

Ueber die verschiedenen, bei der Mondfinsternis auftretenden Farben nach Birûni.

Von Prof. Dr. Eilhard Wiedemann¹⁾ in Erlangen, Bayern.

Ich habe mehrfach an dieser Stelle über Leistungen der Araber auf optischem Gebiete berichten dürfen. Die folgenden Seiten enthalten Betrachtungen von Birûni²⁾, die er bei der Besprechung der Farben der Mondfinsternis anstellt. Sie finden sich in seinem großen astronomischen Werk, dem masudischen Kanon³⁾, das Birûni für den Gaznawiden-sultan Mas'ûd verfaßte. Besonders interessant sind die einleitenden Bemerkungen über den Einfluß äußerer Umstände auf ein und dieselbe Farbe.

Die Uebersetzung der betreffenden Stelle lautet etwa folgendermaßen:

1) In sachlicher Hinsicht war Herr Prof. Dr. Harzer so freundlich, mich zu beraten, so daß ich zu manchen Stellen entsprechende erläuternde Bemerkungen hinzufügen konnte. Für eine Stelle hat mir Herr Prof. Dr. Suter in Zürich wichtige Aufschlüsse gegeben.

2) Birûni lebte 973 bis 1048 zuerst in Chwârizm und dann in Gaznai war also Zeitgenosse von Ibn al Haitam (Alhazen) und Ibn Sina (Avicenna). Von Gazna aus ging er längere Zeit nach Indien; Resultate der dort gewonnenen Kenntnisse kommen auch in unserem Stück zur Sprache. Ueber sein Leben gibt E. d. Sachaus Einleitung zu Birûnis India Aufschluß (vergl. dazu noch z. B. E. Wiedemann und J. Hell, „Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und Naturwissenschaften“, Bd. 11, S. 313 (1912); E. Wiedemann, „Beiträge“ 28 und H. Suter, Mathematiker und Astronomen, Nr. 218, S. 98.

3) Ich konnte, dank dem Entgegenkommen des verstorbenen Direktors der Königl. Bibliothek, Prof. Dr. Stern zu Berlin, die Berliner Handschrift des obigen Werkes benutzen; einige unsichere Stellen war Herr Prof. Dr. Horowitz in Aligarch so freundlich in der dort befindlichen Handschrift zu vergleichen. Zu dieser Handschrift vergl. J. Hell und E. Wiedemann, „Beiträge“ 29.

Ueber die Verschiedenheit der Farben bei der Mondfinsternis¹⁾.

Die Farbe ist eine Qualität, die sich auf der Oberfläche des mit ihr gefärbten Körpers findet, und die der Sehsinn wahrnimmt. Der fehlerfreie Sinn erfäßt das, was er von dieser Qualität wahrnimmt, durch das Licht, und dadurch, daß dieses durch das zwischen (der Qualität an der Oberfläche und dem Sehsinn) gelegene, durchsichtige Medium dringt. Dieses trägt die Farben und Formen der einzelnen Gebilde zu der Kristallflüssigkeit (der Linse) des Auges, so daß sie in ihr wahrgenommen werden. Wie dies geschieht, zu untersuchen, liegt außerhalb dieser Disziplin, d. h. der Astronomie.

Bei dem geraden Fortschreiten kann es sich nun ereignen, daß die Geradlinigkeit unterbrochen wird, so durch die Reflexion nach der Seite, von der das Licht kommt, ferner durch die Brechung nach der anderen Seite; dadurch erscheint der betrachtete Gegenstand größer oder kleiner, oder man nimmt ihn an einem anderen als seinem wirklichen Ort wahr. In diesen Fällen ändern sich die Farben entsprechend den äußeren Umständen, die bei einem jeden einzelnen oder bei allen zusammen eintreten. Manchmal ändern sich die Farben entsprechend Veränderungen an dem gefärbten Körper, so, wenn etwas eine Trübung der grünen, gelben, roten, schwarzen, pantherartigen oder sonst gefleckten Farbe bewirkt²⁾. Manchmal ändert sich die Farbe mit dem Zustand des durchsichtigen Mediums, sei es, daß dieses Luft, Wasser oder ein anderer Körper ist, nämlich mit dessen Trübung, Dichte oder Feinheit. Manchmal ändert sie sich mit dem auffallenden Licht, so erscheint die Wasserlilie (Nailûfar, Nenuphar, Nymphaea; in den Sonnenstrahlen grau und im Kerzenlicht rot. — Manchmal ändert sich die Farbe

