

Eilhard Wiedemann: Zur Geschichte der Brennspiegel.

1. Unsere Kenntniss der Geschichte der Physik im Alterthum, bei den Arabern, im Mittelalter und dem Anfang der Neuzeit liegt noch sehr im argen, und zwar viel mehr als dies für die Schwesterwissenschaften, die Mathematik und die Astronomie der Fall ist. Die Untersuchung der geschichtlichen Entwicklung unserer Wissenschaft in diesem ganzen Zeitraum hat aber nicht allein wegen der mannigfachen in dieser Zeit erkannten Thatsachen und Gesetze, sondern vor allem deshalb ein besonderes Interesse, weil zweimal das von den Vorgängern Errungene zu einem vollkommen anderen Volk übergegangen ist, das keine tiefere wissenschaftliche Vorbildung genossen hatte: das eine Mal von den Griechen zu den Arabern, das andere Mal von den letzteren zu den Völkern des Abendlandes. Beide Mal sehen wir ein mühseliges Ringen, das Erworbene zunächst sich zu Eigen zu machen, die Schreibweise ist breit und unbehülflich, an immer neuen und neuen Beispielen wird derselbe Satz erläutert, bis er zuletzt den neuen Geschlechtern vollkommen in Fleisch und Blut übergegangen ist. Bei den Arabern war die Entwicklung nicht bis zu dem Abschluss gediehen, dass sie sich schon kurz zu fassen vermochten, dies blieb erst den Männern der Renaissance vorbehalten. Ein Studium dieser Verhältnisse lässt uns auch eher die Weitschweifigkeit mancher modernen Auseinandersetzungen würdigen, und die fort und fort neue Bearbeitung derselben Aufgaben. Auch hier wird das, was Einzelne schon als sicher erkannt, durch die neuen Behandlungen zum Allgemeingut der Gelehrten.

Die Entwicklung der Physik zu verfolgen, hat aber wegen ihrer Stellung zwischen der Mathematik und Astronomie einerseits und der Chemie andererseits eine besondere Bedeutung. In den beiden ersten Wissenschaften kann einfach auf den Werken der Vorgänger, die in ihren Formeln und Propositionen, Theoremen und Beobachtungen unanfechtbare Wahrheiten enthalten, weiter gebaut werden. In den letzteren Wissenschaften treffen wir zunächst eine Anhäufung von Versuchen und wirklichen Experimenten, sowie eine ziemlich vage Theorie, die nirgends eine mathematische Fassung gestattet, während in der Physik sowohl die mathematische Deduction, als auch die Theorie, die Beobachtung und das Experiment zusammenkommen. Gerade die Verarbeitung und Umgestaltung theoretischer Anschauungen von den auf dem Schauplatz erscheinenden Völkern ist aber für die weitere Entwicklung von höchster Bedeutung, denn sie treten mit unbefangenerem Blicke an die einzelnen Fragen heran. Ganz analoges beobachten wir auch noch heutzutage, wenn wir die Unterschiede in der Art der Behandlung wissenschaftlicher Fragen bei verschiedenen Nationen vergleichen.

Das Experiment tritt im Alterthum in der Physik noch sehr zurück, denn die Bestimmungen des Ptolemäus über die Beziehungen zwischen Einfallswinkel und Ablenkungswinkel können wir nicht wohl als Experimente betrachten, es sind Beobachtungen, ganz analog denen, die derselbe Gelehrte in der Astronomie angestellt hat. Experimente haben wir, wenn ein Commentator des Ibn al Haiṭam sich durch einen Versuch davon überzeugt, dass wirklich ein Stab unter Wasser grösser erscheint, als in der Luft in gleicher Entfernung, oder wenn er, um nachzuweisen, dass seine Betrachtungen über mehrfache Reflexionen im Inneren einer Kugel richtig sind, in ein dunkles Haus geht, in der Wand desselben eine kleine Oeffnung anbringt und in den Gang der einfallenden Strahlen einen weissen Körper hält, nachdem er sich noch vor fremdem Licht geschützt hat, oder wenn er endlich, um das Auftreten gewisser Farben zu erklären, ein Loch mit rothem Tuch bedeckt, in den Gang der von diesem ausgehenden Strahlen einen schwarzen Körper hält und die Farben im Schatten desselben untersucht. Ebenso finden wir einzelne Versuche über den Magnetismus bei den Arabern beschrieben. Der Magnet verliert nach Geber mit der Zeit nicht an Gewicht. Andere Versuche in der

Mechanik lehren, dass das specifische Gewicht warmer Flüssigkeiten kleiner als das der kalten ist u. a. m. Doch steht das Experiment in den von uns unter dem Namen der Physik zusammengefassten Gebieten sehr zurück. Mechanik und Optik werden von den Arabern selbst auch als ein Gebiet der Mathematik bezeichnet und die Versuche am Magneten sind von den Alchemisten Geber¹⁾ und vielleicht von Al Râzî²⁾ an- gestellt.

Der vollkommenen Erkenntniss des Ganges der Entwickelung der Physik in den erwähnten Zeiten stellen sich aber viele, zum Theil fast unüberwindliche, Schwierigkeiten entgegen.

Die physikalischen Werke der Griechen sind mit wenigen Ausnahmen verloren gegangen. In manchen Fällen kennen wir wenigstens noch ihre Titel, aber auch diese oft nur aus zweiter Hand, und zwar aus arabischen Bibliographien. Einzelne Schriften sind in schwer zugänglichen arabischen Uebersetzungen handschriftlich erhalten.

