

## Beiträge

### zur Geschichte der Naturwissenschaften. XXXIII.

#### Über optische Täuschungen nach *Fahr al Dîn al Râzî* und *Nasîr al Dîn al Tûsî*.

Von Eilhard Wiedemann.

Mit ganz besonderem Interesse haben sich die arabischen Gelehrten, so *Ibn al Haitam*, mit den optischen Täuschungen beschäftigt, die sie wesentlich weiter fassen als wir, da sie auch die Bilder in gekrümmten Spiegeln dazu rechnen.

Diese optischen Täuschungen spielen eine große Rolle bei der Erörterung der Frage, ob wir sichere Erkenntnisse durch die Sinne oder nur durch den Verstand erhalten. Dieser Gegenstand ist sehr eingehend in der philosophischen Schrift *Muḥaṣṣal* des Philosophen *Fahr al Dîn al Râzî* († 1209) und dem Kommentar bzw. der Kritik von *Nasîr al Dîn al Tûsî* († 1273)<sup>1)</sup>, dem Leiter der Sternwarte zu *Margâra*, zu diesem Werk behandelt. Mit ihr zusammenhängende Probleme sind in dem Werke von *Qarâfî*<sup>2)</sup> erörtert. Wenn auch von der ersteren Schrift ein größerer Teil von M. Horten übersetzt ist<sup>3)</sup>, so dürfte eine zusammenhängende Darstellung doch von Interesse sein. Aus ihr ergibt sich, daß der Naturforscher *Tûsî* die Sinneswahrnehmungen weit höher einschätzt als der Philosoph *Râzî* und zahlreiche bei ihnen scheinbar sich zeigende Irrtümer dem Verstand zur Last legt.

---

1) Die Schrift ist in Kairo gedruckt 1323/1905, S. 6, 10--13, 8. Herr Dr. Horten in Bonn war so gütig, mich auf deren interessanten Inhalt aufmerksam zu machen.

2) Vgl. hierzu E. Wiedemann, *Eders Jahrbuch* 1913, S. 65.

3) M. Horten, *Die philosophischen Ansichten von Râzî und Tûsî*. Bonn 1910, S. 185 ff. u. 197 ff.

*Râzî* führt zunächst im Wesentlichen das Folgende aus. Die Kommentare *Tûsîs* zu den einzelnen Stellen (1) (2) u. s. w. werden nachher im Zusammenhang gegeben:

Plato, Aristoteles, Ptolemäus und Galen erklären die Sinneswahrnehmungen für unsicher und behaupten, daß die absolut sicheren Dinge (diejenigen sind, welche durch den Verstand und nicht die, welche durch die Sinne (1) wahrgenommen werden. Das Urteil der Sinne bezieht sich entweder auf individuelle oder universelle Dinge. Bei den individuellen Dingen wird aber das Urteil der Sinne nicht ohne weiteres als richtig angenommen, da es dem Irrtum unterworfen ist. Dies soll nach fünf Richtungen dargelegt werden (2).

I. Der Blick (*Basr*) sieht das Kleine groß: ein entferntes Feuer erscheint in der Dunkelheit groß, eine Beere im Wasser wie eine Pflaume; ein dem Auge genäherter Siegelring erscheint wie ein Armband. Der Blick sieht ferner das Große klein, so einen entfernten Gegenstand (3).

Das Auge sieht einen einfachen Gegenstand doppelt; so sehen wir wenn wir auf das eine Auge einen seitlichen Druck ausüben und nach dem Mond blicken, zwei Monde (4), wie dies auch bei dem Schielenden eintritt. Sehen wir zur Zeit des Mondaufganges auf eine Wasseroberfläche, so sehen wir einen Mond im Wasser und einen anderen am Himmel (5).

Andererseits sehen wir auch zahlreiche Gegenstände als einen einzigen. Zeichnen wir von dem Mittelpunkt eines Mühlsteines nach dessen Umfang zahlreiche nahe aneinander liegende Linien von verschiedener Farbe und dreht sich der Mühlstein schnell um, so sieht man nur eine Farbe, die gleichsam aus all diesen Farben gemischt ist (6).

Weiter erscheinen uns nicht vorhandene Dinge so, als ob sie wirklich vorhanden wären, so der *Sarâb* (Fata morgana) und die Dinge, die uns die Leute mit der leichten Hand (Gaukler) sowie die Taschenspieler vorführen. Ferner sehen wir einen fallenden Tropfen als eine gerade Linie und eine schnell im Kreise bewegte Fackel als Kreis (7) <sup>1)</sup>.

Dann sehen wir bewegte Gegenstände ruhend, so den Schatten <sup>2)</sup> [eines ruhenden Objektes] und andererseits das Ruhende bewegt. So glaubt jemand, der auf einem Schiff fährt, daß das ruhende Ufer sich nach der Seite bewegt, und daß das bewegte Schiff ruht (8).

Wir sehen ferner einen nach einer Richtung sich bewegenden Gegenstand sich nach der entgegengesetzten Richtung bewegen, jemand, der sich nach einer Seite hin bewegt, sieht einen Stern sich in derselben Richtung bewegen, falls er eine Wolke unter dem Stern sieht, selbst wenn der Stern in entgegengesetzter Richtung fortschreitet (9).

Weiter sehen wir einen aufrechten Gegenstand reflektiert, so die am Rand von Kanälen stehenden Bäume (10). In manchen Spiegeln sehen wir

<sup>1)</sup> Vgl. Horten, Ringsteine *Fârâbis*. Münster 1906, S. 27, 11.

<sup>2)</sup> Schulbeispiel für unmerkliche Bewegungen. Der Schatten bewegt sich entsprechend der Bewegung der Sonne. Er erscheint uns aber ruhend.

das Gesicht lang und breit und gekrümmt, je nach deren Gestalt. Alles das weist darauf hin, daß der Sinn täuscht (11).