1) Die Farben des verfinsterten Mondes sind etwas veränderlich. Offenbar spielen die meteorologischen Verhältnisse der Erdatmosphäre an den Berührungstellen des Schattenkegels eine große Rolle. Besonders wird es auf die größere oder geringere Menge von Wolken ankommen. Gewöhnlich ist die Grenze des Kernschattens schwärzlichgrau und der Schatten nimmt nach innen zu die in dem Manuskript erwähnte kupferrote Farbe an, die von der selektiven Absorption des Sonnenlichtes in der Erdatmosphäre herrührt. Der Mond bleibt gewöhnlich, auch wenn er vollständig im Kernschatten steht, deutlich sichtbar in dem durch die Erdatmosphäre in den Schattenkegel hineingebrochenem Lichte, das in der Entfernung des Mondes den ganzen Schattenkegel erfüllt. Mitunter ist er aber so schwach, daß er dem unaufmerksamen Beobachter entgehen kann.

2) Manche ähnliche Bemerkung findet sich bei Ibn al Haitam (vergl. E. Wiedemann, „Archiv für Geschichte der Naturwissenschaft und Technik“, Bd. 3, S. 1 ff., 1912.

mit der Menge des auffallenden Lichtes, so erscheint die Erde und die Wand bei Tagesanbruch anders gefärbt als im Schatten, manchmal ändert sich die Farbe durch den Einfluß eines vermittelnden (dazwischentretenden) Gegenstandes, von dem ihr Träger reflektiert wird, und manchmal beobachtet (man an ihr etwas Derartiges infolge der Lage und der Beziehung zum Auge.

Das Licht, durch das der Mond, wenn er der Sonne gegenübersteht, wahrgenommen wird, entspricht dem Licht, das auf die Erde und auf die Mauer fällt, und dem, wie sie dadurch erleuchtet werden, und er kehrt gerade so in den ursprünglichen Zustand zurück wie diese, wenn das Licht von ihnen abgeschnitten wird. Aristoteles nahm nun an, daß auf dem Mond sich etwas Licht befinde, das zu ihm nicht von der Sonne gelangt; er wies darauf hin, daß, wenn dem nicht so wäre, so würde man kein Licht zur Zeit der totalen Finsternis wahrnehmen. Das ist möglich, aber nicht unbedingt notwendig. Da an dem Umfang des Schattenkegels eine Mischung von Licht und Finsternis vorhanden ist, und da diese längs der Erstreckung¹⁾ des Kegels zunimmt, so ist es sehr wohl möglich, daß diese Mischung bis zu der Achse reicht²⁾, da ja das Schneiden (des Mondes durch den Schattenkegel) in der Nähe der Spitze des Kegels liegt³⁾; daher ist der Körper des Mondes nicht frei von Licht, andererseits findet auch das, was Aristoteles annimmt, möglicherweise statt⁴⁾. Man sieht in der Tat auch den ganzen Körper des Mondes bei Neumond und wenn er zwei oder drei Nächte älter ist. Hierbei ist er aber von dem Licht weiter entfernt als bei einer Verfinsterung.

1) Gemeint ist, daß je weiter man sich vom Mond entfernt, d. h. je weiter man längs des Schattenkegels fortschreitet, um so mehr sich das den Schattenkegel umgebende Licht mit der Dunkelheit im Schatten vermischt. Die Sonne ist ja nicht ein Punkt, sondern ein Körper, der größer als die Erde ist. Dadurch entsteht der Schlagschatten, der jenseits der Spitze der Kernschatten allein noch vorhanden ist. Diese Verhältnisse hat Ibn al Haitam mit Rücksicht auf die Beziehungen zwischen Sonne, Erde und Mond eingehend behandelt (E. Wiedemann, „Beiträge“ 13, S. 242).

2) Die Mischung reicht nicht nur bis zur Achse, sondern geht darüber hinaus.

