ABHANDLUNG DES SCHAICHS IBN ʿALÎ AL-ḤASAN IBN AL-ḤASAN IBN AL-HAITHAM:

Über die Natur der Spuren ⟨Flecken⟩, die man auf der Oberfläche des Mondes sieht.

Nach einer bisher unedierten Handschrift in der Bibliothek zu Alexandria aus dem Arabischen zum ersten Male ins Deutsche übertragen von

CARL SCHOY

HANNOVER 1925
ORIENT-BUCHHANDLUNG HEINZ LAFAIRE

Vorwort.

Einer der fruchtbarsten arabischen Gelehrten auf mathematischem, optischen und astronomischen Gebiete war zweifellos *Ibn al-Haitham* (965—1039), der mit dem *Alhazen* des Abendlandes identisch ist, gemäß dem Nachweis durch *E. Wiedemann.* Von seinen mathematischen und astronomischen Schriften haben *H. Suter* und der Unterzeichnete eine kleinere Anzahl ins Deutsche übertragen; es ist insbesondere das Verdienst *E. Wiedemanns,* uns mit den zahlreichen optischen Abhandlungen des trefflichen muslimischen Gelehrten bekannt gemacht zu haben. Eine sehr gute Übersicht in dieser Beziehung gewinnt man aus dem Sammelbericht von *M. Meyerhof:* „Die Optik der Araber" (Zeitsch. für ophthalmolog. Optik, Berlin 1920), auf welchen ich verweisen möchte. Nun ist es Herrn Dr. *M. Meyerhof,* der seit Jahren große Sorgfalt auf die Wiederauffindung des arabischen Urtextes der Optik *Alhazens* auf ägyptischem Boden verwendet, gelungen, vor kurzem eine optisch-astronomische Schrift unseres Autors kennen zu lernen, die betitelt ist: *Über die Natur der Spuren (Flecken), die man auf der Oberfläche des Mondes sieht,* und der nur in den „Quellen der Nachrichten über die Klasse der Aerzte" von Ibn Abî Uṣaibiʿa († 1270) (herausgeg. von *A. Müller,* 2 Bde., Kairo 1884) Erwähnung getan wird. Das arabische Ms. befindet sich in der Bibliothek der Munizipalität (maǧlis baladîj) zu Alexandria. Herr Dr. *Meyerhof* ließ eine Kopie von diesem Rarissimum

anfertigen, die er dem Unterzeichneten zum Geschenke machte. Ich möchte dafür Herrn Dr. *Meyerhof*, dem allezeit hochherzigen Förderer meiner Studien, auch hier meinen wärmsten Dank darbringen. Indem ich den Inhalt dieser Schrift in deutscher Sprache bekannt mache, möchte ich damit der langen Reihe der *E. Wiedemann*'schen Arbeiten über die optischen Leistungen *Alhazens* diesen meinen bescheidenen Beitrag hinzufügen. Es gereicht mir zur besonderen Freude, Herrn Geheimen Rat *E. Wiedemann* die folgenden Blätter widmen zu können.

Essen a. d. R., Weihnachten 1924. C. Schoy.

Begreiflicherweise war es in den älteren Zeiten, vor der Erfindung des Fernrohrs, so gut wie ausgeschlossen, daß auch selbst auf dem uns benachbarten Monde das Auge nennenswerte Einzelheiten wahrzunehmen vermochte, und so ist denn die Geschichte der Mondtopographie vor Galilei mehr als dürftig. Wohl waren schon im Altertum die dunklen Flecke bekannt, aus denen eine kühne Phantasie das „Gesicht vom Mann im Monde" konstruierte. Hierüber hat uns der bekannte Böotier Plutarch (ca 50—130 n. Chr.) eine selbständige Schrift hinterlassen, die gewöhnlich in der lateinischen Aufschrift „de facie in orbe lunae" citiert wird.[1] Bereits hier findet man die Vermutung ausgesprochen, daß die Mondflecken mit Bodenverschiedenheiten des Mondes im Zusammenhange stehen möchten; auch wird die schon dem Aristoteles bekannte Hypothese erwähnt, daß es sich bei den Flecken um Spiegelbilder der Länder und Meere der Erde handle.[2] Aber Plutarch läßt gegen diese Auffassung in seiner Schrift den Lucius auftreten, der aus der Annahme von Unebenheiten auf dem Monde folgert, daß er das Licht gar nicht wie eine spiegelnde Kugel reflektieren könne.

Das ist ungefähr alles, was man aus der vorislâmischen Zeit über die Natur der Mondflecken erfahren kann. Aber Ibn al-Haitham kam einen ganz bedeutenden Schritt vorwärts, auf der richtigen Erkenntnis fußend, daß sich das Wesen dieser lunaren

---

[1] Vgl. E. Ebner: „Geographische Hinweise und Anklänge an Plutarch's Schrift: de facie et orbe Lunae" (München 1906), und S. Günther: „Vergleichende Mond- und Erdkunde" (Braunschweig 1911). Von der eben erwähnten Schrift des Plutarch sagt Günther (S. 24): „Dieser literarische Versuch gewährt namentlich auch deshalb großes Interesse, weil einzig und allein sich hier Andeutungen zu einer topographischen Astronomie vor Erfindung des Fernrohrs nachweisen lassen." Hätte Günther von der Existenz, resp. dem Inhalt dieser Abhandlung Ibn al-Haithams etwas wissen können, würde er seine Behauptung gewiß anders formuliert haben.

[2] Nach Günther (a. a. O. S. 25) ist es nicht richtig, Aristoteles für den Urheber dieser Lehre zu halten.

Sphinx nur durch eingehende optische Überlegungen — denn im Grunde handelt es sich um ein optisches Problem durch und durch — entschleiern lasse. So möchte ich einleitend einige kurze Hinweise auf den Inhalt dieser bedeutsamen Alhazen'schen Schrift geben: Wir ersehen aus ihr, daß der muslimische Gelehrte eine ganze Anzahl Versuche, die Natur der Spuren im Monde zu erklären, anführt und sich bemüht, dieselben mit großem Scharfsinn als unzutreffend hinzustellen. So ist es ihm leicht, das Irrige der Annahme, als handle es sich um irdische Spiegelbilder, überzeugend darzutun. Und wenn es für ihn auch feststeht, daß die Spuren zweifellos dem Mondkörper selbst angehören, so will er doch weder eine Transparenzwirkung, noch eine solche von äußeren Rauheiten oder von Furchen und Graben gelten lassen, auch die Annahme der Existenz nebuloser Gebilde im Himmelsraum, die das Sonnenlicht von einzelnen Stellen der Mondoberfläche abblenden sollen, erscheint ihm absurd.

Wir wissen aus den zahlreichen optischen Schriften Ibn al-Haithams, daß er, besonders in seiner späteren Lebenszeit, der Ansicht war, als gingen vom Auge Sehstrahlen aus, und als sei das Licht eine accidentielle Eigenschaft der durchsichtigen Körper. Nach ihm wird der Körper am stärksten ⟨in erborgtem Licht⟩ leuchten, der das Licht am stärksten absorbiert. Die moderne Optik lehrt das Gegenteil: Je weniger ein Körper Licht verschluckt, desto mehr reflektiert er das Licht, und desto heller erscheint er uns. Ebenso kommt Ibn al-Haitham zu einem falschen Resultat, wenn er zu beweisen versucht, die Dichte eines Körpers stehe seiner Lichtdurchlässigkeit, wie auch seiner Reflexionsfähigkeit hindernd im Wege. Erstere Annahme würde durch den Begriff „optische Dichte" an Richtigkeit gewinnen, und ebenso würde ihm die Conception der „selektiven Absorption und Reflexion" nützliche Dienste geleistet haben. Trotzdem ist das Endergebnis,

zu welchem Ibn al-Haitham, gelangt ein durchaus erfreuliches: Er glaubt, daß die Stellen der dunklen Spuren an der Oberfläche des Mondes aus Gesteinen bestehen, welche infolge ihrer größeren Dichte und geringeren Absorptionskraft für Licht viel weniger Licht in unser Auge zu senden im Stande sind als die hellen Teile. Vergleichen wir damit das, was die heutige Astronomie über unser Thema zu sagen weiß, so kann man den Resultaten des trefflichen Alhazen, der außer seiner Sehkraft und der großen Durchsichtigkeit der Luft des ägyptischen Himmels keine Chance hatte, eine gewisse Bewunderung nicht versagen. Wir führen die uns hier interessierende Darlegung aus der Populären Astronomie von Newcomb-Engelmann ⟨6. Aufl. von H. Ludendorff⟩ Leipzig 1921, S. 378/79 wörtlich an: „Welches die chemische Zusammensetzung und die innere Anordnung der unseren Begleiter bildenden Stoffe ist, wissen wir nicht; das Spektroskop, welches im Mondlichte begreiflicherweise nur die Linien des Sonnenspektrums zeigt, versagt hier seinen Dienst, und auch von Photographie und Photometrie lassen sich unmittelbare Aufschlüsse nicht erwarten. Aus dem Wert der Albedo ⟨0.07⟩ folgt nur, daß durchschnittlich die Oberfläche aus ziemlich dunklen Substanzen besteht, die etwa die gleiche Lichtmenge zurückwerfen wie unser irdischer Tonmergel, für die verschiedenen Gegenden schwanken aber, wie der erste Anblick zeigt, die rückstrahlenden Kräfte außerordentlich. Loewy und Puiseux vermuten sogar in der Färbung gewisser Gegenden vom Sonnenstande abhängige Veränderungen. Auch für die verschiedenen Strahlengattungen ist das Reflexionsvermögen der Mondoberfläche in ihren einzelnen Teilen außerordentlich verschieden. Dies geht aus Versuchen von Wood und später von Miethe hervor, die den Mond unter Einschaltung passend gewählter farbiger Lichtfilter photographierten. Es ergab sich z. B.,