II. Der Sinn glaubt ferner, daß ein Gegenstand in einem Zustand verharret, trotzdem das nicht der Fall ist. Denn der Sinn unterscheidet nicht zwischen einem Gegenstand und seinem Ebenbild, daher verwechselt man gelegentlich den Gegenstand und sein Ebenbild. Folgen die Ebenbilder unmittelbar aufeinander, so glaubt der Sinn, daß ein einziger Gegenstand dauernd vorhanden sei; dem ist aber nicht so. Die Farben sind nach der Lehre der *Sunna* nicht etwas Beständiges, sondern Gott erschafft sie in jedem Augenblick von neuem, trotzdem das Auge meint, daß eine einzige beständige Farbe vorhanden ist<sup>1)</sup>. Verhält sich das aber so, so kann man auch sagen, daß die Körper [selbst, nicht nur die Akzidentien] nicht einen dauernden Bestand haben, sondern daß Gott sie in jedem Augenblick neu erschafft. Da sie aber ihr gegenseitiges Ebenbild sind und stetig aufeinander folgen, so glaubt der Sinn einen einzigen Gegenstand vor sich zu haben. Es ist daher sicher, daß das Urteil des Sinnes für das dauernde Vorhandensein eines Gegenstandes nicht maßgebend ist (12).

III. Ein Schlafender (13) sieht im Schlaf einen Gegenstand und ist fest überzeugt, daß er wirklich existiert. Beim Erwachen wird ihm klar, daß dies falsch war; wenn dem aber so ist, warum soll nicht ein dritter Zustand vorhanden sein, in dem wir das, was wir im Wachen sehen, als ein Truggebilde erkennen.

IV. Leidet jemand an Rippenfellentzündung (*Birsâm*)<sup>2)</sup>, so glaubt er Bilder zu sehen, die in der Außenwelt nicht existieren; er glaubt sie als wirklich zu sehen, behauptet fest, daß sie existieren, und schreit aus Furcht vor ihnen auf. Dies lehrt, daß der Mensch sich in einem Zustand befinden kann, in dem er Dinge, die nicht in der Außenwelt existieren, als reale ansieht. Dann kann etwas Entsprechendes auch bei einem Gesunden der Fall sein. (Nun wird gezeigt, daß der Einwand, daß dieser Zustand nur bei einem Erkrankten, nicht bei einem Gesunden eintritt, kein Beweis dagegen ist, daß das Urteil der Sinne für sich allein nicht beweiskräftig ist.)

V. Wir sehen, daß der Schnee im höchsten Grad die weiße Farbe besitzt. Bei genauer Betrachtung finden wir, daß er aus kleinen erstarrten Teilchen besteht, von denen ein jedes durchsichtig und farblos ist. Der Schnee ist also, an sich, trotzdem er weiß erscheint, farblos. Man kann aber nicht einwenden, daß dies nur die Folge davon ist, daß die Strahlen von den Flächen einiger dieser Teilchen zu anderen reflektiert sind, denn

---

<sup>1)</sup> Vgl. zu dieser vielumstrittenen Lehre von der Momentaneität des Seins: Horten, Indische Gedanken in der islamischen Philosophie. Vierteljahrsschrift für Philosophie und Soziologie 34, S. 314, 5 und Horten, Die philosophischen Systeme der spekulativen Theologen, an verschiedenen Stellen.

<sup>2)</sup> *Birsâm* bedeutet auch das Delirium, hier handelt es sich um Halluzinationen bei starkem Fieber und ist wohl hier eine Form von diesem des Beispiels wegen angeführt.

wir antworten, das hat auf unsere Behauptung keinen Einfluß, denn das was der Gegner einwendet, liefert nur die Ursache, um derentwillen wir den Schnee weiß sehen, obgleich er selbst nicht weiß ist, und mehr wollen auch wir nicht beweisen.

Wir sehen auch das zerstoßene Glas weiß, trotzdem jeder seiner Teile farblos ist. In dem Zwischenraum zwischen ihnen kann keine gemischte Qualität (die weiß wäre) entstehen, denn sie sind hart und trocken; in dem Zwischenraum kann also kein Beeinflussen und kein Beeinflußtwerden sich zeigen. Die Stelle, an der sich im dicken durchsichtigen Glas ein Sprung befindet, sehen wir weiß, obgleich sich dort nur Luft befindet, die in dem Spalt eingeschlossen ist, und Luft und Glas sind farblos. Wir erkennen also, daß wir die Luft, trotzdem sie farblos ist (14), gefärbt erblicken.

Aus diesen Entwicklungen geht hervor, daß das Urteil der Sinne bald falsch, bald richtig ist; daher kann man sich nicht auf ihr Urteil verlassen.

Hieran schließt sich eine ganz kurze Bemerkung darüber, daß die Sinneswahrnehmung die Universalia uns nicht vermitteln kann, denn der Sinn nimmt nur die individuelle Summe oder einen bestimmten Teil wahr.]

Wir geben im Folgenden die zu den einzelnen Ausführungen *Râsîs* gemachten Bemerkungen von *Nasîr al Dîn al Tûsî* wieder:

### 1. Anschauungen der Griechen.

Zunächst wendet sich *Tûsî* dagegen, daß die Griechen die sinnliche Wahrnehmung so niedrig stellten. Nach ihm urteilte die große Mehrzahl der griechischen Philosophen: „Wem eine sinnliche Wahrnehmung fehlt, dem fehlt eine Erkenntnis (Wissenschaft)“ und: „Die Grundlagen des größten Teiles der Naturwissenschaft (im aristot. Sinne) sind den sinnlichen Wahrnehmungen entnommen, so die Lehre vom Himmel und der Welt, vom Entstehen und Vergehen, von den obären Zeichen (Meteorologie), von den Bestimmungen<sup>1)</sup> der Pflanzen und Tiere, ferner die Lehre von den Beobachtungen und der Astronomie, deren Wissenschaft Ptolemäus ausgearbeitet hat, die Lehre von den ärztlichen Erfahrungen bei Galen, dann die Lehre von der Optik, von den Spiegeln, von dem Ziehen der Lasten und den exakten (*rijađi*) sinnreichen Anordnungen (*Hijal*, Mechanik und Pneumatik). Alle diese basieren auf den Wahrnehmungen durch die Sinne und den Gesetzmäßigkeiten der Sinnesobjekte.“ Danach müssen die Griechen den Sinnen vertraut haben. Dagegen lehrten sie, daß das Wahre und Falsche den Urteilen des Verstandes anhaftet. — Auf die Zweifel an der Gültigkeit der Sinneswahrnehmungen antworteten die Griechen, indem sie die Fehlerquellen aufdeckten.