3) Das ist nicht richtig. Der Erdschatten hat in der Entfernung des Mondes einen Durchmesser von etwa 83', d. h. etwa 2,7 mal den Durchmesser des Mondes.

4) Die Anschauung des Aristoteles ist bekanntlich nicht richtig; wir sehen den von der Sonne nicht beleuchteten Teil des Mondes durch den Erdschein. Die Frage, ob die Gestirne Selbstleuchter sind, hat Ibn al Haitam eingehend untersucht und ist für den Mond zu dem Resultat gelangt, daß er sein Licht von der Sonne empfängt, da er Phasen zeigt. Die anderen Gestirne sollen aber, da sie keine Phasen zeigen, Selbstleuchter sein.

Die Astronomen verwandten bei der Behandlung der Farben der Verfinsterungen lediglich einen Analogieschluß, ohne das heranzuziehen, was unmittelbar von den Sinnen wahrgenommen wird. Sie behaupteten, daß die Finsternis schwarz sei und daß diese Farbe daher rühre, daß das Sonnenlicht fehle. Dann muß die schwarze Farbe um so ausgesprochener sein, je entfernter der Mond von dem Licht ist. Da dieser große und kleine Abstand sich aber mit der Breite des Mondes (d. h. dem Winkelabstand des Mondes von der Ekliptik) ändert, so verteilen sich die Farben auf die Sechstel des ersten Teiles der Breite des Mondes¹⁾, bei der die Finsternis stattfindet. Sie setzten fest, daß die rabenschwarze Farbe (Halûka) stattfindet, wenn gar keine Breite vorhanden ist²⁾, denn dann haben wir es mit der Mitte des Schattens zu tun, dafür nehmen sie das erste Sechstel des erwähnten Teiles; im zweiten Sechstel ließen sie, da es von der Achse entfernt ist, das Grün hervortreten, im dritten das Rot, im vierten das Gelb, im fünften die Staubfarbe (Gûbra) und im sechsten eine der Staubfarbe ähnliche. Was aber die Sinne wahrnehmen, weicht von dem eben erwähnten ab. Dagegen stimmt das beobachtete mit der Ansicht der Inder. Wir finden nämlich, daß zu Beginn der Finsternis in der Nähe der Berührung sich am Rande des Mondes eine graue und rauchartige Färbung zeigt³⁾, nämlich auf der Seite, wo der Mond in den um den Schattenkegel liegenden Raum eintritt, in dem die Mischung (aus Licht und Finsternis) vorhanden ist. Bewegt sich dann der Schattenkegel voran und erscheint der (schwarze) Schatten (auf der Mondfläche⁴⁾), so bringt er diese Rauchfarbe zum Verschwinden infolge der gegenseitigen Beziehung von Finster-

1) Zu dieser recht unklaren Stelle teilt mir Herr Prof. Dr. Suter mit, daß es sich wohl um das Folgende handelt: „Bei einer Mondfinsternis befindet sich der Mond im aufsteigenden Knoten (dem Kopf des Drachen, so genannt nach alten mythologischen Vorstellungen), die Sonne im absteigenden Knoten (Schwanz des Drachen), also um 180 Grad entfernt; diese 180 Grad (Bogendistanz zwischen der größten und kleinsten Entfernung des Mondes von der Erde) werden in 6 Teile geteilt, ein solcher Teil (ein Sechstel) entspricht einem Tierkreiszeichen. Wie diese sechs Sechstel von je 30 Grad mit den Farben des Mondes bei einer Finsternis in Zusammenhang gebracht werden, ist unklar. Es scheint auch den arabischen Astronomen unnatürlich vorgekommen zu sein; sagt doch Birûni selbst, daß dieses alles aus falschen Theorien der Astrologen sich ergäbe und mit der Wirklichkeit nicht stimme.“

2) Die Mondhöhe steigt reichlich auf 5 Grad.

3) Dies ist richtig.

4) D. h. tritt der Schatten in die Mondfläche ein. Die wahre Ursache für das Auftreten von Farben ist das von der Erdatmosphäre in den Schattenkegel hineingebrochene Licht, das durch selektive Absorption rot ist.

nis und schwarzer Farbe, und diese Beziehung entspricht derjenigen von Licht und weißer Farbe. Im letzteren Fall ist eine Lampe in der Sonne und ein kleines Feuer in der Nähe eines sehr großen Feuers unsichtbar. Die Finsternis bleibt schwarz, bis sie vollkommen ist, dann¹⁾ hört die schwarze Färbung auf und der Mond erscheint kupferfarben rotgelb.

