

Die scheinbare Vergrößerung der Sonne und des Mondes am Horizont.

Von

Prof. Dr. EUGEN REIMANN.¹

I.

Geschichte des Problems.

ARISTOTELES äußert in den Problemata²: „Διὰ τί, ὅταν ὁ εὖρος πνεῖ, μείζω φαίνεται τὰ πάντα; Ἡ ὅτι ζοφωδέστατον τὸν ἀέρα ποιεῖ;“ und ebenso in den Meteorologica³: „Διόπερ αἱ τ' ἄκραι ἀνεσπασμένοι φαίνονται ἐν τῇ θαλάττῃ, καὶ μείζω τὰ μεγέθη πάντων, ὅταν εὖροι πνέωσι, καὶ τὰ ἐν τοῖς ἀχλύσιν, οἷον καὶ ἥλιος καὶ ἄστρα ἀνίσχοντα καὶ δύνοντα μᾶλλον ἢ μεσουρανοῦντα.“ Seitdem sind immer wieder die feuchten Dämpfe zur Erklärung unseres Phänomens in Anspruch genommen worden und zwar zunächst als lichtbrechendes, später und bis in die neueste Zeit als lichtabsorbirendes Medium. Der erste, welcher die scheinbare Vergrößerung der Sonne in klaren Worten als eine Brechungserscheinung in den Dünsten aufgefaßt hat, scheint POSIDONIUS (gest. 51 v. Chr.) gewesen zu sein, denn wir lesen bei STRABO⁴: „λέγειν γὰρ δὴ φησι ποσειδώνιος τοὺς πολλοὺς μείζω δύνειν τὸν ἥλιον ἐν τῇ παρωκεανίτιδι . . . τὴν δὲ τοῦ μεγέθους φαντασίαν αὖξασθαι μὲν ὁμοίως κατὰ τε τὰς δύσεις καὶ τὰς ἀνατολάς ἐν τοῖς πελάγεσι διὰ τὸ τὰς ἀναθυμιάσεις πλείους ἐκ τῶν ὑγρῶν ἀναφέρεσθαι. διὰ δὲ τούτων ὥς δι' ὑάλων κλωμένην τὴν

¹ Anm. d. Red.: Vielfach erweiterter und umgearbeiteter Neudruck der Programmabhandlung des K. Gymnasiums zu Hirschberg i. Schl. 1901.

² Sect. XXVI. Probl. 55. In der Leipziger Stereotyp-Ausgabe Probl. 53.

³ Lib. III. Cap. IV.

⁴ Strabonis Geographica. Ed. Meinecke. 1866. Vol. I. I. pag. 186. In den älteren Ausgaben steht, statt δι' ὑάλων, δι' αὐλῶν; daher die unverständliche Uebersetzung RICCIOLIS im Almagestum novum „sicut per fistulas fractus“, während KÄRCHER, Stuttgart 1830, gar „Canäle“ daraus macht.

ὄψιν πλατυτέρας δέχεσθαι τὰς φαντασίας, . . .“ Bekannt ist die Stelle im *Almagest*¹ des PTOLEMAEUS (um 140 n. Chr.): „ἀλλὰ γὰρ καὶ τὸ πρὸς τοῖς ὁρίζουσιν μείζονα τὰ μεγέθη φαίνεσθαι οὐχ ἡ ἀπόστασις ἐλάττων οὕσα ποιεῖ, ἀλλ’ ἡ τοῦ ὕγροῦ τοῦ περιέχοντος τὴν γῆν ἀναθυμιάσις μεταξὺ τῆς τε ὀψεως ἡμῶν καὶ αὐτῶν γιγνομένη, καθάπερ καὶ τὰ εἰς ὕδωρ ἐμβληθέντα μείζονα φαίνεται, καὶ ὅσω ἂν κατωτέρω χωρῇ, τοσούτω μείζονα.“ Eine andere physiologische Erklärung dagegen, welche aber bis ins 19. Jahrhundert völlig unbeachtet geblieben ist, giebt PTOLEMAEUS in seiner offenbar später verfaßten *Optik*. Sie lautet in lateinischer Uebersetzung²: „Universaliter enim cum visibilis radius, quando cadit super res videndas aliter quam inest ei de natura et consuetudine, minus sentit omnes diversitates quae in eis sunt, similiter etiam erit sensibilitas ejus de distantiiis, quas comprehendit, minor. Videtur autem hac de causa quod de rebus quae sunt in coelo, et subtendunt aequales angulos inter radios visibiles, illae quae propinquae sunt puncto, qui super caput nostrum est, apparent minores; quae vero sunt prope horizontem, videntur diverso modo et secundum consuetudinem. Res autem sublimes videntur parvae extra consuetudinem et cum difficultate actionis.“ Alle späteren Schriftsteller bis ins 11. Jahrhundert kennen nur die Ansicht des *Almagest*, und selbst noch die arabischen Gelehrten ALFRAGANUS und GEBER beschränken sich in ihren astronomischen Werken auf die Wiedergabe derselben. Erst der etwas jüngere ALHAZEN (gest. 1038) hat die Lösung des Problems in völlig andere Wege geleitet und nimmt einen hervorragenden Platz in der Geschichte desselben ein. Seine breite und sich fortwährend wiederholende Auseinandersetzung füllt in der lateinischen Uebersetzung von RISNER³ mehrere eng gedruckte Folioseiten. Ich citire daher nur die den Gedankengang klar legenden Stellen: „... si visus comprehenderit magnitudines visibilium: comprehendit illas ex quantitibus angulorum, quos respiciunt visibilia

¹ Cl. Ptolemaei Syntaxis mathematica. Ed. Heiberg. 1898. P. I. A', γ'. pag. 13. Oder in der Ausgabe mit franz. Uebersetzung von HALMA. Paris 1813. L. I. Ch. II. pag. 9.

² L'Ottica di Cl. Tolomeo da Eugenio Admiraglio di Sicilia — Scrittore del Seculo XII — ridotta in latino sopra la traduzione araba di un testo greco imperfetto. Ed. Gilb. Govi. 1885. Sermo tertius. Pag. 77.

³ Opticae Thesaurus Alhazeni, libri septem, editi a Federico Risnero. 1572. Lib. VII, § 55, pag. 280—282.

apud centrum visus, et ex quantitatibus remotiōum, et ex comparatione angulorum ad remotiōes . . . visus nunquam comprehendit visibilium quantitates, nisi remotiōes eorum sint in rectitudine corporum propinquorum continuorum . . . visus, si non certificaverit distantiam visi, potest perpendere distantiam ejus, et assimilare eam distantii visibilium assuetorum . . . remotiōes stellarum non sunt in rectitudine corporum propinquorum . . . Visus ergo perpendit distantias stellarum, et assimilat illas distantii eorum, quae sunt terrestria, quae comprehenduntur ex distantia maxima, et perpendit quantitates eorum. Corpus autem coeli non videtur sensui . . . neque visus sentit de coelo nisi colorem glaucum solummodo . . . Nec visus, cum forma stellae pervenit ad ipsum, sentit, quod illa forma sit refracta . . . et quod corpus, in quo stella est, sit subtilius corpore, in quo est visus: sed forma stellae comprehenditur, sicut formae aliarum rerum, quae comprehenduntur in aere recte . . . Cum visus comprehenderit colorem aliquem in longitudine et latitudine: super hoc, quod comprehendit figuram et formam: comprehendet ipsum planum: assimilabit enim ipsum aliquibus superficiebus assuetis, ut parieti et aliis . . . Visus ergo comprehendit superficiem coeli planam, . . . et comprehendit stellas, separatas, in ipso . . . Et constat in anima, quod in superficie plana, quae extenditur ad omnem partem, differunt distantiae ejus in visu: et id, quod est propinquius, est illud, quod est proximum capiti. Comprehendit ergo illud, quod est in horizonte remotius, quam illud, quod est in medio coeli . . . Comprehendit ergo quantitatem stellae, et quantitatem distantiae, quae est inter stellas, cum fuerint in horizonte aut prope, comparatione anguli ad distantiam remotam: et cum fuerint in medio coeli, aut prope, ex comparatione anguli aequalis primo aut fere (sc. refractione), ad distantiam propinquam; et inter ipsam et inter distantiam horizontis videtur maxima diversitas. Haec est igitur causa, propter quam errat visus in diversitate magnitudinis stellarum et distantiarum: et haec causa fixa est et perpetua et immutabilis.“

Die Erklärung ALHAZEN's ist also folgende. Auf die Größe eines Gegenstandes schließen wir durch Vergleichung seines Sehwinkels mit seiner Entfernung. Die Entfernung des Gegenstandes läßt sich aber nur erkennen, wenn zwischen uns und dem Gegenstande eine stetige Aufeinanderfolge von Objecten vorhanden ist. Fehlt diese, so vermögen wir nur vergleichsweise

mit der Entfernung gewohnter irdischer Dinge eine Schätzung vorzunehmen. In dieser Lage sind wir bei den Gestirnen, denen wir daher auch nur eine sehr große terrestrische Entfernung zutheilen. Vom Himmel selbst nimmt der Gesichtssinn nur eine lang und breit ausgedehnte blaue Färbung wahr. Deshalb halten wir uns bei Beurtheilung seiner Gestalt ebenfalls an gewohnte irdische Objecte, welche den ähnlichen Eindruck einer gefärbten Fläche darbieten. Da aber dergleichen Objecte, wie die Wand, meistens eben sind, so halten wir auch den Himmel für eben. Die Gestirne aber, deren weite Entfernung jenseits der Atmosphäre dem Gesichtssinn völlig entgeht, scheinen uns auf dieser Ebene selbst zu liegen, wie irdische Gegenstände auf einem ebenen Terrain. Nun lehrt uns die Erfahrung, daß auf einer Ebene die Gegenstände verschiedene Entfernung von uns haben und daß die wirklich näheren uns auch näher erscheinen. Deswegen halten wir auch an der ebenen Himmelsdecke die Gestirne in dem unserm Haupte näheren Zenith für näher und je weiter nach dem Horizonte zu für entfernter. Beurtheilen wir aber die Größe eines Objectes durch Vergleichung des Seh winkels mit der Entfernung, so halten wir dasselbe Gestirn oder den Abstand derselben zwei Sterne, wenn sie im Zenith stehen, für kleiner als wenn sie in der Nähe des Horizontes sich befinden, weil wir sie dann für entfernter halten als im ersteren Falle. Dieser Irrthum aber ist ein fester, unveränderlicher und immerwährender! — Indessen¹, fährt ALHAZEN fort, tritt noch eine andere Ursache hinzu, nämlich der dicke Dampf, welcher zwischen uns und den Sternen sich befindet. Wenn dieser nur am Horizont lagert und nicht hoch am Himmel hinaufgeht, so ist seine Oberfläche nach den Sternen zu convex und nach dem Beobachter zu plan. Von beiden Seiten ist er aber von dem dünneren Medium der Luft umschlossen. Daher wirkt er durch Brechung derartig, daß die Gestirne vergrößert erscheinen. Die Hauptursache jedoch für unsere Erscheinung ist die oben angegebene, und diese ist eine constante und immerwährende. Lagert aber einmal Nebel am Horizont, so wächst durch ihn noch die Größe der Gestirne. Aber diese Ursache ist nicht überall und immer vorhanden!

¹ Für das Folgende habe ich mir oben erspart den lateinischen Text wiederzugeben.

Die Darlegung ALHAZEN's ist so eigenartig neu und einheitlich, daß die schließliche Herbeiziehung der Dämpfe überrascht und nur als Zugeständnis an die bis auf ihn dominierende Ansicht und an die Autorität des PTOLEMAEUS gelten kann.

An ALHAZEN lehnt sich, im dreizehnten Jahrhundert, VITELLO¹ an. Auch dieser läßt noch die Dünste vergrößernd wirken, „sicut etiam accidit de denario sub aqua viso,“ sodann, indem er wie ALHAZEN dem „vapor grossus“ die Form eines Stückes einer planconvexen Linse beilegt. Doch fährt er unmittelbar fort: „Causa vero, propter quam omni vapore medio excluso, videntur stellae et stellarum distantiae majores in horizonte quam in medio coeli aut prope, coadjuvatur plurimum per existimationem videntis: quoniam existimat stellas plus distare a visu in horizonte quam in medio coeli: existimans ipsam partem coeli quae est juxta zenith capitis propinquiorem sibi quam eam quae est in horizonte . . . Quae enim a remotiori sub eodem angulo videntur, quo alia propinquiora: illa remotiora judicantur a videntibus esse majora. Haec enim causa visionis stellarum est perpetua et immutabilis, omnibus videntibus communis.“ Als Grund aber, weshalb der Theil des Himmels am Horizont entfernter erscheint, als der am Zenith, hat er bereits früher² angegeben: „ . . . propter latitudinem spatii superficiei terrae, quod sentitur inter visum et horizonta, cum inter zenith capitis et terram nihil percipiatur. Quia enim ex corporum mediorum sensibili distantia quantitas remotionis cognoscitur, necesse est, ubi major sensibilis quantitas interjacere videtur, major distantia judicetur. Multo ergo major videtur distantia peripheriae horizontis quam distantia zenith capitis videntis.“

Auch sein Zeitgenosse ROGER BACON³ giebt, nachdem er die Ansicht ALHAZEN's citirt hat, eine Erklärung, welche völlig mit der VITELLO's, die er indessen nicht gekannt zu haben scheint⁴, übereinstimmt: „Remotio stellarum quando sunt in oriente comprehenditur per interpositionem terrae; sed sic non possunt comprehendi quando sunt in medio coeli propter insensibilitatem aeris. Ergo cum magis percipitur earum remotio quando sunt

¹ Vitellonis opticae libri X instaurati a F. Risnero 1572, Lib. X. 54, p. 448.

² Ebenda. Lib. IV, 13, pag. 123, 124.

³ The „Opus majus“ of Roger Bacon ed. by John Henry Bridges. 1897. Vol. II. Perspectivae pars secunda. Dist. III, Cap. VI, S. 116.