Von den Originaluntersuchungen der Araber ist nur wenig gedruckt, manche Angaben finden sich in den geographischen und kosmographischen Werken, in Einleitungen zu Geschichtswerken etc., anderes wieder in Zusammenstellungen abendländischer Gelehrten, so in dem Werke von Wüstenfeld, »Leben arabischer Aerzte und Naturforscher« manches ist in mittelalterlichen Uebersetzungen überliefert, die aber meist nur handschriftlich vorhanden sind, wenn auch zum Theil in zahlreichen Exemplaren, ein Beweis dafür, dass die betreffenden Werke eine grosse Verbreitung besessen haben und auf die Weiterentwicklung der Wissenschaft von Einfluss gewesen sind.

Von den Schriften der mittelalterlichen Gelehrten ist manches, wenn auch nicht alles, gedruckt und daher auch leichter zugänglich. Je weiter wir uns der Neuzeit nähern, um so reicher fliessen die Quellen.

Wollen wir aber die Leistungen der grossen Gelehrten, welche die moderne Wissenschaft begründet haben, richtig würdigen, so müssen wir uns mit den Leistungen ihrer Vorgänger vertraut machen und untersuchen, wie viel sie von

1) Vgl. E. Wiedemann, Wied. Ann. 4. p. 320. 1878.

2) Kitâb al Fihrist ed. Flügel I. p. 302 ist eine Abhandlung von Rhazes (Al Râzî) aufgeführt: Ueber die Ursache der Anziehung des Magnetsteins.

diesen entlehnt haben, und welches die geistige Atmosphäre gewesen ist, in der sie aufgewachsen sind.

2. Unter den arabischen Optikern nimmt nach den Aussagen seiner Landsleute eine äusserst hervorragende, ja die hervorragendste Stellung ein: Ibn al Haiṭam.¹⁾

Da wir uns mit den Leistungen Ibn al Haiṭam sehr oft beschäftigen müssen, so dürfte eine kurze Angabe seiner Lebensschicksale²⁾ wohl angemessen sein. Abu Ali Muhammed Ben al Hasan Ibn al Haiṭam el Basri (in meiner Abhandlung. Pogg. Ann. 159, p. 656, steht Elbasi; dieser Druckfehler ist auch in Schriften anderer Forscher übergegangen, daher berichtige ich ihn besonders) wurde in Basra geboren, stieg dort bis zum Rang eines Vezirs auf, dann kam er nach Aegypten, herbeigerufen von dem Chalifen Al Hakim Bi Amr Illah³⁾, der gehört hatte, Ibn al Haiṭam habe sich anheischig gemacht, am Nil Einrichtungen zu treffen, welche die Bewässerung so reguliren sollten, dass jedes Jahr dieselbe reichlich fliessen würde. Er fiel darauf in Ungnade, verbarg sich, bis Al Hakim im Jahre der Hegira 411 gestorben war, und lebte dann noch bis zum Jahre 430 (1038). Neben vielen mathematischen Schriften⁴⁾ hat er die folgenden naturwissenschaftlichen verfasst: Abriss der Optik, gezogen aus den beiden Werken von Euklid und Ptolemäus. — Optik in sieben Büchern. — Abhandlung über die in der Luft sich bildenden Sterne (wohl Sternschnuppen?). — Abhandlung über das Mondlicht. — Abhandlung über den Regenbogen und den Halo (Hof um den Mond und die Sonne). — Abhandlung über den sphärischen Hohlspiegel. — Abhandlung über den parabolischen Hohlspiegel. — Abhandlung über die Optik nach der Methode des Ptolemäus. — Abhandlung, in der bewiesen wird, dass der sichtbare Theil des Himmels grösser ist, als die Hälfte des Himmels. — Abhandlung über das Licht der Sterne. — Abhandlung über die Bewegung in einer Ebene. — Abhandlung über das

1) Ibn Khaldûn, Prolegomènes. Uebers. von Slane. Paris 1868. III. p. 144.

2) Wüstenfeld, Geschichte arabischer Aerzte. Nr. 130.

3) Vgl. über diesen Fürsten A. Müller, Geschichte des Islam Bd. I. p. 629.

4) Eine Zusammenstellung aller Schriften findet sich bei Wöpcke, Omar al Khajjamî, p. 73. Einige kleine Irrthümer habe ich nach den Originalen selbst berichtigen können.

Licht. — Abhandlung über das Atom. — Abhandlung über den Karâstûn (eine Art Wage). — Abhandlung über die Brennkugel.

Von diesen physikalischen Schriften ist zunächst die zweite, das Hauptwerk, allgemein bekannt in der Uebersetzung von Risner, *Opticae Thesaurus Alhazeni arabis libri septem nunc primum editi*, Basel 1522. Eine ältere, nicht gedruckte italienische Uebersetzung hat Hr. E. Narducci¹⁾ nachgewiesen. Aus diesem Handbuch der Optik stammt so ziemlich Alles, was unsere Geschichten der Physik über die Kenntniss der Araber in diesem Gebiete berichten. Eine arabische Handschrift desselben findet sich in Leyden; ich habe die Uebereinstimmung des darin Enthaltenen mit der Uebersetzung zeigen können, wenn auch der Bearbeiter sich meist etwas kürzer gefasst, als nach der Uebersetzung von Risner es Ibn al Haiṭam selbst gethan. Die Figuren sind fast alle in dem arabischen Text erhalten, leider gerade mit Ausnahme der Zeichnung des Auges, die in der Handschrift nur angedeutet ist.

