Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. XIII.

Von Eilhard Wiedemann.

Über eine Schrift von *Ibn al Haiṯam* „Über die Beschaffenheit der Schatten“ [1]).

Unter den Physikern des *Islâm* ragen zwei Gelehrte ganz besonders hervor, *al Bêrûnî* und *Ibn al Haiṯam*. Während wir vom ersteren vor allem ein Werk über spezifische Gewichtsbestimmungen besitzen, verdanken wir dem letzteren eine größere Anzahl kleiner optischer Arbeiten, die nach verschiedenen Richtungen sein Hauptwerk „de aspectibus“ ergänzen, welch letzteres in ganz hervorragender Weise die Entwicklung der Optik bis auf Kepler beeinflußt hat[2]).

Die folgenden Seiten sollen sich mit *Ibn al Haiṯams* Schrift über die Beschaffenheit der Schatten befassen, in der er nach seiner Aussage als erster nachweist, daß neben dem lichtlosen Kernschatten noch ein zweiter Schatten existiert, dem Licht beigemischt ist. Behandelt sind die drei möglichen Fälle, daß der leuchtende Körper ebenso groß ist wie der schattengebende Körper, kleiner oder größer als dieser. Im letzten kompliziertesten Fall wird auch noch die Lichtverteilung für verschieden weit von dem schattengebenden Körper abstehende Ebenen eingehend untersucht. Angewandt werden die Entwicklungen auf die Lehre von der Mondfinsternis. Die Theorie ist so weit geführt, als dies ohne Berücksichtigung der Abnahme der Intensität mit der

---

[1]) Herrn Prof. Dr. Reiger, der so freundlich war Alles nachzukontrollieren, sage ich an dieser Stelle den besten Dank.

[2]) Eine möglichst vollständige Übersicht über die Leistungen von *Ibn al Haiṯam* habe ich in der Festschrift für Prof. Rosenthal gegeben.

Entfernung und des Einflusses des Austrittswinkels möglich ist[1]). Von besonderem Interesse ist die Abhandlung dadurch, weil in systematischer Weise die erhaltenen theoretischen Resultate geprüft werden und deren Übereinstimmung mit der Beobachtung nachgewiesen wird.

Ich habe nicht eine vollständige Übersetzung gegeben, sondern den Text zum Teil gekürzt und das Wesentliche herauszuheben gesucht. Wie auch sonst bei *Ibn al Haiṯam*, so ist auch hier die Darstellung eine sehr breite und bewegt sich vielfach in Wiederholungen, besonders da, wo neue und dem Verfasser besonders interessierende Resultate gewonnen werden. Das ist wohl auch der Grund, warum schon von *Kamâl al Dîn Abu'l Ḥasan al Fârisî* († 1320) ein Auszug (*Taḥrîr*) aus der obigen Schrift verfaßt wurde. Sie ist mit dem *Tanqîḥ al Manâẓir*, einem Auszug nebst Kommentar der großen Optik und anderen bedeutenden Werken *Ibn al Haiṯams*, in Leyden (Kod. 1011) vorhanden.

Mir standen zur Bearbeitung einmal von mir vor Jahren hergestellte Photographien des Leydener Textes zur Verfügung, sowie dank der Güte von Herrn Prof. Dr. Stern eine Berliner Handschrift (Berlin Katalog 6019). Die letztere ist ziemlich gut geschrieben, aber leider nicht sehr korrekt; die Figuren lassen vielfach zu wünschen übrig, haben aber alle Buchstaben. Dagegen sind die Figuren im Leydener Kodex sehr gut und sauber

---

[1]) Von neueren Arbeiten seien erwähnt H. Seeliger. Abh. d. k. bayer. Akademie d. Wiss. München, II. Klasse 19, II. Abt., S. 395. 1898; Himmel u. Erde 9, S. 276. 1897; H. Paschen. Inaug.-Dissert. Marburg. 1907.

Eine eingehende Besprechung der Kenntnisse von den Sonnen- und Mondfinsternissen ist von F. Boll in Pauly-Wissowa, Realencyklopädie Bd. 6, unter Finsternisse gegeben.

Auf eine Reihe von Stellen bei antiken Schriftstellern, an denen über Schatten gehandelt wird, so Aristoteles Problemata XV., 5. 9. 10. 10, Meteorologie I, 8, 6, Ptolemaios an verschiedenen Stellen, war Herr Professor Heiberg so freundlich mich aufmerksam zu machen, doch habe ich dort nichts von dem Schlagschatten gefunden, ebensowenig in Euklids Optik, vgl. besonders die Rezension von Theon.

Auch *Qazwini* erwähnt bei der Besprechung der Mond- und Sonnenfinsternis (Übersetzung von Ethe S. 38 u. 52) nichts vom Schlagschatten. (Nach Ethe könnte es scheinen, als ob von der Erde Strahlen ausgehen, das würde aber aus dem Text selbst nicht folgen.) Ebensowenig finden

ausgeführt, bei zwei derselben fehlen aber die Buchstaben. Von der Handschrift gilt das im Leydener Katalog gesagte „charactere minutissimo et interdum lectu difficiliori exaratae, cum figg quam nitidissimis“. Bei der Benützung beider Texte ließ sich der Inhalt des Ganzen vollkommen sicher stellen.

Aus dem Inhalt folgt ohne weiteres, daß es sich weder um Tangenten und Kotangenten, wie Wöpcke meinte, noch um Schattenwerfung (im astrologischen Sinn) handelt.

Abhandlung von *al Ḥasan Ibn al Ḥusain Ibn al Haiṯam* Über die Beschaffenheit der Schatten [1]).

Eine [2]) der Grundlagen, auf die man sich in der Astronomie stützt, ist die Bewegung der Sonne und des Mondes und die Kenntnis der Zeiten und der Beträge der Stunden und der Lage der Sonne zu jeder Zeit des Tages. Die wissenschaftliche Grundlage für die Verdunkelungen des Mondes und die Beträge der Zeiten [zu denen sie stattfinden] bilden die Schatten der dichten Körper, wenn auf sie das Licht fällt und zwar nur von einer Seite. Die Gestalt der Schatten ist je nach den Größen der leuchtenden und der verfinsternden Körper verschieden. Sie unterscheiden sich weiter nach Stärke und Schwäche entsprechend der Größe und dem Licht der leuchtenden Körper. — Wir fanden, daß alle, welche über die Schattenlehre gehandelt und die Schatten benutzt haben, ohne Unterschied eine und dieselbe Methode bei der Feststellung der Gestalt des Schattens befolgten. Als wir nun unser Augenmerk gerichtet hatten auf die Verifizierung der Beschaffenheit der Schatten und auf die genaue Prüfung der Unterschiede in ihrer Gestalt, Stärke und Schwäche, da fanden wir, daß der Weg, den die Vertreter der Schattenlehre und derer, die die Schatten anwandten, eingeschlagen hatten, nicht genau untersucht und gründlich studiert war. Wir fanden, daß jeden Gegenstand, den sie mittelst der Schatten zu ergründen suchten, ein Irrtum trübte (fehlerhaft erscheinen ließ),

---

sich bei *al Battânî* (ed. Nallino) und *al Farǵânî* (ed. Golius), Angaben über den Schlagschatten.

[1]) Der Kommentar gibt an „sie besteht in 6 Hauptstücken; von ihnen sind im Text nur 5 bezeichnet; da, wo wohl das sechste beginnt, steht in der Übersetzung 6*.