### 2. Urteile über individuelle und allgemeine Dinge.

Nach dem Vorhergehenden kann offenbar der Sinn kein Urteil über die individuellen und die allgemeinen Dinge abgeben, es sei denn,

<sup>1)</sup> Der arabische Terminus bedeutet Naturgesetzmäßigkeit.

daß man unter dem „Urteil der Sinne“ das Urteil des Verstandes über die sinnlich wahrgenommenen Dinge versteht. Dann gilt aber das Richtige und Irrtümliche nur für die Urteile des Verstandes. Ferner könnte (irreal gedacht) man das Urteil der Sinne nicht ohne weiteres als richtig ansehen, so würde dasselbe für das Urteil des Verstandes gelten (was der Gegner jedoch nicht behaupten will).

### 3. Täuschungen in bezug auf die Größe von Gegenständen. Lehre von den Strahlen.

Gehen die Zweifel von jemand aus, der die sinnlichen Wahrnehmungen und die evidenten Sätze nicht anerkennt, so lohnt es sich nicht, ihm zu antworten. Man kann sie nur dem gegenüber erörtern, dessen Fragestellung sich auf die Verstandesurteile stützt (dem Nichtskeptiker). Man muß ihm dadurch antworten, daß man seine Aufmerksamkeit auf die Ursachen des Irrtums hinlenkt.

Zu der Behauptung, der Blick erfasse das Kleine als etwas Großes, ist folgendes zu bemerken: Erfasst der Blick den Gegenstand als etwas Kleines, so erfäßt er ihn nicht gleichzeitig als etwas Großes; auch das Umgekehrte ist nicht der Fall. Das Prinzip, das darüber urteilt, ob das Erfasste in beiden Fällen das gleiche ist, kann nicht der Blick sein, denn der Urteilende kann nur urteilen, wenn er das Objekt in beiden Fällen gleichzeitig erfäßt. Es ist also der Verstand, der durch Vermittelung des *Chajál* (Bildes im Auge auf der Linse) urteilt. Den Irrtum begeht also nur dieser, nicht der Blick; ersterer urteilt nämlich nach dem in dem *Chajál* Eingezeichneten; dies sei ein kleiner Gegenstand, wenn Blick ihn sinnlich wahrnimmt. Der Verstand konstatiert dann, daß der Blick ihn als etwas Großes wahrnimmt, und meint daher der Blick irre bei seinem Sehen; er irrt aber nicht selbst, wie wir ausgeführt haben. Der Beweis dafür ist, daß das Sehen entweder in einem Einprägen des Bildes (*Schabaḥ*) des gesehenen Gegenstandes besteht oder aber darin, daß Strahlen vom Auge auf das Gesehene fallen. Der Wahrheit kommt das letztere am nächsten<sup>1)</sup>.

Ich brauche nicht auf solche Leute Rücksicht zu nehmen, die die Annahme von Strahlen dadurch zu entkräften suchen, daß sie sagen, daß, wenn der Strahl ein Körper ist, daraus folgt, daß Körper einander durchdringen, und daß, wenn er ein Akzidens ist, sich daraus ergibt, daß ein Akzidens von einem Substrate<sup>2)</sup> zu einem anderen wandelt. Wir

<sup>1)</sup> Hier nimmt *Tūsí* an, daß von dem Auge Sehstrahlen ausgehen, doch geschieht das wohl nur der Bequemlichkeit wegen, während er an einer anderen Stelle die Strahlen vom leuchtenden Gegenstand zum Auge gelangen läßt (Beiträge V, S. 440). — Er bezeichnet aber die Annahme „als der Wahrheit am nächsten“ nicht mit ihr zusammenfallend.

<sup>2)</sup> Das Akzidens muß einem Substrate inhärieren. Würde es sein Substrat verlassen, um einem anderen anzuhafte, so müßte es bei diesem Übergange wenigstens einen Augenblick substratlos existieren — eine Unmöglichkeit.