Ein glücklicher Zufall hat uns ausser dieser Schrift auch die meisten anderen optischen Arbeiten von Ibn al Haiṭam in zwei Handschriften erhalten, die eine derselben befindet sich in der Bibliothek des Indian Office²⁾, für deren Ueberlassung ich Hrn. Dr. Rost zu grossem Danke verpflichtet bin. Sie umfasst die Abhandlungen über das Licht³⁾, das Licht der Sterne, die sphärischen und die parabolischen Spiegel. Die andere eben erwähnte findet sich in der Leydener Bibliothek.⁴⁾ Sie umfasst neben dem Handbuch der Optik mit seinem Commentar eine weitere Ausführung über die Brechung des Lichtes von Seiten des Commentators, die Arbeit über die Brennkugel, über die Brechung durch eine Glaskugel und die Erscheinungen, die eintreten, wenn das Licht in einer Glaskugel gebrochen wird, mehrfache Reflexionen im Innern derselben erfährt und dann wieder austritt, die Lehre von den Farben, von den

1) A. Narducci. *Bulletino di Boncompagni*. 4. p. 871.

2) *A Catalogue of the arabic Manuscripts in the library of the Indian Office* by O. Loth. London 1877. p. 212. Nr. 734.

3) Diese Abhandlung ist publicirt und übersetzt von J. Baarmann *Ztschr. d. deutsch. morgenl. Ges.* 36. p. 195. 1882. Einige Versehen habe ich berichtigt *ibid.* 38. p. 145. 1884.

4) *Catalogus Codicum Orientalium Bibliothecae Academiae Lugduno-Batavae* auctore P. de Jong und M. J. de Goeje. Vol. III. p. 61. Leiden 1865. J. Brill.

Regenbögen und Höfen, wobei auch Untersuchungen von Avicenna aus seinem grossen philosophischen Werke Al Schafâ mit aufgenommen sind, und ferner einen kurzen Abriss der Schrift über das Licht.¹⁾ (Eingeschoben ist noch ein Tractat über die Schatten und Finsternisse, der uns aber hier nicht weiter interessirt.)

In dieser ersten Abhandlung sollen zunächst die auf die Brennspiegel²⁾ bezüglichen Untersuchungen behandelt werden.

Wie mannigfach die Bestrebungen der Araber auf diesem Gebiete gewesen sind, lehrt schon, dass sie in ihren Systemen der verschiedenen Wissenschaften eine besondere Wissenschaft der Brennspiegel unterschieden; als eines der besten Werke über diesen Gegenstand wird das von Ibn al Haiṭam bezeichnet.³⁾ Von ihm existiren, wie erwähnt, zwei Tractate über diesen Gegenstand: 1. über sphärische, 2. über parabolische Hohlspiegel. Es haben übrigens noch andere arabische Gelehrte über Brennspiegel geschrieben, so z. B. Kosta ben Luka (864—923), ein christlicher Philosoph aus Baalbek, der in Bagdad später griechische Werke übersetzte. Leider ist uns von seinem Werke nur der Titel erhalten.⁴⁾

3. Besprechen wir zunächst die Schrift Ibn al Haiṭam's über die *sphärischen Brennspiegel*.

Die Abhandlung geht von dem bekannten Reflexionsgesetz aus, als reflectirende Fläche wird die Tangentialfläche an den Körpern bezeichnet. Jeder Strahl, der nach einem Punkt reflectirt wird, erzeugt dort Hitze, nimmt die Zahl der an einen Punkt gelangenden Strahlen zu, so nimmt auch die Hitze dort zu.

1) Diesen habe ich übersetzt Wied. Ann. 20. p. 337. 1883.

2) Sie stehen in der arabischen Handschrift des Indian Office als dritte (Ueber parabolische Hohlspiegel) und vierte Abhandlung (Ueber sphärische Hohlspiegel), Fol. 18—21r und Fol. 21v—25. Hr. Prof. Loth übersetzt die Titel als Brenngläser; es muss heissen Brennspiegel. (Ebenso muss es im Supplément aux Dictionnaires arabes von R. Dozy, Bd. I, p. 498 b, heissen miroirs statt lunettes.)

3) vgl. Encyklopädische Uebersicht der Wissenschaften des Orients von Hammer-Purgstall. Leipzig, Breitkopf & Härtel, 1804. p. 333. (Das Buch ist mit grosser Vorsicht zu benutzen; so ist auf der vorhergehenden Seite 332, wo von der Natur der Strahlen gesprochen wird, stets zu lesen Kegel statt Linse.)

4) Wüstenfeld, Geschichte der arabischen Aerzte. p. 59. Kitâb al Fihrist ed. Flügel. 1. p. 295.

Strahlen, die parallel der durch den Mittelpunkt gelegten Axe auffallen und an der Kugeloberfläche reflectirt werden, werden stets nach der Axe hin reflectirt. Dies wird zunächst für einen Punkt in einem Schnitt bewiesen, der durch die Axe gelegt ist. Lässt man diesen Schnitt um die Axe rotiren, so ergiebt sich der Satz ohne weiteres für alle auf der Kugeloberfläche gelegenen Punkte.

Nach einem Punkte der Axe werden alle Strahlen reflectirt, die auf die Peripherie eines zur Axe senkrechten Kreises auffallen, aber nur diese. Die Entfernung eines jeden Punktes der Axe eines Hohlspiegels, nach dem Strahlen reflectirt werden, von dem Mittelpunkt ist grösser als ein Viertel des Durchmessers.

Die Strahlen, die von einem Kreise A reflectirt werden, dessen Abstand von dem Pol, d. h. dem Punkt, wo die Axe die Kugel schneidet, gleich der Seite eines in den grössten Kreis eingeschriebenen regelmässigen Achteckes ist, werden alle nach dem auf der Axe gelegenen Mittelpunkte des betreffenden Kreises A reflectirt.