daß gewisse Teile des Mondes die ultravioletten, andere die roten Strahlen stark reflektierten. Die Hoffnungen, durch solche Untersuchungen Aufschluß über die Gesteinsarten auf dem Monde zu erhalten, dürften wohl nur in beschränktem Maße in Erfüllung gehen. In den Jahren 1907 und 1908 haben Wilsing und Scheiner spektralphotometrische Messungen am Monde angestellt, die sie mit anderen, von ihnen an verschiedenen Gesteinen ausgeführten, verglichen haben. Ihre Messungen beziehen sich auf zwei Stellen der Mondoberfläche, nämlich eine ziemlich dunkle im Mare Imbrium und eine helle zwischen den Kratern Macrobius und Proclus. Diese photometrischen Messungen sind vereinbar mit der Annahme, daß die Substanz der Meere einen lavaartigen Charakter besitzt, während die Abhänge der Krater mit Asche bedeckt sind. Es ist aber nach Wilsing und Scheiner damit keineswegs gesagt, daß diese Annahme auch wirklich richtig ist. H. Ebert glaubt, daß die Meere des Mondes von ursprünglich magmatischen Massen überdeckt sind, die bei der Erstarrung eine glasige Struktur angenommen haben. Bei der Begründung dieser Hypothese stützt er sich auf die Beobachtung, daß die Oberfläche eines etwas verwitterten und bestäubten Glasflusses unter verschiedener Beleuchtung ähnliche Erscheinungen zeigte, wie dies die Mondmeere bei verschiedenem Sonnenstande tun."

Ibn al-Haitham bemerkt in seiner Darlegung, daß das Licht der Spuren des Mondes gegenüber den übrigen Teilen der Mondoberfläche nicht in sehr hohem Grade geschwächt erscheine. Es ist wohl angezeigt, hier einige zahlenmäßige Angaben über diesbezügliche Helligkeitsunterschiede zu machen. Ich entnehme sie dem trefflichen Buche von G. Müller: „Die Photometrie der Gestirne" (Leipzig, 1897 S. 344 ff.). Danach fand Arago, daß sich im Mittel die Helligkeit des Mondes zu jener der großen Flecke auf der Scheibe verhält wie 2,7 : 1, dagegen übertraf eine

sehr glänzende Stelle des Mondes nach seinen Messungen einen dunklen Fleck um das $15\frac{1}{2}$fache. Nach Pickerings eingehenden photometrischen Untersuchungen sehr vieler Stellen des ‹Voll-› Mondes übertreffen die hellsten Stellen ‹z. B. die Centralspitze des Aristarchus› die dunkelsten ‹Inneres der Wallebenen› um das 160—170fache.

Es folgt jetzt die deutsche Wiedergabe des arabischen Textes in möglichst wörtlicher Übertragung. Dadurch wird, insbesondere bei der großen Weitschweifigkeit der Alhazenschen Darstellung, die allen seinen Schriften eigen ist, die Ausdrucksweise schleppend, ja sich oft wiederholend, und die Lektüre wirkt ermüdend. Aber es dürfte in diesem Falle nicht leicht sein, bei verkürzter, bündiger Darstellung, die Originaltreue ganz zu wahren.

Abhandlung

des Schaichs Ibn ʿAlî al-Ḥasan ibn al-Ḥasan ibn al-Haitham: Über die Natur der Spuren (Flecken), die man auf der Oberfläche des Mondes sieht.

Wenn man diese Zeichen der Oberfläche aufmerksam betrachtet und beobachtet, so findet man sie immerfort von derselben Beschaffenheit, und keinerlei Veränderung zeigt sich an ihnen, weder an ihrer Figur, noch an ihrer Lage und Größe oder hinsichtlich ihrer dunklen Art. Abergläubische und nicht ernst zu nehmende Menschen haben ihre eigene und abweichende Meinung darüber. Gewisse Leute halten dafür, daß die Spuren dem Mondkörper selbst angehören, andere glauben, daß sie sich außerhalb desselben, nämlich zwischen dem Mondkörper und dem Gesicht des Beobachters, befänden, wieder andere glauben, daß sich ihnen ein umgekehrtes Bild darbiete, weil die Mondoberfläche glatt und reflektierend sei. Wenn nämlich der Beobachter den Blick nach ihr richtet, wird sein Sehstrahl von der Mondfläche nach der Erde reflektiert, gerade so, wie er von spiegelnden Flächen zurückgeworfen wird, und es zeigt sich ihm das Bild der Erde oder ein Teil derselben. So gibt es denn auch Leute, die behaupten, daß sie die Figur der irdischen Meere im Spiegelbilde erblicken würden, andere

sagen, es seien die Spuren die Bilder der Berge und Gebirge unserer Erde, wieder andere glauben, das Gesehene sei eine Figur, die von den auf die Erde fallenden Reflektionsstrahlen aus ihr ausgeschnitten würde.

Was jene anbelangt, die meinen, die Spuren seien ein zwischen dem Mond und dem irdischen Beobachter liegendes Etwas, so ist ihnen zu erwidern, daß sie sich darauf versteifen, der Mond ziehe von der Erde her Dünste an sich, hebe sie zu höchster Höhe empor und verknüpfe sie fest mit sich. Dabei wird der Anfang eine einzige kleine Stelle am unteren Ende des Mondes sein, weshalb sich weder ihr Aussehen, noch ihre Größe, noch ihre Lage auf dem Monde ändern wird. Aber auch diejenigen, welche sagen, daß die Spuren dem Mondkörper selbst angehören, stimmen unter einander nicht überein. Eine gewisse Zunft von ihnen sagt, daß dem Mond eine dünne transparente Schicht eigne, und falls der Beobachter seinen Blick zum Monde richte, sehe er das, was hinter ihr ist, und es vermische sich das Licht, welches dieser durchscheinenden Schicht zukommt, mit jener Art von Licht, die sich hinter dem Monde findet, und so gewahre man eine ständige gegenseitige Behinderung in der auf dem Monde herrschenden Färbung. Wieder andere sagen: es ist die Rauheit und Unebenheit an einer gewissen Stelle die Ursache der Spur, während der Mondkörper eigentlich glatt ist. Und wenn nun das Licht der Sonne auf ihm aufgeht, so empfängt die rauhe Stelle das Licht keineswegs in demselben Grade,

wie es die glatte Fläche aufnimmt, und so könnte man sagen, daß der Ort, der eine Spur aufweist, derjenige einer hervorstehenden Unebenheit ist. Falls sie vom Licht der aufgehenden Sonne getroffen wird, so werfen die unebenen Teile Schatten auf die benachbarten Stellen der Mondoberfläche. Die Schattenstellen erscheinen dunkel, und die Spuren, die im Monde sichtbar sind, wären demnach die Schatten hervorragender Unebenheiten. Auch wäre denkbar, daß sich im Mondkörper grabenartige Vertiefungen befänden, und falls auf sie das Licht der Sonne fällt, so wirft der äußere Rand derselben seinen Schatten auf das Innere der Vertiefung; hiernach könnte man die Zeichen im Antlitz des Mondes als Schatten des Umfanges nach den Vertiefungen deuten. Ferner wäre denkbar, daß es am Himmel eine oder mehrere Stellen gibt, an denen eine gewisse Verdunkelung herrscht, so wie wenn in einem Hofraum etwas Dunkelheit ist, falls er nicht im Lichte liegt. Und so ist dann in der räumlichen Umgebung dieser Stellen kein Licht, und deshalb sind sie unsichtbar. Und ein solcher Ort liege zwischen Sonne und Mond. Wenn nun das Licht der Sonne auf den Mond fällt, so wirft aus diesem Grunde jener Ort Schatten auf die Mondfläche, so daß sich die Spur als der Schatten einer dunklen Himmelsstelle erklären würde.

Aber alle diese bis jetzt vorgetragenen Meinungen sind unzutreffend und daher wertlos, und wir schicken uns jetzt an, das Irrige all dieser Ansichten darzutun. Danach studieren wir die wahre Natur der Spuren.