finden ja, daß die Strahlen der leuchtenden Körper, wie die der Sonne, des Mondes und des Feuers sicher eine Existenz haben; durch dieselben Gründe, durch die in diesem Fall die beiden erwähnten Unmöglichkeiten ausgeschaltet werden, werden sie auch für Sehstrahlen fortgeschafft. Der Strahl geht von der Strahlenquelle (wörtlich dem Besitzer der Strahlen) zu dem Körper, der ihn aufnimmt, ohne daß strahlenfreie Zwischenräume auftreten, und ohne daß eine Anhäufung dadurch eintritt, daß zwei Strahlen, die von einer Quelle kommen, sich an gewissen Stellen auf der Erstreckung der Strahlen zusammenhäufen. Die Ausbreitung geschieht vielmehr in Form eines vollen Kreiskegels, dessen Spitze an der Strahlquelle liegt, und dessen Basis sich auf dem dichten den Strahl empfangenden Körper befindet<sup>1)</sup>. Ist dieser glatt, so wird der Strahl von ihm reflektiert nach einer ihm gegenüberliegenden Seite entsprechend einem Winkel, der gleich dem Winkel zwischen dem fortschreitenden auffallenden Strahl und der Fläche ist, dieser heißt Winkel des Strahles. Weiter schreitet der Strahl in den durchsichtigen, ihn auffangenden Körper, der eine glatte Fläche hat, fort und wird von dessen glatter Fläche abgelenkt (*in'akas*) und in der dichten Substanz des Körpers nach der Seite des Ausgangspunktes aller Strahlen umgebogen (*in'ataf*). Die Reflexion und die Umbiegung geschehen nach Winkeln, die den Winkeln der Strahlen gleich sind. Das ist alles an seinem Orte auseinandergesetzt. Der Sehstrahl muß bei den meisten Tieren von etwas, das von derselben Art ist, unterstützt werden, d. h. von einem Strahl, der von strahlenden Körpern ausgeht<sup>2)</sup>. Um sich vorzustellen, wie der Strahl zu den betrachteten Gegenständen gelangt, denkt man sich Linien, die von der Fläche (d. h. der Basis) des Strahlenkegels ausgehen. Das Sehen erfolgt entsprechend dem Winkel, den diese Strahlen an der Kegelspitze bilden. Je näher der betrachtete Gegenstand am Auge liegt,

1) Der folgende Abschnitt ist ein Auszug aus *Tūsī's Arbeit* „Untersuchungen über die Reflexion und Umbiegung der Strahlen“, von der ich in Eders Jahrbuch 1907 eine Übersetzung gegeben habe. Zum Verständnis ist zu beachten, daß *in'ataf* meist die Brechung der Strahlen bedeutet, sich also auf den wirklich im zweiten Medium fortschreitenden Strahl bezieht. Bei *Tūsī* hat aber der nach rückwärts verlängerte reflektierte Strahl eine Art realer Existenz und auf ihn bezieht sich hier das *in'ataf*; dieser Strahl liegt ja auch auf derselben Seite vom Einfallslot wie die Lichtquelle und bildet mit der Grenzfläche denselben Winkel wie der reflektierte. — Da hier *in'ataf* umbiegen bedeutet, so dürften die bei *Kamāl al Dīn* (Archiv für Geschichte der Naturwiss. und Technik Bd. 3, S. 13) erwähnten vier Winkel sein: der Winkel zwischen Grenzfläche und 1. einfallendem Strahl, 2. und reflektiertem Strahl, 3. und nach rückwärts verlängertem reflektierten Strahl und endlich 4. der Winkel zwischen geradlinig fortschreitendem Strahl und gebrochenem Strahl.

Zu beachten ist, daß in den Ausführungen auf die Hohlspiegel nicht Rücksicht genommen ist.

2) Von einzelnen Tieren wurde angenommen, daß sie auch bei Nacht sehen, ebenso von gewissen Menschen.

um so weiter ist dieser Winkel, und um so größer sieht man den Gegenstand; je weiter der Gegenstand vom Auge abliegt, um so enger ist dieser Winkel und um so kleiner sieht man den Gegenstand. Endlich [bei sehr großer Entfernung] nähern sich die Linien soweit, daß der Sinn meint, daß die erwähnten Linien sich übereinander lagern, d. h. daß sie eine Linie bilden; dann sieht man den Gegenstand als einen Punkt; endlich (bei noch größerer Entfernung) verlischt sein Eindruck, und man sieht ihn gar nicht mehr.

Das Obige entspricht der Anschauung derer, die den Strahl [zur Erklärung] benutzen. Diejenigen, die die Einprägungstheorie zugrunde legen, sagen, daß der Winkel, der an der Fläche der Linse entsteht, klein und groß ist, je nachdem der gesehene Gegenstand entfernter oder näher ist. Der Blick erfaßt den gesehenen Gegenstand durch diesen Winkel.

Wir kehren zu der Betrachtung der Strahlen zurück. Ist das Obige sicher bewiesen, so ergibt sich das Folgende: Befindet sich ein Feuer in der Dunkelheit nahe am Beschauer, so schreitet<sup>1)</sup> der Seh(strahl) in der dünnen (Schicht der) Finsternis zu der Luft fort, die, da sie das Feuer umgibt, leuchtet. Der Blick sieht daher das, was das Feuer umgibt, mit Hilfe des Lichtes, das von diesem ausgeht. Es kann so beide unterscheiden, und das Auge sieht das Feuer entsprechend dem Winkel des Sehens. Ist das Feuer sehr weit entfernt, so durchdringt der Strahl nicht die dichte Finsternis; man sieht nicht das um das Feuer vorhandene Licht, das durch das Licht des Feuers hervorgerufen wird. Man sieht daher das Feuer allein und zwar unter einem kleineren Winkel (als in der Nähe) und daher kleiner, wie dies auch bei den übrigen Objekten der Fall ist. Befindet sich das Feuer in einer mittleren Entfernung, so durchdringt der Augenstrahl, der nach der Umgebung des Feuers fortschreitet, die Finsternis nicht vollkommen; er unterscheidet nicht das Feuer von der unter seinem Einfluß leuchtenden Luft, sondern erfaßt sie als eine Gesamtheit; der Blick sieht diese daher unter einem größeren Winkel, als wenn nur das eine (nämlich das Feuer) dem Auge gegenübersteht. Aus diesem Grund sieht man das Feuer größer, als wenn man es ohne die erwähnte Finsternis dem Auge gegenüber sehen würde.

Daß die Beere im Wasser wie eine Pflaume erscheint, beruht auf folgendem: Das Auge sieht in dem Wasser durch die Strahlenausbreitung, die in dem Wasser fortschreitet und zugleich abgelenkt wird, und unterscheidet die beiden Strahlen nicht, da sie der Wasseroberfläche nahe sind; in der Luft dagegen sieht das Auge den einen fortschreitenden Strahl; so ist es, wenn die Beere nahe an der Wasseroberfläche ist. Ist die Beere weit von der Wasseroberfläche entfernt und lassen sich die beiden Strahlen voneinander unterscheiden, so sieht man sie durch den fortschreitenden (geradlinigen) und den abgelenkten Strahl in ein und demselben Zustand an zwei Stellen, die sich unterscheiden lassen.