Die Strahlen, die an dem Umfange eines Kreises reflectirt werden, der sich im Abstände eines eingeschriebenen regelmässigen Sechseckes von dem Pol befindet, werden alle nach dem Pol reflectirt. Je näher der Kreis, an dem die Reflexion eintritt, an dem Pol liegt, um so näher an dem Mittelpunkte der Kugel liegt der Punkt der Axe, nach welchem die Strahlen reflectirt werden. Ist der Abstand des Punktes, an dem die Reflexion eintritt, von dem Pol grösser, als die Seite eines regelmässigen Sechseckes, so werden die Strahlen nach einem Punkte reflectirt, der ausserhalb der Kugel liegt.

Besonders hervorgehoben wird, dass, da die Sonne so sehr weit entfernt ist, der Einfallswinkel für die von allen ihren Punkten ausgehenden Strahlen in einem Punkte des Spiegels, so gut wie gleich ist, also alle in einem Punkte des Spiegels reflectirten Sonnenstrahlen die Axe in demselben Punkte treffen.

Nach der Ableitung dieser Sätze, die auf geometrischem Wege gewonnen werden, geht der Verfasser daran, einen Brennspiegel zu construiren.

Die von einem einzigen Kreise reflectirten Strahlen genügen nicht, um in ihrem Vereinigungspunkte eine Entzündung hervorzurufen. Es wird deshalb ein schmaler Kreisring genommen, der die Strahlen auf einer kleinen Strecke der Axe vereinigt.

Die zulässige Breite des reflectirten Ringes erfährt für den Fall, dass der Vereinigungspunkt ausserhalb der Kugel liegt, eine besondere Discussion, damit nicht etwa die an dem der Sonne zugewandten Rande des Ringes reflectirten Strahlen von dem anderen Rande aufgefangen werden.

Da aber ein solcher Ring nur eine begrenzte Breite hat, so können eventuell die von ihm reflectirten und dann vereinten Strahlen noch nicht genügend stark sein, um eine zur Entzündung nöthige Hitze zu erzeugen. Es wird daher zunächst die Strecke der Axe bestimmt, auf welche die von den einzelnen Theilen des Ringes reflectirten Strahlen fallen und nun an diesen Ring neue und neue Ringe angesetzt, die mit anderen Radien und von anderen Mittelpunkten aus beschrieben, die Strahlen nach derselben Strecke der Axe reflectiren. Die angesetzten Ringe reihen sich in dem Falle, dass der gemeinsame Brennpunkt im Innern der Kugel liegen soll, an den ersten auf der nach dem Mittelpunkt zu gelegenen Seite, für den Fall, dass er ausserhalb der Kugel liegen soll, auf der von dem Mittelpunkt fortgelegenen Seite an.

4. Wir wenden uns nun zu der Schrift über *Parabolische Brennspiegel*. Ich gebe einen Auszug aus der Einleitung, sowie die einzelnen Propositionen, die sich in der Schrift finden. Eine Wiedergabe der Beweise würde zu weit führen, sie stützen sich alle auf die von Apollonius entwickelten Sätze über Kegelschnitte.

Einleitung. Zu den vorzüglicheren Dingen, die die Alten erfunden haben, gehört die Construction von Brennspiegeln, Spiegeln, die infolge der Reflexion der Strahlen Feuer erzeugen. Sie gingen dabei in verschiedener Weise vor. Sie fanden, dass ein Lichtstrahl sowohl von einem ebenen, als einem sphärischen Hohlspiegel reflectirt wird und bestimmten die Orte, nach denen er, entsprechend der verschiedenen Gestalt der angewandten Spiegel, reflectirt wird. Sie beweisen, dass nach einem Punkte bei einem ebenen Spiegel nur ein Strahl gelangt, der an einem Punkte reflectirt wird, bei einem Kugelspiegel nur Strahlen, die an einem Kreisumfang auf der Kugel zurückgeworfen werden. Einige suchten Spiegel zu erfinden, bei denen durch Zusammenetzen mehrerer ebener oder sphärischer Hohlspiegel viele Strahlen an einem Punkt vereint würden, sodass die Wärmeentwicklung eine grössere sei. Von denen, die solche Spiegel erfanden, waren berühmt Archimedes und Anthemius und andere als diese Beiden. Bei weiterem Nachdenken über Figuren, an denen

eine Reflexion eintreten konnte, kamen sie auf die Kegelschnitte und fanden, dass die Strahlen, welche auf die Oberfläche des Umdrehungsparaboloides fallen und reflectirt werden, alle in ein und demselben Punkt vereint werden. Dann ist es aber klar, dass das Brennen das mittelst eines Spiegels von dieser Gestalt hervorgerufen wird, stärker ist als das durch alle anderen Spiegel von abweichender Form erzeugte. Sie haben aber keinen Beweis entwickelt, auch haben sie den Weg, auf dem sie ihn erfanden, nicht hinlänglich genau auseinandergesetzt. Das will ich nun thun und die Construction eines solchen Spiegels beschreiben, nachdem ich vorher die Principien vorangeschickt habe, auf welche sich die Geometer bei der Construction aller Spiegel stützen. Diese Principien sind das Reflexionsgesetz, das folgendermassen ausgesprochen wird:

Ein Sonnenstrahl geht von der Sonne nach Spiegeln aller Art auf geraden Linien. Alle Strahlen, welche auf ebene Spiegel fallen, werden unter gleichen Winkeln reflectirt. Alle Strahlen, welche auf Hohlspiegel fallen, werden nach gleichen Winkeln von der Tangentialfläche an die betreffende Oberfläche in jenem Punkte zurückgeworfen. Ich (Ibn al Haiṭam) verstehe darunter, dass der Stahl unter gleichen Winkeln zurückgeworfen wird, dass der auffallende und der zurückgeworfene Strahl mit der Schnittlinie der Ebene durch den einfallenden und den reflectirten Strahl und der Tangentialebene zwei gleiche Winkel bildet.