Was die Behauptungen anbetrifft, die Spuren lägen außerhalb des Mondkörpers, oder daß sie von der Erde herrührten, oder gar, daß sie zwischen dem Gesichte des Beobachters und dem Monde lägen, so sind die Irrtümer evident. Denn, wenn dem so wäre, dann würde keine Übereinstimmung sein zwischen der Lage der Spur auf der Mondfläche und den verschiedenen Stellen auf der Erde in ein und derselben Zeit, weil ein jeder Körper das Mittelding zwischen Augenschein und realer Tatsache darstellt. Wenn die Spur eine Parallaxe hat, so ist ihr Ort nur fixierbar, wenn man sie von der einen zur anderen Nacht von verschiedenen Stellen der Erde aus beobachtet; nur so wird man die Spur eindeutig auf der Mondfläche zu lokalisieren vermögen. Und wenn das vermittelnde Etwas dem Himmelsraum selbst angehört und nicht der Luft, jedoch so, daß zwischen ihm und dem Mond eine Distanz besteht, da es sich ja nicht auf ihm selbst befindet, so ändert sich scheinbar seine Lage auf dem Monde, falls man von verschiedenen Stellen der Erde danach visiert. Und es ist bemerkenswert, daß der Abstand zweier Lagen der Spur sich ändern muß, wenn die Beobachtungsorte auf der Erde wechseln. Falls das vermittelnde Medium aber in der Luft läge, und man visierte von zwei Stellen der Erde zu gleicher Zeit nach dem Monde, so müßte die Entfernung zwischen beiden ⟨wahrgenommenen Orten der Spur⟩ variieren. Erblickt man daher die Spur von einer der zwei irdischen Beobachtungsstellen aus in der Mitte des Mondes, so wird sie für eine

andere Stelle gar außerhalb des Mondkörpers zu liegen kommen und somit unsichtbar sein. Liegt das zwischen Auge und reellem Bild befindliche Medium weiter ab von letzterem, so ist seine Parallaxe größer, wie es z. B. zutrifft, wenn die Ursache der Spur eine Dunstmasse ist, die sich auf den Mond projiciert. Und es sei anfänglich nur eine Stelle vom Monde bedeckt. Falls sich der Mond in Horizontnähe befindet, möge jener Dunstfleck nicht in der Mitte zwischen Auge und Mond sein. Falls er aber gerade in der Mitte steht, so gibt es keine Stelle des Mondes, die der Beobachter zur Zeit gesehen hätte. Es wird der Mond in die Mitte des Himmels kommen oder schon in ihrer Nähe sein. Da sie also dann eine Parallaxe zeigen müßte, kann die Ursache der Spur nicht in einer Substanz gesucht werden, die in der Mitte zwischen dem Beobachter und dem Monde sich befindet.

Und was die Reflexion anbetrifft, so ist sie das Bild, das sich dir in der Zurückwerfung darbietet; es erübrigt sich eigentlich zu erwähnen, daß die Reflexion unter dem gleichen Winkel erfolgt, der zwischen dem Lichtstrahl und der spiegelnden Fläche vorhanden ist. Und wenn dem so ist, so ergibt sich am Monde immer ein anderer ⟨neuer⟩ Reflexionswinkel, falls er seinen Ort ändert. Und stets, wenn der Mond aus der Mitte des Himmels herausgetreten ist, vergrößert sich der Winkel, der sich ständig neu bildet zwischen dem primären Strahl, der vom Auge nach dem Mond geht, und dem entsprechenden Reflexionsstrahl. Wenn

dieser Winkel groß wird, so gelangt der reflektierte Strahl an ⟨ganz⟩ andere Stellen, und wenn solche Strahlen zur Erdoberfläche gelangen, so treffen sie dort auf verschiedene Stellen. Dabei kann der gesehene Fleck im Monde die Figur ⟨das Bild⟩ der Meere oder Berge sein, und so müssen wir auf die Form der Flecken achten, weil die Gestalt der Gebirge und die Konturen der Meere in den verschiedenen Gegenden der Erde immer wieder eine andere ist. Aber man gewahrt zu den verschiedensten Zeiten keine Veränderung des Aussehens der Flecken ⟨Zeichnungen⟩ im Monde. Man muß indessen dies Verschiedenartige in ein und derselben Nacht und aus ein und derselben Blickrichtung beobachten, weil, sobald der Abstand des Mondes vom Zenit größer wird, sich auch die Einfallsstelle des Reflexionstrahles ändert und der Winkel zwischen dem Original- und Reflexionsstrahl wächst, und dies besonders, wenn sich der Mond dem westlichen oder östlichen Horizont nähert. In diesem Falle gelangen die Reflexionsstrahlen an Stellen, die außerhalb der Erde liegen, da, falls der Mond dem Horizont nahe steht, die austretenden Strahlen[1]⟩ zur Ebene des Gesichtsfeldes sehr stark geneigt sind, dasselbe auch von den Reflexionsstrahlen gilt, allerdings in einer Richtung, die entgegengesetzt zur Erde liegt, und deswegen fallen diese Strahlen notwendigerweise nicht zur Erde. Dies ist eine notwendige Folge der Stellung des Mondes in der

[1]⟩ d. h. die vom Auge ausgehenden.

Horizontnähe in einer der beiden Himmelsrichtungen ⟨Ost oder West⟩. Falls sich aber auf dem Monde doch irgend etwas von Spur zeigt, so ist sie die Figur des Landes, der Meere, Gebirge oder eines anderen irdischen Gebildes, das sich in der Reflexion darstellt.

Aber in Wahrheit ist es doch so, daß du die Spur, die seit Anbeginn auf dem Monde ist, immer an derselben Stelle des Mondes erblickst, gleichviel, ob er im Horizonte oder in der Mitte des Himmels steht, oder ob er sich in einer Zwischenstellung oder im Zenit befindet, und häufig ist der Betrag ⟨der Höhe⟩, die er an Stellen am Himmel, an die er gelangt, erreicht, kleiner als die Summe der maximalen Sonnendeklination und Mondbreite zusammen.

Und wahrlich, der Sehstrahl, welcher nach dem Mittelpunkt der Mondoberfläche gerichtet ist, also senkrecht auf derselben steht, wird in sich selbst reflektiert und kehrt somit ins Auge zurück, und man erfaßt durch ihn nichts von der Erdoberfläche. Andere Strahlen treffen die übrigen Stellen der Mondoberfläche; die meisten von ihnen werden nach Orten reflektiert, die außerhalb der Erde liegen, und dies gilt auch von Strahlen, welche vom Rande des Mondes reflektiert werden, d. i. von Stellen, die weit ab vom Mondmittelpunkt liegen, und nur diejenigen aus der Mitte seiner Oberfläche und rund um sie herum, werden nach der Erde reflektiert; und das Bild, das sich darbietet, ist wahrlich nur ein Ausschnitt ⟨Blick⟩ aus der Mitte der Fläche des

Mondes[1]). Aber wenn die Spur, welche sich im Monde zeigt, ein Reflexionsbild wäre, so müßten wir das Bild zur Zeit des Zenitalstandes des Mondes in der Mitte seiner Oberfläche sehen; aber die Sache verhält sich nicht so: ich meine, daß die Spur zu anderen Zeiten nicht in der Mitte der Mondoberfläche gefunden wird. Also ist die Figur im Monde kein Reflexionsbild.

Und auf die Ansicht, daß die Spur im Mondkörper selbst liege, und daß sie durch eine geringe Transparenz desselben sichtbar werde, ist zu erwidern, daß sie bei Verfinsterung der Sonne an Stärke abnehmen müßte. Eine Verfinsterung der Sonne ereignet sich nur bei der Stellung des Mondes zwischen Erde und Sonne, d. h. bei Verdeckung der Sonne durch den Mond; ist sie gänzlich verdeckt, so ist ihre Verfinsterung eine totale, im anderen Falle eine partiale, und

---

[1]) Diese Deduktion zeigt Anklänge an die im späteren Mittelalter ausgesprochene irrige Ansicht, der das Sonnenlicht zurückwerfende Mond müßte, wenn er wirklich wie ein Convexspiegel wirke, als ein einziger strahlender Lichtpunkt erscheinen. (Vgl. S. Günther: Handbuch der Geophysik I, Stuttgart 1897 S. 118 und 134) Die gegenteilige Folgerung, wonach ein Himmelskörper mit sehr dichter Atmosphäre (Sonne, Jupiter) uns vergrößert erscheint, ergibt sich aus der bekannten Sonnentheorie von August Schmidt. Sie ist in Newcomb-Engelmanns Populärer Astronomie (6. Aufl. von H. Ludendorff, Leipzig 1921 S. 332/33) kurz also charakterisiert: „Der Weg eines Lichtstrahls in einer Atmosphäre ist im Allgemeinen keine gerade Linie, sondern infolge der Strahlenbrechung gekrümmt. In der Erdatmosphäre bleibt selbst bei dem am stärksten gekrümmten Lichtstrahl der Krümmungsradius noch größer als der Erdradius. Bei größeren Himmelskörpern mit dichteren Atmosphären ist aber der Fall denkbar, daß der Krümmungsradius für horizontale Strahlen an der Oberfläche kleiner ist, als ihre Entfernung vom Mittelpunkt des Gestirns. In diesem Falle können solche Strahlen den Himmelskörper nicht verlassen; sie werden durch die Strahlenbrechung gegen die Oberfläche abgelenkt. Für horizontal verlaufende Strahlen in größeren Höhen wächst der Krümmungsradius mit der Entfernung von der Oberfläche und wird in einer

dies ist die klare Deutung der Erscheinung für die sinnliche Wahrnehmung, weil, falls die Sonne sich verfinstert und der Beobachter nach ihr blickt, er den Mondkörper vor der Oberfläche der Sonne findet, und wenn man dies erwägt und beachtet, findet man es so, wie ich sagte. Und nicht hat der Beobachter den Blick zur Sonne erhoben ⟨wegen der Strahlen?⟩, wenn er aber eine Tasse gegen die verfinsterte Sonne hält, gießt klares Wasser in dieselbe, wartet geduldig ab, bis es ruhig geworden ist, und blickt alsdann in das Wasser, wahrlich, so sieht er den Mond im Reflexionsbild und findet ihn in der Sonnenscheibe. Da die Sonne nur durch den Mond verfinstert werden kann, so ist die Größe der Verfinsterung verschieden, je nach seiner wechselnden Entfernung von der Erde, wegen seiner Parallaxe.

