). Es ist dies die Bewegung des geneigten Durchmessers des Epizykels.

Die Bewegung des Durchmesserendpunktes auf dem kleinen Kreise findet bei jedem Planeten nicht um den Mittelpunkt, sondern um einen exzentrischen Punkt entsprechend der Bewegung in der Länge statt⁵⁵), auch sind die Umlaufzeiten entsprechend mit den Bewegungen in der Länge (wie bei Merkur und Venus).

Die Sphäre der Fixsterne.

Die Sphäre der Fixsterne ist eine mit dem Mittelpunkt der Welt konzentrische Kugelschale. Sie wird umhüllt von der obersten Sphäre und umhüllt ihrerseits die Sphäre des Saturn. Sie dreht sich rechtläufig um die Achse der Ekliptik in je 100 Jahren um einen Grad, wie Ptolemäus angibt⁵⁶).

Alle Fixsterne sind in den Körper dieser Sphäre eingelagert, ohne daß sich ihre (gegenseitigen) Lagen ändern; indes erfahren sie samt und sonders die erwähnte langsame rechtläufige Bewegung, so daß die Bahnen der Mittelpunkte der einzelnen Fixsterne untereinander parallele Kreise sind.

Die Bewegung des Fixsternes in der Länge ist die Bewegung seines Ortes auf der Ekliptik. Die Breite des Sternes ist der Bogen des Kreises durch die Ekliptikpole zwischen dem Ort des Sternes selbst und seinem Ort auf der Ekliptik.

Die ganze Sphäre der Fixsterne wird durch sechs von den Polen der Ekliptik ausgehende Kreise in zwölf gleiche Teile geteilt, von denen ein jeder ebenso wie der zugehörige Teil der Ekliptik Tierkreiszeichen heißt.

Die Zahl der Fixsterne, deren Orte auf der Ekliptik und deren Breite man bestimmt hat, sind nach Ptolemäus Werk⁵⁷) 1022 und zwar: Sterne erster Größe 15, zweiter Größe 45, dritter Größe 208, vierter Größe 474, fünfter Größe 217, sechster

54) Gemeint ist jedenfalls der aufsteigende Knoten als Schnittpunkt des exzentrischen Kreises mit der Ekliptik (siehe Ptolemäus Almagest XIII. Buch. 2. Kap., Manitius II, S. 330).

55) Vgl. bei Merkur S. 168.

56) Siehe Ptolemäus Almagest VII. Buch, 2. u. 3. Kap., Manitius II, S. 12—23.

57) Siehe Ptolemäus Almagest VIII. Buch, 1. Kap., Manitius II, S. 64; ferner E. Wiedemann, Beiträge III, Bd. 37, S. 241. 1905.

Größe 49, sodann neun schwache Sterne und fünf wolkenartige. Jede Anhäufung der Sterne erhält den Namen des Bildes, dem es ähnlich ist. So vereinigt Ptolemäus alle beobachteten Sterne zu 48 Bildern; die übrigen sind äußerst klein oder so nahe dem Südpol, daß sie in den nördlichen Breiten nie gesehen werden können.

Die oberste Sphäre.

Die oberste Sphäre umhüllt die Sphäre der Fixsterne und umgibt alle existierenden Dinge⁵⁸). Sie bewegt sich schnell von Osten nach Westen um eine Achse durch die Pole der Welt. Durch ihre Bewegung werden alle Sphären der Gestirne bewegt. Die oberste Sphäre enthält keine Sterne. Auf sie werden die Zustände der Sterne, ihre Bewegungen, Konstellationen, Konjunktionen und Oppositionen bezogen. Ferner denkt man sich auf ihr alle größten Kreise (abgebildet), in denen die Äquatorebenen der Sphären diese Sphäre schneiden, sowie die Endpunkte der Linien, die vom Mittelpunkt der Welt durch die Mittelpunkte der Gestirne gehen und die Orte der Gestirne darstellen. Es kommen also im einzelnen folgende Fälle in Betracht. Man bezieht die Bewegungen der Länge nach auf den Ekliptikkreis auf der obersten Sphäre; die Abstände der Gestirne auf die größten Kreise, die durch die Orte der Sterne gehen; schließlich die Oppositionen und Konjunktionen auf die größten Kreise, die durch die Ekliptikpole gehen, auf denen sich in diesen Fällen die Orte der betreffenden zwei Gestirne befinden.

Zusammenfassung.