Proposition 1. Tragen wir bei irgend einer Parabel auf der Axe von dem Ende derselben aus ein Stück ab, das gleich dem halben Parameter (viertel Brennpunktsdurchmesser) ist, so bildet jede parallel der Axe verlaufende Linie, welche die Parabel trifft und der von dem Schnittpunkt nach dem Endpunkt B des halben Parameters reflectirte Strahl mit der Tangente in dem betreffenden Schnittpunkt gleiche Winkel.

Proposition 2. Dreht man eine Parabel um die festgehaltene Axe bis sie wieder in die Anfangslage kommt, sodass ein Hohlkörper entsteht, so ist die Schnittlinie jeder durch die Axe gelegten Ebene mit jenem Körper eine Parabel.

Proposition 3. Trägt man in irgend einem Hohlparaboloid von dem Scheitel auf der Axe einen halben Parameter ab, so bildet jeder parallel der Axe verlaufende, auf den Hohlkörper einfallende und der nach dem Endpunkt des halben Parameters reflectirte Strahl mit der Tangente an den Hohlkörper gleiche Winkel.

Proposition 4. Stellt man einen parabolischen Hohlspiegel gegenüber der Sonne so auf, dass eine Axe auf die Sonne gerichtet ist, so werden alle Strahlen, die auf seine Fläche fallen, nach einem Punkt reflectirt, der um den halben Parameter von dem Scheitel absteht.

Hieran anschliessend, finden wir eine Beschreibung, wie man sich wirklich parabolische Hohlspiegel herstellt, sowohl solche, die vor, als auch solche, die hinter der reflectirenden Fläche ihren Brennpunkt haben. Die Methode ist ganz analog der von Ibn al Haiṭam bei der Construction der sphärischen Hohlspiegel gegebenen, mit dem einzigen Unterschied natürlich, dass nicht Kreise auf die zum Ausdrehen dienende Platte gezeichnet werden, sondern Parabeln. Zum Zeichnen der Parabeln dient ein an dieser Stelle nicht näher beschriebenes Instrument, über das er aber, wie er sagt, an anderer Stelle Mittheilungen gemacht. Die Beschreibung eines derartigen von arabischen Gelehrten construirten Instrumentes ist von F. Wöpcke¹⁾ mitgetheilt worden.

Fassen wir die von Ibn al Haiṭam gewonnenen Resultate noch einmal kurz zusammen: Er kennt die Lage des Brennpunktes des Hohlspiegels und ist mit der longitudinalen Abweichung vollkommen vertraut, so vertraut, dass er sie benutzt, um Hohlspiegel zu construiren, die hinter der Kugeloberfläche eine Entzündung hervorrufen, indem er passende ringförmige Stücke aus der Kugeloberfläche schneidet. Bei den parabolischen Hohlspiegeln weiss er, dass dieselben alle Strahlen in einem Punkte vereinen. Er kennt die Eigenschaften der parabolischen Hohlspiegel.

5. Nachdem wir den Inhalt der Schriften Ibn al Haiṭam's über Hohlspiegel angegeben haben, besprechen wir die Stellung derselben zu den Resultaten, die im Alterthum erzielt worden sind, und zu denen des Abendlandes.

Von den Schriften der Griechen über Optik kommt nur wenig in Betracht. Die Optik und Katoptrik des Euklid, ebenso wie die Optik des Ptolemäus²⁾ und des Hero³⁾, die fälschlich den Namen des Ptolemäus trägt, behandelt die Probleme

1) F. Wöpcke, L'algèbre d'Omar Al Khayyâmî p. 56. Paris, B. Duprat. 1851.

2) L'Ottica di Claudio Tolomeo von G. Govi. Turin 1885.

3) V. Rose, Anecdota graeca. 2. Berlin, Dümmler, 1870. p. 290 und 315.

immer wesentlich mit Rücksicht auf die Bilder, welche an Spiegeln entstehen, gerade wie das bei der Optik des Alhazen der Fall ist. Den optischen Täuschungen »Fallaciis« wird die Hauptaufmerksamkeit geschenkt.

Indess finden wir am Schluss der Katoptrik des Euklid die älteste Angabe über die Lage des Brennpunktes. Es heisst dort Theorem 31: Von Hohlspiegeln, die der Sonne gegenüber aufgestellt werden, wird Feuer entzündet.

Zunächst wird von zwei Strahlen, die von einem Punkte der Sonne ausgehen, der auf einem verlängerten Radius des Hohlspiegels gelegen ist, und die zu diesem auf beiden Seiten symmetrisch liegen, gezeigt, dass sie sich in einem Punkte der Axe vereinen, der zwischen Mittelpunkt und Spiegel gelegen ist. Damit wäre der Anfang für eine richtige Theorie des Brennpunktes gegeben gewesen. Diese Entwicklung wird aber nicht weiter fortgeführt, sondern offenbar anknüpfend an die ganzen früheren Entwicklungen über die Lage von Bildern, werden die von den verschiedenen Punkten der Sonnenscheibe ausgehenden Strahlen betrachtet, die durch den Mittelpunkt gehen, und gezeigt, dass alle diese Strahlen nach der Reflexion sich in dem Mittelpunkt schneiden und daher dieser als der Brennpunkt aufgefasst. In dem früher betrachteten Punkt würden sich auch streng genommen nur zwei von einem Punkte ausgehende Strahlen schneiden, Euklid oder wer sonst der Verf. sein mag, beachtet eben nicht, dass alle von den verschiedenen Punkten ausgehenden Strahlen, die auf einen Punkt des Spiegels fallen, als parallel zu betrachten sind (vgl. oben). Ich glaube aber nicht, dass der hier von dem Verf. begangene Irrthum ein Argument gegen die Autorschaft Euklid's abgeben kann, da die Schlussweise an sich durchaus richtig ist.