---

bestimmten Höhe gleich dem Abstand vom Mittelpunkt werden, der Strahl läuft dann rund um den Himmelskörper herum in sich selbst zurück ⟨Grenze der kritischen Sphäre⟩. Nur solche Strahlen, welche noch weiter vom Mittelpunkte entfernt sind, können also in den leeren Raum austreten, und für einen außerhalb der Atmosphäre in großer Entfernung befindlichen Beobachter muß sonach der Durchmesser des Himmelskörpers stark vergrößert und die Atmosphärenhöhe entsprechend verkleinert werden. Indem nun Schmidt diese Betrachtungen auf einen leuchtenden Gasball anwendet, wird er zu dem Schlusse geführt, daß die scharfe Begrenzung der Sonnenscheibe nur eine scheinbare ist. Die Sonne ist nach ihm ein unbegrenzter Himmelskörper, in welchem Licht- und Leuchtkraft allmählich vom Mittelpunkt nach außen hin abnehmen, und die sichtbare Sonnenscheibe ist das durch die regelmäßige Strahlenbrechung vergrößerte Bild des intensiv leuchtenden Sonneninnern." — Vgl. für nähere Einzelheiten: A. Schmidt: „Die Strahlenbrechung auf der Sonne" ⟨Stuttgart 1891⟩ und für kritische Betrachtungen hierzu: R. Emden: „Gaskugeln" ⟨Leipzig 1907 S. 388—94⟩. Schreiber dieses erinnert sich gerne der außerordentlich interessanten Vorlesungen H. v. Seeligers über „Astrophysik" ⟨I. und II. Teil⟩, die neben vielem Neuen auch eine gründliche Würdigung der Schmidtschen Sonnentheorie brachten.

Falls nun die Spur im Monde durch eine gewisse Transparenz des Mondkörpers sichtbar würde, so müßte das, was die Sonne resp. ihr Licht verdeckt, zur Zeit der Verfinsterung hinter dem Licht des Mondes sichtbar sein, und wenn nichts wahrgenommen worden ist, so ist klar, daß die Transparenz des Mondes in Erscheinung getreten wäre, falls er vor der Sonne stand, und falls es eine geringe Transparenz gäbe, da ja jede Transparenz das sichtbar macht, was hinter ihr leuchtet, vorausgesetzt, daß sie existiert, und wenn seine Transparenz wahrgenommen wird, dann muß hinter ihr eine Substanz sein; was nicht wahrgenommen wird, ist das, was hinter ihr liegt; man nimmt dessen Transparenz nicht wahr, wenn hinter ihr ein durchsichtiges Medium ist; es gibt dann keine Durchsichtigkeit und keine Spur, welche im Monde, d. h. innerhalb seines Körpers, im Zustand einer gewissen Transparenz wäre.[1]

Die Hypothese, daß die Spur nichts anderes sei als die Rauheit jener Stelle, in der sie in der Oberfläche des Mondes ihren Sitz hat, während das Übrige seiner Fläche glatt ist, wird damit erläutert, daß man sagt: Der Mond empfängt das Licht von der Sonne; dabei erhalten die glatten Partien mehr Licht, als die hervorstehenden rauhen aufzunehmen vermögen. Aber diese Meinung widerspricht dem, was wir in unserem Buche: „Über das Licht des Mondes" (kitâb fî ḍau' al-qamar)[2] dargelegt haben. Aus dieser Schrift

[1] Diese Stelle ist mir unverständlich.

[2] Eine ziemlich umfangreiche Abhandlung, die in sehr klarer Schrift im India Office (London) vorhanden ist, und die E. Wiedemann (Erlangen) veröffentlichen wird.

geht nämlich klar hervor, daß der Mond, falls er vom Sonnenlicht getroffen wird, selbstleuchtend wird, daß aber das Licht, welches schwach von ihm ausgeht, nur leuchtet wie das Licht von Körpern, von denen kein Eigenlicht ausgeht, die indessen leuchten, weil sie glatt ⟨reflektierend⟩ sind, aber nicht, weil ihre Oberfläche Licht aussendet. In diesem Falle nämlich geht von jedem Teil ihrer Oberfläche Licht aus, aber nicht deshalb, weil sie glatt ⟨reflektierend⟩ ist, sondern weil alle ihre Teile eigene Leuchtkraft besitzen. Dies ist der Begriff des Selbstleuchters bezüglich des Feuers, seiner Teile und der Teile lichttragender Körper. Die Rauheit sodann verhindert die Reflexion des Lichtes, nicht aber seine Absorption; denn die Unebenheit verschluckt das Licht in erster Linie, weil es, falls es einen rauhen Körper trifft, in dessen Falten und Poren eindringt, während die Glätte des Körpers die Absorption verhindert. Hierfür gibt die Reflexion des Lichtes an glatten Körpern einen deutlichen Beweis. Je glatter ein Körper ist, desto mehr unterscheidet sich sein Absorptionsvermögen von dem eines rauhen Körpers, im Falle der erstere Licht reflektiert. Und wenn das Licht, welches wir an der Mondoberfläche wahrnehmen, nur reflektiertes Licht ist, so könnte man behaupten, daß die Stelle der Spur nichts anderes als eine Rauheit in der Mondfläche ist, die die Reflexion des Lichtes verhindert. Aber das Übrige der Mondoberfläche ist glatt und reflektiert das Licht, und so kommt es, daß die Stelle der Spur eine verminderte Helligkeit aufweist. Außerdem ist in unserem

Buche: „Über das Licht des Mondes“ schon klargemacht, daß das Licht, welches vom Monde ausgeht, und das Licht, welches von der Oberfläche des Mondes in unser Auge gelangt, nichts anderes als reflektiertes Licht ist. Aber es ist nicht ganz correct zu behaupten, daß die Verminderung des Lichtes nur an der Stelle der Spur stattfinde, wegen der Rauheit dieser Stelle, sondern man kann auch sagen, daß sich doch auch Licht vorfinde, und zwar so, daß die glatten Körper, falls sie vom Licht getroffen werden, ein an ihrer Oberfläche sichtbar werdendes Licht besäßen, welches sich in kräftiger Weise ausbreitet, kräftiger als das Licht, das an den rauhen Flächen wahrgenommen wird. Dies weist darauf hin, daß die glatten Körper in stärkerem Maße Licht aufzunehmen befähigt sind als die rauhen, und wir behaupten bei Erörterung dieser Ansicht: das Aufnahmevermögen für Licht ist ein vermindertes anderes Licht, welches für das Sehen wirksam ist, und nur dieses Vermögen ist es, welches das Licht in den Körpern entfacht, auf die Licht fällt. Aber das Licht, welches auf den Gesichtssinn wirkt, ausgehend von Körpern, auf die Licht fällt, ist zweierlei Art: die eine ist reflektiertes Licht, die andere, wahrlich, beruht in der Natur und Eigenheit des Lichtes. In diesem Falle also entsteht es in einem massiven Körper, falls es von jedem Punkte desselben nach allen Punkten seines vis à vis hinleuchtet. Wir haben diese Auffassung in gründlicher Art in unserem Buche: „Über die Optik“ ⟨kitâb al-manâẓir⟩ dargelegt. Und jenes Licht, welches ⟨wiederum⟩ von jedem

