

II.

*Die Optik des Ptolemäus,
verglichen mit der Euclid's, Alhazen's und
Vitellio's,*

VON

DE LAMBRE, Secr. d. math. Kl. d. Inst.

(Vorgel. im Inst. im Oct. 1811)

Frei bearbeitet von Gilbert *).

Herr von Humboldt war durch seine Untersuchungen über die Strahlenbrechung in der Atmosphäre, welche der Leser dieser Annalen J. 1809 N. F. B. 1. S. 537. gefunden hat, veranlaßt worden, bei den Alten nachzusehn, ob ihnen dieses Phänomen ganz unbekannt geblieben sey. Er fand zuerst in einer Stelle des Sextus Empiricus, daß sie eine der offenbarsten Folgen der astronomischen Strahlenbrechung, nämlich das frühere Aufgehn und spätere Untergehn der Sterne, bemerkt hatten. Die gewöhnliche Meinung ist, Ptolemäus Optik, worin von der astronomischen Strahlenbrechung geredet werde, sey verloren gegangen; Hr. von Humboldt fand aber in der

*) Nach der *Bibl. brit.* Nov. 1811.

Mécanique céleste des Hrn. La Place die Optik des Ptolemäus, nach einem lateinischen Manuscripte auf der kaiserl. Bibliothek, mit einigem Lobe erwähnt; dieses Manuscript verschaffte er sich, und wandte sich an Hrn. Delambre, als an den Sachverständigsten, mit der Bitte, dieses Manuscript genauer zu untersuchen. Auf diese Art ist die interessante Notiz entstanden, welche der Verfasser in einer der öffentlichen Sitzungen des Instituts vorgelesen hat.

Hr. Delambre berichtet zuerst zwei Stellen in Montucla's Geschichte der Mathematik, 2te Ausgabe Th. I. S. 312 f., in welchen „von Ptolemäus Optik, als von dem vollständigsten optischen Werke der Alten. das aber verloren sey,“ gesprochen, und von dem Araber Alhazen gesagt wird, „man vermüthe mit Recht, obschon er es läugne, daß er fast seine ganze Optik aus dem Ptolemäus entlehnt habe.“

Hr. Delambre bemerkt hiergegen, Alhazen nenne in seinem Werke den Ptolemäus nicht ein einziges Mal. Er glaube nicht nur, Alhazen habe nichts aus Ptolemäus Optik entlehnt, sondern dieses Werk nicht einmal gekannt, und nur einige optische Grundsätze, die sich sehr wohl durch Tradition von Ptolemäus bis auf ihn können fortgepflanzt haben. Vitellio sey dagegen offenbar ein Schüler des Alhazen, denn er bekenne es selbst, obschon er es vorher geläugnet

habe; überdies sey sein Werk eine Art von Abguß von dem des Arabers *).

Einen ziemlich guten Grund, warum die Gestirne an dem Horizonte gröfser als in der Höhe zu seyn scheinen, weil man nämlich Gegenstände zwischen sich und sie wahrnimmt, und sie entfernter glaubt, schreibt Baco und nach ihm auch Montucla dem Ptolemäus zu. Hr. Delambre hat davon bei dem Ptolemäus nichts gefunden, wohl aber in Alhazen's Optik, mit einer nicht bedeutenden Verschiedenheit.

Ptolemäus Optik wird weder von Ricciolus erwähnt, der alle Schriftsteller nennt, welche vor ihm von der astronomischen Strahlenbrechung geredet haben, noch von Kircher, der Vitellio's Refractions-Tafeln für Glas und Wasser giebt; noch von Kepler, obgleich er in seinen *Paralipomenis in Vitellionem* Euclid, Alhazen und Vitellio widerlegt; und Bailly und La Lande sprechen von ihr bloß nach Montucla. Herr La Place scheint daher der einzige gewesen zu seyn, der seit Baco's Zeiten von Ptolemäus Optik etwas gewußt hat **).