Eine Schrift über Brennspiegel ist uns von Diokles bekannt, das Werk selbst ist bis auf wenige in Schriften des Eutokius aufbewahrte Fragmente verloren gegangen¹⁾. Es soll sich eine arabische Uebersetzung im Escorial²⁾ finden, von der freilich Heiberg wohl mit Recht meint, dass sie nur die betreffenden Fragmente enthalte. Indess wissen wir, dass die Araber eine Schrift des Diokles über Brennspiegel kannten,

1) Archimedis opera ed. Heiberg 3. p. 78. 152. 188; Lipsiae, Teubner, 1881.

2) M. Casiri, Bibliotheca arabico-hispana Escorialensis 1. p. 382.

seine Schrift wird von Mohammed Ibn Ibrahim Ibn Said al Ansari als eine der besten ihrer Art bezeichnet, und von ihm bemerkt, Diokles habe die Brennspiegel auf einen hohen Grad vervollkommnet.

Der mathematische Apparat, der in den von Heiberg herausgegebenen Fragmenten des Diokles enthalten ist, ist übrigens ein so complicirter, dass man wohl schliessen kann, dass die von ihm behandelten Probleme schon ziemlich schwierige waren.

Das Wesentliche für die uns interessirende Frage ist aus dem Alterthum in einem Fragmentum mathematicum Bobiense enthalten, das nacheinander von Belger¹⁾, Wachsmuth und Cantor²⁾ und Heiberg³⁾ behandelt worden ist, sowie in einem von Westermann⁴⁾ herausgegebenen Anthemiusfragment.

Aus diesen Bruchstücken geht hervor, dass die Alten schon die Eigenschaft der parabolischen Brennspiegel kannten, die Sonnenstrahlen in einem Punkte zu vereinen, und dieselbe wohl auch schon zu diesem Zweck benutzt haben. Der am Schluss des Fragmentum Bobiense sich auf sphärische Hohlspiegel beziehende Abschnitt weicht aber in Fassung und Art der Behandlung weit von der arabischen Darstellung ab.

Er spricht im Wesentlichen das Folgende aus. Wir haben einen sphärischen Hohlspiegel, dessen Axe nach der Sonne gerichtet ist, ihr Pol sei B , wir construiren in denselben die Seite des eingeschriebenen Quadrates, die senkrecht zur Axe steht. Sie schneide die Axe in dem Punkte E , den Kreis in den Punkten A und G . Alle Strahlen, die auf dem Kreisbogen BG reflectirt werden, treffen die Axe in Punkten, die zwischen E und dem Halbirungspunkt des Radius liegen.

Dies würde in gewisser Hinsicht mit dem oben angeführten Resultat Ibn al Haiṭam's übereinstimmen, nur dass bei ihm die Sache viel allgemeiner gefasst ist.

Wir sehen also gegenüber den uns aus der Zeit der Griechen bekannten Thatsachen von den Arabern in der Lehre von den Brennspiegeln Fortschritte gemacht. Nicht ausgeschlossen ist natürlich, dass nicht noch Schriften der Griechen

1) Chr. Belger, Hermes. 16. p. 261. 1881.

2) C. Wachsmuth und M. Cantor, Hermes. 16. p. 627. 1881.

3) J. L. Heiberg, Schlömilch 2. S. 28. Histor. Abthlg. p. 121. 1883.

4) Westermann, *Παραδοξόγραμμα*. p. 157. Brunsvigae 1839.
G. Westermann.

gefunden werden, aus denen ersichtlich ist, dass sie den Arabern noch weiter vorgearbeitet haben, es scheint dies sogar nach den Bemerkungen Ibn al Haiṭam's, in der Schrift über parabolische Hohlspiegel wahrscheinlich. Jedenfalls lehren die umfangreichen Schriften desselben, dass er mit äusserster Energie die früheren Errungenschaften zu durchdringen suchte und dieselben durch neue und neue Beweise, durch Erweiterung auf verschiedene Probleme zu einem sicheren Ergebniss der Wissenschaft machen wollte.

6. Für uns das Wichtigste ist, dass das Abendland aus den beiden Tractaten des Ibn al Haiṭam jedenfalls einen grossen Theil, wenn nicht seine ganze Kenntniss von dem Wesen der Brennspiegel geschöpft und nicht direct aus den griechischen Quellen.

Die Schrift über die parabolischen Hohlspiegel ist schon früh aus dem Arabischen in das Lateinische übersetzt worden. Hr. Heiberg hat in einer von Hrn. V. Rose in Rom aufgefundenen Handschrift das Autograph dieser Uebersetzung von Wilhelm von Morbeck¹⁾ erkannt. Dieselbe ist in einer Reihe von späteren Handschriften in verschiedenen Bibliotheken vorhanden.

Von besonderem Interesse ist für uns auch, dass Wilhelm von Morbeck ein naher Freund des Optikers Vitello (Witelo) ist, der von ihm in der Vorrede zu seiner Optik²⁾ spricht. Dort heisst er in der gedruckten Ausgabe Guilelmus de Morbeta. Witelo hat, wie schon bisher bekannt, einen grossen Theil seiner Kenntnisse aus der grossen Optik Ibn al Haiṭam's geschöpft; die neuen Durchforschungen Ibn al Haiṭam's lassen uns aber erkennen, dass auch noch andere Theile seiner Schrift jedenfalls unter arabischem Einfluss entstanden sind.