Lichtpunkt ausgeht, heißt „zweites Licht" ⟨secundäres Licht⟩, und das Licht, das an den glatten Körpern reflektiert wird, heißt ganz analog „erstes Licht" ⟨primäres Licht⟩. Das zweite besteht mit dem ersten zusammen, wenn der glatte Körper es nach dem Gesichtssinn reflektiert. Und was das zweite Licht anbelangt, so ist es jenes Licht, das von der Oberfläche eines glatten Körpers ausgeht, und zwar geht Licht von jedem Punkte desselben aus, trifft den ihm gegenüberliegenden Gesichtssinn, und von ihm gesammelt, kommt es dort zur Wirkung. Und das Licht, welches von den Oberflächen der rauhen Körper nach dem Auge gelangt, ist zweites Licht, Licht, das von jedem Lichtpunkte des rauhen Körpers ausgeht. Das Licht, welches von der Fläche eines glatten Körpers ins Auge gelangt, besitzt keine Kraft, denn die Fähigkeit der Repulsion sitzt in dem glatten Körper selbst, ist nur eine Kraft in dem Sinne, wie wir es schon erwähnt haben. Und die verschwächte Wirkung des Lichtes wird bei rauhen Körpern wahrgenommen, diese Schwächung gilt aber nicht von der Kraft der Zurückstoßung; die Schwächung ist nur eine Verminderung der Kraft des zweiten Lichtes, das wahrgenommen wird. Im „Buch der Optik" taten wir dar, daß das zweite Licht stets eine sehr bedeutende Reducierung des ersten Lichtes ist. Und es ist einleuchtend, daß das Licht, welches von der Mondoberfläche aus in das Auge gelangt, nur reflektiertes Licht ist, und es hat nicht die starke Wirkung, welche ihm auf der Mondoberfläche infolge ihrer Glätte zukommt, aber es ist auch kein Licht

jener Geschwächtheit, wie es an den Stellen der Spuren infolge ihrer Rauheit bemerkt wird. Ebenso kann man sagen: Das Licht, welches von der Oberfläche eines rauhen Körpers ins Auge gelangt, eines gewöhnlichen ⟨unedlen⟩ einfarbigen Körpers, dessen Farbe unvermischt und ohne Verschwächung ⟨Verdunklung⟩ ist, zeigt keinen Unterschied von jenem der Spuren, vielmehr ist es diesem Licht ganz ähnlich. Und die Spur im Monde ist immer von schwächerer Beleuchtung als die übrige Mondfläche, und die Dunkelheit, die sich an ihr findet, bleibt sich immer ähnlich ⟨gleich⟩ und zeigt keine Veränderung: sie ist eine Trübung der Klarheit ⟨des Mondes⟩. Und wenn die Spur sich aus dem Grunde der Rauheit der Stelle als Spur zeigt, so ist das Licht in ihr geschwächt, aber nicht bis zur Dunkelheit, wenn auch farblos. Aber der tatsächliche Befund steht hiermit im Widerspruch. Und wenn dem so ist, wie eben ausgeführt wurde, so kann aus diesen Gründen die Spur nicht auf eine Rauheit in der Mondoberfläche zurückgeführt werden.

Und auf die Behauptung, die Spuren seien nichts anderes als die Wirkung der rauhen hervorragenden Teile, ist zu erwidern: Wenn die Sonne auf der Mondoberfläche aufgeht, werden die hervorstehenden Teile seiner Oberfläche ihre Schatten auf benachbarte Stellen der Mondfläche werfen, und diese Erscheinung spielt sich in der Weise ab, wie wir es dartun: da der Mond nämlich nicht immer eine und dieselbe Stellung zur Sonne einnimmt, wie zur Zeit der Beobachtung, sondern diese stets fort ändert, so würden

sich, falls die Spuren die Folge der Schatten hervorstehender rauher Gebilde auf dem Monde wären, und der Mond seine Stellung zur Sonne ändert, auch alle die Schattenfiguren ändern müssen, aber es wird keinerlei Veränderung im Verlauf der Zeiten beobachtet, vielmehr bleiben die Figuren immerdar von ein und demselben Aussehen, auch selbst dann, wenn die Mondoberfläche zur Zeit der Opposition des Mondes und der Sonne von dieser ganz beleuchtet ist. Wenn es aber in der Mondoberfläche äußere Erhabenheiten gibt, so muß bei der Opposition des Mondes mit der Sonne Licht in die grabenartigen Vertiefungen eindringen, die sich zwischen diesen Erhöhungen auf dem Monde finden; hingegen würden Schatten entstehen, falls der Mond in Sonnennähe wäre; aber es bestätigt sich gerade das Gegenteil, indem die Spur sich immer gleich bleibt, und sowohl zur Zeit der Opposition von Sonne und Mond, als auch vor und nach ihr immer dasselbe Aussehen zeigt, welches ihr inhärent ist. Also sind die Spuren auf dem Monde keineswegs die Schattenwirkung rauher Erhabenheiten der Mondoberfläche.

Und in Ansehung der Behauptung, die Spur sei eine Vertiefung im Mondkörper, auf deren Grund beim Aufgang der Sonne auf dem Mond durch die Umgrenzung des Grabens Schatten falle, was wir oben schon ähnlich ausgedrückt hatten, nämlich, daß bei Opposition des Mondes mit der Sonne Licht auf den Grund des Grabens falle, so daß der Schlagschatten, der vom Rande des Grabens nach

der Tiefe falle, zur Zeit der Opposition verschwände, und wenn ferner gesagt wird, daß der Mond zur Zeit der Opposition mit der Sonne gar nicht auf dem Ende eines Durchmessers, sondern abseits läge inbezug auf das Ende des Durchmessers, der durch den Mittelpunkt der Sonne geht, so daß der Umfang des Grabens mit Notwendigkeit auch zur Zeit der Opposition einen Schatten für die Vertiefung verursacht, so haben wir nur nötig, zu dem Hinweis auf die Wirkung der hervorstehenden Rauheiten der Mondfläche noch Folgendes hinzuzufügen: Wenn der Mond nicht in genauer Opposition mit der Sonne steht, dann wird der Schatten des Grabenrandes notwendigerweise einem Wechsel unterworfen sein; es wird dieser Schatten ganz nahe der Opposition nicht derselbe sein, wie vor ihr, weil vor der Opposition kein Licht zum Grunde des Grabens dringt, während es bei der Opposition dorthin gelangt, so daß in diesem Augenblick ein noch vorhandener Schatten um vieles kürzer sein wird als jener vor der Opposition. Mit einem Worte: Die Stellung des Mondes zur Sonne ändert sich von Stunde zu Stunde, und so müßte sich auch notwendigerweise die Form und Größe der Spur von Stunde zu Stunde ändern, wie dasselbe auch hinsichtlich der Schatten hervorstehender äußerer Gegenstände der Fall sein müßte. Aber der tatsächliche Befund steht im Widerspruch mit dieser Schlußfolgerung; denn die Form der Spur ändert sich nie, weder bei der Opposition, noch vor oder nach ihr. Also verdeckt die dunkle Spur im Monde weder eine

Grabenfurchung, noch verdankt sie ihr Vorhandensein einer äußerlichen Rauheit der Mondfläche.

Und mit der Behauptung, daß es am Himmel einzelne dunkle ⟨nebulose⟩ Stellen zwischen Mond und Sonne gebe, und daß das Sonnenlicht, wenn es auf den Mond falle, aus diesem Grunde auf der Mondfläche verdunkelt sei, erwähnen wir nur eine leere Redeweise; denn wenn zwischen jener Stelle und dem Monde ein bestimmter Abstand wäre, dann müßte für sie eine Parallaxe bestehen. Aber diese Ansicht ist ganz grundlos, ebenso wie die Behauptung, es handle sich um Dunst ⟨Rauch⟩. Wenn nun der Abstand dieser Stelle vom Monde unbedeutend ist, so gibt es für sie keine Parallaxe, wegen ihrer großen Mondnähe; und wenn die Stelle gar in der Sphäre des Mondes und damit ganz nahe am Monde liegt, so ist zu erwidern: Wenn diese Stelle auf dem Epicykel des Mondes oder in der Sphäre liegt, die den Epicykel umschließt, — denn wahrlich der Epicykel, falls er sich nach der Drehung bewegt, die ihm eignet, ich meine in der Drehung rund um seinen Mittelpunkt, bewegt auch den Mond, und wenn sich dieser bewegt, so tritt er aus der Richtung heraus, die augenblicklich zwischen ihm und der Sonne statthat — so steht die Spur mit dem tatsächlichen Befund im Widerspruch, ich meine damit, daß der Mond innerhalb der in Betracht kommenden Zeit nicht frei von Spuren gefunden wird, wegen der zahlreichen dunklen Teile der den Epicykel umschließenden Sphäre. Und wenn sich diese Stelle mit ihren kompakten Teilen im

Epicykel nahe am Monde findet, dann muß sie in ein und derselben Richtung mit ihm sein, da er ja seinen Ort hinsichtlich des Epicykels nicht ändert, weil jeder Teil eines jeden Körpers seine Lage zu diesem Körper so lange beibehält, bis daß er bewegt wird und sich mit dem Körper reibt; aber es kommt nicht vor, daß ein Körper sich an dem Epicykel reibt, oder daß die Stelle der Verdichtung im Epicykel sich ändert. Und so wird diese Stelle immer in ein und derselben Richtung zu Mond und Sonne liegen. Und was die Stellung der Sonne zum Mond anbelangt, so kann diese östlich oder westlich sein; der Zeit nach steht die Sonne zwischen Neu- und Vollmond östlich, zwischen Voll- und Neumond aber westlich vom Mond. Und wenn die verdichtete Stelle sich gerade in der Mitte zwischen Sonne und Mond befindet, so bleibt diese Konstellation auch nur für eine kurze Zeitdauer bestehen; denn es bewegt der Epicykel die verdichtete Stelle, ebenso wie den Mond, im Kreise weiter: Sie tritt daher aus der Richtung zwischen Sonne und Mond heraus, und sie wird das eine Mal nördlich, das andere Mal südlich, ebenso östlich und westlich vom Monde stehen. Und falls die besagte Stelle einmal westlich, die Sonne aber östlich vom Monde steht, so liegt der Mond zum größten Teil der Zeit im Durchschnitt mit der Richtung zwischen Stelle und Sonne. Es wirft die Stelle alsdann keinen Schatten auf die Mondfläche, außer zu ganz besonderen Zeiten; d.h. der Mond wäre zum weitaus größten Teil der Zeit frei von Flecken, was mit dem tatsächlichen

Befund im Widerspruch steht; denn die Spur zeigt sich immerdar an einer ganz bestimmten Stelle auf der Mondoberfläche, und zwar in stets gleicher Figur und Größe; deshalb wird die Spur im Monde nicht durch eine verdichtete Stelle des Himmels verursacht.