Nach dem Obigen ist somit die Zahl der Gesamtheit der Bewegungen 47⁵⁹), nämlich:

1. Die schnelle Bewegung der obersten Sphäre von Osten nach Westen (die tägliche Bewegung).

58) *Ibn al Haiṭam* denkt sich diese Sphäre seinen Ausführungen zufolge sicherlich ebenfalls als Kugelschale.

59) Dazu zählt *Ibn al Haiṭam*, wie sich aus dem folgenden ergibt, auch die Bewegung des betreffenden Gestirns im bezug auf die Ekliptik, auch sind die aufgeführten Bewegungen nicht sämtlich von einander unabhängig, nämlich die Bewegung der den Epizykel tragenden exzentrischen Sphäre und die Bewegung des zentralen Epizykeldurchmessers in bezug auf den Richtungspunkt (vgl. Anm. 24).

2. Die langsame Bewegung der Sphäre der Fixsterne von Westen nach Osten (die Präzession).

3.—20. 18 Bewegungen der drei oberen Gestirne, von denen ein jeder 6 besitzt (nämlich die Bewegung: 1. der ähnlich gelagerten Sphäre, 2. der exzentrischen Sphäre, 3. des Epizykels, 4. des zentralen Epizykeldurchmessers in bezug auf den Richtungspunkt⁶⁰⁾, 5. des Endpunktes des zentralen Durchmessers auf dem kleinen vertikalen Kreis, 6. des Ortes des Gestirnes auf der Ekliptik).

21.—22. 2 Bewegungen der Sonne (nämlich 1. die gleichförmige Bewegung der exzentrischen Sphäre und 2. die (scheinbar ungleichförmige) Bewegung der Sonne in der Ekliptik ebene im bezug auf Weltmittelpunkt).

23.—30. 8 Bewegungen der Venus (nämlich die Bewegung: 1. der ähnlich gelagerten Sphäre, 2. der exzentrischen Sphäre, 3. des Epizykels, 4. des zentralen Epizykeldurchmessers in bezug auf den Richtungspunkt, 5. des Endpunktes des zentralen Durchmessers auf dem kleinen vertikalen Kreis, 6. des Endpunktes des tangentialen Durchmessers auf dem kleinen vertikalen Kreis, 7. der Neigung der exzentrischen Sphäre, 8. des Ortes der Venus auf der Ekliptik).

31.—39. 9 Bewegungen des Merkur (nämlich die 8 Bewegungen wie bei der Venus, dazu noch die Bewegung der zweiten exzentrischen Sphäre).

40.—45. 6 Bewegungen des Mondes (nämlich die Bewegung: 1. der ähnlich gelagerten Sphäre, 2. der geneigten Sphäre, 3. der exzentrischen Sphäre, 4. des Epizykels, 5. des zentralen Durchmessers des Epizykel im bezug auf den Richtungspunkt, 6. des Ortes des Mondes auf der Ekliptik).

46.—47. 2 Bewegungen dessen, was sich unter der Mondsphäre befindet, d. h. die Bewegungen des Leichten und des Schweren.

Die Sphären Ibn al Haitams bei den Arabern und im Abendland.

Die Ansicht von *Ibn al Haitam*, daß die Deferenten und Epizykeln durch massive Kugelschalen bzw. Kugeln zu ersetzen sind, findet sich in der arabischen Literatur immer

60) Siehe Anm. 23.

wieder. Dabei haben sich die späteren Gelehrten teils auf sein Werk selbst, teils auf Kommentare zu ihm, wie etwa denjenigen von *al Charaḡī*, „gestützt. Wir können das Werk und seinen Einfluß durch Jahrhunderte bis weit ins Mittelalter, ja bis in die Zeit Newtons hinein verfolgen; wir finden z. B. bei Sacrobosco und besonders bei Peurbach, sodann bei Riccioli (1598—1671) ganz entsprechende Vorstellungen⁶¹⁾.

Zwei Bearbeitungen von *Ibn al Haiṭams* Werk hat *al Charaḡī* (gest. 1139, H. Suter Nr. 276) verfaßt: ein größeres Werk mit dem Titel „Das höchste Verständnis über die Einteilung der Sphären“ und ein kürzeres mit dem Titel „Die Einsichtverschaffende über die Wissenschaft der Astronomie“.

Von den späteren Astronomen, die sich der Anschauung *Ibn al Haiṭams* angeschlossen haben, ist vor allem *Naṣīr al Dīn al Ṭūsī* (1204—74, H. Suter Nr. 368) zu erwähnen. Sein Erinnerungsbuch läßt den Einfluß der Vorstellungen *Ibn al Haiṭams* erkennen. Auch in seinem Kompendium über die Kenntnis der Ephemeriden hat er Abbildungen der *Ibn al Haiṭams*chen Sphären gegeben, wie aus einem Kommentar zu dieser Schrift (Berlin 5679) zu entnehmen ist.