*) Alhazen, von dem man weiter nichts weiß, soll im 12ten Jahrhundert gelebt, und Vitellio; aus Polen gebürtig, seine Optik im J. 1270 vollendet haben. G.

**) Kästner sagt in seiner Geschichte der Mathemat. B. 2. S. 237: „Des Claudius Ptolemäus Werk von der Optik führen spätere Schriftsteller häufig an. Jetzt hat man es nicht mehr. Seinen Titel: *Ὀπτική πραγματεία*, giebt aus Anführungen griechischer Schriftsteller Fabricius, *Bibl. Graec.* I. 4. c. 14. §. 14.“ Gilbert.

Die kaiserliche Bibliothek besitzt zwei Manuscripte der lateinischen Uebersetzung; eine dieser Handschriften ist von Hrn. Delambre untersucht worden. Sie enthält 211 Seiten in Quarto. Auf der ersten Seite steht: *Incipit liber PTHOLEMAEI de optica; sive de aspectibus, translatus ab Ammiraco Eugenio siculo.* Das TH ist ein Fehler des Abschreibers, welcher z. B. stets *chylin-drus* schreibt. Von dem hier genannten Uebersetzer weiß man nichts. Biographen erwähnen einen Neapolitanischen Edelmann Ammirato, der im 16ten Jahrhunderte lebte, sagen aber nicht, daß er Arabisch und Mathematik verstanden habe.

Die Uebersetzung ist voller Lücken. Das erste Buch fehlt ganz, weil es in den beiden arabischen Exemplaren mangelte, die der Uebersetzer vor Augen hatte; eben so fehlt das Ende des fünften Buchs. Es fehlen ferner eine Menge Worte, welche der Abschreiber offen gelassen hat, und die oft schwer zu ergänzen sind; auch sind die Figuren und die nachweisenden Buchstaben häufig nicht dem gemäß, was in dem Texte steht. Nach Montucla besitzt die Bodleische Bibliothek zu Oxford eine lateinische Uebersetzung der Optik des Ptolemäus in Manuscript, welche den Titel hat: *Ptolemaei opti-corum sermones quinque, ex arabico latine versi.* Dieser Titel scheint eine Vollständigkeit zu versprechen, welche den Pariser Manuscripten fehlt *). „Man hat uns Hoffnung gemacht, sagt Hr. Delambre, eine Uebersetzung

der Optik des Ptolemäus von Herrn Cauffin, dem gelehrten Uebersetzer des Ebn Junis, zu erhalten; seitdem ich aber das MS. gelesen habe, fürchte ich, die Schwierigkeiten aller Art, mit denen er zu kämpfen haben würde, werden ihn von diesem Voratz abbringen, es sey denn, man entdecke ein arabisches oder griechisches MS., welches bis jetzt unbekannt geblieben ist, oder das Oxforder MS. sey brauchbarer **).

*) Der unter dem Namen Regiomontan berühmte, in Nürnberg lebende Astronom des Mittelalters, welcher 1476 zu Rom starb, wollte, dem von seinem Schüler Tannstedter bekannt gemachten Verzeichnisse zu Folge, unter andern Büchern auch herausgeben folgende beide: *Perspectiva Vitellionis, opus ingens et nobile* und *Perspectiva Ptolemaei* (Weidler Hist. Astron. p. 311). In der Nürnberger Ausgabe der *Perspectiva communis* des Engländers John Peccam, Erzbischofs zu Canterbury, vom J. 1542, sagt der Herausgeber Georg Hartmann in der vorgelesenen Zufchrift (Kästner's Gesch. d. Math. B. 2. S. 264): „Regiomontan habe des Ptolemäus optische Bücher herausgeben wollen, davon sey aber nichts erschienen, und sie fanden sich nicht in R. Verlassenschaft; Ptolemäus handle seinen Gegenstand in fünf Büchern ab: 1) Licht und Sehen; 2) sichtbare Sachen, wie sie erscheinen; 3) ebne und erhabne Spiegel; 4) hohle Spiegel und Zusammenfassung von mehreren Spiegeln; 5) Strahlenbrechung; *Argumentum tanti operis habemus, quod tamen, quia unicum habemus exemplum, non ausi sumus propter eius depravationem publicare.*“

Gilbert.