⁴ Ebenda. Vol. I. Introd. pag. LXXII. Anm. des Herausgebers.

in oriente quam in medio coeli, sequitur quod magis videntur tunc distare, quam quando sunt in medio coeli. Ergo (ut prius) apparebunt majora“. An einer anderen Stelle¹ jedoch nennt auch BACON als Ursache die Dämpfe, die er innerhalb der dünneren Luft beiderseits von mit der Erde concentrischen Kugelflächen begrenzt annimmt.

In der Erklärungsweise VITELLO's ist die flache Gestalt des Himmels, welche von ALHAZEN als die Grundursache unseres Phänomens betrachtet wurde, wie leicht erkennbar, etwas völlig Nebensächliches. Sie wird höchstens als eine coordinirte, mit der größeren scheinbaren Entfernung der Gestirne am Horizont auf gleicher Ursache beruhende Erscheinung betrachtet, bleibt aber bei vielen Nachfolgern VITELLO's ganz außer Betracht oder sinkt schliesslich zu einer erst durch jene bedingte Folgeerscheinung herab. Die Erklärung aber, daß Mond und Sonne am Horizont größer erscheinen, weil sie der intermediären Gegenstände wegen für entfernter, als wenn sie höher am Himmel stehen, gehalten werden, bleibt fortan die herrschende, während die Meinung ALHAZEN's mehr und mehr in Vergessenheit gerät oder mit der VITELLO's vermengt oder verwechselt wird.

J. REGIOMONTANUS² erwähnt in seinen Erläuterungen zum *Almagest* die Ansicht des PTOLEMAEUS überhaupt nicht, sondern sagt nur kurz: „... stellas apud Horizontem majores videri quam in medio coeli, confitebor equidem, sed in ea re sensum decipi perspectivis conclamatum est“.

J. PISANUS³ folgt in seiner *Perspectiva* vollständig VITELLO, nicht ohne ebenfalls hinzuzufügen: „Ad hoc etiam interpositio vaporum juvat“.

KEPLER⁴ kommt in seinen Werken auf unseren Gegenstand zweimal zu sprechen. In seinen, 1604 erschienenen, *Ad Vitellionem Paralipomena* weist er die Dämpfetheorie zurück und giebt die

¹ Ebenda. Vol. II. Persp. pars tertia. Dist. II, Cap. IV, S. 155.

² J. REGIOMONTANUS: In Ptolemaei magnam compositionem, quam *Almagestum* vocant. Libri XIII. Venedig 1496 und Nürnberg 1550. Lib. I. Concl. prima.

³ J. PISANUS: *Perspectiva vulgo communis appellata*. 1504. Tract. primus. Prop. 65 u. 82.

⁴ J. Kepleri Opera omnia ed. Dr. FRISCH. Vol. II. 1859. *Ad Vitellionem Paralipomena*. Cap. IV. 7, pag. 209 u. Vol. VI. 1866. *Epitome Astronomiae Copernicanae*. L. I, P. III, pag. 157.

Ansicht VITELLO's, der er sich anschließt, mit folgenden Worten wieder: „Dum oculi sursum vertuntur, nihil ipsis intermedium occurrit, ex quo distantias siderum aestiment. Valde igitur propinqua illa verticalia sidera putamus ideoque et minora, manente eodem angulo. Contra fit in horizonte: tunc enim terrarum in uno horizonte tractus interjecti, si uno intuitu comprehendantur, visum aliquatenus de immani distantia edocent, ex qua rei visae quantitas (sive distantia binorum siderum seu diameter unius sideris sit) admodum magna apparet eodem angulo manente. Eorum enim, quae eodem angulo cernuntur, quae plus distant, maiora sunt, quae minus, minora“. In der 1618 zuerst erschienenen *Epitome Astronomiae Copernicanae* ist seine Darstellungsweise folgende: „Aestimatio colligit magnitudinem visibilis rei ex distantia, distantiam ex comparatione ad alia corpora. Iam vero cum constellationes versantur in coeli medio, corpus aeris nec profundum est respectu aspectabilis latitudinis terrarum, nec, si profundum esset conspici potest; igitur ex absentia corporum interjectorum ratiocinatur sensus communis per errorem, sidera, cum sunt in coeli medio, nobis esse propinquiora, quam cum oriuntur et occidunt; tunc enim censentur remotiora, quia valles et montes inter nos et orientia sidera longissimo tractu interjecti patent oculis. Sequitur igitur error alter, ut Sol, qui manet ejusdem magnitudinis, aestimetur culminare parvus admodum, oriri vero ingens, ut gigas. Eorum enim, quae videntur eodem angulo visionis, illa sunt maiora, quae remotiora, ut docemur in opticis“.

MARTIN HORTENSIUS¹ sagt „Ouia Caelum logius a nobis putatur distare in Horizonte, ob longissimum Terrae tractum interjectum, in medio autem Caeli videtur vicinius quia nihil ei interjicitur, apparent quoque stellae majores in Horizonte quam in medio Caeli; cum eorum quae sub eodem angulo videntur, quae logius putantur abesse, maiora appareant, quae propius minora“.

DESCARTES² äußert in seiner 1637 in französischer und 1644 in lateinischer Sprache erschienenen *Dioptrik* die gleiche Ansicht: „Ces astres (la lune et le soleil) semblent plus petits lorsqu'ils sont fort hauts vers le midi que lorsque, se levant ou se couchant,

¹ Martini Hortensii Dissertatio de Mercurio in Sole viso et venere invisita instituta cum PETRO GASSENDO. 1633. Pag. 42.

² Oeuvres de DESCARTES, publ. par VICTOR COUSIN. 1824. T. V. La Dioptrique, Disc. sixième. Pag. 68.

il se trouve divers objets entre eux et nos yeux qui nous font mieux remarquer leur distance; et les astronomes éprouvent assez, en les mesurant avec leurs instruments, que ce qu'ils paroissent ainsi plus grands une fois que l'autre ne vient point de ce qu'ils se voient sous un plus grand angle, mais de ce qu'ils se jugent plus éloignés“.

HERIGONE¹ stellt ebenfalls das Axiom auf „Quo plura corpora inter oculum et objectum apparent, eo remotius existimatur objectum. Hinc fit, ut distantiae stellarum majores appareant in horizonte, quam in medio coeli“. Und für sein folgendes Axiom „Eorum quae sub eodem angulo videntur, quae longius putantur abesse, majora apparent“ führt er den Mond als Beweis an „Ut Luna, quamvis in horizonte et medio coeli sub eodem angulo cernatur, major tamen in horizonte quam in medio coeli apparet“.

CARDANUS² schreibt: „Astra omnia dum oriuntur et occidunt majora videntur, quam in coelo medio, quoniam terrae magnitudo intermedia facit, ut oculus ea plus distare existimet, et ob id esse majora: nam et turris ulna major judicatur ab oculo illius distantiam comprahendente, tametsi minorem angulum in oculo faciat ulna ipsa“. Auch er ist der Meinung „... nebuloso tempore astra etiam longe majora videntur“.

Ebenso GREGORY³: „Primo sciendum est sensum communem judicare de visibilis magnitudine, sicuti faciunt geometrae, nempe ex cognitis distantia et angulo visorio, et ideo quo majorem percipit sensus communis visibilis distantiam, eo caeteris paribus majorem judicat visibilis magnitudinem; sed dum sol existit prope horizontem, judicat sensus communis majorem esse solis distantiam quam in loco coeli elevatiore ob multa corpora interjecta; et ideo prope horizontem judicat etiam ejus magnitudinem majorem quam alibi, ubi corpora interjecta non videntur, et proinde de ejus magna distantia judicare non postest“. Doch fügt er ebenfalls hinzu: „Aliquando tamen ob nubes convexas inter nos et solem interjectas apparet sol etiam instrumento observatus, multo major quam ordinario videtur“.

MALEBRANCHE hat zu unserer Frage zweimal das Wort ergriffen. In seiner 1675 zuerst erschienenen Recherche de la

¹ PIERRE HERIGONE: *Cursus Mathematici Tomus V.* 1644. *Optica.* Axiom. XXIV, XXV. Pag. 18, 19. (Lat. u. Franz. Text.)

² HIERONYMUS CARDANUS: *De Subtilitate.* 1664. Lib. III. Pag. 131.

³ JAC. GREGORIUS: *Geometriae pars universalis.* 1668. Pag. 141.

Vérité äußert er sich u. a. folgendermaassen¹: „Ainsi nous jugeons de la grandeur des objets par l' éloignement où nous les croyons; et les corps que nous voyons entre nous et les objets aident beaucoup nôtre imagination à juger de leur éloignement, De-là il est facile de reconnoître la véritable raison pourquoi la Lune nous paroît plus grande lorsqu'elle se lève, que lorsqu'elle est fort haute sur l'horison. Car lorsqu'elle se lève, elle nous paroît éloignée de plusieurs lieuës, et mêmes au-delà de l'horison sensible, ou des terres qui terminent nôtre vûë: au lieu que nous ne la jugeons qu'environ à une demi-lieue de nous, ou sept ou huit fois plus élevée que nos maisons, lorsqu'elle est montée sur nôtre horison. Ainsi nous la jugeons beaucoup plus grande quand elle est proche de l'horison, que lorsqu'elle en est fort éloignée; parce que nous la jugeons beaucoup plus éloignée de nous lorsqu'elle se lève, que lorsqu'elle est fort haute sur nôtre horison“. Im Jahre 1693 vertheidigte er sodann seine Ansicht gegen Regis, der ihr in seinem *Le Système de la Philosophie* entgegengetreten war, in der Schrift *Réponse du P. MALEBRANCHE à M. REGIS*. Nach einer *Réplique*² von seiten REGIS' erklärten nun auch der Marquis DE L'HOSPITAL, VARIGNON, SAUVEUR und der Abbé DE CATELAN³, welche sich im Auftrage der Akademie mit der Frage beschäftigt hatten, ihre Zustimmung zu der „beweiskräftigen und klaren Ableitung der Ansicht MALEBRANCHE's aus richtigen Principien der Optik“. Dafs MALEBRANCHE in seiner *Réponse à M. REGIS* auch der flachen Gestalt des Himmels dieselbe Wirkung zuschreibt wie den intermediären Objecten, werden wir noch später zu erwähnen haben.

Unterdessen hatte sich auch WALLIS in gleicher Weise, und zwar sowohl in den *Philosophical Transactions*⁴ als in seinem *Tractatus de Algebra*⁵, geäußert. Dem betreffenden Artikel in den *Philos. Transactions* entnehme ich Folgendes: „When the Sun or Moon is near the Horizon, there is a prospect of Hills,

¹ MALEBRANCHE: *De la Recherche de la Vérité*. 4. édit. 1688. P. I. Ch. IX. pag. 66.

² *Première Réplique de M. REGIS à la Réponse du P. MALEBRANCHE*. 1694.

³ *Le Journal des Sçavants pour l'année 1694*. Pag. 127.

⁴ Vol. XVI for the years 1686 and 1687. Pag. 323: The Sentiments of Dr. JOHN WALLIS etc.

⁵ J. WALLIS: *De Algebra Tractatus*, anno 1685 anglice editus, nunc auctus latine. 1693. Cap. C II. pag. 445.

and Vallies, and Plaines, and Woods, and Rivers, and variety of Fields, and Inclosures, between it and us: which present to our Imagination a great Distance capable of receiving all these. Or, if it so chance that (in some Position) these Intermediates are not actually seen: Yet having been accustomed to see them, the Memory suggests to us a view as large as is the visible Horizon. But when the Sun or Moon is in a higher Position; we see nothing between us and them (unless perhaps some clouds) and therefore nothing to present to our Imagination so great a Distance as the other is. And therefore, though both be seen under the same Angle, they do not appear (to the Imagination) of the same bigness, because not both fansied at the same Distances: But that near the Horizon is judged bigger (because supposed farther off) than the same when at a greater Altitude“.

Ferner hat unsern Gegenstand HUYGHENS¹ (gest. 1695) in einer hinterlassenen und erst 1728 veröffentlichten Schrift über Höfe und Nebensonnen behandelt, indem er die Ursache einer zu groß ausgefallenen Schätzung des Abstandes zwischen Sonne und Nebensonne auseinandersetzt: „Distantia enim duorum punctorum, quae in coelo apparent, eo major videtur, quo horizonti sunt propiora; sicuti saepissime stellae plaustri borei quando ad horizontem accedunt, duplo magis a se invicem distare videbuntur quam quando puncto verticali sunt propinquae Qua eadem de causa quoque Solis discus fere duplo major ad horizontem apparet, quam ubi est elevatior, simulque Iris videtur pars maximi circuli, cum tamen ad dimidian circuli maximi amplitudinem non accedat. Ut vero et causam ejus erroris paucis indicemus, hinc eum manare sciendum est, quod Solem vel aliud quodcunque in coelo corpus horizonti propinquum remotius ab oculo nostro esse existimemus, quam quando idem vertici appropinquat; quia scilicet res in aëre sublimes cum multum ab horizonte absunt, non magis a nobis distare imaginamur, quam nubes quae supra verticem nostrum volitant; cum contra inter nos et illa quae horizonti sunt proxima magnum intercedere terrae spatium soleamus advertere, ad cujus extremum coeli convexum inchoari apparet; quod idcirco simul cum iis quae in eo conspiciuntur assueti sumus concipere a nobis multo remotius. Iam vero quando

¹ Chr. Hugenii Opuscula posthuma. T. II. 1728. Dissertatio de Coronis et Parheliis. § 29. Pag. 34.

duo corpora aequalis magnitudinis, eodem visionis angulo comprehenduntur, illud quod remotius existimamus semper majus judicamus“.