---

<sup>1)</sup> Statt 'ind ist zu lesen *nafal* (s. die Parallelstellen).

Daß der Siegelring in der Nähe des Auges wie ein Armring erscheint, rührt daher, daß der Winkel, dessen Schenkel den Ring umgeben, in diesem Fall an dem Auge auseinander rücken. Daß entfernte Gegenstände kleiner erscheinen, rührt von der Verengung dieses Winkels her, wie früher ausgeführt wurde.

#### 4. Doppelte Bilder durch Drücken auf ein Auge.

Ich sage: Das Licht (*Nûr*) schreitet von dem Gehirn in zwei hohlen Nerven fort, die sich treffen, ehe sie zu den Augen gelangen, dann trennen sie sich, und ein jeder gelangt zu dem einen der beiden Augen. Sind die Nerven geradeaus gerichtet, so sehen sie zusammen den Gegenstand als einen einzigen Gegenstand. Weichen sie aber beide oder einer von ihnen von der geraden Richtung ab, so daß, was dem einen von ihnen gegenüberliegt, gegen das, was dem anderen gegenüberliegt, verschoben ist, so ist der von dem einen Auge gesehene Gegenstand ein anderer als der von dem anderen gesehene. Sehen beide Augen einen Gegenstand, so hält der Beschauer diesen für zwei, da der Strahl seines Blickes von zwei verschiedenen dem Gegenstand gegenüberliegenden Stellen auf ihn fällt. Das Urteil des Verstandes ist in diesem Fall irrig.

Etwas Entsprechendes hat man, wenn man den Mittelfinger und den Zeigefinger übereinanderlegt, so daß sie beide zugleich einen Gegenstand, etwa eine Erbse, fühlen; man glaubt zwei Erbsen zu fühlen. Daß ein Schielender den Gegenstand nicht doppelt sieht, rührt daher, daß er gewohnt ist, seine Aufmerksamkeit auf das Richtige zu richten; doppelt sieht nur einer, der absichtlich schielt.

#### 5. Doppelte Bilder bei Reflexion.

Ich sage, dies geschieht dadurch, weil der Sehstrahl einerseits (direkt) zu dem Mond am Himmel fortschreitet und andererseits an der Wasseroberfläche reflektiert wird. Man sieht ihn so zweimal (nicht zwei Monde), das eine Mal durch den (direkt) fortschreitenden und das andere Mal durch den reflektierten Strahl.

#### 6. Übereinanderlagerung von Farben.

Ich sage, daß alles, was ein (äußerer) Sinn erfaßt, zuerst zu dem Gemeinsinn gelangt und dann zu der vorstellenden Phantasie (*Chajâl*) übertragen wird. Nimmt der Sinn eine Farbe wahr und wendet sich schnell zu einer anderen, so ist der Eindruck (*Itr*) der ersten noch in dem Gemeinsinn vorhanden, wenn er die zweite sieht. Er erblickt dann beide zugleich, denn zwischen beiden Eindrücken liegt nicht eine so lange Zeit, daß die Seele den einen von dem anderen trennen kann; daher erfaßt sie sie beide gemischt, auch wenn das Erfassen an sich getrennt stattfand. Dasselbe ist der Fall, wenn nicht [dieselben] Farben dem Auge gegenüber bleiben, sondern dem Gemeinsinn in ununterbrochener Folge elngeprägt werden; dann erfaßt der Sinn nicht die eine von der anderen getrennt, sondern die Seele erfaßt von dem Gemeinsinn aus eine aus allen Farben gemischte Farbe.

7. Fata morgana, Taschenspielerkunststücke. Dauer des Lichteindruckes.

Ich sage, der *Sarâb* (Fata morgana)<sup>1)</sup>, den man sieht, ist nicht im strengen Sinne nicht vorhanden. Er ist etwas, was sich dem Blick nur wegen einer Lagenänderung eines Strahles zeigt, der an der sandigen, salzigen Erde reflektiert wird. Man sieht dies „etwas“ daher als Wasser an. Es liegt darin für das Auge keine Täuschung, sondern der Strahl ist wirklich vorhanden. — Der Gegenstand, den der mit der leichten Hand und der Taschenspieler sehen läßt, existiert nur in der Vorstellung im Gegensatz zu dem, was in Wirklichkeit vorhanden ist. Es vermag aber die Seele nicht zwischen einem Gegenstand und dem ihm ähnlichen zu unterscheiden, sei es wegen der Schnelligkeit, mit der man einen Gegenstand zu einem ihm ähnlichen bewegt, sei es, daß man einen Gegenstand an Stelle eines anderen bringt mit einer Schnelligkeit, wie sie der, der diese Kunststücke ausführt, besitzt.

Daß man den fallenden Tropfen als eine gerade Linie und das bewegte Licht als einen Kreis sieht, rührt nur daher, daß das, was der Blick an einem Ort, zu dem der bewegte Körper bewegt wird, erfährt, stetig verbunden wird mit dem, was der Gemein Sinn (vorher) erfährt hat, nämlich daß der Körper vorher an einem anderen Ort war, so daß der Sinn das Ganze für ein einziges Zusammenhängendes hält.