[2]) Den ersten Abschnitt bezeichnet der Kommentator als „Einleitung“.

weil sie die genaue Untersuchung der Beschaffenheit und der Form des Schattens nachlässig behandelt hatten. Daher beabsichtigten wir, diesen Gegenstand, d. h. die Gestalt des Schattens kurz und bündig zu erörtern und seine Beschaffenheit nach Stärke und Schwäche eingehend und sorgfältig zu prüfen, damit dadurch alles, was man in der Astronomie und, was damit zusammenhängt, durch den Schatten zu ergründen sucht, sicher gestellt werde und dadurch alles ergänzt werde, in dem sich eine Lücke bei den früheren Erörterungen fand.

Ich sage, daß der Schatten im Fehlen von irgendwelchem Lichte an dem Ort des Schattens besteht; dies rührt daher, daß jeder dichte Körper, falls Licht auf ihn fällt, die hinter ihm liegenden Gegenstände gegen dies Licht schirmt. Nimmt man den dichten Körper fort, so beleuchtet ihn wiederum dies Licht, das vorher abgeschnitten war. Bringt man den dichten Körper an seinen ursprünglichen Ort zurück, so wird der ursprünglich beschattete Ort wieder beschattet. Hieraus geht hervor, daß der Schatten, der sich an dem gegen das Licht verhüllten Ort befindet, in dem Fehlen des auf den dichten Körper ausgestrahlten Lichtes an dem Orte des Schattens besteht. — Strahlt auf den Ort des Schattens Licht von einer oder von mehreren Seiten, so bleibt dieser Ort doch noch im Schatten, falls ihm Licht fehlt, das dem Ort des Schattens irgendein Licht zusenden kann. Finsternis entsteht aber, wie im Innenraum der Häuser, falls die Türen geschlossen sind und in Höhlen und in Brunnen, falls in sie gar kein Licht gelangen kann.

Die Finsternis (*Ẓulma*) besteht im vollkommenen Fehlen des Lichtes, der Schatten besteht im Fehlen von irgendwelchem Licht. Jede Finsternis ist Schatten, aber nicht jeder Schatten Finsternis. Ein Ort, der von zwei oder mehreren Seiten beschattet wird, und auf den das Licht von einer oder mehreren anderen Seiten strahlt, ist ebenfalls „Schatten“ aber nicht „Finsternis“.

Man nennt auch einen Ort mit wenig Licht einen verfinsterten, doch nur in bildlicher und nicht in strenger Weise, ebenso nennt man einen Ort mit vielem Licht, wenn er gegen ein geringes Licht geschirmt ist, einen leuchtenden und nicht einen Schatten, wenn man nämlich den Schatten, der sich dort

befindet, nicht bemerkt. An einem gegen irgendein Licht geschirmten Ort, auf den das Licht der Sonne fällt, sieht man den Schatten nicht, der auf ihm liegt, und man weiß nicht, daß dort sich ein Schatten befindet. Dieser Ort heißt nicht beschattet, sondern hell. Auf ihm befindet sich aber doch ein Schatten. Streng genommen besteht die Finsternis im vollkommenen Fehlen von Licht und der Schatten darin, daß eine bestimmte Menge Licht fehlt, zugleich aber auch dem Schatten beigemischtes Licht vorhanden ist. Dieser Schatten kann wahrnehmbar oder nicht wahrnehmbar sein. Unter veränderten Umständen besteht der Schatten in dem [vollkommenen] Fehlen von Licht an dem Schattenort. Schatten nennt man nur den, den man bemerkt.

Der Schatten pflanzt sich in gerader Richtung auf gedachten geraden Linien fort, zwischen dem leuchtenden Körper und dem Schatten; dies rührt daher, daß alles Licht sich von dem leuchtenden Körper auf den Richtungen (*Samt*) von geraden Linien ausbreitet. Das tut auch das Licht, das vom leuchtenden Körper zu dem Schatten geht, wenn man den beschattenden Körper fortnimmt. Der Versuch beweist, daß der Schatten auf entsprechenden Linien fortschreitet. Ist der schattengebende Körper begrenzt, so schreitet das Licht, welches gerade an der Umgrenzung vorbeigeht, in gerader Richtung weiter und gelangt hinter den schattengebenden Körper. Dieses Licht bildet den Umfang des Schattens hinter dem schattengebenden Körper.

Von diesem den Schatten begrenzenden Licht findet man durch den Sinn (*Ḥass*), daß er auf geraden Linien fortschreitet. Hierdurch ist bewiesen, daß der Schatten und die ihn begrenzenden Lichtstrahlen in gerader Richtung fortschreiten.

1. Wir sagen, daß jeder dichte Körper, wenn auf ihn Licht von einem leuchtenden Körper gestrahlt wird, hinter sich Schatten erzeugt, die verschieden nach Stärke und Schwäche sind: sie hängen insgesamt zusammen und schreiten in gerader Richtung hinter dem schattengebenden Körper fort; sie erstrecken sich in die Ferne, indem sie sich erweitern, jedesmal wenn sie sich von dem dichten Körper entfernen, werden sie weiter (d. h. breiter, von größerem Querschnitt).

Als Beispiel diene das folgende: Der leuchtende Körper sei ab, der dichte Körper sei dg, auf dem Umfang von dg

nehmen wir einen beliebigen Punkt g an. Wir denken uns nun durch g eine Ebene gelegt, die die beiden Körper ab und gd schneidet, dies geschehe in den Punkten a und b bezw. g und d. Wir ziehen nun ab und gd und ferner ag und bd und verlängern letztere in gerader Richtung. Die Linien ag und bd können nun parallel sein oder sich im Körper ab oder im Körper gd schneiden (d. h. oberhalb von ab oder unterhalb von gd).

Sie seien zunächst parallel (d. h. ab und gd mögen gleich groß sein) (Fig. 1). Wir verlängern ag nach e und bd nach r. Durch

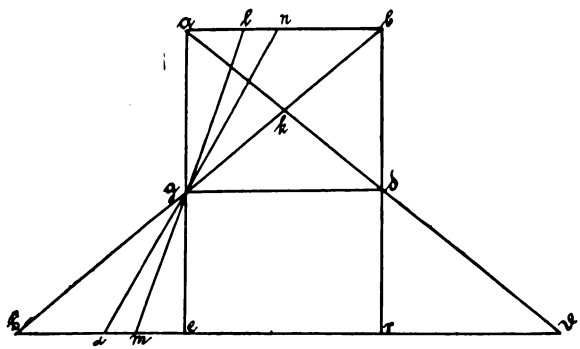

Fig. 1.

den Punkt e ziehen wir eine Gerade herϑ [1]), die der Geraden gd parallel ist. Wir verbinden die Punkte b und g und verlängern die Linie bg; sie schneidet hϑ im Punkte h, ebenso zieht man ad, sie schneidet hϑ in ϑ. Die Linien bg und ad schneiden sich im Raum zwischen ab und gd im Punkte k. Auch von jedem Teil eines leuchtenden Körpers geht das Licht in geraden Linien aus; ein solcher Teil sei al. Wir ziehen lg und verlängern es bis zu he, es schneidet he in m. Alle von al ausgehenden und g berührenden Linien schneiden die Linie em. Die Linie em erhält also Licht von dem Teil al. Von jedem Punkte aber von ab, dessen Verbindungslinie mit einem Punkt von em durch gd geschnitten wird, gelangt kein Licht nach em, also z. B. nicht von lb. Ist al ein relativ kleiner Teil von ab, so ist auf em weit mehr Schatten des leuchtenden Körpers als zugestrahltes Licht.

[1]) Statt des arabischen ṭ ist ϑ gesetzt.

