

# NATURAL SCIENCES IN ISLAM

Volume  
33

## OPTICS

TEXTS AND STUDIES

II

Collected and reprinted  
by  
Fuat Sezgin

in collaboration with  
Carl Ehrig-Eggert, Eckhard Neubauer,  
Farid Benfeghoul

2001

Institute for the History of Arabic-Islamic Science  
at the Johann Wolfgang Goethe University  
Frankfurt am Main

## TABLE OF CONTENTS

<p>Delambre, Jean-Baptiste Joseph: <i>De l'Optique de Ptolémée, comparée à celle qui porte le nom d'Euclide et à celles d'Alhazen et de Vitellon.</i>  <i>Histoire de l'Astronomie ancienne.</i> II. Paris 1817. pp. 411-432. ....</p>	1
<p>Schnaase, Leopold: <i>Alhazen. Ein Beitrag zur Geschichte der Physik.</i>  <i>Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig N.F.</i> 7. Heft 3. 1890. pp. 140-164; 1 pl. ....</p>	26
<p>Baermann, Johann: <i>Abhandlung über das Licht von Ibn al-Haitam.</i>  <i>Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft (Leipzig)</i> 36. 1882. pp. 195-237. ....</p>	53
<p>Wiedemann, Eilhard: <i>Bemerkung zu dem Aufsatz von Hrn. Dr. J. Baermann: Abhandlung über das Licht von Ibn al-Haitam.</i>  <i>Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft (Leipzig)</i> 38. 1884. pp. 145-148. ....</p>	97
<p>Wiedemann, Eilhard: <i>Über "Die Darlegung der Abhandlung über das Licht" von Ibn al-Haitam.</i>  <i>Annalen der Physik und Chemie (Leipzig)</i> N.F. 20. 1883. pp. 337-345. ....</p>	101
<p>Wiedemann, Eilhard: <i>Über den Apparat zur Untersuchung und Brechung des Lichtes von Ibn al-Haitam.</i>  <i>Annalen der Physik und Chemie (Leipzig)</i> N.F. 21. 1884. pp. 541-44. ....</p>	111
<p>Wiedemann, Eilhard: <i>Zur Geschichte der Brennspiegel.</i>  <i>Annalen der Physik und Chemie (Leipzig)</i> N.F. 39. 1890. pp. 110-130. ....</p>	116
<p>Wiedemann, Eilhard: <i>Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. XIII. Über eine Schrift von Ibn al-Haitam "Über die Beschaffenheit der Schatten".</i>  <i>Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät in Erlangen</i> 39. 1907 (1908). pp. 226-248. ....</p>	138

Wiedemann, Eilhard: <i>Über die erste Erwähnung der Dunkelkammer durch Ibn al Haiṭam.</i> Jahrbuch der Photographie und Reproduktionstechnik (Halle) 24. 1910. pp. 12-13. ....	162
Wiedemann, Eilhard: <i>Zu Ibn al Haiṭams Optik.</i> Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik (Leipzig) 3. 1911-12. pp. 1-53. ....	165
Wiedemann, Eilhard: <i>Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. XXXVIII. Theorie des Regenbogens von Ibn al Haiṭam.</i> Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät in Erlangen 46. 1914 (1915). pp. 39-56. ....	219
Wiedemann, Eilhard: <i>Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. XXXIX. Über die Camera obscura bei Ibn al Haiṭam.</i> Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät in Erlangen 46. 1914 (1915). pp. 155-169. ....	237
Würschmidt, Joseph: <i>Zur Theorie der Camera obscura bei Ibn al Haiṭam.</i> Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät in Erlangen 46. 1914 (1915). pp. 151-154.. ....	253
Würschmidt, Joseph: <i>Die Theorie des Regenbogens und des Halo bei Ibn al Haiṭam und bei Dietrich von Freiberg.</i> Meteorologische Zeitschrift (Braunschweig) 31. 1914. pp. 484-487. ....	258
Bauer, Hans: <i>Die Psychologie Alhazens. Auf Grund von Alhazens Optik dargestellt.</i> Münster 1911. VIII, 73 pp. (Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters. Texte und Untersuchungen. Band X. Heft 5.) ....	262

## Die Theorie des Regenbogens und des Halo bei Ibn al Haiṭam und bei Dietrich von Freiberg.

Von JOSEPH WÜRSCHMIDT. — (Mit einer Figur.)