Und aus all dem, was wir bis jetzt dargelegt haben, geht das Irrige der von uns weiter vorne erwähnten Ansichten hervor. Und es ist ferner klar geworden, daß die Spuren nur im Mondkörper selbst ihre Ursache haben können; denn siehe, es ist evident, daß sie weder außerhalb derselben sind, noch ein Reflexionsbild darstellen. Deshalb verbleibt uns die Aufgabe, die wahre Natur dieser Spuren zu entschleiern, und so sagen wir also:

Wahrlich, die Natur des Mondes ist verschieden von der aller übrigen Sterne; denn der Beweis dafür ist, daß alle Sterne als Selbstleuchter, nicht durch erborgtes Sonnenlicht, Licht aussenden. Wir haben den Inhalt dieser Lehre deutlich dargelegt in unserem Buche: „Über das Licht der Sterne" ⟨maudû' fî aḍwâ' al-kawâkib⟩[1]. Und siehe, es sind die Sterne Selbstleuchter, ohne des Lichtes der Sonne zu bedürfen. Aber der Mond leuchtet nicht aus eigener Kraft, sondern erst, nachdem ihn Sonnenlicht getroffen hat. Und siehe, so ist die Natur des Mondes derjenigen aller Sterne entgegengesetzt. Und wenn sie das ist, so ist es nicht anders möglich, als daß schon in den Atomen ein Unterschied,

[1] Inhaltlich mitgeteilt von E. Wiedemann in der Wochenschrift f. Astronomie, Meteorologie und Geographie. 1890 No. 17 S. 1—4.

hinsichtlich ihres Wesens, ihrer Dichtigkeit und ihres Leuchtens besteht, und wenn dem so ist, dann behaupten wir mit Entschiedenheit, daß die Gesamtheit der Mondatome sich nicht in ein und demselben Zustande befindet; ein Beweisgrund hierfür besteht darin, daß der Mondkörper, falls sich alle seine Partikeln in gleichem Zustande befänden, ein Licht besäße, das sich in seiner Erscheinung in allen Teilen als gleich ⟨mäßig⟩ zeigen müßte; aber sein Licht verhält sich nicht an allen Stellen so, wegen der Spuren, die es beeinflussen, und von denen wir schon dartaten, daß sie nicht außerhalb des Mondkörpers liegen können, und auch kein Reflexionsbild darstellen. Da also diese Möglichkeiten nicht bestehen, so bleibt nur die Annahme, daß sie dem Mond selbst angehören, und so ist sein Leuchten nicht gleichmäßig an allen Stellen, vielmehr ist das Mondlicht an gewissen Stellen ganz verschieden von dem Lichte der übrigen, und wenn im Mondlichte eine solche Verschiedenheit besteht, so befinden sich nicht alle Teile des Mondes in ein und demselben Zustand, und so muß der Mondkörper an den Stellen der Spuren gänzlich verschieden sein von dessen übrigen Teilen, und zwar deshalb, weil deren Licht im Gegensatz steht zu jenem der übrigen Teile des Mondkörpers. Wenn nun also der Mond sein Licht von der Sonne empfängt, so ist diese Aufnahme von Licht für den Mond mithin verschiedenartig, und dies bedeutet einen Unterschied in seiner Albedo. Nun aber empfängt der Mond faktisch sein Licht von der Sonne, und die Licht-

aufnahme ist von verschiedener Stärke, denn wenn sie gleichmäßig wäre, so wäre auch das Leuchten des Mondes an allen Stellen seiner Oberfläche das gleiche. Wenn aber seinem Lichte diese Gleichmäßigkeit nicht zukommt, vielmehr die Spuren eine Verminderung des Leuchtens gegenüber den übrigen Teilen der Mondoberfläche aufweisen, so ist eben das Aufnahmevermögen des Mondes für Licht kein gleichmäßiges, und nicht nimmt die Stelle einer Spur das Sonnenlicht so auf wie die übrigen Teile der Mondoberfläche. Und das Wesen dieser Verschiedenheit am Mondkörper hinsichtlich der Stellen der Spuren und der übrigen Partien besteht eben in der verminderten Aufnahmefähigkeit von Licht für die Stellen der Spuren. Und wenn es sich so verhält, so ist die Natur der Spuren in Wahrheit eine Verdunkelung am Mondkörper, deren Ursache darin besteht, daß jener Teil ⟨der Spur⟩ das Licht eben nicht genügend absorbiert, und so verbleibt nur die Nachforschung über die Ursache, weshalb die vollkommene Aufnahmefähigkeit von Licht durch die Stellen der Spuren vermindert ist.

Und wir behaupten, daß jeder durchsichtige ⟨durchscheinende⟩ Körper Licht aufnimmt, ja zu solcher Lichtabsorption ganz besonders neigt, ferner, daß auch jeder kompakte ⟨dichte⟩ Körper Licht aufnimmt, aber zur Lichtaufnahme nicht neigt. Ein Beweis dafür, daß der durchsichtige Körper Licht aufnimmt, ist in der Tatsache gegeben, daß er vom Licht durchdrungen wird. Würde er aber kein Licht aufnehmen, wie wäre es dann möglich, daß Licht in ihn eindringen könnte? Die

Tatsache nun, daß ihn Licht durchdringt, beweist seine Aufnahmefähigkeit für das Licht. Daß aber auch ein kompakter ⟨dichter⟩ Körper das Licht in sich aufnimmt, geht aus dem Sichtbarwerden des Lichtes an seiner Oberfläche und seinem ständigen Verweilen dorten hervor. Denn wenn ein solcher Körper kein Licht aufnähme, warum würde es dann an seiner Oberfläche festsitzen und dort sichtbar sein? Und jeder Körper besitzt einen gewissen Grad von Transparenz und eine gewisse Dichte, wie Glas ⟨Krystall⟩, Wasser und durchsichtige Steine. Fällt auf solche Körper Licht, so dringt es teilweise in dieselben ein und wird in ihnen sichtbar: das ist die Aufnahme von Licht nach ihrer aller Art und Weise. Und ebenso: Wenn auf verschieden dichte Körper Licht fällt, so ist das Bild ⟨die Art, Gattung⟩ des Lichtes verschieden, und diese Verschiedenheit wird ihrer Färbung ihrer Glätte oder Rauheit und ihrer größeren oder geringeren Dichte entsprechen; ebenso zeigen verschiedenartige durchsichtige Körper von gewisser Dichte ein abweichendes Verhalten inbezug auf das Licht, gemäß ihrer Farbe, Dichte, Rauheit oder Glätte. Auch gibt es Körper, die in ihrem ganzen Wesen ⟨der Gesamtheit ihrer Zustände⟩ sich sehr ähnlich sind. Werden sie vom Licht getroffen, so ist die Erscheinung des Lichtes, die sich an ihnen zeigt, ganz dieselbe, ohne nennenswerte Verschiedenheiten. Also: Körper von verschiedener Farbe, Dichte, Glätte oder Rauheit zeigen verschiedenes Verhalten im Licht, und was aus all diesen

Eigenschaften resultiert, das entspricht der jedem Körper innewohnenden Kraft ⟨Fähigkeit⟩ zur Aufnahme von Licht. Wenn nun ein Körper in seinem Gesamtaufbau aus lauter gleichen Bestandteilen zusammengesetzt ist, so wird die Lichtwirkung, in der er sich uns zeigt, in allen Teilen dieselbe sein, hingegen ist sie eine ungleiche bei einem ⟨optisch⟩ heterogenen Körper.