Wir wollen nun ln = al[1]) machen, wir ziehen ferner ng, es treffe ϑh in α[2]). Das Licht von al trifft auch auf αm, so daß die Linie αm durch das Licht der beiden Teile al ln beleuchtet ist, dagegen erhält sie kein Licht von dem Stück nb. Demnach ist das Licht auf der Strecke mα stärker als das auf der Strecke em, und der Schatten auf mα ist schwächer als der auf der Strecke em.

Hieraus folgt, daß sich auf der Linie eh ein kontinuierlicher Schatten befindet, der aber an verschiedenen Stellen verschieden ist. Nahe am Punkt e ist er stark, nahe am Punkt h schwach, ebenso [aber umgekehrt] ist es mit dem Licht. Der Schatten ist verschieden stark längs der Linie, er ist gradweise abschattiert, und ein Teil ist nicht gegen den anderen getrennt, d. h. die Dunkelheit ändert sich allmählich.

Ganz dieselben Betrachtungen kann man für den Teil rϑ anstellen.

Wir haben also zwischen e und r vollkommenen Schatten, dem nicht übergelagert ist irgendwelches Licht von dem Körper ab, und die beiden nach außen gradweise abnehmenden Schatten. — Ebenso ist es auf der ganzen Fläche oder und den an sie angrenzenden Stücken.

Ziehen wir also parallel zu hϑ eine Linie, sei es näher an gd, sei es weiter von ihr fort als hϑ, so tritt auf ihnen ein Schatten auf, der dasselbe Bild bietet wie der Schatten auf hϑ. Ferner ergibt sich, daß die Linien gh und dϑ den Schatten auf beiden Seiten begrenzen. Die Linien gh und dϑ treffen sich bei Punkt k. Schreiten sie nach der Seite von hϑ fort, so wird ihr Zwischenraum größer, und mit ihnen schreitet der Schatten fort. Aus diesen Darlegungen folgt, daß der Schatten des Körpers gd fortschreitet, und zwar indem er sich erweitert.

Sobald der Schatten sich von dem Körper gd entfernt, entsteht an seinen Seiten ein mit Licht gemischter Schatten, er ist abgestuft, in der Mitte des Schattens enthält er kein beigemischtes Licht, und seine beiden Ränder sind in den der Mitte zu gelegenen Teilen schwächer als an den entfernteren, und das wollten wir beweisen.

---

[1]) Die Zeichnung ist nicht ganz richtig.

[2]) α ist für das arabische *'Ain* gesetzt.

2. Die beiden Linien ag und bd mögen sich im Körper ab treffen (Fig. 2), und zwar in l, d. h. der leuchtende Körper sei kleiner als der schattengebende. Wir verlängern ag. Durch den Punkt e von ag ziehen wir eine zu gd parallele Linie her ϑ (C). Wir ziehen bg und verlängern sie, bis sie die Linie C in h schneidet, wir ziehen weiter ad, sie treffe die Linie C in ϑ. Die Linien bg und ad schneiden sich im Punkt k. Nun sei an ein Teil von ab. Wir ziehen ng, die die Linie C in α trifft.

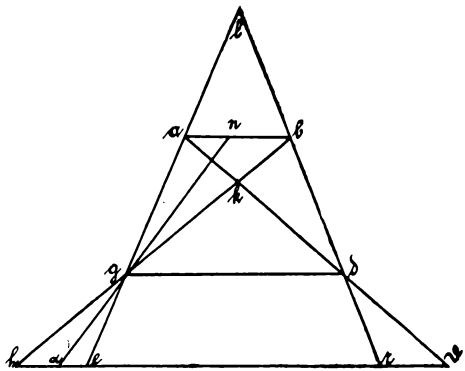

Fig. 2.

Es wird nun genau so wie früher gezeigt, daß ein vollkommen dunkler Schatten in dem Raume zwischen ge und dr und deren Verlängerungen entsteht, daß in den beiden verlängerten Dreiecken hge und rdϑ sich mit Licht gemischter Schatten findet, dessen Dunkelheit von innen nach außen abnimmt, und daß die Schatten sich, indem sie weiter werden, in die Ferne erstrecken. Den Schatten begrenzen die in k sich schneidenden Linien gh und dϑ.

3. Die beiden Linien ag und bd mögen sich auf der Seite von gd schneiden (Fig. 3), und zwar im Punkte e auf der zu gd parallelen Linie reh. Aus dem Vorhergehenden ergibt sich, daß längs er und eh die Schatten und Lichter verschieden stark sind und auch deren Verteilung. Wie auf der Linie er verhält es sich auf jeder Linie zwischen hr und gd. In dem Dreieck gde ist nur Schatten vorhanden. Diesen Schatten allein haben die, die sich bisher mit

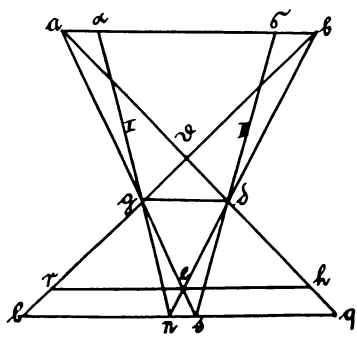

Fig. 3.

den Schatten abgaben, behandelt; sie gingen nicht über ihn hinaus und erwähnten keinen anderen als ihn[1]).

Nun wendet sich *Ibn al Haiṯam* zu der Betrachtung der Schattenverteilung auf Linien, die weiter als rh von gd abliegen.

Wir zeichnen hinter und parallel zu rh eine Linie fq, wir ziehen ferner ae und be, bis sie fq in s und n treffen. Wir verbinden ng und sd und verlängern sie, bis sie ab in α und σ[2]) schneiden. Da nun fs in dem Raum zwischen den beiden Linien seg und grf liegt, so ist der Schatten auf ihr in derselben Weise verteilt wie auf er, wie in den beiden vorhergehenden Kapiteln gezeigt ist, wobei das Licht von aα nach sn gelangt. Dasselbe ist für das Licht auf σb der Fall. Die Linie sn empfängt also Licht von aα und σb, freilich nicht von jedem Punkt von aα und σb, denn sn liegt zwischen den Linien gn und gs bezw. zwischen den Linien dn und ds.

Man denkt sich nun sn sowie aα und σb je in eine gleiche Anzahl von Teilen geteilt, dann empfängt der n anliegende erste Teil nur das Licht von einem Teil, der an a anliegt, der zweite Teil das Licht von zwei Teilen u. s. w. gradweise, dasselbe gilt für die an b anliegenden Teile.

Nun werden gesondert die Fälle untersucht, daß die beiden Linien ngα und sdσ parallel sind oder sich schneiden.

Sind sie parallel, so gelangt von $\alpha\sigma$ kein Licht nach sn, wie bei Figur 1. Um die Verteilung in ns zu diskutieren, wird nun sn in 10 Teile geteilt und ebenso aα und bσ und gezeigt, daß die Summe der Belichtungen von aα und bσ, die sn erhält, stets die gleiche ist, so daß der Schatten gleich und ähnlich ist. Unterscheiden sich die Linien aα und bσ nicht wesentlich voneinander, so ist auch in diesem Falle der Schatten ein gleichmäßiger. Auf den Strecken nf und sq dagegen ändert sich der Schatten stufenweise.

Schneiden sich (Fig. 3) die Linien ngα und sdσ auf der Seite von ns, so ist die Linie ns gegen $\alpha\sigma$ verdunkelt und $\alpha\sigma$ ist größer als für den Fall, daß αn und sσ parallel sind, und es gelangt kein Licht von $\alpha\sigma$ auf ns.

---

[1]) Das bezieht sich auf die Einleitung und zeigt, worin *Ibn al Haiṯam* über die Früheren hinausging, so über *al Kindî* (vgl. w. u.).