An der Hand der kürzlich erschienenen Publikation von E. Wiedemann<sup>1)</sup> über die Theorie des Regenbogens von Ibn al Haiṭam kann man die Theorie des großen arabischen Gelehrten mit der eines Mannes vergleichen, der von allen abendländischen Gelehrten sich am eingehendsten mit der Frage nach der Entstehung des Regenbogens befaßt hat, des etwa 1300 lebenden Theodoricus Teutonicus de Vriberg, des Dietrich von Freiberg, der ein großes Werk „Über den Regenbogen und die durch Strahlen erzeugten Eindrücke“ geschrieben hat. Dieses Werk Dietrichs wurde kürzlich von mir zum ersten Male nach den Handschriften herausgegeben und mit einer Einleitung versehen<sup>2)</sup>.

Auf einige Tatsachen, die sich aus dem Vergleich mit den Werken gleichzeitiger arabischer Gelehrter ergaben, konnte ich in der Einleitung aufmerksam machen; es sei gestattet, die wichtigsten Resultate an dieser Stelle zu wiederholen.

Am eingehendsten von allen arabischen Gelehrten hat die Theorie des Regenbogens Kamāl al Diu behandelt, der ziemlich gleichzeitig mit Dietrich einen großen Kommentar zur Optik des Ibn al Haiṭam<sup>3)</sup> verfaßte; der Vergleich ergibt, daß Dietrich das Werk des Kamāl al Diu sicher nicht gekannt hat, der eine Reihe von Fehlern, die sich sowohl bei Dietrich als auch bei früheren arabischen Gelehrten finden, vermeidet und im besonderen das Wesen des für die später von Descartes aufgestellte Theorie so wichtigen „Umkehrstrahles“ klar erkannt hat<sup>4)</sup>.

Eine Reihe von anderen arabischen Schriften, die sich mit dem Regenbogen beschäftigen<sup>5)</sup>, so besonders auch das Werk al Schifā von Ibn Sinā (Avicenna)<sup>6)</sup> zeigen manche Ähnlichkeiten mit dem Werk Dietrichs; daher kann als sicher gelten, daß Dietrich nicht nur aus der von ihm vielfach zitierten Optik des Alhacen (die aber die Theorie des Regenbogens selbst nicht enthält), sondern auch aus anderen arabischen und vor allem auch griechischen Quellen (Aristoteles) geschöpft hat. Darauf, daß er in vielen Punkten über das von den Früheren Geleistete hinausging, indem er vor allem erkannte, daß der Regenbogen auf eine zweimalige Brechung und einmalige Reflexion in den Wassertröpfchen zurückzuführen ist, habe ich a. a. O. hingewiesen.

<sup>1)</sup> E. Wiedemann, Sitzungsber. d. phys.-med. Ges. Erlangen, 1914. — <sup>2)</sup> Beiträge z. Ges. d. Phil. des Mittelalters. Herausgegeben v. Cl. Bäumker. Bd. XII. Heft 5—6. Münster 1914. —

<sup>3)</sup> E. Wiedemann, Sitzungsber. d. phys.-med. Ges. Erlangen 1910, S. 241. — <sup>4)</sup> J. Würschmidt, Über die Brennkugel, Monatsh. f. d. naturw. Unterricht 1911, S. 98. — <sup>5)</sup> E. Wiedemann, Arab. Studien über den Regenbogen, Arch. f. d. Gesch. d. Naturw. u. d. Techn. 4, 453, 1913. —

<sup>6)</sup> M. Horten, Avicennas Lehre vom Regenbogen. Mit Bem. v. E. Wiedemann, Met. Zeitschr. 1913, S. 533.

Der Vergleich von Dietrichs Werk mit dem jetzt zugänglich gemachten von Ibn al Haiṭam ergibt zunächst manches Gemeinsame, was nicht zu verwundern ist, da ja sicher beide auf gleiche arabische Arbeiten früherer Gelehrter zurückgehen, bzw. auch auf die aus dem Altertum her bekannten optischen Gesetze.