MAIRAN¹ erklärt, daß er „vollständig das große Princip der Explication des P. MALEBRANCHE adoptire“: „Nous ne voyons rien entre nous et l'Astre qui est près du Zénith, nous le jugeons fort petit et fort proche; nous voyons au contraire de vastes campagnes entre nous et le même Astre à l'horizon, nous le jugeons et beaucoup plus grand, et beaucoup plus loin, et en conséquence, car cela est réciproque, l'arc qu'il décrit au dessus de notre tête nous paroît surbaissé“.

ROBINS² liefert in seinen Remarks on Dr. SMITH's compleat System of Opticks eine Geschichte unseres Gegenstandes und vertritt mit Energie die Ansicht des Dr. WALLIS und seiner Vorgänger.

BIOT³ äußert sich folgendermaassen: „Nous n'estimons pas la grandeur réelle d'un objet par la seule considération de l'angle visuel sous lequel nous l'apercevons. Il nous faut encore un autre élément, qui est la distance de l'object, et nous estimons cette distance par comparaison avec d'autres corps. Or il n'y en a aucun entre nous et la lune lorsqu'elle est près du zénith ou du moins il n'y a que l'atmosphère, qui est peu profonde dans ce sens, et dont la matière est à peine visible. Trompés par cette absence de corps intermédiaires, nous en concluons que la lune est fort près de nous. Au contraire, à l'horizon, nous la supposons fort éloignée, parce qu'alors les vallées et les montagnes qui nous en séparent, s'étendent au loin devant nos yeux. L'éclat de sa lumière beaucoup plus faible à l'horizon qu'au zénith favorise encore cette illusion, en nous rendant pour ainsi dire l'interposition de l'atmosphère Ces illusions cessent dès que l'on n'aperçoit plus d'objets étrangers. On pourrait les détruire en regardant la lune à travers un tube ou un rouleau de carton noirci qui ne laisse voir qu'elle seule, et dont l'ouverture soit exactement remplie par son disque. En conservant à ce tube la même ouverture, la lune ne paraîtra pas plus grande à l'horizon que près du zénith. Il en sera de même si on la

¹ *Memoires de l'Académie Royale des Sciences de l'Année 1740.* MAIRAN: Sur la Courbûre apparente du fond du Ciel. p. 50.

² BENJAMIN ROBINS: *Mathematical Tracts.* 1761. Vol. II. Pag. 235—244.

³ BIOT, *Traité élémentaire d'Astronomie physique.* 2. édit. 1810. T. I. § 41.

regarde à travers un verre enfumé parce que l'obscurité de la teinte ne laisse voir que l'objet lumineux, et nous cache tout le reste. . . . L'interposition du verre enfumé agit encore ici très-puissamment par la grande diminution qu'il produit dans l'intensité de la lumière, soit à l'horizon soit au zénith, diminution qui rend la différence absolue très-petite, et par conséquent très-difficile à juger“.

BRANDES¹ schreibt: „Der Mond, eine Lichterscheinung von bestimmter scheinbarer Gröfse, wird in unserem Urtheil desto gröfser sein, je weiter entfernt wir ihn dem Anschein nach annehmen; steht er hoch am Himmel, so bewirkt eben der Augentrug, der uns das Himmelsgewölbe abgeplattet zeigt, dafs wir den Mond näher glauben, als am Horizont, wo die Menge zwischenliegender Gegenstände und sein durch Dünste getrübtcs Ansehen uns eine Art von Erinnerung an seine grofse Entfernung giebt; wir machen daher uns unbewufst den Schlufs, der so viel entferntere Mond am Horizont, welcher uns eben so grofs erscheint, als der nähere höher über dem Horizont stehende, müsse wohl gröfser sein, und darum beurtheilen wir ihn als gröfser. . . . Dafs dieses die richtige Erklärung sei, dafs nämlich nicht unser Auge, sondern unser Urtheil hier zu einem unrichtigen Eindruck Veranlassung giebt, läfst sich noch mit der Erfahrung unterstützen, dafs der grofse Vollmond am Horizont uns minder grofs vorkommt, wenn wir ihn durch ein langes Rohr, ohne alle Gläser, betrachten. Hier nämlich entziehen wir uns die Mittel, worauf sich unsere Vergleichung der Entfernung gründete, und sehen den Mond ebenso einzeln stehend, wie in der Nähe des Zeniths, und allenfalls kann nur noch sein durch Dünste geschwächter Glanz uns eine Hindeutung auf gröfsere Entfernung geben.“

CLAUSIUS² sagt: „Wenn wir einen Punkt des Himmels, etwa einen Stern, in der Nähe des Horizontes betrachten, so kommt uns der Weg dahin sehr lang vor, weil er an so vielen auf der Erdoberfläche befindlichen Gegenständen vorbeigeht. Blicken wir dagegen nach einem beim Zenith stehenden Stern, so finden wir auf dieser Linie nichts, wonach wir ihre Länge

¹ H. W. BRANDES, Vorlesungen über die Astronomie. 1827. Th. I, S. 82.

² R. CLAUSIUS. Uebersichtliche Darstellung der in das Gebiet der meteorologischen Optik gehörenden Erscheinungen. Heft 4 der *Beiträge zur meteorologischen Optik etc.*, herausgegeben von J. A. GRUNERT. 1850. S. 369.

beurtheilen, oder das Bewußtsein einer großen Entfernung gewinnen könnten, und der Stern scheint uns daher näher zu sein. Ich glaube zu diesen Gründen, von denen wenigstens der letztere nur negativ ist, noch folgenden positiven hinzufügen zu dürfen. Wir sehen niemals, daß bestimmte irdische Gegenstände, deren Größe uns bekannt ist, und die uns also durch ihre scheinbare Verkleinerung einen Maassstab für ihre Entfernung bieten, sich sehr hoch über die Erdoberfläche erheben, während wir in horizontaler Richtung bei jeder freien Aussicht solche Gegenstände bis in so weite Fernen erblicken, als unser Auge sie nur zu erkennen vermag. Demgemäfs werden wir nun auch fremde Gegenstände, über deren Entfernung wir kein unmittelbares Urtheil, sondern nur das Bewußtsein haben, daß sie sehr weit sind, und die wir daher an die Grenze der sonst vorkommenden Entfernungen setzen, in horizontaler Richtung für weiter halten als in verticaler. Daß durch ein solches Urtheil über den Abstand einzelner Gestirne auch die scheinbare Gestalt des ganzen Himmelsgewölbes bedingt wird, braucht nicht erwähnt zu werden.“

Zuletzt nennen wir noch KUNDT¹, welcher den Standpunkt VITELLO's theilt und die scheinbar gröfsere Entfernung der Gestirne am Horizont sowie die platte Form des Himmelsgewölbes aus den intermediären terrestrischen Gegenständen ableitet. Er giebt zugleich eine physiologische Erklärung, indem er den Satz aufstellt, daß jede einfache Distanz nach der Sehne geschätzt wird, die dem Gesichtswinkel der Distanz im Auge zugehört, und daß die geschätzte Größe der Gesamtdistanz einer aus mehreren Distanzelementen bestehenden Distanz gleich der Summe der geschätzten Größen der Distanzelemente ist. Die grofsartigste optische Täuschung, welche existirt, die scheinbare Abplattung des Himmels, fände erst durch seine Sehnentheorie eine „stichhaltige Erklärung“ und sei zugleich eine der schönsten Belege für dieselbe.

Wenn auch die Theorie des VITELLO unter ihren Anhängern einen KEPLER, DESCARTES, MALEBRANCHE, Marquis DE L'HOSPITAL, VARIGNON, WALLIS und HUYGHENS zählte, so vermochte sie doch nicht eine allgemeine Anerkennung zu finden. Zunächst wirkte die Autorität des PTOLEMAEUS zu mächtig, als daß der Glaube

¹ AUG. KUNDT. Untersuchungen über Augenmaafs und optische Täuschungen. *Ann. der Physik und Chemie* 120. 1863.

an die Wirkung der Dämpfe nicht auch noch ihre reinen Vertreter gefunden hätte.

AGUILONIUS¹, der in seinem großen Werke über Optik soeben die scheinbare größere Entfernung des Himmels am Horizont mit der dazwischen gelegenen Oberfläche der Erde motiviert hat, läßt wenige Zeilen darauf Sonne und Mond beim Auf- und Untergange wegen der Brechung der Lichtstrahlen in den auf der Erde lagernden Dämpfen größer, als sie wirklich sind, erblickt werden.

BETTINI² behauptet, daß die Gestirne sogar vergrößert erscheinen, wenn sie aus der Tiefe eines Brunnens gesehen werden, weil ihr Licht in der feuchten Luft desselben gebrochen wird. Er stimmt daher der Meinung des PTOLEMAEUS bei.

Auch RICCIOLI³ kehrt zu dieser zurück, weil er der Erklärung des VITELLO und der bald zu erwähnenden Ansicht GASSENDIS gewichtige Bedenken entgegenzustellen hat. Gegen erstern äußert er folgendes: „Si in cubiculo aut horto cernas Solem orientem vel occidentem, ita ut sepes, aut murus, aut margo inferior fenestrae prohibeat prospectum omnem interjacentis spatii usque ad Horizontem, nec aliud quam Solem videas, illum tamen enormiter ampliorem videbis, quam longe ab Horizonte.“ Er behauptet auch, daß seine mit GRIMALDI ausgeführten Messungen des Sonnendurchmessers am Horizont zuweilen fast einen Grad, häufig 45 Minuten, und beim Monde 38 und 40 Minuten ergeben hätten.

SAMUEL DUNN⁴ wiederholte schließlich noch im 18. Jahrhundert die alten Versuche mit dem Geldstück unter Wasser und schloß aus diesen, nicht nur daß die Dämpfe die schuldige Ursache seien, sondern auch, daß der Himmel am Horizont nicht ferner, sondern näher als am Zenith erscheine!

Unsere Erscheinung als Wirkung der Refraction beim Ein-

¹ FRANCISCUS AGUILONIUS. *Opticorum Libri Sex*. 1613. L. IV, Prop. IV, Cons. III, P. 225.

² M. BETTINI. *Apiaria universae philosophiae mathematicae*. 1642. T. II, Ap. oct., Prog. IV, Prop. I, Pag. 57.

³ J. BAPT. RICCIOLI. *Almagestum novum*. 1651. T. I, Pars post., L. X, Sect. VI, Cap. I, Quaestio 13, Pag. 643, 644.

⁴ *Philos. Transactions* 52, Part II for the year 1762, 1763, Pag. 462. SAM. DUNN. An attempt to assign the cause, why the sun and moon appear to the naked eye larger when they are near the Horizon.

tritt der Strahlen in die Athmosphäre zu erklären, hat PORTA¹ versucht. Doch sagt bereits BETTINI, es habe ihm kein einziger Gelehrter beigestimmt. Ich finde nur, daß er bei HONORATUS FABER², der auch GASSENDI unterstützt, Anklang findet, indem FABER behauptet, die scheinbare Gröfse hinge nur vom Sehwinkel ab.

Völlig isolirt steht SCHEINER³, welcher glaubt, daß durch die Contraction des verticalen Durchmessers von Mond und Sonne resp. der verticalen Dimension der Sternbilder in Folge der Refraction der horizontale Durchmesser resp. die horizontale Dimension der Sternbilder einen gröfseren Eindruck hervorrufe.

Etwas mehr Beachtung hat die, wie ROBINS sich ausdrückt, von totaler Unwissenheit in optischen Dingen zeugende Theorie GASSENDIS⁴ gefunden, welcher die Dimension der Pupille verantwortlich macht. Denn diese sei gröfser, wenn Sonne und Mond lichtschwach auf- oder untergehen, und contrahire sich, wenn sie hell vom hohen Himmel herableuchten; bei erweiterter Pupille sei aber das Netzhautbild gröfser als bei verengter.

MERSENNE⁵ schwankte zwischen der Meinung GASSENDI's und des PTOLEMAEUS.

Später verquickte der Abbé B⁶ die Theorie GASSENDI's mit der des VITELLO, indem er bei tiefem Stande der Sonne oder des Mondes die Pupille sich deshalb erweitern läfst, weil wir dann der dazwischenliegenden Objecte wegen diese Gestirne für entfernter halten, bei Betrachtung ferner Gegenstände die Pupille aber stets geöffneter sei als bei Fixirung naher. Auf eine Entgegnung des P. PARDIES, daß die Gröfse des Netzhautbildes von der Pupillenöffnung eben so wenig abhängen als das von einer Linse entworfene Bild von der Linsenöffnung, modificirte Abbé B⁷ seine Theorie dahin, daß mit der Verengung der Pupille die Wölbung der Krystalllinse stärker und die

¹ J. BAPT. PORTA. De Refractione. 1593. L. I, Prop. XII, Pag. 24.

² HON. FABER. Synopsis optica. 1662. Prop. VIII, Pag. 10.

³ CHR. SCHEINER. Refractiones Coelestes sive Solis elliptici Phaenomenon illustratum. 1617. Pag. 46.

⁴ P. GASSENDI. Epistolae quatuor de apparente magnitudine Solis humilis et sublimis. 1642. Auch Opuscula philos. T. III. 1658.

⁵ MERSENNE. L'Optique et la Catoptrique. 1651. L. I, Prop. XXVII, Pag. 66.

⁶ Supplement du *Journal des Scavans*, des ann. 1672, 1673 et 1674. Extrait d'une Lettre écrite par M. l'Abbé B Pag. 143.

Ebenda. Extrait d'une seconde Lettre de M. l'Abbé B Pag. 153.

Dimensionen des Augapfels kleiner würden. Die Einwürfe MOLYNEUX's werden wir bald erwähnen.