[2]) σ ist für ṣ genommen.

Schneiden sich (Fig. 3) ngα und sdσ auf der Seite nach ab zu, so kommen drei Fälle in Betracht, entweder schneiden sie sich zwischen ab und gd oder auf ab selbst oder hinter ab.

Schneiden sich die beiden Linien hinter ab, so ist die Sache wie wir dies früher auseinandergesetzt haben, d. h. ns empfängt kein Licht von $\alpha\sigma$, diese Strecke ist kleiner, als wenn die Linien parallel verlaufen.

Liegt der Schnittpunkt der beiden Linien auf ab, so werden die beiden Punkte α und σ zu einem einzigen, und die beiden Teile aα und σb stoßen in diesem Punkte zusammen, und auf die Linie ns kommt Licht von der ganzen Linie ab, d. h. es gibt keinen Punkt auf ab, von dem nicht Licht auf ns gelangte.

Treffen sich (Fig. 4) ngα und sdσ unterhalb der Linie ab in t (entspricht dem ϑ der früheren Figuren), so ist $\sigma\alpha$ den beiden Teilen, durch welche sn beleuchtet wird, gemeinsam. Man erhält in der Mitte auf ns wieder einen gleichmäßigen Schatten; auf nf und sq dagegen Licht und Schatten, die beide abgestuft sind, und zwar in der früher geschilderten Weise.

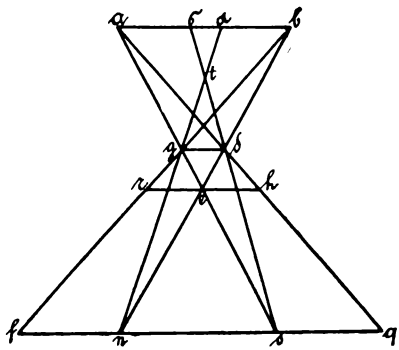

Fig. 4.

Im ganzen erhalten wir also einen lichtlosen Schatten, der nach e zu immer schmäler wird, jenseits von e haben wir einen schwachen Schatten, der in der Mitte gleichmäßig hell ist und dann nach außen sich abschwächt. Er tritt in den verlängerten Dreiecken rge und edh auf und ist an den Rändern ge und de kräftiger als nach außen.

Dieselben Entwicklungen gelten nun für jede andere durch die beiden Körper ab und gd gelegte Ebene, und man erhält einen körperlichen Schatten, den *Ibn al Haitam* sich auch so gebildet denkt, daß er (Fig. 3) von ϑ nach der Mitte von ab eine Linie zieht und um diese die ganze Figur rotieren läßt. Die eine Grenze des Schattens ist durch gd gebildet, die andere durch den von den verlängerten Linien ϑg und ϑd erzeugten Kegelmantel.

Die Ergebnisse werden noch einmal etwa folgendermaßen zusammengefaßt. Ist der leuchtende Körper gleich dem schattengebenden Körper, so ist der lichtlose Schatten an Dicke gleich dem schattengebenden Körper. Ist der leuchtende Körper kleiner und zwar beliebig kleiner als der schattengebende, so ist der lichtlose Schatten ein sich in die Ferne erstreckender und sich erweiternder Kegel. Ist aber endlich der leuchtende Körper größer als der schattengebende, so erstreckt sich der lichtlose Schatten bis zu einer Spitze (er bildet einen Kegel); was über diese Spitze hinausliegt ist ein Schatten, der sich bei dem Fortschreiten fortwährend erweitert und dem überall Licht beigemischt ist.

Diese ganze prinzipielle Erörterung gilt für jede Form des leuchtenden und für jede Form des schattengebenden Körpers. Denn das, was wir entwickelt haben, hängt weder von der Gestalt des leuchtenden, noch derjenigen des beschattenden Körpers ab. Aus alledem eben entwickelten geht hervor, daß jeder dichte Körper, auf den Licht von einem leuchtenden Körper fällt, hinter sich einen sich erweiternden und sich in die Ferne erstreckenden Schatten erzeugt, mag nun der leuchtende Körper gleich, kleiner oder größer als der schattengebende sein.

Nun wird noch im Anschluß an die Licht- und Schattenverteilung auf der Linie fq geschildert, wie ganz entsprechend auf einem den Schatten schneidenden Körper die Licht- und Schattenverteilung erscheint, und wie sich dieselbe beim Entfernen dieses Körpers von gd ändert. Dabei werden immer wieder die nach den Seiten hin abgestuften Schatten betont. Betont wird noch, daß dies nur für Körper gilt, auf die Licht nur von einer Seite und nicht zugleich von anderen fällt.

Dann werden die Resultate experimentell geprüft und dabei folgendermaßen fortgefahren.

Wir sagen, daß diese Resultate auch mit dem Sinn gefunden werden, und zeigen, wie dies geschieht, und legen kurz dar eine Versuchsmethode, mittelst deren man diese Resultate mit dem Sinn erzielt. Wir sagen, daß, wenn der Beobachter das, was wir gesagt, vollständig beobachten will, er eine Lampe mit einem dicken Docht aufstellt, sie mit Ol füllt und anzündet; er stellt sie auf einen von der Erde sich erhebenden Leuchter. Er stellt sie in das finstere Haus in der Nacht, weder im Haus

noch in der Nähe des Hauses darf ein Licht außer dem der Lampe sein. Auch darf in dem Hause kein Wind (Zug) sein, falls er zur Zeit des Windes beobachtet. Die Wände des Hauses sollen staubfarbig sein oder schwach gefärbt (*munkaschafa al Lann*) und nicht weiß von strahlendem Weiß, denn das Weiß verdeckt den feinen (zarten *raqîq*) Schatten. Dann stellt der Beobachter auf einen dünnen Stab (*ʿÛd*) wie einen Zahnstocher (*Chalâla*) oder etwas, was entsprechend dünn ist, und nähert den Stab der Vorderseite der Lampe. Die Lampe steht von der Wand des Hauses ab, aber nicht beliebig weit, sondern zwischen ihr und der Wand sollen 2 Ellen oder weniger liegen. Denn der Schatten wird, wenn er sehr weit entfernt ist, dünn und ist verborgen (den Blicken entzogen). Der dünne Stab wird zwischen die Lampe und die Wand gestellt, und zwar quer zu dem „Feuer" der Flamme, und man betrachtet das, was auf der Wand von dem Schatten des Stabes zu sehen ist. Man findet auf der Wand einen Schatten; seine Breite ist viel größer als die Breite des Stabes. — Wir nähern den Stab der Lampe, dann erweitert sich der Schatten nach der Breite, und wenn man ihn von der Lampe entfernt, so wird er schmal. — Wenn man die Ränder des Schattens untersucht, findet man sie zart (d. h. aufgehellt), und seine Mitte ist dunkel. So oft man sich von der Mitte entfernt, wird der Schatten schwächer.

Der Stab sei nun dünn, das Feuer in der Lampe lebhaft (hell) und die Länge der Flamme[1]) vielmal größer als die Breite des Stabes. Wir denken uns zwei gerade Linien, die von den Enden der Flamme nach den beiden Seiten[2]) des dünnen Stabes ausgehen, dann treffen sie sich in der Nähe des Schattens. Wäre nun der Schatten eben derjenige, welchen die beiden Linien, welche von dem Umfang des leuchtenden Körpers zu dem des schattengebenden gehen, einschließen, so müßte man den Schatten in der Nähe des Stabes und in einem kleinen Abstand hinter ihm schneiden[3]), und zwar insbesondere, wenn man den Stab der

---

[1]) Der Berliner Text hat *Nâr* Feuer, der Leydener Kommentar *Dûbala* Kerzendocht, Kerzenflamme.