**) In der untersuchten Handschrift findet sich auch: Eine kleine Abhandlung von 22 Seiten *de Ponderibus*, welche dem Euclid zugeschrieben wird. Der Mangel fast aller Figuren und der diffuse und verwickelte Styl lassen es sehr bezweifeln, daß sie wirklich von Euclid herrühre; sie han-

Ptolemäus Optik ist in 5 Bücher oder Discurse (*sermones*, *βιβλία*) getheilt, und jedes der folgenden fängt mit einer Wiederholung dessen an, was in dem vorhergehenden enthalten ist. Aus dem Anfange des zweiten Buchs sehn wir, daß das *erste Buch*, welches fehlt, von den Beziehungen handelt, worin das Licht und das Organ des Sehens zu einander stehn, von ihrer Aehnlichkeit und ihrer Verschiedenheit; unstreitig eine philosophischste Abhandlung im Geiste des Aristoteles und der Gelehrten seiner Schule

Die griechischen Philosophen machten sich größtentheils eine sehr sonderbare Vorstellung von der Art, wie das *Sehen* vor sich geht. Einige sagten, wie wir, es gingen von jedem Punkte eines leuchtenden oder erleuchteten Gegenstandes unaufhörlich Strahlen aus, und wenn diese das Auge trafen, ent-

delt von den Gewichten und den Hebeln, und ist sehr oberflächlich. Noch folgt unter demselben Titel und unter dem Namen Eratosthenes eine Art von Commentar dieser Abhandlung, welcher nichts als den Beweis enthält, daß im Zustande des Gleichgewichts die Gewichte den Entfernungen vom Unterstützungspunkte des Hebels verkehrt proportional sind. Zuletzt findet sich noch das Buch *de crepusculis*, *Abhoma di malsegeir*. Folgendes sind die hauptsächlichsten Begriffe, welche man darin findet: Die Morgendämmerung entsteht vom Lichte der Sonne, die steigt, die Abenddämmerung vom Lichte der Sonne, die sinkt; die Farbe in Osten ist weiß, in Westen röthlich. Von Anfang der Morgendämmerung bis zum Aufgehn der Sonne geht viel längere Zeit hin, als vom Untergange der Sonne bis Ende der Dämmerung. Auf Bergen und auf Ebenen fängt die Dämmerung an, wenn die Sonne 13° unter dem Horizonte ist. *Delambre.*

stehe die Empfindung des Sehens; eine Meinung, welche Euclid, oder der Schriftsteller, der unter seinem Namen geschrieben hat, im ersten Kapitel förmlich zu widerlegen unternimmt. Die andern behaupteten, der Gesichtsstrahl *gehe vom Auge aus nach gerader Linie, bis er auf ein Hinderniß stosse*. Wenn dieses undurchdringlich sey, so werde er zurückgeworfen, so daß er einen gleichen Winkel wie zuvor mit dem Einfallslothe mache. Wenn der Körper dagegen von ihm durchdringbar, also durchsichtig sey, gehe der Lichtstrahl hindurch und nehme die Farbe dieses Mittels an. Träte der Gesichtsstrahl aus einem dünnern in ein dichteres Mittel, z. B. aus Luft in Wasser oder Glas, so näherte der Strahl sich dem Lothe, neige sich nach demselben, und ergreife den Gegenstand, auf den er stosse, in dieser neuen Richtung. Das Entgegengesetzte geschehe beim Uebergehn des Strahls aus einem dichteren in ein dünneres Mittel. Diese Vorstellungen, bemerkt Herr Delambre, gehn über Ptolemäus Zeit hinaus, denn sie finden sich größtentheils schon bei Cleomedes, der hundert Jahr vor Ptolemäus lebte. Ptolemäus setzt sie überall voraus, und spricht von ihnen als von einer zugegebenen Sache, die keines Beweises weiter bedarf. — Nach Euclid bilden die Gesichtsstrahlen einen Kegel, dessen Spitze im Auge und dessen Grundfläche auf dem Gegenstande ist. Nach Ptolemäus sind sie eine Pyramide. Die Vorstellung ist