Nachdem darauf das ganze 18. Jahrhundert auf die Theorie GASSENDI's nicht mehr zurückgekommen war, tauchte im Jahre 1804 WALKER¹ mit der Behauptung auf, daß seine Versuche mit einer Linse eine Abhängigkeit der Bildgröße von ihrer Oeffnung ergeben hätten, um von NICHOLSON² dahin rectificirt zu werden, daß wenn diese imaginäre optische Neuigkeit wahr wäre, die Vergrößerung eines Fernrohrs von der Oeffnung des Objectivs abhängen, ein Theater beim Aufleuchten der Lampen zusammenschrumpfen und ein Stück Papier größer oder kleiner werden müsse, je nachdem Licht oder Schatten darauf fiel. Daß gegen Ende des 19. Jahrhunderts auch STROOBANT der Weite der Pupille einen Einfluß auf die Größe des Bildes einräumt, wird unten behandelt werden.

Die von MOLYNEUX³ im Jahre 1687 aufgestellte Vergleichungstheorie verdankt ihren Ursprung der völlig mißverstandenen Ansicht DESCARTES'. MOLYNEUX schiebt demselben nämlich folgendes unter: „For the Moon being nigh the Horizon, we have a better opportunity and advantage of making an Estimate of her, by comparing her with the various objects that incur the sight, in its way towards her; so that tho we Imagine she looks bigger yet tis a meer Deceipt: for we only think so, because she seems nigher the tops of Trees or Chimnys or Houses or a space of Ground, to which we can compare her, and Estimate her thereby, but when we bring her to the Test of an instrument that cannot be deluded or Imposed upon by these appearances, then we find our Estimate wrong, and our Senses deceived“. Dann polemisiert er gegen diese dem DESCARTES angedichtete Meinung: „These thoughts, my-thinks, are much below the Accustomed Accuracy of the Noble DESCARTES; for certainly if it be so, I may at any time increase the apparent Bigness of the Moon, tho in the Meridian; for it would be only

¹ *A journal of natural philosophy etc.* by W. NICHOLSON. Vol. IX. 1804. WALKER. On the apparent size of the horizontal Moon. Pag. 164.

² *Ebenda.* Pag. 235.

³ *Philos. Transactions.* Vol. XVI for 1686 and 1687. 1688. W. MOLYNEUX. A Discourse concerning the Apparent Magnitude of the Sun and Moon, or the Apparent Distance of two Stars, when nigh the Horizon, and when Higher elevated. Pag. 314.

by getting behind a Cluster of Chimnys, a Ridg of a Hill, or the top of Houses, and comparing her to them in that posture, as well as in the Horizon: besides if the Moon be look'd at just as shee is Rising from an Horizon determined by a smooth Sea, and which has no more Variety of Objects to compare her to, then the Pure Air; yet she will seem bigg, as if lookt at over the Rugged top of an uneven town or Rockey Country. Moreover, all Variety of adjoyning objects may be taken off, by looking through an empty Tube, and yet the deluded imagination is not at all helped thereby". In demselben Artikel behauptet er, daß der Mond am Horizont näher und nicht ferner aussehe. Stichhaltiger führt er gegen GASSENDI an, daß die Vergrößerung eines Fernrohrs nicht von der Objectivöffnung abhängt, und gegen Abbé B, daß Fixsterndistanzen dasselbe Phänomen wie die Sonne und der Mond zeigen, ohne daß hier im Zenith oder am Horizont das Auge vom Licht mehr oder weniger angestrengt wird; auch erscheine die Sonne nicht größer, wenn man sie durch ein dunkles Glas betrachte. RICCIOLI's Messungen endlich erklärt er für ungenau. Denn wäre der Sehwinkel wirklich größer, wenn Sonne und Mond am Horizont größer erscheinen, so müßte RICCIOLI ganz andere Resultate erhalten haben; er habe den Mond oft zehnmal breiter als gewöhnlich gesehen, was die geringe Zugabe von 8 oder 10 Minuten nicht zu erklären vermöge.

LOGAN¹, welcher im Allgemeinen WALLIS beistimmt, schätzt den Durchmesser der Sonne und des Mondes im Meridian auf 8 bis 10 Zoll und im Horizont, je nach der Menge der intermediären Gegenstände, auf 2 bis 3 Fuß. Hinter fernen Bäumen aber, mit deren uns bekannter Gröfse wir eine bestimmte Raumvorstellung verbinden, habe ihm die Sonne schon oft 10 bis 12 Fuß breit geschienen. Er schließt daher „that those bodies (Sun and Moon) appear greater or less, according to the objects interposed or taken in by the Eye on viewing them“.

Auch HELMHOLTZ unterstützt, wie wir sehen werden, die Vergleichungstheorie.

Anders motivirt wird die angebliche Vergrößerung durch Bäume und sonstige am Horizont befindliche Gegenstände

¹ JAMES LOGAN. Some Thoughts concerning the Sun and Moon, when near the Horizon, appearing larger than when near the Zenith. *Philosoph. Transactions* 39. For 1735, 1736. London 1738. Pag. 404.

von P. GOÜYE.¹ Dieser erinnert gegen GASSENDI, daß der aufgehende Mond trotz seiner Lichtschwäche durch eine enge Röhre klein erscheint, und behauptet gegen DESCARTES, der Mond sehe um so größer aus, je begrenzter der Horizont ist. Den Grund sucht er darin, daß die dichten ihn einhüllenden Dämpfe denselben Effect erzeugen, wie eine Mauer, welche eine vor ihr stehende Säule auch größer erscheinen liesse, als wäre sie nur allseitig von klarer Luft umgeben. Wie aber, fährt er fort, eine kannelirte Säule dicker aussieht als eine glatte, weil die Einschnitte ebensoviele einzelne Objecte darstellen, welche uns durch ihre Menge vorspiegeln, daß der ganze Gegenstand eine größere Ausdehnung besitzt, so wirken auch alle Objecte am Horizont, welche sich auf die Scheibe des Mondes projiciren. Daher sieht auch der Mond hinter Bäumen so groß aus, weil die Zweige wie die Einschnitte auf der Säule wirken.

Was GOÜYE gegen DESCARTES vorgebracht hat, behaupten auch alle Anhänger der „Theorie der Luftperspective“, welche zuerst von BERKELEY² aufgestellt worden ist. Obgleich seine zuerst im Jahre 1609 erschienene *New theory of vision* von ROBINS kurz als „fancy“ abgethan und von SMITH stark angegriffen worden ist, so hat doch die Meinung, daß Mond und Sonne wegen ihrer Lichtschwäche am Horizont ferner und deshalb größer als in der Höhe aussehen, eine große Verbreitung und hervorragende Gelehrte wie EULER und HELMHOLTZ für ihre Vertheidigung gewonnen.

Auch DESAGUILIERS³ sieht die Luftperspective wenigstens als mitwirkende Ursache unseres Phänomens an. Er wollte durch Experimente beweisen, daß ein Gegenstand größer erscheint, wenn er für entfernter gehalten wird. Er stellte zu diesem Zwecke ein Licht in einiger Entfernung vom Beobachter auf und ein zweites gleich hohes und dickes in doppelter Entfernung. Nahm er nun dieses unbemerkt fort, nachdem ebenso heimlich in gleicher Entfernung mit dem ersten Lichte ein nur halb so

¹ *Histoire de l'Acad. Royale des Sciences*. Année 1700. Paris 1703. Pag. 8.

² *The works of GEORGE BERKELEY by A. CAMPBELL FRASER*. Vol. I. 1871. *An Essay towards a New theory of Vision*. Pag. 64.

³ J. T. DESAGUILIERS. *An Attempt to explain the Phaenomenon of the horizontal Moon appearing bigger, than when elevated many Degrees above the Horizon: Supported by an Experiment*. *Philos. Transactions* 39. For 1735, 1736. Pag. 390. Desgl. P. 392.

hohes und dickes aufgestellt worden war, so hielt der Beobachter dieses für das fortgenommene, mit dem es unter gleichem Sehwinkel erschien. Ebenso experimentirte er mit Elfenbeinkugeln. Die Täuschung mißglückte aber, wenn das von der kleineren Kugel reflectirte Licht intensiver ausfiel als das von der entfernteren größeren. Daher meint er vom Monde „the deceit is help'd, because the vapours, thro' which we see it when low, take away of its brightness“.

LE CAT¹ bespricht eingehend die Wirkung der Luftperspective. Er fährt dann fort: „Quand on se promène par le brouillard, un homme qu'on rencontre paroît un géant, parce qu'on le voit confusément, et comme très-éloigné, et qu'étant néanmoins très-près, il envoie une très-grande image dans notre oeil: or l'ame juge qu'un objet très-éloigné qui envoie une grande image dans l'oeil est très-grand... C'est par le même enchantement que les vapeurs de l'horizon nous faisant voir la Lune aussi confusément, que si elle étoit une fois plus éloignée, et ces mêmes vapeurs ne diminuant pas la grandeur de l'image de la Lune, mon Ame qui n'a point l'idée de la grandeur réelle de cette planète, la juge une fois plus grande, parce que quand elle voit un objet à 200 pas, sous un angle aussi grand que celui d'un autre objet vu à 100 pas, elle juge l'objet distant de 200 pas une fois plus grand que l'autre, à moins que la grandeur réelle de ces objets ne lui soit connue.“ Dafs die intermediären Objecte die Vorstellung der größeren Entfernung erzeugen, widerlegt er wie RICCIOLI mit der Bemerkung „si l'on regarde la Lune à l'horizon par-dessus une muraille, par un tuyau de papier ou de lunette, on ne voit plus ces montagnes, ces vallées etc indices de son éloignement, et cependant on la voit toujours plus grande“. Ein fehlerhafter Versuch verleitet ihn schliesslich, die Dämpfe auch noch nebenbei durch Brechung vergrößernd wirken zu lassen.

LEONHARD EULER² hat eine Reihe seiner an eine deutsche Prinzessin gerichteten Briefe unserem Gegenstande gewidmet. Sein Gedankengang ist folgender. Der Täuschung, Mond und Sonne am Horizont für größer zu halten, als wenn sie hoch am Himmel stehen, sind alle Menschen ohne Ausnahme unterworfen, der Astronom ebenso gut wie der unwissendste Bauer.

¹ LE CAT. *Traité des Sens.* Nouv. éd. 1744. Pag. 260 ff.

² L. EULER. *Lettres à une princesse d'Allemagne.* T. III. 1772. Lettre 225 ff.

Sie rührt daher, daß wir den Mond am Horizont für entfernter halten, als wenn er eine gewisse Höhe erreicht hat. Weshalb halten wir ihn aber dann für entfernter? Mehrere Philosophen sagen, weil alsdann viele Gegenstände zwischen uns und dem Monde liegen, wie Städte, Dörfer, Wälder und Berge. Wenn der Mond aber hoch steht, sehen wir keine Objecte zwischen uns und ihm. Das ist nicht richtig, denn der Mond hört nicht auf größer zu erscheinen, wenn ich die intermediären Objecte verdecke. Auch gilt der Satz durchaus nicht allgemein, daß wir Gegenstände entfernter schätzen, wenn zwischen uns und ihnen andere vorhanden sind. Ein großer Saal z. B. erscheint leer viel größer, als wenn er mit Menschen angefüllt ist, trotz der Menge von Objecten, welche wir alsdann zwischen uns und den Wänden sehen. Eine Illusion ist auch die flache Gestalt des Himmelsgewölbes. So imaginär dieses flache Gewölbe auch an sich ist, so reell ist es in unserer Imagination vorhanden und zwar bei allen Menschen, Weisen wie Idioten. Auf der Oberfläche dieses Gewölbes sehen wir nun Sonne, Mond und Sterne wie Nägel angeheftet und trotz der Kenntniß, die wir vom Gegentheil haben, ist es unmöglich, sich von dieser Täuschung frei zu machen. Wollten wir aber die scheinbare weitere Entfernung des Mondes am Horizont als im Zenith durch die Gestalt des flachen Himmelsgewölbes erklären, so würden wir nur die eine Illusion durch eine ebenso bizarre andere ersetzen. Ja, wir würden sogar einen Cirkelschluß begehen, denn es bleibt nichts anderes übrig, als die flache Gestalt des imaginären Himmelsgewölbes umgekehrt aus der scheinbar größeren Entfernung der Sterne am Horizont als im Zenith zu erklären. Der Grund hierfür ist aber der, daß Mond und Sonne am Horizont weniger leuchten, weil ihr Licht durch den weiteren Weg in der Atmosphäre geschwächt ist. Wir wissen nämlich, daß ein Gegenstand, wie ein Wald oder ein Berg u. s. w., je weiter er von uns entfernt ist, desto mehr von seinem deutlichen Aussehen verliert. Daher sind wir seit frühester Jugend daran gewöhnt, aus der geringeren oder stärkeren Schwächung des Lichtes auf die kleinere oder größere Entfernung des Objectes zu schließen. EULER resümiert schließlichs seine lange Auseinandersetzung in den Worten: „ . . . la cause de cette illusion par laquelle la lune, aussi bien que le soleil, nous paraît beaucoup plus grande dans l'horizon, qu'à une hauteur considerable; c'est parce que

nous estimons alors ces corps plus éloignés de nous, et la raison de cette estime est fondée sur ce que leur lumière souffre alors un affaiblissement considérable par le long trajet qu'elle doit faire à travers l'atmosphère dans la basse région qui est la plus chargée de vapeurs et d'autres exhalaisons qui diminuent la transparence."