8. Scheinbare Bewegung.

Ich sage, die Bewegung selbst sieht man nicht. Wenn der Blick einen Gegenstand A erfährt, der einem Gegenstand C gegenüber liegt, nachdem er ihn an einem Ort gegenüber einem anderen Gegenstand B gesehen hat, so schließt die Seele beim Zusammenhalten der beiden Eindrücke auf eine Bewegung des Gegenstandes A. Ist der Abstand nur klein, so unterscheidet der Blick nicht zwischen den beiden Eindrücken und die Seele glaubt, daß der Gegenstand ruht. Der auf dem Schiff fahrende glaubt, daß er ruht, da er an seinem Leibe keine Bewegung von Ort zu Ort bemerkt. Wenn sich aber seine Lage gegenüber den einzelnen Teilen des Ufers ändert, während er sich in seiner Seele einbildet, daß er ruht, so glaubt er, daß das Ufer sich bewegt, da diese Lagenänderung der ersten Lagenänderung entspricht<sup>2)</sup>.

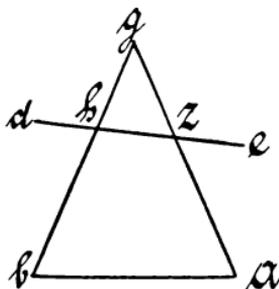


Fig. 1.

9. Scheinbare Bewegung von Sternen<sup>3)</sup>.

Es bewege sich jemand von a nach b und der Mond befindet sich im Verhältnis zu ihm (d. h. projiziert sich) in g; die zwischen beiden

<sup>1)</sup> Vgl. E. Wiedemann, Meteorol. Z. S., 1913, Heft 5.

<sup>2)</sup> Vgl. dazu eine Bemerkung von *Schirâzî* (E. W., Archiv d. Naturwiss., Bd. 3, S. 355. 1911).

<sup>3)</sup> Vgl. R. Bacon, Dissertation von S. Vogl, S. 58).

gelegene leichte Wolke, die den Mond nicht verhüllt, sei *de*. Befindet sich der Wanderer in *a*, so ist der Strahl, mittels dessen er den Mond erblickt, die Linie *a z g*. Ist er nach *b* gelangt, so ist es die Linie *b h g*. Er glaubt dann, daß der Mond sich von *z* nach *h* bewegt hat. Bewegt sich der Mond selbst nach der entgegengesetzten Seite, so bemerkt man seine Bewegung, während er vorüber geht, nicht (die Bewegung ist zu klein).

Der Beschauer möge nun ruhen und zwar in *a* und den Mond in *g*, gegenüber dem Punkt *z* der Wolke sehen. Dann bewege sich die Wolke nach *e*; dabei möge *h* an die Stelle von *z* gelangen. Dann sieht man den Mond an einer Stelle gegenüber von *z* sich zu einer solchen gegenüber von *h* bewegen. Man bildet sich dann ein, daß der Mond selbst sich von *z* nach *h* bewegt hat, entgegen der Bewegungsrichtung der Wolke. Man bemerkt die Bewegung der Wolke nicht, denn ihre Verschiebung ergibt sich durch ihre relative Lage zu dem Himmel; diese ändert sich aber für den Sinn nicht, da die Teile des Himmels und die Teile der Wolke für den Sinn untereinander gleich erscheinen. Ist die Wolke *h e* und befindet sich der Beschauer in *a*, so sieht er den Mond in einem Abstand *zh* von dem Rand der Wolke. Dann bewegt sich die Wolke, bis ihr Anfang von *h* nach *z* gelangt, dann sieht man den in *g* befindlichen Mond gegenüber von *h*. Man glaubt, daß der Mond sich von *z* nach *h* bewegt hat und nach der Seite der Wolke gewandert ist und zwar in der entgegengesetzten Richtung als derjenigen, nach der sich die Wolke bewegt hat.

#### 10. Bilder durch Reflexion in Wasserflächen.

Werden die Sehstrahlen von einer Wasseroberfläche zu Bäumen an ihrem Ufer reflektiert, so sind die Strahlen- und Zurückwerfungswinkel (d. h. der Winkel zwischen reflektierender Ebene und Strahl) gleich. Die [Seh]Strahlen werden zu der Spitze des Baumes von einem dem der Beschauer näher gelegenen Punkte und zu dem unteren Ende des Baumes von einem von dem Beschauer entfernteren Punkte reflektiert, bis die Basis des Baumes mit derjenigen des reflektierten Bildes des Baumes zusammenfällt.

Der Beschauer sei *a*, die Wasseroberfläche *bd*, der auf ihr senkrechte Baum sei *j d*. Die von *a* nach *e* gehenden Strahlen werden nach der Spitze des Baumes *j* reflektiert, so daß  $\sphericalangle aeb = \sphericalangle jed$ . Es ist nun unmöglich, daß von einem Punkt zwischen *b* und *e* ein Strahl zu einem unterhalb der Spitze gelegenen Teil des Baumes etwa nach *h* reflektiert werde. Angenommen es sei möglich, und der Reflexionspunkt sei *z* und der von *a* nach *z* gehende Strahl werde nach *h* reflektiert, dann muß der Außenwinkel  $\sphericalangle azb$  des Dreiecks  $\triangle aze$  größer als  $\sphericalangle aeb$  sein. Es ist aber der Winkel  $azb = hzd$  und  $aeb = jed$ , daher ist  $\sphericalangle hzd > \sphericalangle jed$  und erst recht größer als  $\sphericalangle hed$  und der Innenwinkel von  $\triangle hze$  wäre größer als der Außenwinkel; das ist ganz unmöglich<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Im Text ist ein kleiner Fehler

$$\sphericalangle azb > \sphericalangle aeb$$

$$azb = hzd \text{ (nach der Voraussetzung)}$$

Es kann aber auch nicht von  $e$  ein Strahl nach einer Stelle unterhalb der Spitze des Baumes etwa nach  $h$  reflektiert werden. Wäre das der Fall, so wäre

$$\sphericalangle aeb = \sphericalangle jed \text{ und } = \sphericalangle hed$$

von denen der eine größer, der andere kleiner ist. Das ist aber unmöglich. Daher muß ein Strahl, der zu einer von der Spitze nach unten gelegenen Stelle reflektiert wird, von einem von  $e$  nach  $d$  gelegenen Punkte reflektiert werden. Dieser rückt immer weiter von  $e$  fort, bis die beiden Basen zusammenfallen.