dieselbe; die Benennung hängt von der Figur ab, welche man der sichtbaren Grundfläche giebt.

Im zweiten *Buche* fängt Ptolemäus an, als ein Metaphysiker über das Sehen zu philosophiren. Das Gesicht lehrt uns die Körper ihrer Größe, Farbe und Figur nach, auch die Bewegung und die Ruhe kennen, das alles aber nur mittelst etwas lichte(m) (*lucidum*) und mittelst etwas, das das Hindurchdringen verhindert. Die Dinge, welche man sieht, unterscheidet er in *wahre* und *nicht wahre*; die erstern sind die leuchtenden Körper; die, welche man zuerst oder später (*primo* aut *sequenter*) sieht; erstere sind die, welche Farben, die andern alle, welche keine Farben haben. Wenn diese Dinge weder Dichtigkeit noch Farben haben, lehrt das Gesicht sie uns nicht als Körper kennen. Die Dunkelheit läßt sich nicht sehn, man kennt sie blos durch Privation. Ptolemäus sucht dann geometrisch die Umstände auf, welche die Einheit der Bilder im Sehen, oder die Zweifacheit derselben beim natürlichen oder künstlichen Schielen (*strabisme*) hervorbringen. Von allem dem kömmt nichts bei Euclid vor; Alhazen aber hat diesen Gegenstand mit mehr Ordnung und auf eine andre Art behandelt.

Das, was dieses zweite Buch ferner enthält, ist eine ganz merkwürdige Mischung richtiger und sonderbarer Vorstellungen. Einige derselben mögen hier zum Beispiele stehn: „Die Größe des Gesichtswinkels ist die Hauptursache der Größe,

welche man einem Gegenstande zuschreibt: Die wahre Entfernung oder die, welche man annimmt, kann unser Urtheil über sie modificiren.“ — „Daß Einige besser als Andere sehn, kömmt von einer größern Sehekraft (*vertu visuelle*) her, welche, wie alle Fähigkeiten, bei den Greisen kleiner ist.“ — Die, welche *hohle* Augen haben, sehn in kleineren Entfernungen, als die andern“ (offenbar ein Fehler des Abschreibers). — „Der Mond hat eine ihm eigne Farbe, welche man nur in den Mondfinsternissen wahrnehmen kann.“ Dieselbe Behauptung findet sich in Ptolemäus *Almagest* und in Theon's *Commentar*. — „Die Gegenstände, welche man durch Zurückwerfung sieht, nehmen etwas von der Farbe des Spiegels an, so wie die, welche man durch ein durchsichtiges Mittel hindurch sieht, etwas von der Farbe dieses Mittels.“

„Die Luft, in der wir uns befinden, ist stärker gefärbt, als die obere Luft, wegen der Ausdünstungen, die von der Erde aufsteigen; das Licht geht leichter durch sie hindurch, als durch Wasser; unser Sehen dringt leichter durch sie hindurch. Daher kömmt es, daß wir den Himmel in einer Farbe zu sehn glauben, die ihm mit den Ausdünstungen gemein ist. Dasselbe findet für alle ausgedehnte Gegenstände und in den *Flüssigkeiten* Statt, welche wenig Dichtigkeit haben, und entfernter sind als die Luft, in der wir uns befinden. Die große Dünnhheit schwächt die Wahrnehmung derselben, obgleich das dazwischen liegende Licht nicht