Auch HELMHOLTZ¹ hat in seinem Handbuch der Physiologischen Optik unsere „berühmte Frage“ beantwortet. Als feststehend nimmt er an, daß der Mond am Horizont deshalb größer erscheint, weil er uns entfernter vorkommt. Er glaube, daß viele verschiedene Motive dahin zusammenwirken, wobei schwer auszumitteln sei, welches in jedem einzelnen Falle überwiege. Daß unsere „unbestimmte und veränderliche Vorstellung von der flachkugelförmigen Wölbung des Himmels“, die er vom Wolkenhimmel herleitet, die Ursache sei, widerlegt er durch die Behauptung, die Vergrößerung des Mondes und der Sonne trete „recht entschieden und überraschend“ nur dann auf, wenn die Luft am Horizont recht dunstig ist und die genannten Himmelskörper nur noch eine geringe Lichtstärke zeigen; auch sei die scheinbare Vergrößerung viel bemerklicher am Monde als an der Sonne, die zu hell sei, als daß sie unmittelbar mit den irdischen Objecten des Horizontes auf eine Linie gestellt werden könne. Denn „passende irdische Objecte“ verstärkten die Vergrößerung sehr. Wenn der Mond hinter oder neben einem Baume unterginge, sehe er größer aus als hinter flachem Horizont, wo kein Gegenstand zur Vergleichung da ist, an dem zu erkennen wäre, daß seine geringe scheinbare GröÙe einer sehr bedeutenden absoluten GröÙe entspricht. Den Hauptantheil schreibt HELMHOLTZ aber der Luftperspective zu, denn das vom hochstehenden Monde durch einen ebenen Spiegel nach dem Horizont reflectirte Bild sehe nicht größer aus als der direct gesehene hochstehende Mond, obgleich das Reflexbild jetzt mit den irdischen Gegenständen am Horizont verglichen werden könne, „es fehle aber dem Spiegelbilde das Aussehen, als sei es durch den dunstigen Theil der Atmosphäre gesehen“. Er schließt seine Erörterungen mit der überraschenden Behauptung, daß bei recht klarem Himmel die Täuschung auch für den Mond „nicht sehr evident“ sei.

Daß BIOT und BRANDES der Luftperspective eine unterstützende Wirkung einräumen, ist schon gesagt worden.

¹ H. v. HELMHOLTZ. Handb. d. Physiol. Optik. 2. Aufl. 1896. § 30. S. 774—776.

Ueber die Theorie VITELLO's war die Darstellung ALHAZEN's fast vollständig vergessen worden. Die angebliche Wirkung der intermediären Objecte hatte nebenher auch dazu gedient, die flache Gestalt des Himmels zu erklären, wo überhaupt derselben gedacht wurde. Bis in die zweite Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts war es aber keinem mehr eingefallen, wieder von der Gestalt der sichtbaren Himmelsfläche auszugehen und die anscheinend gröfsere Entfernung der Gestirne am Horizont als von ihr bedingt aufzufassen. Die Schuld trug offenbar die gröfsere Einfachheit der Lehre VITELLO's als der ALHAZEN's, die in der Auffassung der Form des Himmels als eben und in der psychologischen Ableitung derselben auch unmöglich befriedigen konnte.

Erst HOBBS¹ stellt zuerst wieder die scheinbare Himmelsfläche als die Grundursache unseres Phänomens hin und unternimmt es ihre Gestalt der sinnlichen Auffassung besser anzupassen und auf reellere Bedingungen zurückzuführen. Leider wird seine Auseinandersetzung dadurch verunstaltet, daß er seine eigene Idee mit der herrschenden Erklärungsweise in nicht motivirter Weise vermengt. Wird diese Zuthat fortgelassen, so bleibt als seine Ansicht folgendes. Die scheinbare blaue Himmelsfläche, an der wir alle Gestirne, die nächsten wie die fernsten, erblicken, ist eine der Grenzfläche der Atmosphäre concentrische Kugel-
fläche und hat wie jene ihren Mittelpunkt in dem der Erde. Da wir nun nicht von diesem, sondern von der Oberfläche der Erde aus beobachten, so ist das Himmelsgewölbe uns im Scheitel näher als im Horizont und besitzt die Gestalt einer Kugelkappe. Deshalb erscheinen uns Sonne und Mond im Horizont entfernter als in anderen Positionen. Sei AD der verticale Himmelsbogen, der vom Zenith in A zum Horizont in D läuft, und durch die vom Auge F ausgehenden Geraden FB und FC in drei gleiche Theile AB , BC und CD getheilt wird, so ist der Winkel $AFB < BFC < CFD$, und umgekehrt, wenn die letztgenannten Winkel einander gleich sind, wird Bogen $AB < BC < CD$. Somit, schließt HOBBS „... quæ videntur in superficie coeli sub angulis visoriis aequalibus, majora apparebunt quam quæ sunt supra Horizontem elatiora, et quia majora, apparebunt quoque aliquanto dilutiora sive lumine temperatiora“. Ist der Endschluß

¹ THOMAS HOBBS. Elementorum philosophiae sectio secunda de Homine. 1658. Cap. III 7, Pag. 20 und Cap. VII 8, Pag. 43.

auch falsch, so ist der ganze Gedankengang sehr interessant. HOBBS geht also von der Gestalt des Himmels aus und leitet daraus schliesslich sogar die Lichtschwäche der Gestirne am Horizont ab; EULER ging von letzterer aus und kam von ihr auf die abgeplattete Gestalt des Himmels.

Zehn Jahre später schrieb TREIBER¹ in Jena seine Dissertation über Gestalt und Farbe des Himmelsgewölbes. Er denkt sich dasselbe als die uns durch die Reflexion der Lichtstrahlen sichtbar gewordene Grenzfläche der Atmosphäre, die in einem verticalen Abstände von 4 Meilen, wie aus der Dauer der Dämmerung folge, concentrisch mit der Erdoberfläche eine durch den Horizont abgeschnittene Kalotte bilde, deren horizontaler Radius aus den Dimensionen der Erde zu 84 Meilen berechnet wird. Da dies aber eine zu grosse Abflachung ergiebt, so macht er die sonderbare Annahme, dass die Erdoberfläche concav erscheine und zwar ebenso tief nach unten gewölbt als der Himmel nach oben, um auf diese Weise das Verhältniß der verticalen zur horizontalen Himmelsausdehnung auf 8 : 84 zu erhöhen.

MALEBRANCHE äussert in seiner Réponse à M. REGIS im Jahre 1693, dass der Himmel abgeflacht und am Horizont zweibis dreimal entfernter scheine als im Zenith, in Folge dessen auch die scheinbare Distanz des Mondes im Horizont etwa doppelt so gross sei als im Meridian, was er durch eine Figur illustriert. Und etwas weiterhin entgegnet er auf einen Einwurf von P. FAQUET: „Pour détruire la distance apparente du soleil couchant, il ne suffit pas de se cacher la campagne par le bord de son chapeau, il faut aussi se faire éclipser le ciel. Mais, apparemment, ce savant homme ne faisait pas attention à la voûte apparente du ciel, qui, comme je viens de dire, paraissant presque plate, doit causer à peu près la même apparence que les terres interposées.“

Das Verdienst, auf der von HOBBS gegebenen Grundlage die Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes zuerst rationell durch Rechnung und Beobachtung genauer untersucht zu haben, „weil diese Untersuchung unumgänglich erfordert wird, verschiedene Erscheinungen vollkommen zu erklären“, kommt SMITH² zu. Zu diesen Erscheinungen rechnet er in erster Linie

¹ M. J. F. TREIBER. De figura et colore coeli apparente. Jenae 1668.

² ROBERTH SMITH. Vollständiger Lehrbegriff der Optik, mit Aenderungen und Zusätzen von A. G. KÄSTNER. 1755. Das Original ist 1738 erschienen.

die scheinbare Gröfse der Sonne und des Mondes. Da ebenso der scheinbare Abstand zweier Sterne von ihrer Höhe über dem Horizont abhängig ist, so leitet er hieraus eine andere Methode zur Bestimmung der relativen Dimensionen des als Kugelkappe angenommenen Himmelsgewölbes ab, mittelst welcher er das durch Höhenmessung der geschätzten Mitte des verticalen Himmelsbogens zwischen Zenith und Horizont erhaltene Resultat controlirt. Er nennt ferner als Erscheinungen, welche sich aus demselben Grundphänomen der platten Himmelsform ergeben, die Gestalt des Regenbogens, der unten breiter aussieht und weiter von dem Nebbogen absteht als oben, dann die eirunde Gestalt der Ringe um Sonne und Mond, und schließhch die scheinbare Form der Kometenschweife, der Dämmerungsstrahlen und des Nordlichts. Dann untersucht er die Ursache der scheinbaren Gestalt des Himmelsgewölbes. Nachdem er versucht hat, darzulegen, daß wir in ebener Gegend für Entfernungen über 25 bis 30,000 Fufs unempfindlich sind und alle darüber hinaus liegenden Objecte nur auf diesen Abstand taxiren, schließst er, daß eine nach allen Richtungen ins Unendliche sich erstreckende, über 25,000 Fufs von uns abstehende, ebene Mauer den Anblick eines uns umgebenden halben Kugelgewölbes und eine über uns parallel mit der Erdoberfläche ausgebreitete Wolkendecke, deren geringer zenithaler Abstand erkennbar ist, den einer flachen Wölbung darbieten müsse. Dann fährt er fort: „Ist der Himmel nur zum Theil mit Wolken überdeckt oder auch vollkommen frei davon, so lehrt uns die Erfahrung, daß wir noch eben den Begriff behalten, als wie er völlig überdeckt war. Glaubst Jemand, die Zurückwerfung des Lichtes von der bloßen Luft sei zulänglich, diesen Begriff zu erregen, so will ich auch nicht darüber streiten“. SMITH tritt ferner der Erklärung BERKELEY's mit folgenden Argumenten entgegen. „Dann müßte der Mond, wenn man ihn bei Tage sieht, größer scheinen, weil er dann matter aussieht. Da auch der Mond im Horizont dem bloßen Auge viel matter aussieht, als die Sonne daselbst, und beider scheinbare Durchmesser fast einerlei sind, sollte er uns nach dieser Erklärung viel größer vorkommen als sie. Ja die Sonne sollte kleiner aussehen als der Mond im Meridian, weil ihr Licht nicht so matt ist. Drittens scheint der Mond bei seiner gänzlichen Verfinsterung viel matter als in eben der Höhe unverfinstert und wird doch nicht größer geschätzt“. Zugleich

macht er hier darauf aufmerksam, daß die Strahlen, welche den verfinsterten Mond treffen, durch die Atmosphäre der Erde gegangen sind, das Aussehen des verfinsterten Mondes also auf derselben Ursache beruht wie das des auf- oder untergehenden. Es gelte hier also nicht die Einwendung, die BERKELEY wider die Betrachtung der Sonne und des Mondes durch angelaufene Gläser macht, da jeder weiß, daß sie uns deswegen nicht größer vorkommen. „Endlich kann die BERKELEY'sche Hypothese nicht erklären, weshalb die Sternbilder am Horizonte größer erscheinen als bei ihrer Culmination“. SMITH erwähnt auch die Methode von MARTIN FOLKES, die absoluten Dimensionen des scheinbaren Himmelsgewölbes zu bestimmen durch Messung der Höhe des Punktes am Himmel, der vertical über einem bestimmten Punkte auf der ebenen Erdoberfläche zu liegen scheint, dessen Entfernung vom Auge bekannt ist.

Nach MAIRAN¹ müßten wir eigentlich die Sterne an einem sphärischen Himmelsgewölbe sehen, dessen Radius 5000 Toisen betrüge, indem er sich auf gleiche Betrachtungen wie SMITH bezieht. Nun erlitte aber durch die von MALEBRANCHE erklärte Täuschung das Himmelsgewölbe eine Abflachung. Zöge er auch noch die Refraction in der Atmosphäre in Rechnung, so käme eine conchoidale Form des verticalen Durchschnitts desselben zu Stande, und so habe FOLKES in der That die scheinbare Form des Himmels erblickt.

Im Jahre 1758 hat LAMBERT² mit einem Freunde in der Ebene bei Chur nach dem Recept von FOLKES Beobachtungen angestellt, um aus ihnen die Gestalt und die absoluten Dimensionen des Himmelsgewölbes zu ermitteln. Die erhaltenen Resultate nennt er selbst „widersinnisch“, und auch spätere Anwendungen dieser Methode haben keine Ergebnisse erbracht, welche befriedigen könnten.

BIOT³ erklärt die Abflachung des Himmels wie HOBBS dadurch, daß die Ebene des Horizontes von der Atmosphäre ein flaches Segment abschneidet: „Notre position sur la surface

¹ MAIRAN. Digression sur la Courbûre apparente du fond du Ciel. *Mem. de Mathématique et de Physique de l'Acad. Royale des Sciences* pour l'Année 1740. Paris 1742. Pag. 67.

² J. H. LAMBERT. Beiträge zum Gebrauch der Mathematik und deren Anwendung. 1765—1772. Band I.

³ BIOT. *Traité élémentaire d'Astronomie physique*. 2. éd. 1810. T. I, § 41.

terrestre doit donc faire juger l'atmosphère plus alongée dans le sens de l'horizon que vers le zénith“. Die Wirkung dieser „reellen Ursache“ werde aber noch dadurch „verstärkt“, daß der über uns befindliche Theil der Atmosphäre keine Objecte zur Beurtheilung seiner Tiefe bietet, während wir nach dem Horizont zu Berge, Wälder, Häuser u. s. w. erblicken. Daher „Nous lui supposons une courbure beaucoup plus aplatie que la véritable“.

BOHNENBERGER¹ leitet, wie HOBBS und SMITH, die scheinbare GröÙe der Gestirne am Horizont von der Gestalt des Himmelsgewölbes ab, an welchem sie erscheinen. Die Gestalt des Himmels erklärt er wie HOBBS und BIOT. „In kleinen Massen ist die atmosphärische Luft unsichtbar, aber die von allen Schichten der Atmosphäre zurückgeworfenen Lichtstrahlen machen einen merklichen Eindruck und zeigen sie mit einer blauen Farbe, welche sich auch über sehr entfernte Gegenstände der Erde verbreitet und dem Himmel das Ansehen eines blauen Gewölbes giebt. Könnten wir die Grenzen der Atmosphäre sehen und die Entfernungen der an ihrer äußeren Oberfläche befindlichen Punkte beurtheilen, so würde uns der Himmel als die Oberfläche eines Kugelabschnittes erscheinen, welcher durch den Horizont des Beobachtungsortes oder durch eine die Erdoberfläche berührende Ebene abgeschnitten wird. Ob wir aber gleich die äußerste Oberfläche der Atmosphäre nicht unterscheiden können, so müssen wir doch, da die horizontalen Lichtstrahlen, welche sie uns zusendet, aus einer größeren Tiefe kommen, als die verticalen, die Ausdehnung der Atmosphäre nach der horizontalen Richtung für größer halten, als nach der verticalen. Hierzu kommt noch unsere Erfahrung über die Entfernung irdischer Gegenstände, welche nur in horizontaler Richtung beträchtlich werden kann. Erscheinen uns die auf der Erde befindlichen Gegenstände in einiger Höhe über dem Horizont, so wissen wir schon, daß sie nicht sehr entfernt sein können, und wir sind geneigt, auch die höher über dem Horizont liegenden Punkte des scheinbaren Himmelsgewölbes für näher zu halten, als die am Horizont befindlichen, zwischen welchen und unserem Auge noch überdies gewöhnlich eine Menge Gegenstände liegen, durch welche wir veranlaßt werden, den an den Horizont angrenzenden Theil des Himmels für entfernter zu halten“.