[2]) Der Kommentar hat „von dem oberen Ende zu der oberen Seite und von dem unteren Ende zu der unteren Seite."

[3]) Die Entwicklungen sollen wohl zeigen, daß die Betrachtungen der Alten, die nur den lichtlosen Schatten behandelten, nicht stichhaltig

Lampe nähert. Das Verhältnis der Entfernung a der Spitze des Schattens von der Lampe zu dem Abstand b der Spitze von dem Schattengeber ist gleich dem Verhältnis der Breite der Flamme f zu der Breite des Stabes s. Ist der dünne Stab nahe an der Flamme, so ist der Abstand b (die Länge des Schattens) eine kleine Größe; nähert man den Stab sehr der Flamme, so reicht die nach der Spitze sich erstreckende Dunkelheit nicht bis zu der Wand und nähert sich ihr auch nicht. Der sich nach der Spitze hin erstreckende Schatten ist ein durchweg gleicher, lichtloser Schatten. Erblickt man auf der Wand einen Schatten des Stabes, der viel breiter als der Stab und die Flamme ist, so ist der auf der Wand sichtbare Schatten nicht der spitz zulaufende Schatten, sondern der sich ausdehnende Schatten, dabei sind seine Ränder matt und seine Mitte dunkel. Es entspricht dies den Ausführungen der dritten Proposition.

Entsprechende Beobachtungsresultate erhält man, wenn der Stab so breit oder breiter als die Flamme ist.

Hiernach ist es möglich, die Beschaffenheit des Schattens, den das Licht der Flamme erzeugt, zu untersuchen und mittelst des Sinnes Übereinstimmendes mit dem zu finden, was früher erläutert ist.

Wir müssen noch die Beschaffenheit des Schattens im sehr kräftigen Sonnenlicht beobachten, von dem schon eine kleine Menge einer großen Lichtmenge entspricht, daher bleiben die feinen Ränder dem Sinne verborgen. Zur Beobachtung stellt man einen dünnen Stab gegenüber der Sonne auf, wenn diese auf die Erde scheint. Man wählt eine Stelle der Erde von staubiger Farbe aus und stellt den Stab quer gegenüber der Sonne auf. Dann findet man den Schatten des Stabes auf der Erde mitten im Licht der Sonne, seine Breite ist größer als diejenige des Stabes. Erhebt man den Stab von der Erde, so nimmt die Schattenbreite zu. Doch ist die Zunahme klein, daher sieht man die Erweiterung des Schattens nur, wenn die Entfernung des Stabes von dem Schattenort beträchtlich ist. „Über die Feinheit und Schwäche dieses Schattens werden wir im Verlauf dieses Kapitels handeln“.

---

sind. Dafür spricht, daß der Satz mit „wäre“ mit lau, dem irrealen eingeleitet wird.

Die Betrachtungen über das Verhalten sehr breiter Stäbe übergehen wir.

Fällt der Schatten des dünnen Stabes auf eine senkrechte Wand, und ist der Abstand zwischen Stab und Wand und Erdoberfläche gleich groß, so ist der Schatten auf der Wand weiter und breiter als auf der Erdoberfläche, und zwar weil der Schattenkegel gegen die Wand stärker als gegen die Erdoberfläche geneigt ist, daher ist die den Schatten schneidende Fläche größer. — Beobachtet man bei Lampenlicht, und stellt die Lampe auf den Boden und läßt den Schatten auf eine senkrechte Wand fallen, so findet man ihn breiter.

Das Ganze wird dann noch einmal zusammengefaßt und betont, daß man einen sich ausdehnenden Schatten hat, da die Sonne weit größer als irgendein irdischer Körper ist.

Diese Entwicklungen werden nun noch einmal speziell an der Sonne etwa in folgender Weise numerisch durchgeführt[1]).

Ptolemaios hat im 5. Buch des Almagest bewiesen, daß der Abstand der Sonne[2]) vom Erdmittelpunkt gleich 1210 Erdradien ist, und daß der Sonnenradius gleich $5^1/_2$ Erdradien, der Sonnendurchmesser also 11 Erdradien ist. Ist dies so, so liegt die Spitze des lichtlosen Kegels in der Nähe des dichten Körpers; was hinter ihr liegt, enthält Licht, dem etwas Schatten beigemengt ist.

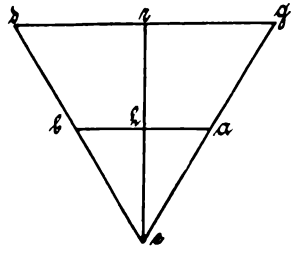

Fig. 5.

Die Breite des Stabes sei (Fig. 5) ab, der zu ab parallele Sonnendurchmesser sei dg, der Schnittpunkt von db und ga sei e. Der Sonnenmittelpunkt sei r. Wir ziehen re, es schneide ab im Punkt h. Dann ist

$$eh : ab = er : gd.$$

Der Punkt e liegt aber dem Sonnenmittelpunkt näher als der Erdmittelpunkt, da die Beobachtung oberhalb der Erdoberfläche geschieht. daher ist er $<$ 1210 Erdradien, also ist er : gd $<$ 1210 : 11, d. h. $<$ 110 : 1 und damit ist

$$eh : ab < 110 : 1.$$

[1]) Im Kommentar heißt es besonders „Ein anderer Beweis".

[2]) Die Entfernung der Sonne von der Erde findet sich Ptolemäus Syntaxis V, 15, die relative Größe ibid. V, 16 ed. Heiberg I, S. 425 u. 426.

Ist die Breite ab des dünnen Stabes etwa eine *Schaʿîra*, so ist die Länge he kleiner als 110 *Schaʿîra*; dies entspricht aber noch nicht einer Elle[1]), so daß also die Linie eh kleiner als eine Elle ist. Bei Abständen größer als 2 Ellen liegt der Schattenort außerhalb des Punktes e u. s. w.

Nach diesen Ausführungen muß auch der Schatten der Erde, der das Licht der Sonne abblendet, ein sich erweiternder Schatten sein, der um so breiter ist, je weiter er von der Sonne absteht.

Der Schatten, den der Kegel begrenzt, welcher die Sonne und die Erde berührt, ist der lichtlose sich zuspitzende Schatten; er befindet sich in der Mitte des sich erweiternden Schattens, dem Licht beigemischt ist; die Teile des letzteren, die dem lichtlosen näher liegen, sind kräftiger als die entfernteren; das soll nun (Fig. 6) näher erläutert werden.

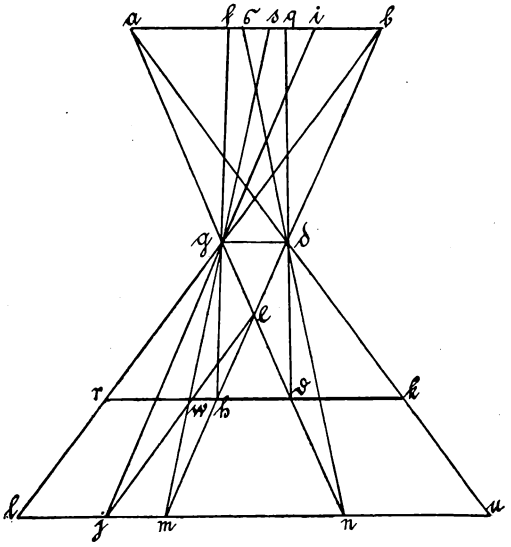

Fig. 6.