1) Dieser Wilhelm von Morbeck hat eine grosse Anzahl arabischer naturwissenschaftlicher Arbeiten in das Lateinische übersetzt, aus denen die Gelehrten des Mittelalters eine Fülle von Anregung geschöpft haben. Seine Uebersetzungen sind durchaus nicht schlecht, wie sich an der Schrift über die parabolischen Hohlspiegel kontrolliren lässt, trotzdem ihm Roger Baco den Vorwurf macht, *omnes translationes factas promisit immutare et novas cudere varias, sed eas vidimus et scimus esse omnino erroneas et vitandas* (Roger Baco, *opera inedita* edidit Brewer, London 1859. 1. p. 472).

2) *Vitellonis Opticae libri decem instaurati etc.* a. F. Risner Basiliae.

Die lateinische Uebersetzung der Parabolischen Hohlspiegel hat mir in der Abschrift des Hrn. Heiberg vorgelegen, eine Vergleichung mit dem arabischen Original hat eine vollständige Uebereinstimmung beider gezeigt. Sie trägt noch manche Spuren ihres arabischen Ursprunges, die Parabel wird Mukefi genannt. Auch sonst kommen zum Theil verderbte arabische Worte vor. Eine Publication der lateinischen Uebersetzung von Hrn. Heiberg wird später erfolgen. In den Ueberschriften oder Randbemerkungen der verschiedenen Handschriften wird sie verschiedenen Verfassern zugeschrieben¹⁾. Die Vergleichung mit dem arabischen Original löst natürlich jeden Zweifel.

Eine abgekürzte Redaction unserer Schrift finden wir in der Schrift: *Antiqui scriptoris libellus de speculo comburenti concavitatis parabolae*²⁾, von der schon der Herausgeber vermuthet, dass sie arabischen Ursprungs sei. Sie enthält einen Auszug aus der Einleitung des Originals und die vier Propositionen; dagegen fehlt die Beschreibung der Vorrichtung zur Herstellung des Spiegels. Dieselbe ist sehr selten. Ich verdanke den Bemühungen des Hrn. Pater Delsaux in Löwen die Auffindung eines Exemplars derselben in der dortigen Bibliothek, wofür ich ihm den besten Dank sage.

Ein Schriftchen ähnlichen Inhalts findet sich nach Hrn. Heiberg unter anderen Abhandlungen in dem Cod. 206 der Bibliotheca Veronensis capitularis.

Wir finden Ibn al Haiṭam's Betrachtungen wieder in den letzten Abschnitten des achten Buches der Optik von Witelo, wo von den parabolischen Hohlspiegeln die Rede ist.

Unsere Schrift wird vielfach im Mittelalter benutzt und erwähnt, so von Johannes Peckham, Erzbischof von Canterbury, 1228—1291 (*Perspectiva communis* lib. II. Prop. 54), der von Concavspiegeln spricht, die nach der im Buch über Brennspiegel angegebenen Methode hergestellt sind und die alle Strahlen in einen Punkt vereinen.

Am ausführlichsten behandelt Roger Baco den parabolischen Hohlspiegel am Schluss seiner Schrift *De speculis*³⁾ p. 202, die sich wohl ganz auf arabische Quellen stützt.

1) vgl. z. B. M. Curze, Schlömilch z. S. 28. Hist. Abth. p. 12. 1883. M. Steinschneider, *ibid.* p. 104. 1886.

2) Die Schrift ist zusammen mit der Uebersetzung des Opus quadripartitum von Ptolemäus und einer Abhandlung de Sectione Conica von A. Gogava Graviensis in Löwen 1548 gedruckt.

3) Diese Schrift ist angehängt an die *Perspectiva*, herausgegeben von Combach.

Darauf weist schon das Vorkommen des Wortes Mukefi hin, die Beschreibung der Herstellung des Spiegels ist analog der arabischen. Ebenso wie die Araber beschreibt er die aus einem ganzen Paraboloid und einem Ringe eines solchen gebildeten Spiegel. Der ganze Charakter der Schrift Baco's ist aber ein anderer. Man fühlt, wie gleichsam der Stoff, mit dem seine Vorgänger zu ringen hatten, ihm schon ein vertrauter ist. Roger Baco erwähnt auch sonst die Schrift¹⁾, so in *Specula mathematica distinctio 2, cap. 2 ed. Combach p. 20 bis 21. Opus tertium cap. 36 edit. Brewer. p. 116.*

Auf Baco stützten sich dann die späteren Forscher Europas.

Cardanus²⁾ kennt die Spiegel auf Grund von Nachrichten, die ihm aus Schriften des Maurolycus durch eine Notiz bei Conradin Gessner bekannt geworden sind, weiter beschreibt dieselben sehr ausführlich J. B. Porta in seiner *Magia naturalis.*

Regiomontanus berichtet in seinem Schreiben an M. Christianus: »Ich besitze einen ringförmigen, aus einem parabolischen Stück gefertigten archimedischen Spiegel, dessen grösserer Umfang etwa fünf Fuss, dessen kleinerer Umfang drei Fuss und dessen Tiefe zwei Fuss beträgt. Bei diesem Spiegel liegt der Brennpunkt etwa einen Fuss hinter der kleineren kreisförmigen Oeffnung«³⁾.

Ebenso wie für die parabolischen Hohlspiegel die Arbeiten Ibn al Haiṭam's dem Abendland als Ausgangspunkt dienten, so waren sie es auch für die sphärischen.