¹ J. G. F. BOHNENBERGER. *Astronomie*. 1811.

J. C. E. SCHMIDT¹ führt ebenfalls unsere Erscheinung auf die Gestalt des Himmels zurück. „Da wir über die wahre Entfernung von Sonne und Mond kein Urtheil fällen können, so setzen wir sie in ihren verschiedenen Stellungen jedesmal in die Entfernung von uns, welche das Himmelsgewölbe daselbst zu haben scheint. Das Bild, welches auf der Netzhaut entsteht, bleibt bei jeder Höhe dieser Himmelskörper von einerlei Gröfse. Indem wir uns aber vorstellen, derselbe nähere sich uns bei seinem Aufsteigen, so machen wir in Gedanken unwillkürlich den Schluß, der Durchmesser des Himmelskörpers habe sich verkleinert und zwar in dem Maafse, in welchem wir uns diesen Körper genähert vorstellen. Dasselbe gilt auch von der scheinbaren Entfernung zweier Sterne etc.“ Ueber die Ursache der Gestalt des Himmels sagt er folgendes: „Da die Wolken etwa 59 mal so weit im Horizont von uns entfernt sind als im Scheitel, so läßt sich die eingedrückte Gestalt des Himmels daraus nicht erklären, daß wir die Idee über seine Gestalt bei einem mit Wolken bedeckten Himmel auch auf den heiteren Himmel übertragen. Am wahrscheinlichsten ist es, daß die gröfsere Entfernung, die wir dem Horizont beilegen, blos von dem trüben und dunklen Aussehen herkommt, das auch bei unbedecktem Himmel die blaue Farbe daselbst besitzt“.

„Die ungleiche Erleuchtung und Färbung der verschiedenen Theile des Himmels“ sieht auch KÄMTZ² für die Ursache der scheinbaren Himmelsform an. „Der Himmel in der Nähe des Horizontes, wo das mit vielem Weißs vermischte Blau nicht so lebhaft erscheint, als in der Nähe des Zeniths, scheint uns wegen dieser geringen Deutlichkeit entfernter zu sein; dazu kommt, daß wir auf der Oberfläche der Erde noch sehr viele Gegenstände sehen, wodurch ebenfalls die Idee einer gröfseren Distanz in horizontaler Richtung hervorgerufen wird. Daß es jedoch vorzugsweise der erstere Umstand ist, welcher bei dieser Täuschung die Hauptrolle spielt, geht aus dem Umstande hervor, daß der Himmel auf Bergen, wo die Anzahl der bis zum Horizont sichtbaren Gegenstände gröfser ist, dieselbe Gestalt zu haben scheint als auf Ebenen“.

¹ J. C. E. SCHMIDT. Lehrbuch der analytischen Optik. 1834.

² KÄMTZ. Lehrbuch der Meteorologie. Band III. 1836.

CLAUSIUS¹ bezweifelt, ob die grössere Helle beim Horizonte wirklich die Vorstellung einer grösseren Entfernung erwecken müsse, und ausserdem sei diese Voraussetzung nicht mehr erfüllt, sobald der Himmel trübe ist, wodurch sich doch seine scheinbare Gestalt nicht ändere. Seiner oben citirten Ableitung dieser Gestalt aus unserem Urtheil über den Abstand der Gestirne, das durch die intermediären Gegenstände beeinflusst werde, fügt er noch folgende Erklärung hinzu. „Wenn wir am Himmel nur die Gestirne erblickten, so würde in uns die Vorstellung eines halbkugelförmigen Gewölbes entstehen, denn die Sonne, der Mond und die Abstände der Fixsterne von einander zeigen sich bei ihrer Bewegung immer unter denselben Seh winkeln und müssen daher, so lange das Urtheil noch unbefangen ist, den Schluss veranlassen, daß sie immer gleich weit von uns entfernt seien. Bei den Wolken dagegen bemerken wir unverkennbar, sowohl aus der Zunahme des Seh winkels, als auch aus der grösseren Deutlichkeit des Erkennens, daß sie, wenn sie vom Horizonte her nach dem Zenith zu kommen, auch unserem Standpunkte näher rücken, und sie allein würden daher die Vorstellung eines sehr flachen Gewölbes erwecken. Da wir nun aber das Bestreben haben, alles, was wir am Himmel sehen, auf eine und dieselbe Fläche zu versetzen, so combiniren wir aus jenen beiden Vorstellungen die eines mittleren Gewölbes, welches für die Sterne zu flach und für die Wolken zu erhaben ist.“

ZENO² leitet ebenfalls in einem Briefe an TYNDALL die scheinbare Grösse von Sonne und Mond von der flachen Gestalt des Himmels ab, denn wenn zwei Körper unter gleichem Winkel gesehen werden, erscheine der als näher angenommene kleiner. Das Gestirn erscheine aber näher im Zenith als im Horizont, weil der sichtbare Himmel näher beim Zenith als beim Horizont erscheint, die scheinbare Distanz des Sternes sich aber nach der des Himmels richte. Die scheinbare Gestalt des Himmels bilde sich nun folgendermaassen. Der Himmel würde schwarz erscheinen, wenn die atmosphärischen Partikel keine Strahlen reflectirten, er würde weifs erscheinen, wenn keine schwarzen Zwischenräume Punkte der Retina ungereizt liefsen. Er erscheint

¹ R. CLAUSIUS. Uebersichtliche Darstellung etc. Heft 4 der *Beitr. zur meteorolog. Optik etc.*, herausg. v. J. A. GRUNERT. 1850.

² T. ZENO. On the Changes in the Apparent Size of the Moon. *Philos. Magazine* 24, 4th Series, Pag. 390. July-Dec. 1862.

blau nach einem von DA VINCI bewiesenen Gesetze, weil gereizte und ungereizte Punkte der Retina durch einander liegen. Er fährt fort „But the partial blueness of sky at horizon shows that the blackness of space is not altogether shut out by intervening reflecting particles: whence it follows that the furthest reflecting particles of our atmosphere cannot have their light wholly intercepted by the nearer, and that the whole atmospheric area contributes, with the blackness of space beyond, to constitute the visible sky“. Wenn aber die ganze Atmosphäre Theil nimmt an der Bildung des sichtbaren Himmels, so muß, da die Grenze der Atmosphäre am Horizont entfernter von uns ist als am Zenith, auch der sichtbare Himmel uns am Horizont entfernter als am Zenith erscheinen. Die scheinbare Entfernung des Gestirns fällt aber zusammen mit der des Himmels, denn da keine sinnliche Wahrnehmung der wirklichen Entfernung des Gestirns zu Stande kommt, so kann der Sinn dasselbe nur auf dem Grunde, der es umgiebt, wahrnehmen. Ein helles Licht, das in einiger Entfernung hinter einer Oeffnung in einem halberleuchteten Schirm placirt ist, scheint die Oeffnung auszufüllen und in derselben sich zu befinden; Sonnenstrahlen, welche durch einen Spalt einfallen, scheinen ebenfalls von dem Gegenstande, in welchem sich der Spalt befindet, auszugehen. ZENO erinnert auch daran, daß ein Nachbild der aufgehenden Sonne sich verkleinert, wenn man den Blick nach dem Zenith richtet, und wieder vergrößert, wenn nach dem Horizonte.

MAURICE BLONDEL¹ sieht gleichfalls als Ursache der verschiedenen scheinbaren GröÙe der Sonne und des Mondes ihre durch die Gestalt des Himmels bedingte verschiedene scheinbare Entfernung an. Die flache Himmelsform begründet er wie folgt: „Nous nous mouvons en long et en large, non de bas en haut; et nous mesurons le monde à nos habitudes. — Les nuages ou les oiseaux qui passent sont en effet plus rapprochés de nous, s'ils sont au-dessus de nos têtes, et leur éloignement augmente à mesure que le regard qui les suit descend vers l'horizon. — Faute de points de repère, les distances horizontales paraissent toujours plus longues que les distances verticales, ou tout au moins, en les appréciant, nous sommes exposés à de plus graves

¹ M. BLONDEL. L'agrandissement des astres à l'horizon. *Rev. philos.* 26 u. 27. 1888 f.

erreurs. — La position normale de la tête dirige le regard plutôt en bas qu'en haut; et le champ de la vision s'étend, sans gagner en hauteur. — Le son, refoulé par le sol, court à terre ou monte, mieux qu'il ne descend; et parce qu'il se produit d'ordinaire dans les régions inférieures, le monde sonore, comme le monde visuel, comme le monde du toucher, se développe surtout en long et en large, mais nullement sous nos pieds, et peu sur nos têtes. Pour toutes ces raisons et pour d'autres encore qui s'enchaînent et se fortifient l'une l'autre c'est une habitude très générale et très invétérée d'étendre et d'abaisser la voûte céleste." In dem späteren Artikel sagt er: „Tout autour de l'horizon et quelques degrés au-dessus, se déroule une zone qui, par l'importance, qu'elle a pour nous et par les points de comparaison qu'elle nous offre, semble appartenir à une sphère très étendue dont nous sommes le centre. En même temps le haut du ciel est comme aplati, c'est-à-dire qu'il paraît faire partie d'une sphère, plus grande encore, mais dont nous n'occupons plus le centre, reporté plus bas, parce qu'elle nous importe moins.“

L. LECHALAS¹, welcher noch eben die Theorie der intermediären Objecte vertheidigt hat, beeilt sich die Ansicht BLONDEL'S für ausgezeichnet zu erklären. Er fügt hinzu, daß auch MALEBRANCHE dieselbe Idee gehabt, aber nicht verfolgt, sondern sich bestrebt habe, die Ursachen zu zeigen, welche auf directe Weise die scheinbare Entfernung der Gestirne beeinflussen, und citirt die oben wiedergegebenen Aussprüche MALEBRANCHE'S aus der Réponse à M. REGIS.

Für FILEHNE² besteht kein Zweifel, daß die scheinbaren Größenunterschiede von Mond und Sonne je nach ihrem Stande am Himmel nur Specialfälle eines für alle Bildobjecte des Himmels gültigen Gesetzes darstellen. Die Vergleichungstheorie werde vollständig widerlegt durch Beobachtung des Mondes über Berge hinweg sowie am Seehorizont. Gegen sie spreche ferner die Wirkungslosigkeit der Verdeckung aller terrestrischen Gegenstände. Eigentlich sei sie überhaupt nur eine rein willkürliche Annahme, denn wäre zufällig der Mond am Horizont klein und im Zenith groß, so würde die Vergleichungstheorie ebenfalls her-

¹ G. LECHALAS. L'agrandissement des astres à l'horizon. *Rev. philos.* 26, S. 49 u. 596.

² FILEHNE. Die Form des Himmelsgewölbes. *Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie* 59, S. 279. 1894.

halten können und jetzt viel plausibler lauten: Weil wir den Mond am Horizont mit großen Bauten, hohen Bergen und mächtigen Baumkronen vergleichen, erscheint er uns klein; wenn er aber in erhabener unvergleichlicher Majestät hoch am Himmel schwebt, da erscheint er uns groß! Dann wendet er sich gegen die Theorie der Luftperspective, welche für die Sternbilder, die in ihrer scheinbaren Größe von der Helligkeit der sie zusammensetzenden Sterne unabhängig sind, durchaus außer Stande sei, die scheinbare Vergrößerung zu erklären, da die Dünste doch nur die Helligkeit der beteiligten Sterne ändern können. Auch erkläre sie nicht die Uhrglasform des klaren Tageshimmel, da an diesem keine Gegenstände vorhanden sind, welche am Horizont vergrößert erscheinend den Horizonshimmel zu dehnen vermöchten. Für die Form des Himmels und für die wechselnde scheinbare Größe der Sternbilder könne man aber doch nur ungern andere Ursachen gelten lassen, als für die in genau demselben Sinne wechselnden scheinbaren Größen von Sonne und Mond. Aber auch für diese sei die Theorie nicht richtig. Sie gelte überhaupt nur für relativ dunkle Körper auf relativ hellem Grunde, nicht für relativ helle Körper auf relativ dunklem Grunde. Die hochstehende Sonne sehe man durch Rauchmassen roth, aber nicht vergrößert, sondern verkleinert. Und wenn man die am Horizont stehende rothe vergrößerte Sonne durch Rauch sehe, so werde sie röther, lichtschwächer, undeutlicher, aber nicht größer, sondern kleiner. Dunkle Gestalten vergrößere der Nebel, leuchtende Himmelskörper verkleinere er. Wenn HELMHOLTZ das durch Spiegelung auf den Horizont projecirte Mondbild nicht größer gesehen hat, so sei der Grund der, daß der reflectirte hochstehende Vollmond mit dem ihn umgebenden Himmelsabschnitte so lichtstark zu dem durch die Glastafel hindurch gesehenen dunklen Horizonttheile des Nachthimmels ist, daß man das reflectirte und das direct gesehene Bild über einander und durch einander sieht, aber nicht zu einem am Horizont gelegenen vereinigt. Mit einigen Kunstgriffen gelänge aber das Experiment, am besten mit Sternpaaren. Das Resultat aller seiner Beobachtungen sei, daß Sonne, Mond und alle Sterncombinationen, gleichviel, ob sie vom Horizont in die Höhe oder von der Höhe an den Horizont gespiegelt werden, sofern die Projection wirklich gelingt, dieselbe scheinbare Größe dort haben, welche sie haben würden, wenn sie dort wirklich ständen. Ebenso verkleinere und