Der leuchtende Körper sei ab, der schattengebende gd. ab sei größer als gd. Durch ab und gd legen wir eine Ebene, die

[1]) Nach dem Kommentar ist 1 Elle = 144 *Schaʿîra* oder Gerstenkörner; vgl. *al Muqaddasî* ed. de Goeje I, S. 65, vgl. auch Sauvaire. J. asiat. (8), Bd. 8, S. 490. 1886.

die beiden Körper in ab und gd schneidet. Wir ziehen ag und bd, sie mögen sich in e schneiden. Wir verlängern sie und ziehen durch sie zwei zu gd parallele Linien, rhϑk und lmnu. Die Lage der einzelnen Punkte ergibt sich aus der Figur.

Wir verbinden hg und mg und verlängern sie, bis sie ab in f und s schneiden, und ebenso ϑd und nd, bis sie ab in q und σ schneiden. Bewiesen ist, daß hϑ Licht empfängt von af und bq und beschattet wird gegen bf und aq. Ebenso wird mn belichtet von as und bσ und beschattet gegen bs und σa. Die Linien as und bσ sind größer als af und bq und sb und σa kleiner als fb und aq. Daher strahlt auf mn mehr Licht als auf hϑ, und der Schatten mn ist zarter als der Schatten hϑ.

4. Nun wird betont, daß man nicht den ganzen Schatten hr wahrnimmt, vor allem nicht im Sonnenlicht, da an den an r anstoßenden Teilen viel Licht sich findet und nur wenig Schatten sich findet; man sieht daher nur den Schatten auf dem an h anstoßenden Teil u. s. w.

Weiter wird die Lichtverteilung auf verschieden weit von gd befindlichen und dazu parallelen Ebenen in folgender Weise entwickelt:

Ich sage, daß der Schatten des Teiles x von ml für den x : mn = wh : hϑ[1]) zarter ist als der Schatten von wh.

Beweis:

Wir ziehen ew und verlängern es, bis es ml in j trifft. dann ist jm[2]) : mn = wh : hϑ. Wir ziehen wg und gj. Sie schneiden ab in s und i; i ist von a weiter entfernt als s, daher ist ai $>$ as und ib $<$ sb, mj empfängt Licht von ai und ist gegen ib beschattet, dagegen empfängt wh Licht von as und ist gegen sb beschattet. Daraus folgt, daß das Licht aut mj stärker ist als das auf wh, und daß der Schatten auf mj schwächer ist als auf wh. Ganz dieselbe Betrachtung kann man auf der anderen Seite der Figur anstellen.

So oft man sich von dem verdunkelnden Körper entfernt, ist dieser Schatten zarter, falls nämlich die Fläche, auf der man

---

[1]) w bedeutet irgendeinen Punkt auf kr und nicht nur den speziellen in der Figur, den Schnittpunkt von mg mit rk. *Ibn al Haitam* denkt sich eine besondere Figur gezeichnet, darauf bezieht sich das Spätere. „Wir stellen die ursprüngliche Figur wieder her."

[2]) jm entspricht x.

den Schatten beobachtet, entfernter vom schattengebenden Körper ist, als die Spitze des Kernschattens.

5. Wir stellen die ursprüngliche Figur (Fig. 7) wieder her. Auf der Linie ge nehmen wir einen Punkt r, wie wir das früher festgesetzt, durch den Punkt r ziehen wir zu gd eine Parallele hrϑk. Ferner sei an der kleinere Teil, von dem Licht ausgeht. Wir ziehen ng und verlängern es bis m. Nach mr gelangt nur Licht von an, das äußerst klein ist, und es ist beschattet gegen bn. Es sei ab die Sonne, und die Linie an möge unmerklich klein im Verhältnis zu nb sein, dann wird mr beschattet gegen den ganzen Sonnenkörper, außer gegen einen im Verhältnis zu ihm unmerklich kleinen Teil desselben. Auf der Linie mr sieht man kein Licht[1]), sondern nur einen Schatten, wenn sie nämlich einem dichten Körper begegnet; dasselbe gilt für die Teile von mh, die an mr anstoßen, bis man zu den Teilen kommt, auf welche eine Lichtmenge strahlt, die merklich ist im Verhältnis zu der übrigen Lichtmenge. Hierbei ist es möglich, daß man auf diesen Teilen keinen Schatten sieht. Aus dieser Erläuterung folgt, daß den sich zuspitzenden lichtlosen Schatten unter den wechselnden Umständen ein kräftiger, dem Sinn wahrnehmbarer Schatten umgibt.

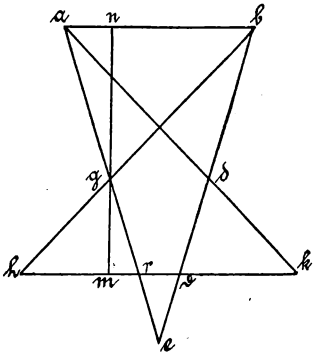

Fig. 7.

6.* Kehren wir zur Behandlung des Schattens der Erde zurück, so ergibt sich als notwendige Konsequenz der obigen Ausführungen, daß der Erdschatten ein zu einer Spitze zustrebender Schatten ist, den ein kräftiger Schatten begrenzt, so daß er für den Sinn wahrnehmbar ist, wenn er auf einen dichten Körper fällt. Daher findet die Mondverfinsterung nicht nur durch den sich zuspitzenden lichtlosen Schatten, sondern durch ihn und den ihm benachbarten sich erweiternden Schatten mit beigemischtem Licht statt. Aus der Beschaffenheit dieses Schattens folgt, daß ein Teil des Schattens, welchen der Mondkörper schneidet, ein zarter Schatten ist, auf

[1]) D. h. Licht, das sich stark dem Sinne aufdrängt.

dem man beigemischtes Licht sieht. Durch die Beobachtung wird das, was wir gesagt, bestätigt. Beobachtet man den Mond sorgfältig zur Zeit der Finsternis (*Kusûf*) und der Verdunkelung (*Inkasâf*) eines Teiles, so ist ein Teil von ihm sehr schwarz; die Ränder dieser schwarzen Partie, welche die übrigen Teile des Mondes berühren, sind zarter und weniger schwarz; weiter findet man, daß diese Schwärze stufenweise schwächer wird. Ist ferner der vom Mond übrig bleibende Teil klein, so findet man, daß er von gebrochener (*munkasif*) Farbe und nicht sehr hell ist.

Aus diesen bei der Mondfinsternis gefundenen Tatsachen geht klar und sicher hervor, daß der Erdschatten sich in die Weite erstreckt, und daß der sich zuspitzende Schatten lichtlos ist, und ferner daß, was von diesem mit Licht gemischten Schatten dem lichtlosen zugespitzten Kegel nahe ist, kräftiger ist als das entferntere. Ferner ergibt sich, daß von den verfinsterten Teilen diejenigen mit tiefer Schwärze im Innern des zugespitzten Kegels liegen, und daß die Stellen von zarter Schwärze auf dem sich erweiternden Kegel liegen, welcher den zugespitzten umgibt.

Wir haben die Beschaffenheit sämtlicher Schatten der dichten Körper dargelegt, und das erstrebten wir in dieser Abhandlung.