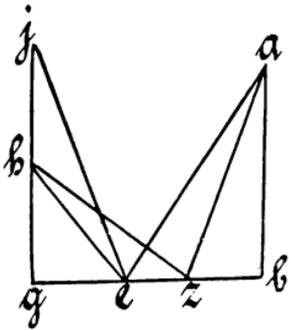


Fig. 2.

Die Seele erfährt aber nicht den Vorgang der Reflexion, sie ist vielmehr gewöhnt (*mutā awwid*), die Objekte durch geradlinig fortschreitende Strahlen zu sehen, entsprechend den reflektierten in das Wasser eindringenden (fortschreitenden) Strahlen<sup>1)</sup>. In Wirklichkeit ist der Strahl jedoch kein geradliniger (*nāfiḍan*). Das Wasser ist dabei manchmal nicht so tief, wie der Baum lang ist, oder es ist so trübe, daß kein Strahl eindringen kann. In diesem Fall meint man trotzdem, daß die Spitze des Baumes tiefer in das Wasser hinabsteigt, da sie weiter entfernt ist,

[als der Grund] als dessen Wurzel. Dabei sind die einzelnen Teile (des Baumes) je nach ihrer Lage (zur Wurzel) entfernt (je näher zur Wurzel um so weniger). Man sieht den Baum so, als ob er unter die Wasseroberfläche umgekehrt wäre. Obwohl diese Probleme mit der Geometrie zusammenhängen, so behandeln wir sie hier (in der Theologie), da uns die Diskussion zu ihnen hinführte.

### 11. Verzerrung der Bilder in gekrümmten Spiegeln.

Wir nehmen einen langen Spiegel, der der Länge nach gerade ist, der Quere nach aber so gekrümmt ist, wie die Gußform eines kreisförmigen Zylinders. Blickt man in ihn, während seine Längsrichtung derjenigen des Gesichtes parallel liegt, so sieht man das Gesicht in der natürlichen Länge, aber viel schmaler, da die Querstrahlen von einem Gebilde reflektiert werden, dessen Breite kürzer ist, als wenn es gerade wäre<sup>2)</sup>. Die Länge wird eben von einem geraden, die Breite von einem

$$\sphericalangle aeb = \sphericalangle jed$$

also  $\sphericalangle hzd > \sphericalangle jed$ , also erst recht  $\sphericalangle hzd > \sphericalangle hed$

dann ist der Außenwinkel  $\sphericalangle hzd$  größer als der Innenwinkel des Dreiecks.

<sup>1)</sup> D. h. man glaubt, daß die reflektierten Strahlen nach rückwärts sich verlängern und in das Wasser eindringen. Eventuell zu übersetzen: „dann hält sie den reflektierten Strahl für einen geradlinigen“.

<sup>2)</sup> Es sind hier *Tūsī* Resultate von *Ibn al Haiṭam* wohl nur im großen bekannt. Man sieht aber, wie man damals Vexierspiegel der verschiedensten Formen benutzte.

gekrümmten reflektierenden Gebilde reflektiert. Blickt man in den Spiegel, während seine Länge der Querrichtung des Gesichtes parallel liegt, so kehrt sich die Sache um. Man sieht das Gesicht in der natürlichen Breite, seine Länge ist aber kürzer. Sieht man endlich in den Spiegel, wenn er schräg zum Gesicht steht, so sieht man das Gesicht gekrümmt (schief). Ist der Spiegel so beschaffen, daß der Strahl von zwei oder mehr Stellen zu einer einzigen reflektiert wird, so sieht der Betrachtende sich darin mit zwei oder mehr Gesichtern und zwei oder mehr Köpfen; bei einigen Spiegeln sieht er von dem Antlitz das unterste zu oberst. Ebenso ist es bei den verschiedenartigen und mannigfaltigen Gegenständen, die zum größten Teil in dem Werke über die Spiegel [wohl von Euklid] enthalten sind. Man wendet Kunstgriffe an, um mittelst ihrer passende Spiegel für einen bestimmten Zweck herzustellen.

Aus dem vorhergehenden folgt, daß all dies ein Irrtum ist, der daher rührt, daß die Seele nicht in überlegter Weise die sinnlichen Eindrücke erfährt; man hat es also nicht mit einem Irrtum des äußeren Sinnes zu tun.

## 12. Beurteilung von dauernden Erscheinungen.

Ich sage, daß das Urteil darüber, daß etwas andauert, darin besteht, daß man urteilt, daß das, was man zu einer zweiten Zeit sieht, dasselbe ist, das zu der ersten Zeit existierte. Dieses Urteil kann nicht von dem Sinn auf seine Richtigkeit geprüft (event. gefällt) werden. Denn dieser kann nicht die beiden Zeiten sich gleichzeitig als gegenwärtig vorstellen, also auch nicht das zu beiden Zeiten existierende gleichzeitig. Über das Dauernde kann allein der Verstand urteilen; dieser irrt aber, wenn er nur das Gemeinsame von zwei ähnlichen Dingen ins Auge faßt und nicht das, was sie unterscheidet. Daß man diesen Irrtum dem Sinn zuweist, ist nicht richtig.

## 13. Optische Täuschungen bei Krankheiten und beim Schlaf.

Horten (l. c. 200 A.) faßt für die Abschnitte III und IV den Kommentar etwa folgendermaßen zusammen: der Irrtum entsteht dadurch, daß die äußeren Sinne sich nicht betätigen, die die innere Sinnestätigkeit korrigieren könnten. Er entsteht nicht durch die Eigenartigkeit eines Zustandes, in dem sich das schlafende Subjekt bzw. der Fiebernde befindet.