So benutzen z. B. beide Verfasser den Satz, daß ein Strahl, der senkrecht auf die Grenzfläche eines dünneren und dichterem Mediums fällt, ungebrochen weitergeht, während ein schief auffallender Strahl zum Einfallslot gebrochen wird. In gleicher Weise wird ferner auf den Unterschied zwischen dem kreisförmigen Halo und dem halbkreisförmigen Regenbogen auch in bezug auf die Lage des Auges des Beobachters aufmerksam gemacht. Bei beiden findet sich des weiteren die aus dem Altertum übernommene Anschauung von den konzentrischen, kugelförmigen Anordnung der Elemente um den Erdmittelpunkt. Endlich führen beide die Entstehung der Farben beim Regenbogen auf die Mischung von Licht und Schatten zurück, wenn auch die Angaben von Ibn al Haiṭam hierüber viel unvollständiger sind als die Dietrichs, der außer den Prinzipien des „Hellen und Dunklen“ noch die „des Begrenzten und Unbegrenzten“ zur Erklärung der Vierzahl der Farben heranzieht.

Aber abgesehen von diesen Einzelheiten, ergeben sich in der Theorie sowohl des Regenbogens wie des Halo grundlegende Unterschiede.

1. Theorie des Regenbogens. Zur Erklärung der Entstehung des Regenbogens zieht Ibn al Haiṭam, wie auch E. Wiedemann ausführt, seine Theorie über den sphärischen Hohlspiegel heran. Es soll ein Strahl von einem entfernten leuchtenden Punkt nach einem Punkt auf der Achse des Hohlspiegels reflektiert werden, und es wird gezeigt, daß dies nur bei der Reflexion an einem zur Achse konzentrischen Kreise der Fall ist. Denkt man sich nun als leuchtenden Gegenstand die Sonne, an die Stelle auf der Achse, nach der die Strahlen reflektiert werden sollen, das Auge des Beobachters, endlich an Stelle des Hohlspiegels eine Wolke, die dessen Eigenschaft, das Licht zu reflektieren, besitzt, so entspricht dem zur Achse konzentrischen Kreise der Regenbogen, dessen Breite einfach auf eine gewisse Ausdehnung des leuchtenden Objektes, der Sonne zurückgeführt wird.

Die Regenwolke, die natürlich stets zur Entstehung eines Regenbogens notwendig ist, wird somit als ein Kontinuum aufgefaßt, das die Eigenschaften eines sphärischen Hohlspiegels besitzt. Hierin beruht der wesentliche Unterschied von der Regenbogentheorie Dietrichs, der ausführlich nachweist, daß die „Materie“, in der der Regenbogen entsteht, eine „in kleine Wassertropfen aufgelöste“ Wolke, also eine „diskontinuierliche Materie“ ist. Dementsprechend behandelt Dietrich den Strahlengang in den kugelförmigen Wassertropfen und führt, wie oben erwähnt, die Entstehung des Regenbogens auf eine einmalige Reflexion und zweimalige Brechung des Lichtes in diesen zurück. Von Interesse ist, daß Dietrich bei der Besprechung der Einwände gegen seine Theorie und möglicher anderer Theorien diejenige Ibn al Haiṭams gar nicht ins Auge faßt; nur eine damit etwas verwandte Annahme, nämlich die einer Reflexion an der Außenseite einer kugelförmig gedachten Wolke, ist ihm bekannt und kann von ihm leicht widerlegt werden. Es darf somit als sicher gelten, daß Dietrich die Theorie des Regenbogens von Ibn al Haiṭam nicht gekannt hat, zumal da es ihm ein leichtes gewesen wäre, ihre Unrichtigkeit nachzuweisen.

2. Theorie des Halo. Ganz eigenartig ist die Theorie des Halo, die Ibn al Haiṭam entwickelt; physikalisch betrachtet, ist sie ja nicht richtig, aber als

geometrisches Problem beansprucht sie besonderes Interesse; es sei deshalb gestattet, an dieser Stelle sie etwas eingehender zu besprechen.

Die reflektierende Wolke wird wieder als kugelförmig, oder wenn wir zunächst nur die Vorgänge in einer Ebene betrachten, als kreisförmig angenommen; als

reflektierende Schicht wirkt aber nicht eine Kreisfläche, sondern eine radial gelegene Schicht. Es sei  $A$  der Mittelpunkt des Kreises,  $AF$  sein Radius, der als spiegelnde Fläche wirkt,  $D$  der leuchtende Punkt,  $B$  der Ort des Auges, endlich  $C$  der Schnittpunkt der Tangente in  $F$  mit der Achse  $ABD$ . Ist  $AD = a$  und  $AC = b$  gegeben, und  $AB = x$ , so soll die Beziehung bestehen:

$$\frac{x}{b-x} = \frac{a}{a-b}$$

Umgekehrt soll aus dieser Beziehung folgen, daß der Strahl  $DF$  an  $AF$  nach dem Reflexionsgesetz reflektiert wird.