Diesen Ausführungen fügt der Kommentator folgende interessante Bemerkung bei: „Ich selbst habe eine vollständige Mondfinsternis[1]) beobachtet; die Zeit, während deren sie ver-

---

[1]) Herr Alfred Gaggell, geprüfter Lehramtskandidat und Volontärassistent an der von Herrn Prof. Dr. E. Hartwig geleiteten Remeis-Sternwarte in Bamberg, war so sehr gütig, die astronomischen Betrachtungen und Rechnungen über die in Frage kommenden Finsternisse durchzuführen und mir mitzuteilen. Betreffen, wie wohl sicher anzunehmen, die Bemerkungen im arabischen Text eine von *al Fârisi* selbst beobachtete Mondfinsternis, so kommen nur zwei Finsternisse in Betracht, nämlich 1302 I 14 und 1309 VIII 21. Die Rechnungen sind für den Meridian 42° östlich von Greenw. durchgeführt; wären die Beobachtungen weiter östlich etwa in *Baġdâd, Tâbriz, Schirâz* u. s. w. angestellt, so würden die Zeiten etwas früher anzusetzen (etwa $^1/_4$ bis $^3/_4$ Stunden) sein, ohne daß aber das Wesentliche der Resultate berührt wird.

Man kann folgende genauere Angaben machen:

[Alle Zeitangaben sind mittlere bürgerliche Ortszeit des Meridianes 42° östlich von Greenw.]

1302 I 14.

Die Finsternis überhaupt begann: I 14., 23^h 17^m;

Die Totalität „ : I 14., 23^h 47^m;

weilte, war länger als eine gleichförmige Stunde, und sie fand in der Nähe des Knotens statt, so daß die Mitte der Nacht der Erde die Mitte der Nacht war (d. h. die Mondfinsternis fand um Mitternacht statt). Falls die Mitte der Verfinsternis kupferfarbig[1]) ist, so wendet sie sich nicht nach dem Schwarz. Vorher und, nachdem sie kupferfarbig war, erschien sie an den Rändern abschattiert. Daraus folgt, daß dies nicht ein vollkommener Schatten ist, sondern ein dem Licht beigemengter ist."

Die anschließenden Betrachtungen über den Grund der Kupferfarbe sollen später mitgeteilt werden.

Mitte der Totalität: I 15., 0^h 12^m;
Die Totalität schloß: I 15., 0^h 37^m;
Die Finsternis überhaupt „ : I 15., 1^h 8^m;

Inmitten der Totalität stand der Mond dem Orte $\lambda = 42^0$ östlich von Greenw. und $\varphi = +20^0$ im Zenith. Die Finsternis war also im ganzen Territorium sichtbar (d. h. zwischen Ägypten und Persien).

1309 VIII 21.

Die Finsternis überhaupt begann: VIII 21., 23^h 46^m;
Die Totalität „ : VIII 22., 0^h 16^m;
Mitte der Totalität: VIII 22., 0^h 41^m;
Die Totalität schloß: VIII 22., 1^h 6^m;
Die Finsternis überhaupt „ : VIII 22., 1^h 36^m.

Inmitten der Totalität stand der Mond dem Orte $\lambda = 32^0$ östlich von Greenw. und $\varphi = -10^0$ im Zenith. Auch diese Finsternis war also zweifellos im ganzen Territorium gut sichtbar.

Um die obigen Zeitangaben von mittlerer in wahre Ortszeit des 42^0. Längengrades östlich von Greenw. zu verwandeln (und nach dieser beobachtete der Berichterstatter zweifellos), hat man von allen Angaben der ersten Finsternis 9^m, von allen der zweiten 3^m in Abzug zu bringen.

Die scheinbar etwas sonderbare Bemerkung über den Knoten rührt vielleicht daher, daß der Berichterstatter vermutlich nur seiner Verwunderung darüber Ausdruck geben wollte, daß er, obwohl er durch Breitenmessungen des Mondes während der Finsternis dessen Knotendurchgang während der Mitte der Verfinsterung konstatiert hatte, den Mond während der Verfinsterungsmitte doch nicht völlig schwarz, d. h. nahe unsichtbar fand.

[1]) Die rote Färbung des verfinsterten Mondes, der z. B. wie glühende Kohlen aussieht, war schon den Alten bekannt (vgl. hierzu F. Boll, Finsternisse a. a. O.).

2. Aus *al Kindîs*[1]) Optik.

Eine ziemlich eingehende Behandlung der Schatten[2]) findet sich in der noch nicht veröffentlichten Optik (liber de aspectibus) von *al Kindî*. Herr Dr. Björnbo in Kopenhagen war so gütig, mir seine Abschriften und Kollationen der lateinischen Übersetzung dieses Werkes zur Verfügung zu stellen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle bestens danke.

In der Einleitung spricht *al Kindî* zunächst die Absicht aus, die „artes doctrinales“[3]) zu vervollständigen, das, was die Alten uns mitgeteilt, darzulegen und das, was sie begonnen, zu vermehren. Dann gibt er an, daß aus der Beobachtung der sich ausdehnenden Grenzen der Schatten der Körper und der in die Fenster eintretenden Lichter mit Sicherheit folgt, daß das Fortschreiten der von leuchtenden Körpern ausgehenden Strahlen längs gerader Linien stattfinden; denn wenn die Strahlen nicht auf geraden Linien fortschritten, so würden diese Erscheinungen nicht den beobachteten entsprechen. Wir sehen, daß leuchtende Gegenstände die Ursache des Beleuchtens der Körper und des Entwerfens der Schatten jener Körper sind. Befindet sich die Sonne gegenüber einem Körper, so beleuchtet sie ihn, und der Schatten tritt auf der Oberfläche von anderen der Sonne gegenüberliegenden Körpern auf. Ähnliches bewirken die Kerzen (Lampen, candela) auf ihnen gegenüberliegenden Körpern; wir sehen von ihnen Schatten ausgehen.

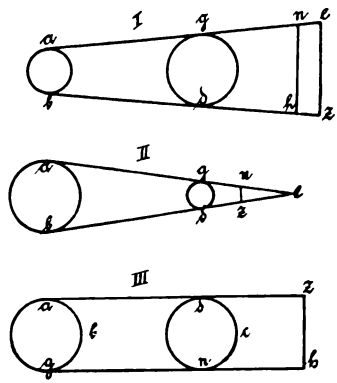

Fig. 8.

---

[1]) Zu *al Kindî* vgl. Suter S. 23, Nr. 45. Björnbo, Bibl. Math. 1903. Bd. 3, S. 330 f. Hoffentlich beschenkt uns Herr Björnbo bald mit einer Ausgabe von *al Kindis* Optik. Vgl. auch E. W., Beiträge V, S. 401.

[2]) Die Ausführungen *al Kindis* entsprechen fast wörtlich denen, die sich am Anfang in der Rezension der Optik des Euklid durch Theon finden (ed. Heiberg S. 144 ff.); daraus würde folgen, daß diese Schrift den Arabern bekannt war.

[3]) Vgl. E. W., Beiträge XI.

Diese Schatten sind entweder ebenso groß wie die leuchtenden Körper oder größer oder kleiner (Fig. 8).

Wir sehen, daß Körper Schatten liefern, die ebenso groß sind wie sie selbst und die beleuchtenden Körper (Fig. 8 I). Die Grenzen dieser Schatten bestehen in parallelen Linien, auch wenn sie noch so weit sich erstrecken u. s. w. Beispiel: Der leuchtende Körper sei vom Kreis abg umschlossen und der Körper, auf den das Licht fällt, vom Kreis ned, und der Durchmesser ag sei gleich dem Durchmesser dn. Wir beobachten den Schatten zwischen den beiden parallelen Linien adz und gnh [1]). Wir finden nämlich, daß die Lote zwischen den beiden Linien dz und nh gleich den beiden Linien dn und ag sind. Der Schatten liegt also zwischen den Bogen ned und den Linien dz und nh. Und das ist, was wir beweisen wollten.

Schatten, die kleiner sind als die Körper, sehen wir, wenn die beleuchtenden Kerzen größer als die schattengebenden Körper sind. Die Schattengrenzen sehen wir sich nähern, bis sie zusammenlaufen, die Schatten bilden eine Kegelgestalt (figura pinealis). Die Grenzlinien sind nicht parallel.