vergrößere sich das Nachbild der Abendsonne, wenn man nach der Höhe oder wieder nach dem Horizont blicke. Ueberall zeige sich die Abhängigkeit der scheinbaren Gröſsen von der Gestalt des platten Himmels. Diesen sehen wir aber nicht als unendlichen Raum, sondern als eine Fläche, welche als Plafond der Ebene des Horizontes als Fußboden zugehört und zwar in weite aber noch terrestrische Entfernung verlegt wird, da unsere sinnlichen Wahrnehmungen von Entfernungen ausschließlich irdischer Erfahrung entnommen sind. Das Kind sieht alles unräumlich und gleich nahe. In dem Maafse aber als das räumliche Sehen zur Ausbildung gelangt, weicht auch der Himmel in der Wahrnehmung zurück und fixirt sich, sobald ein weiteres Zurückweichen nicht mehr gefordert wird, in einer Höhe, die etwa der Region der höchsten Wolken entspricht. Zugleich wird dieser Plafond in dem gleichen Maafse wie der Fußboden, zu dem er gehört, in horizontaler Richtung vertieft und perspectivisch ausgearbeitet. Die scheinbare Wölbung verschwindet völlig, und wir sehen den Himmel ohne Schwierigkeit als einen solchen ebenen der Ebene des Horizontes parallelen Plafond, wenn wir ihn eine längere von hohen Häusern eingefasste Straße entlang bis zum Horizontrande, dem perspectivischen Verschwindungspunkte, verfolgen. Stellen wir uns nun vor, so schließt er, wir ständen unter der Mitte einer cassettierten Saaldecke, an welcher sich durchweg gleiche Quadrate befinden, so werden diejenigen über unserem Kopfe unter größerem Sehwinkel erscheinen als alle Anderen, für welche dieser um so kleiner wird, je entfernter sie von der Mitte liegen. Wir sehen aber alle Quadrate gleich groß, nicht, obgleich ihre Winkelgrößen abnehmen, sondern weil sie abnehmen. Wären die Quadrate aber so gearbeitet, daß sie sämtlich dem Beschauer unter gleichen Winkeln erschienen, so würde er sofort das Quadrat über seinem Haupte für das kleinste und die von der Mitte nach den Seiten gelegenen größer und größer sehen. Und so ist es an dem Himmelsplafond mit Sonne, Mond und Sternbildern.

Es ist unschwer zu erkennen, daß die Ansicht FILEHNE'S außerordentlich viel Aehnlichkeit mit der Theorie ALHAZEN'S besitzt. Denn beide stellen sich den Himmel als eine gewohnten Verhältnissen entnommene, der Ebene des Horizontes parallele, ebene Decke vor, welche von ALHAZEN als Träger der blauen Himmelsfärbung und von FILEHNE als zu dem Fußboden der

Ebene des Horizontes gehörender Plafond angesprochen wird, während die Phänomene an dieser Himmelsdecke bei beiden aus elementaren perspectivischen Gründen folgen.

Bereits in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts war auch die 1700 Jahre lang vergessene von PTOLEMAEUS in seiner Optik aufgestellte Theorie der Blickrichtung wieder zum Leben erwacht. Und zwar war es kein Geringerer als GAUSS¹, der zuerst eine ähnliche Ansicht wieder geäußert hat. Er schreibt an BESSEL: „Ueberhaupt ist mir zuweilen vorgekommen, als ob das Physiologische bei manchen optischen Phänomenen eine wichtigere Rolle spielt, als man sonst wohl gedacht hat. Die gewöhnlichen Erklärungen des Phänomens, daß der Mond am Horizont uns größer erscheint als in beträchtlicher Elevation, haben mich niemals befriedigt. Diese Gründe sind sehr entscheidend bei allen Personen, die den Mond nach Teller- oder Wagenräderbreiten schätzen, aber nicht bei Astronomen, die gewohnt sind, nur Winkel zu sehen. Aber auch der Astronom kann sich bei allem Bewußtsein der Theorie nicht von dem Größersehen losmachen. Man sollte hier allerlei Experimente anstellen, z. B. den Vollmond im Horizont in einem Planspiegel sehen, so daß er aus großer Höhe herabreflectirt wird, ohne daß man den Spiegel mit Zubehör gewahr wird, und umgekehrt den Vollmond aus großer Höhe durch Reflexion horizontal sehen. Solche Spiegel müssen aber, um obiger Bedingung Genüge zu leisten, sehr groß und sehr genau plan sein, woran es mir fehlt. Dagegen aber ist es mir vorgekommen, als ob ein anderes Experiment auf eine physiologische Erklärung des Phänomens hinwiese; betrachte ich den hochstehenden Vollmond in einer rückwärts sehr geneigten Körperlage, wobei der Kopf gegen den übrigen Körper die gewöhnliche Lage hat, so daß der Mond etwa senkrecht gegen das Gesicht scheint, so sehe ich ihn viel größer, und umgekehrt sehe ich den im Horizont stehenden Vollmond bei vorwärts geneigtem Körper merklich kleiner“.

Im Jahre 1878 hatte HOUZEAU² die bisher aufgestellten Theorien, insbesondere die angebliche Wirkung der intermediären Objecte und der Lichtschwächung einer Kritik unterzogen, in

¹ GAUSS an BESSEL d. 9. April 1830. Briefwechsel zwischen GAUSS und BESSEL. 1880. S. 498.

² HOUZEAU. Sur certains phénomènes énigmatiques de l'Astronomie. *Bulletins de l'Acad. Roy. de Belgique*, 2. série 46, p. 951. 1878.

welcher er gegen diese: „Car si pareil effet était fondé, le Soleil et la Lune nous paraîtraient grossir, à quelque hauteur qu'ils soient, chaque fois qu'un brouillard ou une fumée viendraient en affaiblir l'éclat“ und gegen jene unter anderem folgendes einwendet: „Si le nombre des objets interposés changeait notre jugement, un homme placé à l'extrémité d'une allée d'arbres, paraîtrait plus grand que celui qui est au bout d'un chemin nu de la même longueur. — C'est plutôt quelque chose de contraire qui arrive. Dans la vaste plaine de l'arénal, dans le sud du Texas, plaine unie comme la mer, j'ai été frappé de la taille énorme que j'attribuais à distance aux simples touffes d'herbe à des mottes comme des taupinières. Les pieds de yucca qui se montraient à l'horizon et qui avaient à peine la moitié de la hauteur d'un homme, faisaient l'effet de véritables arbres“. Sein Artikel schließt: „Il faut donc connaître que nous ignorons jusqu'à ce jour la raison d'une illusion si commune, d'un effet en quelque sorte si vulgaire, dont parlent déjà Aristote et Pline, et qui se reproduit sans cesse sous nos yeux“.

Nachdem nun im Jahre 1880 der Briefwechsel zwischen GAUS und BESSEL herausgegeben worden war, konnte es nicht Wunder nehmen, wenn STROOBANT¹ die Blickrichtung als eventuelle Ursache unseres Phänomens näher untersuchte. Die Annahme, daß die scheinbare GröÙe von der Entfernung abhängt, sei hin-fällig, da Sonne und Mond am Horizont durch dunkle Gläser nicht verkleinert würden. Ferner habe auch nach PLATEAU² das auf eine 51 Meter entfernte Wand projecirte Nachbild des hochstehenden Vollmondes mit diesem gleiche scheinbare GröÙe; er selbst habe einen für die GröÙsengleichheit der untergehenden Sonne und ihres Nachbildes nöthigen Abstand der Wand von 48 Metern gefunden. Hieraus ginge hervor, daß wir instinctiv das hochstehende wie das tiefstehende Gestirn in dieselbe Entfernung von ungefähr 50 Metern versetzen. Da er aus seinen und Anderer Vergleichen der Distanzen von hoch und tief stehenden Sternpaaren, sowie von elektrischen Funkenpaaren in

¹ PAUL STROOBANT. Sur l'agrandissement apparent des Constellations, du Soleil et de la Lune à l'horizon. *Bull. de l'Acad. Roy. de Belgique*, 3. série 8, p. 719. 1884. — P. STROOBANT. Nouvelles recherches sur l'agrandissement apparent etc. *Ebenda* 10, p. 315. 1885.

² M. J. PLATEAU. Une application des images accidentelles. *Bull. de l'Acad. Roy. de Belgique*, 2. série 49, p. 316. 1880.

einem dunklen Saale, gefunden hatte, daß Objecte im Zenith um ein Fünftel kleiner erscheinen als bei gleichen Dimensionen und gleichem Abstände vom Beobachter im Horizont, so proklamirte er die Blickrichtung als wenigstens eine der Ursachen unserer Erscheinung. Weil aber der Effect derselben zu unbedeutend war, mußte er sich nach einer zweiten umsehen, und so lebte auch wieder die alte Theorie GASSENDI's auf, indem STROOBANT beobachtet hatte, daß sich die Gröfse einer in einem dunklen Zimmer von hinten beleuchteten ölgetränkten Papierscheibe um Dreizehntel verkleinere, wenn das Auge plötzlich durch eine Lampe erhellt wird und die Pupille sich contrahirt.

LECHALAS wendet sich in seinem schon oben erwähnten, für die Theorie von MALEBRANCHE eintretenden Artikel gegen HOUZEAU und besonders gegen STROOBANT, dessen Versuche folgende Kritik erfahren. Die heikle Beobachtung mit dunklen Gläsern sei nicht mit der nöthigen Vorsicht angestellt worden. Die Uebereinstimmung der scheinbaren Gröfse der untergehenden Sonne und des hochstehenden Mondes mit ihren auf eine 48 resp. 51 Meter entfernte Wand geworfenen Nachbildern besage nichts, da Niemand ernstlich behaupten würde, Sonne und Mond im Zenith geschweige im Horizont in dieser Entfernung zu erblicken. Das Experiment mit der Papierscheibe entspräche nicht den wirklichen Verhältnissen beim Aufgange des Mondes und bewiese nur, daß die Irradiationswirkung der Scheibe durch die plötzliche starke Beleuchtung der Retina durch die Lampe aufgehoben würde; hätte er, der zunehmenden Lichtintensität des aufsteigenden Mondes entsprechend, diejenige der Scheibe vermehrt, so würde sich gerade das Gegentheil von dem, was bewiesen werden sollte, gezeigt haben. Zur Erklärung der angeblichen Wirkung der Blickrichtung könne man an einen Einfluß der Schwerkraft auf das Auge denken, der aber durch besondere Beobachtungen noch zu constatiren wäre; auch wünsche er, daß die betreffenden Versuche mit den elektrischen Funkenpaaren im Laboratorium des Herrn WUNDT wiederholt würden.

Hatte GAUSS nur im Allgemeinen allen ihm bekannten Erklärungsweisen ihre Berechtigung abgesprochen und HOUZEAU einige gewichtige Bedenken gegen die angebliche Wirkung der zwischen uns und dem Horizonte gelegenen Gegenstände sowie der Luftperspective geäußert, so trat im Jahre 1898 Égr-

NITIS¹ mit einer speciellen Zusammenstellung aller Argumente auf, welche sich gegen die einzelnen Theorien, unter denen jedoch die der Blickrichtung fehlt, irgend vorbringen lassen. Ich kann hier seine Einwendungen nicht einzeln wiederholen. Wir kommen auf mehrere später zu sprechen. Hier möchte ich nur bemerken, daß auf die bekannte Täuschung, nach welcher hinter Gebäuden oder Bergen der Himmel steiler hinabzugehen scheint, zu viel Gewicht gelegt scheint. Diese Erscheinung, auf welche meines Wissens zuerst BRANDES aufmerksam gemacht hat, findet übrigens in auffallender Weise nur bei wolkenfreiem oder gleichmäßig bewölktem Himmel statt, während einzelne Wölkchen über den Häusern oder Bergen sie aufheben. ÉGINITIS behauptet auch nicht gerade die vollständige Wirkungslosigkeit der von den verschiedenen Theorien angenommenen Ursachen, welche mehr oder weniger schwach bei der Erzeugung unseres Phänomens mitwirken könnten, ja er gesteht sogar der Abplattung des Himmels gewölbes zu, noch am meisten als Ursache der Erscheinung für sich zu haben, doch kann er nicht umhin seinen Artikel mit den Worten zu schließen: „d'après nos observations sa principale cause est encore inconnue“.

Schließlich leugnet W. v. ZEHENDER² das Vorhandensein einer scheinbaren Abflachung des Himmels gewölbes überhaupt. Er nimmt an, daß die Vorstellung der uhrglasähnlichen Himmelsform nur auf Tradition beruht und durch Tradition zu einer Glaubenssache geworden ist, während er die scheinbare Vergrößerung von Mond und Sonne dadurch erklärt, daß spitze Winkel, die in horizontaler Richtung sich öffnen, zu klein, die in verticaler Richtung, zu groß geschätzt werden.

Unter solchen Umständen erwuchs der Theorie der Blickrichtung noch ein Vertheidiger. ZOTH³ behauptet wie STROOBANT, daß durch dunkle Gläser, welche noch gerade gestatten die helle Scheibe, aber nichts von der Umgebung zu erkennen, die scheinbare Gröfse des Mondes am Horizont und im Zenith unverändert

¹ D. ÉGINITIS. Sur l'agrandissement des disques du Soleil et de la Lune à l'horizon. *Compt. rend. de l'acad. des sciences* 126 (19), p. 1326. 1898.