Und siehe, diese Betrachtung lehrt uns, daß auch dem Monde die Eigenschaft der Lichtabsorption zukommt, da es doch klar ist, daß das Licht, in welchem er uns erscheint, erborgtes Sonnenlicht ist, und wenn sein Licht von der Sonne stammt, so muß es sich beständig auf der Mondoberfläche manifestieren. Und wenn diese Licht aufnimmt, so wird deutlich, daß die lichtabsorbierende Kraft des Mondes in seinen einzelnen Teilen nicht dieselbe ist, weil die einzelnen Stellen des Mondes in verschiedenem Grade leuchten. Sonach besteht keine ⟨optische⟩ Homogenëität der Teile des Mondes. Und wenn der Mond nur infolge seiner Lichtaufnahme leuchtet, so ist, weil sie bald vermindert, bald verstärkt ist, ein Unterschied in der Lichtstärke einzelner Stellen auf dem Monde wahrnehmbar, gemäß der lichtabsorbierenden Kraft der einzelnen Teile des Mondkörpers. Zusammenfassend können wir so sagen: Die wahre Natur der Spuren besteht in einer Verhinderung der betroffenen Stellen des Mondes, Licht in vollkommenem Maße aufnehmen zu können, vielmehr handelt es sich um eine Schwächung der Aufnahmefähigkeit für Licht an den

betroffenen Stellen, während die übrigen Teile von dieser Lichtschwächung frei sind; und jene stellt sich in Wahrheit als ein Lichtdefekt der Spur dar, oder als Verschiedenheit in dieser Absorptionsfähigkeit der einzelnen Stellen des Mondes, wegen ihrer ⟨optischen⟩ Wesensverschiedenheit. Somit verbleibt jetzt die Ergründung des Wesens des optischen Defekts, d. i. die Ursache der verminderten Aufnahmefähigkeit der Stelle der Spur für Licht; denn nur an eine solche knüpft sich die ⟨optisch⟩ defektive Wirkung der entsprechenden Teile des Mondkörpers.

Und wir behaupten, daß jeder durchsichtige Körper Licht aufnimmt und für dasselbe bis zur Grenze hinter sich durchlässig ist. Aber der undurchsichtige Körper läßt kein Licht bis zu seiner hinteren Grenze durch, und so sagen wir, daß die Fähigkeit Licht aufzunehmen für die durchsichtigen Körper eine ganz andere ist ⟨als für die undurchsichtigen⟩. Der Beweis hierfür ist damit gegeben, daß der durchsichtige Körper, falls Licht auf ihn fällt, das Licht in sich festhält und andrerseits für Licht durchlässig ist. Aber die Bindung von Licht alteriert die Durchdringung; denn beide Tendenzen sind sich entgegengesetzt, und es wird der Sachverhalt, nach welchem das Licht in dem durchsichtigen Körper festgehalten wird, infolge der Durchlässigkeit zu einem andern. Daß indessen das Licht in dem durchsichtigen Körper tatsächlich festgehalten wird, haben wir in unserem Buche der Optik, gelegentlich unserer Erörterungen der ⟨besonderen⟩ Eigenschaften des Lichtes, deutlich gemacht,

indem wir dort dartaten, daß das Licht sowohl die Luft als auch die durchsichtigen Körper durchdringt, daß aber trotzdem von jedem Punkte des durchsichtigen Körpers, falls ihn Licht durchdringt, zweites Licht nach jedem vis à vis desselben hingeht. Und falls das Licht den durchsichtigen Körper nur durchdrungen hätte, ohne in ihm festgehalten zu werden, wie könnte dann aus jedem Punkte des durchsichtigen Körpers zweites Licht ausgehen? Und zweites Licht entfließt ihm. Und siehe, der durchsichtige Körper hält Licht fest, er nimmt Licht auf und wird von Licht durchdrungen. Und die Fähigkeit der Luft und der durchsichtigen Körper, Licht in sich festzuhalten, verändert die Durchsichtigkeit; diese selbst beruht auf einer lichtabsorbierenden Kraft der durchsichtigen Körper; denn die Ursache des Festgehaltenwerdens von Licht liegt eben in jener Kraft jedes transparenten Körpers, und diese Kraft selbst ist eine Fähigkeit. Und jede eine der erwähnten Eigenschaften des durchsichtigen Körpers verändert die andere, aber kein kompakter Körper, der nicht noch eine geringe Durchsichtigkeit besitzt, gestattet dem Lichte den Zutritt in sein Inneres. Der Beweis dafür ergibt sich daraus, daß der kompakte Körper, falls Licht auf ihn fällt, nur auf jenem Teil seiner Oberfläche Licht festhält, die dem einfallenden Lichte zugewandt ist, nicht aber auf der entgegengesetzten Seite, an der man keinerlei Belichtung findet. Aber der durchsichtige Körper ist auch auf der abgewandten Seite vom Lichte aufgehellt, der undurchsichtige

Körper hat indessen nur an seiner Oberfläche lichtabsorbierende Kraft. Wenn dagegen beim durchsichtigen Körper das Licht sein Inneres durchdringt, so besitzt jede Stelle dieses Körpers die Fähigkeit der Lichtaufnahme; während der kompakte ⟨undurchsichtige⟩ Körper nur an der dem Lichte zugewandten Seite Licht aufnimmt und auf ihr festhält; so gelangt auf jeden Körper Licht, um dort absorbiert zu werden. Und wenn dem so ist, dann eignet auch jedem Körper eine lichtabsorbierende Kraft: fällt Licht auf ihn, so wird es absorbiert. Und es existiert nichts, was das Auftreffen des Lichtes auch auf die kompakten Körper verhindern könnte, aber ihre ⟨optische⟩ Dichte verhindert sein Eintreten in ihr Inneres. Und nicht gelangt das Licht bei jedem Körper auf die ganze Oberfläche; die ⟨optische⟩ Dichte verhindert auch seine Ausbreitung auf der dem einfallenden Licht abgewandten Seite der Oberfläche eines kompakten Körpers. Und die Dichte, welche in ihrem ⟨der Oberfläche⟩ übrigen Teil vorhanden ist, verhindert das Licht an seinem Übergang auch auf den ⟨ihm⟩ verborgenen Teil des Körpers.

Und siehe, zu jedem Körper gelangt Licht, und jeder besitzt lichtabsorbierende Kraft, und jedes Licht gelangt zu den Körpern und wird von ihnen aufgenommen; aber es gibt Stellen, an die kein Licht gelangt; der Grund hiervon liegt in ihrer Dichtigkeit; sie ist die Ursache der Verhinderung der Lichtaufnahme für diese Körper: aber die durchsichtigen Körper sind frei von dieser Verhinderung: sie halten das

Licht fest und lassen es durch, und kein Hindernis besteht für die Aufnahme von Licht. Einen Unterschied bewirkt nur die Dichtigkeit; denn nichts kann das Licht in seiner Fortpflanzung behindern außer der Dichtigkeit.

Auch wenn wir die Körper mit farbigen Streifen versehen ⟨?⟩, nehmen sie Licht auf, aber in verschiedenem Grade, denn die weißen Körper besitzen eine viel stärkere Fähigkeit, Licht aufzunehmen als die schwarzen. So absorbieren alle vielfarbigen Körper Licht, aber verschieden stark, gemäß ihrer Färbung. Je heller die Farbe der Körper ist, desto stärker ist ihre Absorptionskraft für Licht. Das Licht ist schwächer, wenn es jenem Lichte gleichkommt, welches alle farbigen Körper beleuchtet. Und wenn Licht auf die farbigen Körper fällt, ist seine Farbe von heller ⟨leuchtender⟩ Zartheit oder es liegt in ihr eine gewisse feine Verwaschung ⟨Punktierung?⟩; aber die Sichtbarkeit, in welcher sich der Körper präsentiert, ist sehr deutlich ⟨kräftig⟩. Und wenn Licht auf ihn fällt, so wird die schwache Erscheinung seiner Farbe kräftig, und es glänzt das Licht, das auf ihm nur schwach war. Der Grund liegt darin, daß jede Gattung Licht eines vielfarbigen Körpers das Auge erreicht, d. h. zum Auge gelangt ein Gemisch von den Farben, die wir an jenem Körper wahrnehmen. So bewirkt diese Art von Färbung eine Verdunkelung des Lichtes, oder anders ausgedrückt: das Licht macht den Eindruck, als käme es von einer schwächeren Farbe. Wir haben dies klar und deutlich

gemacht in unserem Buch der Optik. Die Farbe ist nämlich stets eine Folge der Dichte, die ihrerseits wieder die Durchsichtigkeit bedingt; denn Du findest keine Farbe ohne Dichte, weil ein Körper, der in äußerstem Grade durchsichtig ist, keine Dichte, und damit auch keine Farbe mehr besitzt, und so behaupten wir denn, daß die Färbung eines Körpers geradezu seiner Dichte gleichgesetzt werden kann. Sie spielt am Körper die Rolle einer gewissen Transparenz, und diese ist das Dunkle der Farbe, wie die rote Koralle und der Smaragd und das, was beiden ⟨Farben?⟩ entfließt ⟨durch Mischung?⟩. Und es ändert sich das Bild ⟨Eindruck, Art⟩ der Farbe mit dem Bild der Dichte, es sei denn, daß der Körper farblos, d. i. ohne Dichte ist. Aber ein Körper besitzt immer einen gewissen Grad von Dichtigkeit; besitzt ein durchsichtiger Körper keine Dichte, so ist er farblos; denn die Dichte gibt das Bild der Färbung ab, und dies Bild ist für den Körper eine auszeichnende ⟨wesentliche⟩ Eigenschaft, gleichsam das Körperliche ⟨Konkrete⟩ der Farbe. Dichtigkeit und Farbe zusammen sind gleichsam eine Synthese, und sie gehören unzertrennlich zueinander, und nicht findet sich in der sinnlichen Wahrnehmung eine derselben getrennt und losgelöst aus der unzertrennlichen Verbindung. Und wenn die Dichte das Konkrete für das Bild der Farbe ist, so bewirkt eine Steigerung der Dichte eine Verstärkung der Verdunklung der dunklen Farbe, verringert die Klarheit der hellen Farbe und verstärkt die Verdunklung der dunklen. Die Verminderung