verhindert, daß man sie gewahr wird, wie bei den Sternen; die man sieht, wenn das Auge sich an einem dunkeln Orte befindet; und die man neben keinem ausgedehnten Gegenstande wahrnimmt; indels das Auge, wenn es im Hellen ist, die Sterne wegen des dazwischen liegenden Lichtes nicht sieht.“ — „Die Sonne und der Mond scheinen uns wegen ihrer Helligkeit nahe zu seyn, aber der Geist sieht ein; daß der Himmel höher ist, als die andern Oerter: er macht einen falschen Schluß, und hält eine Sache für wahr, die blos scheinbar ist. Er glaubt, daß eine Sache, welche ihm die letzte zu seyn scheint, größer sey, als diejenige, welche wirklich entfernter und größer ist.“

Das ganze dritte Buch beschäftigt sich mit der Wirkung der Spiegel; und man findet darin Klarheit und Dunkelheit, Wahrheit und Irrthum eben so untereinander gemengt, als in den eben gegebenen Proben. Ganz am unrichten Orte findet sich hier folgende Erklärung, warum die Sterne am Horizonte größer zu seyn scheinen: wegen der Montucla dem Ptolemäus mehr Ehre zukommen läßt, als ihm zu gebühren scheint: „Aus dem Vorhergehenden scheint zu folgen, daß von Gegenständen, die am Himmel sind und unter einerlei Winkeln gesehen werden, die dem Zenith näher stehenden kleiner erscheinen müssen. Die nahe am Horizonte erscheinen anders (d. h. größer), weil man sie auf eine Art sieht, an die wir nicht gewöhnt sind. Die höhern Gegenstände

„werden auf eine wenig gewöhnliche Art und mit „Schwierigkeit der Action geschehn.“ Nach Ptolemäus liegt es also an der ungewohnten Stellung des Beobachters, daß er den Mond am Zenith kleiner als am Horizonte sieht.

Das *vierte Buch* handelt von den Hohlspiegeln, von Spiegeln, die aus einem ebenen und einem hohlen, oder aus einem convexen und einem concaven zusammengesetzt sind, und von Pyramidal-Spiegeln mit kreisförmiger oder vielseitiger Grundfläche.

Nach diesen vier ersten Büchern zu urtheilen, steht die Optik des Ptolemäus der des Alhazen, nach Hrn. Delambre, weit nach. Der Araber hat weit mehrere Materien behandelt, und ist zwar ebenfalls nicht frei von Fehlern, war aber doch unflireitig gelehrter und mehr Mathematiker, als Ptolemäus. Alhazen widerlegt die Theorie der Griechen vom Sehen, und ist der Meinung, daß die Strahlen, welche das Sehen bewirken, von den Gegenständen in das Auge kommen. Dieses Organ beschreibt er anatomisch, und sieht sich dadurch in dem Stand, die Einheit des Bildes, wenn man den Gegenstand mit beiden Augen sieht, viel besser als Ptolemäus zu erklären. Ptolemäus handelt nur von drei Arten von Spiegeln, Alhazen beschreibt ihrer sieben. Die Aufgabe, auf einem Kugelspiegel den Punkt der Zurückwerfung zu finden, wenn der

Ort des Auges und der des Gegenstandes gegeben ist, kümmert zuerst bei ihm vor; Ptolemäus begnügt sich, im Allgemeinen anzugeben, ob das Bild vor oder hinter dem Auge oder dem Spiegel ist, ohne je den Ort desselben genau zu bestimmen. Bei Montucla wird diese Aufgabe mit Unrecht dem Ptolemäus beigelegt.