Freilich kennen wir hier keine Uebersetzung der Schrift über die sphärischen Hohlspiegel, wir sehen aber überall ihren Einfluss hervortreten. So steht Roger Baco, dem man gewöhnlich die Entdeckung der Längsabweichung⁴⁾ zuschreibt, auf

1) Auf die so schwierige Frage nach der Zusammengehörigkeit der verschiedenen Theile der einzelnen Schriften Baco's einzugehen, ist hier nicht der Ort. Vgl. hierzu E. Charles, R. Bacon. Bordeaux, Gounoui Chou 1861. In späterer Zeit werden parabolische Hohlspiegel noch oft erwähnt.

2) Cardanus, *De Subtilitate* lib. 4.

3) J. E. Müller, *Auserlesene mathematische Bibliothek.* Nürnberg 1820. p. 4.

4) Dass nur die von einem Kreise reflectirten Strahlen in einem Punkt der Axe sich schneiden, finden wir bei Roger Baco ausser in seiner Schrift *De speculis* vermerkt in *Specula mathematica distinctio 2. cap. 2. ed. Combach p. 20.* Die Thatsache wird weiter erwähnt von Johannes Peckham (*Perspectiva communis* lib. 2. prop. 54), ebenso bei Maurolycus *de lumine et umbra* theorema 35.

den Schultern seiner arabischen Vorgänger. Er vergleicht auf das Eingehendste die Stärke der Wärme in dem Mittelpunkt eines Spiegels, der nach Euklid den Brennpunkt darstellt, und in dem wirklichen Brennpunkt, wie er sich unter zu Grundlegung der Ansicht ergibt, dass alle Strahlen, die von der Sonne kommen, von einem Punkte des Spiegels wie ein einziger Strahl reflectirt werden. Hier zeigt sich der Unterschied des rein geometrisch denkenden Ibn al Haiṭam und des auch selbstständig philosophisch forschenden Roger Baco, der höhere Gesichtspunkte in die Betrachtung einzuführen sucht.

Wítelo bespricht die sphärischen Brennspiegel lib. 8. prop. 68 und lib. 9. prop, 37; an beiden Stellen lassen sich Beziehungen zu unserer arabischen Schrift erkennen.

Sehr eigenthümlich ist, dass weit später Joh. Bap. Porta¹⁾ (1538—1615) genau wie Ibn al Haiṭam verfährt, da, wo er die Orte, nach denen die Sonnenstrahlen bei einem sphärischen Hohlspiegel reflectirt werden aufsucht.

Es werden die Strahlen, die im Abstand der Seite eines regelmässigen Sechsecks und Achtecks vom Pol den Kreis treffen, untersucht, für die Strahlen, die mehr als die Seite eines Sechsecks vom Pol abstehen, gezeigt, dass sie ausserhalb der Kugel die Axe treffen, der Satz aufgestellt, dass je kleiner der Abstand des Einfallspunktes des Strahles von dem Pol ist, er umso näher nach dem Mittelpunkt reflectirt wird, und dass keine Linie bei dem Hohlspiegel nach einem Punkte reflectirt wird, der mehr als $\frac{1}{4}$ des Durchmessers vom Pol absteht, etc. Es lässt diese Uebereinstimmung fast mit Sicherheit vermuthen, dass Porta die Schrift Ibn al Haiṭam's gekannt. Die rückwärts brennenden Spiegel bespricht er in der *Magia naturalis*.

7. Zum Schluss noch eine kleine Bemerkung, welche die Frage, ob Roger Baco Teleskope mit Linsen gekannt habe, und ob man überhaupt aus seinen Schriften auf etwas Derartiges schliessen kann, lösen dürfte.

Hierauf bezügliche Stellen finden sich in seinem Briefe *De secretis operibus artis et naturae et de nullitate magiae*. Cap. V.²⁾ und im *Opus minus*³⁾. Er spricht 1) zunächst von »perspicua specula«, die dazu dienen, ein Ding mehrfach er-

1) *De refractione* lib. II. prop. I.

2) R. Baco, *Opera* ed. Brewer p. 536.

3) *ibid.* p. 116.

scheinen zu lassen, dann 2) man kann auch *perspicua* bilden, sodass sehr weit entfernte Dinge sehr nahe und umgekehrt erscheinen, sodass wir aus unglaublicher Entfernung die kleinsten Buchstaben lesen können. So soll Julius Cäsar von der Küste Galliens aus durch ungeheure Spiegel (*specula*) die Ausdehnung und Lage der Lager und Städte Britanniens erkannt haben

3) Zu den höheren Aufgaben der Herstellung gehört, dass durch verschiedene Bildungen (*figuratione*) und Reflexionen die Strahlen in jeder beliebigen Entfernung vereint werden, sodass sie jeden ihnen entgegen gehaltenen Gegenstand verbrennen. Dies beweisen die nach vorn und rückwärts brennenden Spiegel (*comburentia perspicua*), wie es zuverlässige Verfasser in ihren Werken beschreiben.

Der erste Abschnitt soll nach dem Herausgeber Hrn. Brewer von *magic mirrors*, der zweite von *glasses of different focal powers*, der dritte von *burning glasses* handeln.

Gerade der dritte mit den nach vorn und rückwärts brennenden Spiegeln, zeigt deutlich, dass hier *perspicua* als Spiegel zu fassen ist. (Hr. Brewer hat denselben Irrthum begangen bei der Uebersetzung aus dem Lateinischen, wie Hr. Loth bei der aus dem Arabischen). Gerade wie das arabische Wort für Spiegel ein Instrument zum Sehen bedeutet, so ist dies auch hier mit *perspicuum* der Fall.

Roger Baco hat danach weder Teleskope mit Linsen gekannt, noch geahnt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1889-1891

Band/Volume: [23](#)

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

Artikel/Article: [Zur Geschichte der Brennspiegel. 5-21](#)