der hellen Farbe ist identisch mit einer Verfinsterung des Lichtes, das sich in dem leuchtenden Körper findet. Infolge der Dichtigkeit eines Körpers verschwächt sich das Licht eines jeden leuchtenden Körpers. Und wenn die Dichte bei jedem Körper eine derartige lichtschwächende Rolle spielt, siehe, dann steht sie der lichtabsorbierenden Kraft der Körper stets hindernd im Wege, indem sie diese vermindert. Und wenn dem so ist, so hat die Dichtigkeit immerzu eine verhindernde Tendenz für die Lichtaufnahme der Körper, falls diese an ihnen zur Wirkung kommt. Aber das Licht wird nur von Körpern mit Dichtigkeit gebunden; dabei erscheint es als ein Faktor, der die Absorptionskraft notwendigerweise gegen die Kraft der Verminderung vermehrt, die ihrerseits, gemäß der verschiedenen Dichte, in bald stärkerem, bald schwächerem Grade wirkt. Und wenn sie der lichtabsorbierenden Kraft gerade gleichkommt, die Dichtigkeit in den dichten Körpern aber verschieden ist, so besteht noch ein Überschuß zu Gunsten der Verminderung in den Körpern mit größerer Dichtigkeit. Es tritt alsdann eine Verschwächung des Lichtes in diesen Körpern ein.

Nachdem dies alles klar ist, kehren wir zu dem Sachverhalt beim Monde zurück! Wir behaupten also, daß der Mond sein Licht von der Sonne empfängt, daß er ohne Transparenzvermögen ist, und daß ihn kein Licht durchdringt. Der lichtabsorbierenden Kraft des Mondes mangelt also die Transparenz. Dafür ist ein deutlicher Fingerzeig

in der Tatsache gegeben, daß diese Kraft die Durchdringungskraft für Licht verändert. Und in diesem Hinweis liegt eine Bestätigung für das, was wir schon früher gesagt haben, nämlich, daß die Absorptionskraft die Durchlässigkeit für Licht verändert, welche den durchsichtigen Körpern eignet, daß die Aufnahmefähigkeit des Mondes für Licht eine verschiedene ist, indem einzelne Partien desselben das Licht vollständig aufnehmen, während dies mit anderen — und das sind diejenigen der Spuren — in nur unvollkommenem Grade der Fall ist, und daß dieser Umstand eine Behinderung der Stelle der Spur für eine vollkommene Lichtaufnahmefähigkeit bedeutet. Und siehe, der ganze Mondkörper besitzt lichtaufnehmende Kraft, nur an der Stelle der Spuren ist sie unvollkommen, und dies nur deshalb, weil dort ein Hindernis besteht. Wir haben schon dargetan, daß die Dichte eines Körpers seiner Lichtaufnahme hindernd im Wege steht, und daß nur sie auf die lichtaufnehmende Kraft verändernd wirkt. Bei jeder Steigerung der Dichtigkeit wächst auch die Stärke der lichtschwächenden Kraft, welche an der Stelle der Spur als Folge ihrer Dichtigkeit auftritt. So ist es also die Stelle der Spur, die eine mangelhafte Absorption für Licht aufweist, weil in ihr die ⟨größere⟩ Dichtigkeit als Hindernis besteht. Der Mond ist ein kompakter Körper; wenn nun der Sachverhalt der dargelegte ist, so muß die Spur auf einen Ort vermehrter Dichte zurückgehen, und diese Zunahme an Dichte wirkt hindernd auf eine vollkommene Lichtabsorption. Aber die Schwächung

des Lichtes, welche von den Spuren ausgeht, ist geringer als die Absorptionskraft, welche im übrigen Teil des Mondkörpers besteht; die Schwächung beruht auf einer Vermehrung der Dichte der Stelle der Spur über jene Dichte hinaus, die dem übrigen Teil des Mondes zukommt. Und das ist es, was wir in dieser Untersuchung darzulegen beabsichtigt hatten.

Es ist klar, daß bei jedem verschiedenfarbigen Körper, falls kräftiges Licht auf ihn fällt, seine subtile Farbe deutlich erscheint, oder daß eine gewisse Zartheit der Farbe an ihm nun kräftiger hervortritt; wenn aber schwaches Licht auf ihn fällt, zeigt sich seine Färbung stark, ich meine satter und dunkler, als wenn starkes Licht auf ihn fällt. So erscheint die Farbe, welche dem Körper eignet, schwach. Die Ursache dieser Erscheinung ist die, daß jedes Licht, welches in einem vielfarbigen Körper ist, zum Auge gelangt, d. h. das Auge nimmt ein Gemisch jener Lichter wahr, die sich in dem betreffenden Körper finden.

Beim Monde zeigt sich zur Zeit seiner Verfinsterung eine besondere Farbe, und zwar dann, wenn er total verfinstert ist; ebenso gewahrt man diese Erscheinung bei einer totalen oder doch nahezu totalen Sonnenfinsternis. Diese Färbung ist dunkel, dem Wesen nach schwärzlich und dem Rot vergleichbar.[1] Wenn wir den Mond zur Zeit der Verfinsterung beobachten, so finden wir seine

[1] Vgl. auch: E. Wiedemann: Über die verschiedenen, bei der Mondfinsternis auftretenden Farben nach Bîrûnî. (Jahrb. f. Photographie u. Reproduktionstechnik für d. Jahr 1914. S. 6 ff.)

Färbung wie eben erwähnt, ebenso eine ähnliche Färbung von ringförmiger Gestalt in der zweiten und dritten Nacht des Monats, und bei erleuchtetem Umfang, wobei die Mitte der Mondoberfläche als dunkler Kreis erscheint.[1]

Die Farbe, die dem Monde ursprünglich eignet, ist eine schwärzliche, und das Licht, das in der übrigen Zeit (außer der Verfinsterung) an ihm sichtbar wird, ist nur erborgtes Sonnenlicht, das seine Oberfläche trifft. Und das Licht, in welchem der Mond dadurch leuchtet, ist sehr kräftig; denn der Mond besitzt eine stärkere Aufnahmefähigkeit für Licht als die irdischen Körper. Seine Leuchtkraft geht aber weit über das Maß der Absorptionskraft hinaus und verbirgt die dunkle Farbe, die ihm eigentlich innewohnt. Trotzdem beeinträchtigt seine Farbe das Licht, welches von ihm ausgeht, in seiner Helligkeit: Wenn nämlich die dunkle Färbung der Mondoberfläche nicht wäre, so wäre sein Licht noch viel heller als so, wie es uns erscheint. Dies beweisen nämlich die vom Sonnenlicht beschienenen irdischen Gegenstände. Und weil das Licht der Stellen der Spuren schwächer ist als das der übrigen Teile seiner Oberfläche, so muß es notwendigerweise mit jenem Licht vermischt sein, das an den anderen Teilen der Oberfläche herrscht. Aber da das Licht der Spuren nicht in sehr hohem Grade geschwächt ist, so muß sich in ihnen auch die verdeckte Farbe (die ursprünglich schwärzliche) zeigen. Die Spuren im Antlitz des Mondes geben also jene Färbung des Mondes wieder,

[1] Das sog. aschfarbene Licht des Mondes.

welche durch Mischung mit dem Licht, das auf ihm herrscht, zustande kommt. Aber nur diese Stellen, nicht die übrigen Partien des Mondes, bieten diese Erscheinung dar, indem das Licht dieser Stellen schwächer ist, als das der übrigen Mondoberfläche. Diese Schwächung bezieht sich jedoch nur auf eine Reduzierung der Absorptionskraft dieser Stellen für das Licht, welche Erscheinung selbst wieder ihre Ursache in einer vergrößerten Dichtigkeit dieser Stellen im Vergleich zu den übrigen Teilen der Mondoberfläche hat. Und das ist es, was wir in dieser Abhandlung dartun wollten."

Hiermit endet die Maqâla von al-Ḥasan ibn al-Ḥasan ibn al-Haitham, die er über die Spuren, die sich im Antlitz des Mondes zeigen, schrieb. Und Lob sei Allâh, dem Herrn der Gläubigen, und sein Segen sei auf unserem Herrn, dem Propheten Muḥammed, und seiner Familie!