Das *fünfte Buch* ist nach Hrn. Delambre das merkwürdigste und das am wenigsten unverständliche. Ptolemäus hat es darin mit den vornehmsten Erscheinungen der Strahlenbrechung zu thun. Man findet darin, sagt Hr. Delambre, gut angestellte physikalische Versuche, welches bei den Alten ohne Beispiel ist. Ptolemäus Theorie der Strahlenbrechung ist vollständiger, als die aller Schriftsteller vor Caffini, Tycho selbst nicht ausgenommen, der noch glaubte, die astronomische Strahlenbrechung werde von den Dünsten in der Luft hervorgebracht, und höre auf in einer Höhe von 45° . Ptolemäus fängt mit dem bekannten Versuch mit einer Münze an, die so in einem Gefäße liegt, daß der Rand sie zu sehn hindert, und die sichtbar wird, sobald man das Gefäß voll Wasser gießt. Um die Winkelgröße zu messen, um welche der Strahl gebrochen wird, bedient sich Ptolemäus eines in 360° eingetheilten Kreises, den er senkrecht in das Wasser stellt, so daß der Mittelpunkt desselben, in welchem ein farbiges Stifchen

(*mire*) befestigt ist, sich an der Oberfläche des Wassers befindet. Der Kreis hat zwei Indices, von denen der eine längs des eingetauchten, der andere längs des über dem Wasser befindlichen Halbkreises beweglich ist. Er stellt den erstern in einer beliebigen Entfernung von dem senkrechten Durchmesser, und verschiebt den letztern, bis der Gesichtsstrahl durch beide Indices und das Stifftchen im Mittelpunkte geht. Dann liest er nach, wie viel Theile der Eintheilung die Bogen enthalten, welche zwischen dem senkrechten Durchmesser und jedem der Indices enthalten sind. Auf diese Weise hat Ptolemäus seine Tafel der Brechungswinkel im Wasser für die verschiednen Einfallswinkel, von 10 zu 10 Graden bis 80 Grad, zu Stande gebracht. Da sein Instrument nur in Grade eingetheilt war, so können freilich seine Resultate nicht sehr genau seyn. Mit demselben Apparate läßt sich die Brechung der Strahlen aus Glas in Luft bestimmen; Ptolemäus giebt für alle Winkel in der Luft von 10 zu 10 Graden die ihnen entsprechenden Winkel im Glase. Endlich hat er auch die Brechung aus Glas in Wasser bestimmt. Diese seine Resultate wird man verglichen finden.

Er wendet sich darauf zu der *astronomischen Strahlenbrechung*, welche er der Verschiedenheit der Dichtigkeit des Aethers und der Luft zuschreibt. Dafs sie vorhanden ist, beweist er *erstens* daraus, dafs die Sterne beim Auf- und Untergehn dem

Nordpole näher sind, als wenn sie durch die Mittagsebene gehn; und *zweitens*, daß Sterne, die nahe um den Pol stehn, beim Durchgehn durch den untern Theil des Mittagskreises dem Pole näher zu seyn scheinen, als wenn sie durch den obern Theil des Mittagskreises gehn. Alhazen, der dieselbe Erscheinung erwähnt, sagt nur, der eine dieser Abstände sey größer als der andere, bemerkt aber nicht, (wie Ptolemäus gethan hatte,) daß der eine dieser Abstände kleiner, der andere größer als der wahre Abstand des Sterns vom Pole ist, woraus folgt, daß die Strahlenbrechung stets die Sterne dem Zenithe näher rückt. Ueberhaupt ist Alhazen bei der astronomischen Strahlenbrechung sehr viel kürzer und ungenügender, als der Griechen. Was die Abnahme derselben mit der Höhe betrifft, so sagt Ptolemäus ausdrücklich, daß je höher ein Stern stehe, desto kleiner der Unterschied zwischen seinem wahren und scheinbaren Stande sey, bis dieser Unterschied in dem Zenith verschwinde. Er fügt hinzu, die Höhe der Atmosphäre, d. h. die Höhe der Oberfläche, an welcher die Brechung des Strahls vor sich geht, sey unbekannt; man wisse bloß, daß sie unter der Sphäre des Mondes sey.