Die Ansicht der Inder besteht in folgendem: Die Finsternis ist rabenschwarz, solange sie nicht weiter als der halbe Durchmesser reicht, das ist die Grenze (Hadd), die die Alten als „die ähnliche Farbe und die Staubfarbe“ beschrieben haben. Hat die Finsternis die Hälfte (des Durchmessers) überschritten²⁾, so mischt sich ihm Rot bei, das entspricht bei den Früheren der Beimischung von Gelb. Sie sagen ferner: Ist die Finsternis vollkommen (total) oder danach rotbraun, so geht die schwarze Farbe nach dem Gelb, und das ist³⁾, wo die Früheren eine Beziehung zum Rot und Grün und dann zum Rabenschwarz aufstellten. Bei diesem Gegenstand gingen sie dann zu der anderen Seite, entsprechend der ersten (d. h. die Inder beschrieben die Erscheinung nach dem Eintritt der totalen Sonnenfinsternis in derselben Weise, wie vor deren Eintritt, nur in umgekehrter Reihenfolge). — Sie nahmen an, daß der Erdschatten entsprechend seiner Nähe an der Erde dicht ist; sie teilten ferner den Abstand zwischen dem größten Abstand des Mondes von der Erde und dem kleinsten Abstand in sechs Teile. Jedem Sechstel ordneten sie ein Tierkreiszeichen zu. Man sieht diese, auf dem Mondkörper verbleibende rote Farbe bei totaler Finsternis stärker, wenn der Schatten dunkler ist.

Offenbar entspricht das, was die Verfasser der Tabellen über diesen Gegenstand behaupten, nicht dem, was wirklich vorhanden ist, und das gehört doch zu den notwendigen Bedingungen dafür, daß man etwas als richtig erprobt. Weit von der Wahrheit ist aber das, was sie über die Mond- und Sonnenfinsternis berichten, indem die weiße Farbe bei ihnen stets dann auftreten soll, wenn er (der Mond) im Kopf, und die schwarze, wenn er (der Mond) im Schwanz sich befindet. Dies ergibt sich aber aus falschen Lehren, sowohl von seiten religiöser Sekten, wie von seiten der Astrologie.

1) Ist richtig, das Rot setzt aber lange vor der vollständigen Verfinsterung ein.

2) Ist richtig, die rote Farbe tritt aber oft vor der Hälfte der Finsternis auf.

3) Insofern, als das beweist, daß der innere Teil des Erdschattens mehr in das Gelb geht, das Rot also abblaßt, scheint es richtig zu sein.

Aus einer Stelle in Birûnis India (Text S. 257, Uebersetzung, Bd. 2, S. 114) erfahren wir, daß die Angaben, gegen die er sich wendet, sich in den Tafeln von Chwârizmî¹⁾ finden. Es heißt dort: „Ich will nicht unterlassen, zu bemerken, daß das, was über die Farben der Mondfinsternis sich in den Tafeln von al Chwârizmî findet, wenn es auch nach den Worten schön aneinandergereiht erscheint, doch nicht der Beobachtung entspricht.“ Darüber machen die Inder richtigere und zutreffendere Angaben; nach ihnen hat die Finsternis eine Rauchfarbe, wenn sie weniger als den halben Mond bedeckt, zu der Zeit, wo der Mond halb bedeckt ist, ist sie rabenschwarz. Wird die Hälfte überschritten, so mischt sich dem Rabenschwarz Rot bei; bei vollständiger Finsternis ist die Farbe Gelb, das etwas Fuchsrot (Schuqra) enthält.

1) Dies ist Muhammad Ibn Mûsa al Chwârizmî, der etwa 840 starb. Er hat in der Tat ein Werk verfaßt: „Buch der astronomischen Tafeln“, und das Sindhind (Brahma-Siddhanta) kommentiert. Die von Birûni gemachten Angaben stimmen nach Sachau wörtlich mit Sûrya-Siddhanta 6, 23.