Bemerkt sei, daß auch *al Gurgānī* (gest. 1413, H. Suter Nr. 424), der *Naṣīr al Dīns* Erinnerungsbuch kommentiert hat, die Körperlichkeit der Sphären besonders betont.

Wie von *Naṣīr al Dīn al Ṭūsī* selbst, so wird auch von seinem Schüler *Quṭb al Dīn al Schīrāzī* (1236—1311, H. Suter Nr. 387) in seinem Werke „Das höchste Erreichen in der Erkenntnis der Sphären“ die Anschauung der Körperlichkeit der Sphären vertreten und begründet.

Eine Darstellung des Kosmos mit körperlichen Sphären wie bei *Ibn al Haiṭam* findet sich ferner bei *Jūḡannā Abu'l Farag* d. h. *Bar Hebraeus* (1226—1286, H. Suter Nr. 375) in seinem „Buch des Aufsteigens des Geistes zum Bilde des Himmels und der Erde“ (herausgegeben von F. Nau, Paris 1899).

Weiterhin ist von *al Gaḡmīnī* (gest. 1344/5, H. Suter Nr. 403) ein Kompendium der Astronomie erhalten (s. S. 14), das wohl mit zu den verbreitetsten Lehrbüchern seiner Zeit

61) Wegen der näheren Ausführung all dieser Beziehungen sei auf die bereits S. 140 angezeigte Arbeit von E. Wiedemann und mir selbst verwiesen.

zählt. Auch dieses Werk fußt ganz mit den Anschauungen *Ibn al Haitams* auf der Ptolemäischen Epizykeltheorie. Die Darstellung ist, obwohl knapp, sehr klar, was sich ganz natürlich daraus erklärt, daß nunmehr diese astronomischen Vorstellungen, deren Entstehung ja bereits Jahrhunderte zurücklag, vollständig verarbeitet und Gemeingut der damaligen Astronomen geworden waren ⁶²).

Wesentlich zur Verbreitung der astronomischen Anschauungen *Ibn al Haitams* haben die eigentlichen Kosmographen beigetragen, so *al Qazwinî*. Gleich zu Beginn seiner Beschreibung der Himmelsphären schreibt er ⁶³): „Die Gelehrten haben die Überzeugung gewonnen, daß die einzelne Sphäre ein einfacher, sphärenförmiger, das in der Mitte Liegende umschließender, und sich um ihn (dem Weltmittelpunkt) bewegender Körper sei, der weder leicht noch schwer, weder heiß noch kalt, weder feucht noch trocken, weder dem Zerreißen ausgesetzt ist, noch des Wiederausammenfügens benötigt. Die Sphären überhaupt sind Kugelschalen, die einander umschließen. . . . Bei einigen ist ihr Mittelpunkt der Mittelpunkt der Welt, andere umschließen den Weltmittelpunkt, jedoch ohne daß er ihr Mittelpunkt ist, so alle exzentrischen Sphären, wieder andere umschließen gar nicht den Weltmittelpunkt, so die Sphären der Epizykel.

Wie alle neuen Ideen, so fanden auch die Vorstellungen *Ibn al Haitams* Gegner und zwar bei den Orthodoxen, wie wir einer interessanten Stelle bei *Ibn al Qiffî* (S. 229) ⁶⁴) entnehmen können, wo er schreibt: „Mir erzählte der Gelehrte *Jusuf al Sabti al Isrâ'îli*. Er sagt, ich war an jenem Tage ⁶⁵) als Kaufmann in Bagdâd und war bei einer Versammlung zugegen, hörte die Rede von *Ibn al Mâristânîja* und sah in seiner Hand ein Werk über die Astronomie von *Ibn al Haitam*; er wies auf einen Kreis, durch den die Sphäre dargestellt war und sagte,

62) Vgl. hierzu auch die Darstellung der astronomischen Anschauungen der Araber des XII. Jahrhunderts im *Journal Asiatique* 1909: Une Reforme du système astronomique de Ptolomé p. L. Gautier.

63) Vgl. H. Ethé, *Kazwinîs Kosmographie*. Leipzig 1868. S. 31 32.

64) Siehe E. Wiedemann, *Rosenthal-Festschrift* S. 176 77.