Um die Strahlenbrechung zu erklären, beschreibt Ptolemäus dieselbe Figur, auf welche Cassini seine ganze Theorie gegründet hat, und bedient sich beinahe desselben Raisonnements. Er nimmt, wie Cassini, an, es müsse irgend ein festes Verhältniß zwi-

sehen dem Einfallswinkel und dem Brechungswinkel Statt finden; weiter geht er aber nicht. Hätte er noch einen Schritt weiter gemacht, und wäre er auf den Gedanken gekommen, die doppelten Sehnen der Winkel, welche er in seiner Tafel giebt, mit einander zu vergleichen, so würde er wahrscheinlich das feste Verhältniß, welches er suchte, und das Gesetz der Strahlenbrechung gefunden haben. Hr. Delambre hat diese Vergleichung für ihn gemacht, nur daß er die halben Sehnen, d. h. die Sinus der Winkel nimmt, und sie den Zahlen in Ptolemäus Tafel beigefügt.

Die erste der beiden folgenden Refractions-Tafeln ist aus Ptolemäus, die zweite aus Vitellio's Optik entlehnt.

Strahlenbrechung nach Ptolemäus.

Einfallswink.	aus Luft in Wasser		aus Luft in Glas		aus Wasser in Glas	
	Brech. Wink.	Verhältniß der Sinus	Brech. Wink.	Verhältniß der Sinus	Brech. Wink.	Verhältniß der Sinus
10°	8°	0,80143	7°	0,70179	9½°	0,95044
20°	15½°	0,78136	13½°	0,68255	18½°	0,92774
30°	22½°	0,76537	20½°	0,70041	27°	0,90798
40°	28°	0,73037	25°	0,65748	35°	0,89233
50°	35°	0,74875	30°	0,65270	42½°	0,88192
60°	40½°	0,74992	34½°	0,65403	49½°	0,87804
70°	45°	0,75249	38½°	0,66247	56°	0,88422
80°	50°	0,77786	42°	0,67946	62°	0,89657
Im Mittel		0,76736			0,90190	
		(= sin. 50° 7' 3")			(= sin 64° 24' 32")	
oder wie 4:3,06936			wie 3:2,02158		wie 9:8,11710	

Strahlenbrechung nach Vitellio's Optik.

Einfallswink.	aus Luft in Wasser		aus Luft in Glas		aus Wasser in Glas	
	Brech. Wink.	Verhältniß der Sinus	Brech. Wink.	Verhältniß der Sinus	Brech. Wink.	Verhältniß der Sinus
10	7 $\frac{1}{2}$ °	0,77658	7 $\frac{1}{2}$	0,78178	9 $\frac{1}{2}$ °	0,95043
20	15 $\frac{1}{2}$	0,78135	13 $\frac{1}{2}$	0,68255	18 $\frac{1}{2}$	0,92773
30	22 $\frac{1}{2}$	0,76537	19 $\frac{1}{2}$	0,66761	27	0,90798
40	29	0,75423	25	0,65748	35	0,89233
50	35	0,74875	30	0,65270	42 $\frac{1}{2}$	0,88192
60	40 $\frac{1}{2}$	0,74992	34 $\frac{1}{2}$	0,65403	49 $\frac{1}{2}$	0,87804
70	45 $\frac{1}{2}$	0,75904	38 $\frac{1}{2}$	0,66247	56	0,88224
80	50	0,77787	42	0,67946	62	0,89657
Im Mittel		0,76414			0,90190	
		(= sin 49° 49' 50")			(= sin 64° 24' 30")	
		wie 4:3,05656			wie 9:8,1110	