Zum Beweise zieht Ibn al Haiṭam  $GA E \perp AF$ , also  $\parallel FC$ ;  $GA E$  schneidet  $DF$  in  $G$ ,  $BF$  in  $E$ .

Nun ist  $\frac{x}{b-x} = \frac{a}{a-b}$  oder  $\frac{AB}{BC} = \frac{AD}{CD}$  oder, da  $\frac{AD}{CD} = \frac{AG}{FC}$ ,  $\frac{AB}{BC} = \frac{AG}{FC}$ ,

und da  $\frac{AB}{BC} = \frac{AE}{FC}$ , folgt, daß  $AG = AE$ . Hieraus und aus der Gleichheit der Parallelenwinkel folgt ferner:

$$\angle DCF = \angle G = \angle E = \angle CFB,$$

d. h. der Einfallswinkel ist gleich dem Reflexionswinkel<sup>1)</sup>.

Hieraus ergibt sich der von Ibn al Haiṭam allerdings nicht deutlich ausgesprochene Satz, daß die Reflexion nach dem oben angegebenen Gesetz von allen Punkten, die auf einem um  $A$  als Durchmesser beschriebenen Kreis liegen, nach demselben Punkte  $B$  erfolgt.

Von dem diesen Ausführungen zugrunde liegenden Gedanken der Reflexion der Lichtstrahlen an den radialen Flächen einer Wolke findet sich bei Dietrich keine Spur. Vielmehr führt er auch die Halos auf die Diskontinuität der die Sonne umgebenden Wolke zurück, indem er sie durch eine zweimalige Brechung in den einzelnen Wassertropfchen zu erklären sucht.

<sup>1)</sup> Umgekehrt läßt sich aus der Annahme einer Reflexion an  $AF$  die obige Beziehung  $\frac{x}{b-x} = \frac{a}{a-b}$  durch eine ähnliche geometrische Betrachtung ableiten. Trigonometrisch läßt sich der Satz folgendermaßen beweisen.

Es sei  $\angle BCF = \varphi$ ; der Einfallswinkel  $DFC = \alpha$ ; dann ist  $\angle A = 90^\circ - \varphi$ ;  $\angle CFB = \alpha$ ;  $\angle BFA = 90^\circ - \alpha$ ;  $\angle ABF = \varphi + \alpha$ , endlich  $\angle D = \varphi - \alpha$ . Dann ist:

$$\frac{x}{AF} = \frac{\cos \alpha}{\sin(\varphi + \alpha)} \quad \text{und} \quad \frac{a}{AF} = \frac{\cos \alpha}{\sin(\varphi - \alpha)} \quad \text{oder} \quad x = a \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\sin(\varphi + \alpha)}$$

Da ferner  $AF = b \sin \varphi$ , so ist  $\frac{b}{a} = \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos \alpha \sin \varphi}$

$$\text{Also: } x = a \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\sin \varphi \cos \alpha + \cos \varphi \sin \alpha} = a \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{2 \sin \varphi \cos \alpha - \sin(\varphi - \alpha)} = \frac{ab}{2a - b}$$

Oder  $\frac{x}{b-x} = \frac{a}{a-b}$ .

Wir können somit das Resultat unserer Untersuchung folgendermaßen zusammenfassen.

Dietrich von Freiberg hat seine Regenbogentheorie unabhängig von Ibn al Haiṭam aufgestellt, wenn er auch die Erfahrungen früherer Gelehrter und speziell die Optik Ibn al Haiṭams benutzt hat; er hat somit ein durchaus selbständiges grundlegendes Werk geschaffen, das eigentlich erst durch die moderne, auf der Beugung beruhende Theorie überholt wurde.

Andererseits haben wir auch in Ibn al Haiṭams Regenbogentheorie und besonders in seiner Theorie des Halo eine durchaus selbständige Leistung vor uns, die zwar physikalisch unrichtig, jedoch durch ihre mathematische Formulierung und originelle Durchführung von großem Interesse ist. In diesem Punkte überragt sie die Leistungen der anderen arabischen Gelehrten und wird erst durch den späteren Kommentar Kamāl al Dīn wesentlich übertroffen.

---