65) Nach Munk, der auch diese Stelle übersetzte, *Journal Asiatique* 3. Bd. 14, S. 19. 1842, war es im Jahre 1192.

dies ist das gewaltige, unaussprechliche düstere Unglück; nachdem er seine Rede vollendet hatte, zerriß er das Buch und warf es ins Feuer.

Wie *Ibn al Haiṭams* Werk im Orient auf die astronomischen Anschauungen einen großen Einfluß ausgeübt hat, so gewann es solchen auch im Okzident, dadurch, daß es mehrfach in die abendländischen Sprachen übersetzt wurde⁶⁶⁾.

Ibn al Haiṭams Werk wurde auf Befehl Alfons X. von Kastilien (1223—84) von Abraham, einem jüdischen Gelehrten, vom Arabischen ins Spanische übersetzt. Eine lateinische Übersetzung von unbekanntem Verfasser befindet sich in Oxford mit dem Titel: „Liber de mundo et coelo, de motibus planetarum, etc., in partes duas distinctus per Abraham Hebraeum, jubente Alphonso Hispaniae rege de Arabico in Hispanum, postea ab anonymo quodam in latinum versus, cum figuris; praevis capitulorum elencho et Alphonsi epistola“ (Catal. Cox. P, III. Mss. bibl. canonic Nr. 45)⁶⁷⁾. Möglicherweise war es vielleicht gerade dieses Werk, das Alfons X. zu jenem bekannten ihm zum Verhängnis gewordenen Ausspruch verleitet hat: „Hätte mich Gott bei der Weltschöpfung um meinen Rat befragt, so würde ich einen einfacheren Mechanismus angegeben haben“.

Eine weitere Übersetzung ins Hebräische wurde von Jacob ben Machir vorgenommen. Diese Übersetzung ist in mehreren Handschriften erhalten⁶⁸⁾. Eine lateinische Übersetzung dieser Übersetzung von Jacob wurde von Abraham de Balmes für den Kardinal Grimani gemacht und befindet sich im Vatikan (Nr. 4566). Eine weitere hebräische Übersetzung des Werkes wurde schließlich im Jahre 1322 von einem Arzte Salomo ibn Pater verfertigt für Jacob ben Meir, wovon mehrere Handschriften noch vorhanden sind⁶⁹⁾,

66) Über solche Übersetzungen siehe Steinschneider Bull. Boncomp, Bd. 14, 1881, S. 721, und Bd. 16, 1883, S. 505.

67) Von dieser Oxforder Handschrift war Herr Prof. Margoliouth in Oxford so freundlich von einigen Blättern weiß auf schwarz Photographien zu schicken, die auch einige Figuren enthalten. Es sind dies spätere Rekonstruktionen, die zum Teil im Originaltext nicht enthalten waren. Aus der Figur der Sphäre der Venus geht hervor, daß die Sphären vom Zeichner körperlich aufgefaßt sind, doch ist die Zeichnung in bezug auf die ähnlich gelagerte Sphäre fehlerhaft, weil die beiden Kugelflächen nicht konzentrisch sind.

68) Siehe darüber Steinschneider. a. a. O. S. 722.

69) Siehe darüber Steinschneider, a. a. O. S. 724.

Diese Übersetzungen von *Ibn al Haiṭams* Schrift über den Aufbau der Welt waren es schließlich, die die Vorstellungen des Mittelalters über den Bau des Kosmos in ganz bestimmter Weise beeinflußt haben, was, wie erwähnt, an anderer Stelle weiter noch dargelegt werden soll.

Nachdem die obigen an weit ältere Arbeiten von Herrn Geheimen Rat Prof. Dr. E. Wiedemann sich anschließenden Untersuchungen abgeschlossen waren, lernte ich das Buch von J. L. E. Dreyer, *History of the Planetary Systems*, und dasjenige von P. Duhem „*Le système du monde*“ kennen, welche letzterer sich auch mit dem Werke von *Ibn al Haiṭam*, wenn auch nur nach Auszügen, beschäftigt hat. Gerade der Wert, den P. Duhem auf *Ibn al Haiṭams* Darlegungen legt, war mir ein Grund mehr, die vorliegenden Ausführungen zu veröffentlichen.

Erlangen, Physikalisches Institut, im August 1924.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen](#)

Jahr/Year: 1922-1923

Band/Volume: [54-55](#)

Autor(en)/Author(s): Kohl Karl

Artikel/Article: [Über den Aufbau der Welt nach Ibn al Haitam. 140-179](#)