	aus Wasser in Luft		aus Glas in Luft		aus Glas in Wasser	
	Brech. nach Vitellio	Winkel wirklicher	Brech. nach Vitellio	Winkel wirklicher	Brech. nach Vitellio	Winkel wirklicher
10°	12° 15'	16° 37'	13° 5'	15° 2'	10° 30'	11° 6'
20	24 30	26 35	26 50	30 42	21 30	22 17
30	37 30	40 52	40 50	48 17	33 0	33 40
40	51 0	57 16	55 0	73 41	45 0	45 27
50	65 0	.	70 0	.	57 30	58 9
60	79 30	.	85 50	.	70 30	73 47
70	94 30	.	101 30	.	84 0	.
80	110 0	.	118 0	.	98 0	.

Die Brechungswinkel des Vitellio sind, wie man sieht, sehr nahe dieselben, als die des Ptolemäus, welches sehr begreiflich ist, da beide sie nur bis auf halbe Grade beobachtet haben, weil wahrscheinlich ihre Instrumente nur in ganze Grade eingetheilt waren. Was den Fall betrifft, wenn der Strahl aus einem dichteren in ein dünneres Mittel übergeht, so hat Vitellio den Brechungswinkel bloß berechnet, und zwar, wie er sagt, der Erfahrung zu

Folge, welche ihn gelehrt habe, daß die Brechungswinkel dieselben sind, der Strahl möge aus einem dünnern durchsichtigen Mittel in ein dichteres übergehn, oder aus diesem dichtern in das dünnere. Er setzt den Einfallswinkel in beiden Fällen gleich, und macht den Brechungswinkel beim Uebergange aus dem dichtern in das dünnere Mittel eben so viel größer als den Einfallswinkel, als er beim Uebergehn aus dem dünnern in das dichtere Mittel kleiner als dieser ist. Diese Regel, der zu Folge die Summa der zu einerlei Einfallswinkel gehörigen Brechungswinkel in beiden Fällen immer dem Doppelten des Einfallswinkels gleich seyn würden, ist falsch, und verleitet ihn zu der Auslage in seinen Tafeln, daß zu einem Einfallswinkel von 80° von Wasser in Luft ein Brechungswinkel von 110° gehöre, eine Paradoxie, die ihm nicht aufgefallen ist.

Newton giebt in seiner Optik die Brechungsverhältnisse, welche in beiden Tafeln dargestellt sind, d. h. das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zu dem des Brechungswinkels, folgendermaßen an:

Brechungsverhältniß des gelben Lichtes von

Luft in Regenwasser $539:390 = 4:2,99432$

Luft in gemeines Glas $31:20 = 3:1,93048$

und es ist $\frac{4}{3} = 0,74858 = \sin. 48^\circ 28' 3''$

und $\frac{3}{2} = 0,64516 = \sin. 40^\circ 10' 40''$

Newtons gemeines Glas war vielleicht nicht ganz von derselben Art, als das Glas, welches Ptolemäus das reinste Glas nennt, und womit er den Versuch angestellt hat.

Zusatz. S. 376. Anm. Herr Prof. Rosenmüller hier selbst, von dem ich mir eine Erklärung der mir unverständlichen arabischen Worte *Abhoma dii malfegair* (wie sie in der französischen Urschrift stehn) erbat, hat die Güte gehabt, mir über sie folgende Auskunft zu geben: „Diese arabischen Worte sind richtig so zu schreiben: *Abu-Homa daum-al-fegr*, das heisst, Abu-Homa über die Dauer der Morgendämmerung. *Abu-Homa* ist der Name des Verfassers, oder vielleicht nur der Anfang seines Namens, und ist der Tractat derselbe, welchen man Alhazen beilegt, so könnte wohl noch folgen *el Hazen* etc.; *daum* heisst Dauer, *fegr*, welches *fedfhr* oder *fadfhr* ausgesprochen wird, die Morgendämmerung, (Abenddämmerung heisst *schafak*) und *al* ist der Artikel.“

Gilbert.