Der leuchtende Körper sei (Fig. 8 II) ab, der schattengebende dg, zn ist eine zu dg parallele Linie, e ist die Spitze des Kegels. Der Schluß lautet: Die Figur des Schattens ist also kegelförmig, wie die Figur gde.

Wir sehen auch Schatten, die größer sind als die Körper, wenn die beleuchtenden Kerzen kleiner sind als jene. Die Grenzlinien der Schatten entfernen und trennen sich um so mehr, je weiter sie verlängert werden.

Dies wird an der Figur 8 III erläutert, wo wieder ab und gd die frühere Bedeutung haben und gezeigt wird, daß ez $>$ hn ist. Geschlossen wird: Der Schatten ist von dem Bogen gd und den beiden Linien eg und zd eingeschlossen. Das würde nie geschehen, wenn nicht die Strahlen der Kerzen längs gerader Linien fortschritten.

Hieran anschließend führt *al Kindî* aus, daß, wenn ein säulenförmiger Körper von mehreren Lichtern auf verschiedenen Seiten umgeben ist, Schatten entsprechend der Zahl der be-

---

[1]) Die verschiedenen Handschriften haben bald n bald u, letzterer Buchstabe kommt aber selten bei den arabischen Figuren vor.

leuchtenden Lichter entstehen. In der Figur sind um die Säule 4 solcher Lichter angeordnet. Über die Beleuchtung des von einem Licht entworfenen Schatten durch die anderen ist aber keine Rede.

Dann wird der Satz bewiesen, daß, wenn Körper durch Lichter beleuchtet werden, die höher stehen als die Enden der ersteren, dann das Verhältnis der Schattenlänge zur Höhe der Körper gleich ist dem Verhältnis des Abstandes des Schattenendes vom Fuß des Leuchters zu der Höhe des Lichtes über der Grundfläche (vgl. Euklid, Optik, 18. Ausgabe von Heiberg S. 26).

Endlich wird noch der Strahlengang von einem leuchtenden Körper abg durch eine Öffnung zn einer Tafel ht untersucht und so, wie es die Figur 9 zeigt, entwickelt.

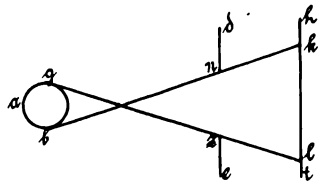

Fig. 9.

Die anschließenden Betrachtungen über die Lehre vom Sehen können hier nicht behandelt werden; *al Kindî* kommt zu dem Schluß, daß von dem Betrachtenden zu den betrachteten Dingen eine „Virtus“ fortschreitet, welche letztere aufnimmt.

Später werden die Gestalten der Schatten noch benutzt, um zu zeigen, daß nicht etwa von verschiedenen Stellen eines leuchtenden Körpers nur parallele Strahlen ausgehen.

Wie aus dem Obigen hervorgeht, hat *al Kindî* nur den lichtlosen Schatten behandelt, und er dürfte zu den früheren Gelehrten gehören, welche nach *Ibn al Haitam* nicht den mit Licht gemischten Schatten untersucht haben.

Mit dem Werk von *al Kindi* „Verbesserung von Euklids Optik *Iṣlâḥ al Manâẓir*“ hat das Vorliegende nichts zu tun. Wohl einer der letzten Abschnitte desselben ist mehrfach dem entsprechenden Werk von *Naṣir al Din al Ṭûsi* angehängt und behandelt einen in der Optik des *al Kindi* nicht behandelten Gegenstand. Mir haben zwei Berliner Handschriften (Katalog von Ahlwardt Nr. 6017) vorgelegen sowie eine Pariser Handschrift. Der Text der Handschrift Mq 559 reicht nicht, wie der Katalog angibt, von 117a—119a, sondern nur von fol. 117a—117b. Daran schließt sich die Abhandlung von *al Ṭûsi* über die Reflexion und Umbiegung der Strahlen, die ich in Eders Jahrbuch 1907 mitgeteilt habe.

Der Text in der Pariser Handschrift 2467, der nach dem Katalog von Slane von fol. 56v—58r incl. reichen soll, umfaßt nur 56v, die anderen Seiten 57r und 57v enthalten den Schluß von *al Ma'chûḏât* (Wahlsätze Lemmata) von Archimedes. Der Anfang fehlt. Herrn Blochet, der mir den Text photographieren ließ, sei bestens gedankt.

Von den drei Handschriften hat allein ein Text (Berlin Mq 559) die zugehörigen Figuren.

Wie aus dem Text selbst hervorgeht, und daraus, daß in den Originalfiguren (s. Fig. 10 u. 11) Buchstaben stehen und Linien angegeben sind, auf die in der Ausführung nicht Rücksicht genommen ist, folgt, daß wir es mit einem Auszug zu tun haben.

Die Ausführungen von *al Kindî* schließen sich an die 50. Proposition in der Heibergschen Ausgabe der Euklidischen Optik, die in der Redaktion von *al Ṭûsî* der 57. entspricht. Die Nummerierung von *al Ṭûsî* ergibt sich aus der Berliner Handschrift.

Die Stelle lautet etwa:

Es sagt *Abû Jusûf Ja'qûb Ben Isḥâq al Kindî* in seiner Verbesserung der Optik in der 65.[1]) (?) Proposition. Es bewegen sich (Fig. 10) zwei Größen ab und gd auf zwei parallelen Linien bϑ und dj, die das von dem Auge ausgehende Lot senkrecht schneiden; dann sieht man die dem Auge nähere Größe, nämlich ab, sich manchmal schneller als die entferntere bewegen, falls sie sich zu dem Lote hin bewegen, manchmal bewegt sie sich ebenso schnell wie jene, falls die vorderen Teile zum Lot gelangt sind, und zuletzt schneller[2]), wenn sie an dem Lot vorübergeht. Dann verweilt er (*al Kindî*) lange in der Sicherheit seiner Behauptung, obgleich sie nach der Figur klar ersichtlich ist und sich aus der Proposition 57 ohne weiteres ergibt.

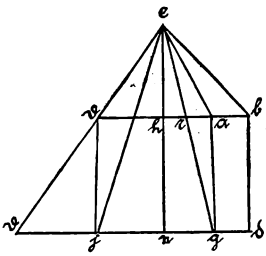

Fig. 10.

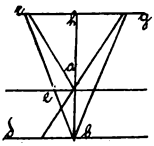

Fig. 11.

Er (*al Kindî*) sagt ferner in [Proposition] 61: Zeichen, die auf einer geraden Linie liegen wie ab (Fig. 11), sieht man, falls das Auge g sich in der Richtung auf die Linie ab zu bewegt, in verschiedener Anordnung; man sieht nämlich das dem Auge nähere, d. h. a, manchmal vor dem entfernteren vorangehen und manchmal nachfolgen.

---

[1]) Die Zahl der Propositionen muß bei *al Kindî* eine andere als bei dem griechischen Euklid, der 58 hat, und bei *al Ṭûsî*, der 64 hat, gewesen sein. Zu der Optik des *Naṣir al Dîn* vgl. E. W., Beiträge V, S. 440.

[2]) In allen drei Texten steht statt „schneller" „langsamer"; möglich, daß schon im Original ein Lapsus calami vorhanden war.

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: 1907

Band/Volume: 39

Autor(en)/Author(s): Wiedemann Eilhard

Artikel/Article: Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. XIII. Über eine Schrift von Ibn al Haitam „Über die Beschaffenheit der Schatten“ 226-248