## 14. Über die weiße Farbe.

Die Gelehrten sind überzeugt, daß die weiße Farbe dadurch entsteht, daß zwei Lichtstrahlen (Lichter), die von den Flächen durchsichtiger Körper kommen, gegeneinander reflektiert werden (miteinander in Konflikt kommen) (*Tá'ákus*). Eis und Glas sind aber durchsichtige Körper, deshalb haben sie „Licht“. Haben sie aber nur eine Fläche, so kann keine solche Hin- und Herreflexion eines Lichtes eintreten. Werden diese Körper aber zerbrochen, oder entstehen in ihnen zahlreiche Flächen,

---

1) Es ist interessant zu sehen, wie *Túsi* sich bemüht, eine Erklärung für die geschilderte Erscheinung zu finden<sup>1)</sup>.

so wird das Licht von den einen zu den anderen zurückgeworfen; so entsteht die weiße Farbe. Ist nichts vorhanden, was die Teilchen aneinander kittet, so sieht jedes einzelne Teilchen durchsichtig und farblos aus, denn jedem einzelnen fehlen die verschiedenen Flächen, die die Bedingung für das Entstehen des Weiß sind. Ist aber etwas vorhanden, wodurch die einen Stücke an die anderen gekittet werden, so erhält man einen weißen Körper, wie bei dem Weiß des gekochten Eies. Vor dem Kochen besitzt es „Licht“, es enthält aber wie das Wasser nichts, das Licht annehmen kann. Nach dem Kochen wird aber das „Licht“ reflektiert zwischen dem Träger des Lichtes und dem Teil, der es aufnimmt; dann entsteht die weiße Farbe.

Hat das Wasser im flüssigen Zustand eine einzige Fläche, so entsteht wohl Licht, aber nichts, was das Licht aufnehmen kann, daher findet in ihm keine wechselseitige Reflexion statt. Schäumt es aber oder erstarrt es, so tritt beides gleichzeitig an ihm auf und die weiße Farbe entsteht. Bei dem Weiß des gekochten Eiweißes tritt zu den einzelnen Flächen etwas, was sie verbindet und zusammenhält, so daß es zu einem einzigen Körper von weißer Farbe wird. Man kann dabei die einzelnen Teile nicht voneinander unterscheiden, und selbst der, der es sorgfältig betrachtet, sieht keinen Zwischenraum zwischen den einzelnen Teilen<sup>1)</sup>, wie bei dem Schnee und Glas. Hieraus ergibt sich, daß das, was wir farbig sehen, an sich nicht farbig ist, denn die Farbe ist nur das Akzidens, das durch diese Attribute charakterisiert wird.

Hieraus folgt aber nicht unbedingt, daß bei allen Dingen, bei denen der einzelne Teil nicht gefärbt ist, auch die Gesamtheit der Teile nicht gefärbt sein (nicht den Eindruck einer Farbe durch Strahlenreflexion erwecken) könne.

Äußerungen von *Qazwîni*<sup>2)</sup> (Bd. 1, S. 358) über die inneren Sinne, auf die mich zuerst Herr Prof. Jacob in Kiel hinwies, und die hier von Interesse sind, lauten:

Die inneren Erkenntniskräfte sind fünf (nach Avicenna): Gemeinsinn, Phantasie, cogitativa (ratio particularis, die die Vorstellungsbilder kombiniert), Instinkt (aestimativa) und Gedächtnis. Der Gemeinsinn ist eine Fähigkeit im vorderen Teile des Gehirn, die die Bilder der Sinnesobjekte durch direktes Erschauen wahrnimmt. Er ist verschieden von dem Gesichtssinne; denn wir sehen den fallenden Tropfen als gerade Linie und den sich schnell im Kreise bewegenden Punkt als eine Kreislinie. Dieses Sehen kann aber nicht im Auge stattfinden; denn dieses erfaßt nur das (im Augenblicke Praesente und) Gegenüberstehende also

<sup>1)</sup> Nach einer Textkonjektur übersetzt; Text: „keine Durchsichtigkeit des einzelnen Teiles“ (durch die die Reflexion verhindert würde).

<sup>2)</sup> Zu der Psychologie von *Qazwîni* vgl. F. Taeschner, Erlanger Dissertation 1912.

nur den Punkt und den Tropfen. Es sind also andere Erkenntnisfähigkeiten, die die Linie und den Kreis erschauen. Die zu dieser (inneren) Erkenntniskraft gelangenden Bilder kommen manchmal von aussen durch Vermittelung der fünf äußeren Sinne manchmal von innen; denn die kombinierende Phantasie setzt manchmal ein Vorstellungsbild (aus einfachen Daten) zusammen und läßt es in den Gemeinsinn gelangen, so daß es (dort) erschaut wird. Dieses gilt z. B. von den Bildern, die Kranke und von Furcht Befallene sehen.

Die vorstellende Phantasie ist eine Fähigkeit im vorderen Teile des Gehirns nach dem Gemeinsinne. Sie bewahrt die Bilder dieses Sinnes gedächtnismäßig auf und ist deren Schatzkammer. Die aestimativa ist eine Fähigkeit in der Mitte des Gehirns, die die individuellen „intentiones“ (unmaterielle und daher durch die äußeren Sinne nicht wahrnehmbare Bestimmungen), die mit den Sinnesobjekten verbunden sind, erfaßt z. B. die Freundschaft des *Zaid* und die Feindschaft des *Amr*. Im Schafe urteilt sie, daß das Junge geliebt (der Wolf geflohen) werden müsse (u. s. w. den bei den Philosophen herrschenden Lehren genau entsprechend vgl. Horten, Buch der Ringsteine *F'arâbis*, 69 ff., 217—238).

Zum Schlusse sei es mir gestattet, Herrn Privatdozent Dr. Horten für seine freundliche Hilfe bestens zu danken.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [45](#)

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

Artikel/Article: [Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. XXXIII. Über optische Täuschungen 154-167](#)