² W. v. ZEHENDER. Die Form des Himmels gewölbes und das Größer-Erscheinen der Gestirne am Horizont. *Zeitschr. f. Psychol. etc.* 20, S. 353. 1899.

³ O. ZOTH. Ueber den Einfluß der Blickrichtung auf die scheinbare Gröfse der Gestirne und die scheinbare Form des Himmels gewölbes. *Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol.* 78, S. 363. 1899.

bleibt, und schließt hieraus, daß Objecte für deren Entfernungs- und Größenschätzung keine Anhaltspunkte vorliegen, bei erhobener Blickrichtung kleiner als bei gerader erscheinen. Betrachte man liegend den aufgehenden Mond stirnwärts, so erscheine er kleiner, betrachte man den hochstehenden mit gerader Blickrichtung, so erscheine er größer. Die Verschiedenheit der Blickrichtung bedinge es auch, daß das gegen das Zenith projecirte Nachbild eines Gegenstandes kleiner und das gegen den Horizont projecirte größer erscheine. Deshalb erscheine auch der zum Horizont gespiegelte hochstehende Mond groß und der gegen das Zenith gespiegelte tiefstehende klein. Von der Blickrichtung hänge auch die Gestalt des Himmels ab. Denn in der Rückenlage vertiefe sich fußwärts und im Zenith das Himmelsgewölbe und flache sich stirnwärts am Horizont ab. Da ferner der Abstand von mit gerader Blickrichtung gesehenen Objecten für geringer gehalten würde als von mit erhobenem Blick betrachteten gleich weiten, so scheine der aufgehende Mond näher, der hochstehende viel entfernter. Und somit habe die scheinbare Größe der Gestirne nichts mit der Form des Himmels zu thun. Sein Versuch, die Wirkung der Blickrichtung physiologisch zu erklären, kann hier nicht erörtert werden.

Nach SCHAEBERLE¹ bewirkt die Schwerkraft, daß der horizontal liegende Durchmesser des Auges die größte Ausdehnung annimmt. Blickt das Auge horizontal, dann sei die Entfernung der Linse von der Retina ein Maximum, blickt es vertical, ein Minimum.

Von allen übrigen mir bekannt gewordenen Erklärungsversuchen erwähne ich nur noch den folgenden.

LÜHR² hält alle Theorien für zu indirect und fordert einen mehr aus der unmittelbaren Anschauung sich aufdrängenden Maassstab der Größenvergleichung. Was man zunächst vergleiche, sei die Winkelgröße des Sternbildes resp. der Sonne und des Mondes und diejenige des zugleich ins Auge tretenden Himmelsstückes. Schaue man nach dem Horizont, so habe man ein verhältnißmäßig kleines Stück des Himmels im Auge, auf dem das Sternbild einen relativ großen Raum einnehme und sozusagen

¹ SCHAEBERLE. A simple physical explanation of the Seeming Enlargement of Celestial Areas near the Horizon. *Astron. Nachrichten* 148, S. 375. 1899.

² K. LÜHR. Die scheinbare Vergrößerung der Gestirne in der Nähe des Horizontes. *Mitth. d. Ver. v. Freunden d. Astron. u. kosm. Physik* 8 (3), S. 31. 1898.

die Situation beherrsche. Blicke man nach dem Zenith, so übersehe man ein weites Himmelsfeld von vielleicht 150° Durchmesser, auf welchem unter den vielen über dasselbe zerstreuten Sternbildern das einzelne eine weniger auffallende Rolle spiele. Wende man ein, daß in beiden Fällen das Gesichtsfeld doch dieselbe Gröfse habe, so sei dies freilich unleugbar, aber in ersterem Falle nehme den allergrößten Theil des Gesichtsfeldes die Erdoberfläche ein und „bei der Anschauung der Gestirne zähle diese in der Aufmerksamkeit einfach nicht mit“. — Daß aber eine große Stadt mit ihren zahllosen erleuchteten Fenstern und hellen bis zum fernen Horizont sich erstreckenden Laternenreihen, welche den nicht von der Himmelsfläche eingenommenen Theil des Gesichtsfeldes lebhafter und anziehender gestalten, als es die Sterne des außerhalb desselben befindlichen Firmamentes vermöchten, in unserer Aufmerksamkeit einfach nicht mitzählen soll, ist schwer faßbar, und doch erscheint ein dicht über einer solchen am Horizont befindliches Sternbild ebenso groß wie über einer dunklen Landschaft. Auch nehmen die Sternbilder, wenn man nach dem Zenith blickt und nichts von der Erdoberfläche sieht, nach dem Horizont zu successive an Gröfse zu und zwar genau ebenso wie wenn die Erde einen Theil des Gesichtsfeldes ausfüllt.

(Schluß folgt.)

Die scheinbare Vergrößerung der Sonne und des Mondes am Horizont.

Von

Prof. Dr. EUGEN REIMANN.

(Schluß.)

II.

Beobachtungen und Theorie.

Wollen wir uns für eine der Theorien, die wir in geschichtlicher Uebersicht dargestellt haben, entscheiden, so dürfte es zuerst nöthig sein, zu fragen: wievielmals größer erscheint denn eigentlich der Durchmesser des tief stehenden Gestirns als der des hoch am Himmel befindlichen? KEPLER nennt die Sonne am Horizont „ingens, ut gigas“; GOUYE „beaucoup plus grand“; BERKELEY „much greater“; J. C. E. SCHMIDT „viel größer“; HOUSEAU „immense“; während HELMHOLTZ „bei recht klarem Himmel die Täuschung auch für den Mond nicht sehr evident“ findet. A. v. HUMBOLDT¹ erschienen am Aequator einige unserer nördlichen Sternbilder wegen ihres niedrigen Standes „von wunderbarer, fast furchtbarer Größe“. Zahlenmäßige Angaben finde ich nur bei HUYGHENS, nach welchem die Sterne des großen Bären am Horizont „mehr als doppelt soweit“ von einander abzustehen scheinen, als wenn sie nahe dem Zenith sich befinden, und auch die Sonne im Horizont „fast doppelt so groß“ als im Meridian aussieht; bei MOLYNEUX, der den Mond am Horizont „von zehnmal größerem Durchmesser als sonst“ gesehen haben will; bei LOGAN, der Mond und Sonne im Meridian einen Durchmesser von 8 bis 10 Zoll und im Horizont von 2 bis 3 Fuß, hinter Bäumen sogar von 10 bis 12 Fuß zuertheilt; und bei STROOBANT, welcher die Vergrößerung am Horizont auf „etwa

¹ A. v. HUMBOLDT. Ansichten der Natur. 1860. 2. Band, S. 171.

das Doppelte“ taxirt. Wenn HOUZEAU¹ eine Anmerkung in den RUDOLPHINI'schen Tafeln übersetzt „La lune au zénith ne paraît que moitié de la lune à l'horizon“, so beruht dies auf einem Mißverständniß, das auch schon RICCIOLI begangen hat. Da also bestimmte Angaben nicht vorlagen, sich völlig sichere übrigens auch kaum werden machen lassen, so haben mich die, bei dunstfreiem Horizont, wundervollen Untergänge der Sonne im Meere, welche ich im Sommer 1894 in Colberg erlebte, veranlaßt, einige Schätzungsversuche anzustellen, an denen sich auf meine Bitte Herr Dr. med. KROEMER aus Ratibor betheiligt hat. Als Vergleichsobject diente eine weiße Cartonscheibe, welche, da selbstverständlich von einem Vergleichen der Sehwinkel der gleichzeitig und in derselben Richtung gesehenen Sonne und Scheibe nicht die Rede sein konnte, im Rücken oder seitwärts von dem nach der Sonne gewendeten Beobachter in Augenhöhe befestigt wurde. Indem wir uns möglichst unbefangen dem sinnlichen Eindrücke hingaben, entfernten wir uns, bald nach der Sonne bald rückwärts resp. seitwärts nach der Scheibe gekehrt, von dieser soweit, bis sie gleiche GröÙe mit der Sonne zu besitzen schien, worauf die Schätzung derartig wiederholt wurde, daß wir nun von Weitem her der Scheibe uns näherten. Die im Sande markirten Abstände wurden dann mit einem Bandmaafse gemessen. Von den unten angegebenen Zahlen ist jede das Mittel aus zwei so gewonnenen Schätzungen. Beim Untergang der Sonne mußten dieselben natürlich schnell hinter einander und von Dr. KROEMER und mir zugleich ausgeführt werden. Mittags schätzten wir langsamer und nach einander; auch bedienten wir uns desselben Blendglases zum Betrachten der Sonne. Die Scheibe, welche wir stets des Abends und das erste Mal auch Mittags benutzten, besaß einen Durchmesser von 34 cm, eine GröÙe, welche zufällig nach den Dimensionen eines vorhandenen Cartonbogens gewählt worden war und für die Abendbeobachtungen sich auch als passend erwies. Bei dem

¹ HOUZEAU. Vade-mecum de l'astronomie. 1882. § 128, S. 311. Die Stelle in den Tab. Rud. 1627, S. 98 lautet: Luna etiam, verticalis, potest apparere dimidio sc. major, quam in horizonte, d. h. der Mond im Zenith kann sogar um ein Geringes größer erscheinen als im Horizont. sc. ist die Abkürzung von scrupuli, denn in den „Tabularum Praecepta“ heißt es S. 92: Quin etiam Luna vertici propinqua, semisse scrupuli, majorem ostendit diametrum quam in Horizontem dejecta.

ersten Mittagversuch ergab sich aber eine unbequem große Entfernung, so daß wir für die folgenden Culminationen zu einer Scheibe von nur halb so großem Durchmesser griffen. Die folgenden Zahlen sind jedoch der besseren Uebersicht wegen auf die größere Scheibe reducirt. Am ersten Abend hatten wir die Scheibe am Flaggenmast auf der Waldenfelsschanze und an den fünf übrigen Abenden an der hohen grauen Holzwand des Freibades befestigt. Mittags war sie bei den Schätzungen vom 30. Juli zuerst an dem braunen Bretterzaune des Bahnhofes und dann an einem Baume in den benachbarten Anlagen, an allen anderen Tagen an einem Pfahle des Herrenbades angebracht. Bei diesen letzteren Schätzungen besaß die Scheibe gegen die Sonne ein Azimut von 90° , und sonst von 180° . Wir erhielten folgende Abstände in Metern, die allerdings große Differenzen zeigen:

	Am Abende:		Am Mittage:	
	KROEMER	REIMANN	KROEMER	REIMANN
Juli 25.	9,9	9,1	—	—
26.	—	9,4	45,0	44,2
27.	—	12,4	45,8	34,3
28.	13,0	13,6	33,5	33,6
29.	—	—	—	35,5
30.	11,3	12,3	40,5	38,5
30.	—	—	39,2	35,0
31.	11,1	12,6	41,1	33,8
Aug. 1.	—	—	40,1	31,6
Als Mittel ergeben sich		KROEMER	REIMANN	Gesamtmittel
für die Abendbeobachtungen:		11,32	11,57	11,47
für die Mittagbeobachtungen:		40,76	35,81	38,11

Es ist nun $40,76 : 11,32 = 3,61$; $35,81 : 11,57 = 3,10$; $38,11 : 11,47 = 3,32$; und da eine Scheibe von 34 cm Durchmesser in einer Distanz von 40,76; 35,81; 38,11 Metern unter einem Winkel von resp. 28,7; 32,6; 30,7 Minuten erscheint, was von dem wahren Sonnendurchmesser, welcher Ende Juli 31,5 Minuten beträgt, unbedeutend abweicht, so folgt als Resultat unserer Schätzungen, daß die Sonne am Horizont im Durchmesser ungefähr $3\frac{1}{8}$ mal so groß als durch ein Blendglas bei ihrer Culmination in 55° Höhe, und in dieser Höhe von derselben Größe erscheint wie eine Papierscheibe aus einer solchen Entfernung, daß beide unter demselben Winkel erblickt werden. Nach Versuchen, welche ich in Hirschberg im September 1894 und 1895 ange-

stellt habe, kann das letztere Resultat dahin verallgemeinert werden, daß die Sonne in jeder Höhe durch ein genügend dunkles Glas in dieser Gröfse gesehen wird. Vielleicht wären unsere Versuche noch einfacher und besser arrangirt gewesen, wenn wir, sowohl Mittags wie Abends, die Durchmesser der Sonne und der kleinen Scheibe verglichen hätten, nachdem letztere in eine solche constante Entfernung der Sonne gegenüber gebracht war, daß sie mit der Sonne unter gleichem Winkel sich darstellte. Bei einem solchen Versuche am Strande von Misdroy erklärte meine Frau, die untergehende Sonne habe einen mehr als dreimal so großen Durchmesser. Es empfiehlt sich auch, die auf- oder untergehende Sonne mit dem gleichzeitig möglichst hoch am Himmel befindlichen Monde zu vergleichen. Eine derartige, ebenfalls von meiner Frau ausgeführte Schätzung, bei der die Sonne noch mehrere Grade über dem dunstigen Horizonte und der Mond ziemlich hoch stand, ging dahin, daß der vollgedachte Mond bequem viermal in der Sonnenscheibe Platz habe.

Eine so bedeutende Gröfsenänderung vermag nun weder durch die Theorie v. ZEHENDER's, noch durch die Annahme von Vorgängen im Auge erklärt zu werden, wie es GASSENDI, Abbé B und SCHAEBERLE versuchen. Auch STROOBANT verzichtet, die ganze Vergrößerung von der „Blickrichtung“ herzuleiten, unter welcher der Winkel verstanden wird, den die Linie vom Auge nach dem Objecte mit der Längendimension des Körpers des Beobachters bildet. PTOLEMAEUS war der Ansicht, daß wir bei der Blickrichtung „stirnwärts“, weil diese ungewohnt und unbequem ist, weniger Einzelheiten auf dem deshalb kleiner erscheinenden Gegenstande wahrnehmen. Er basirte somit wenigstens seine Erklärung auf einen Satz seiner Optik, wenngleich er sich leicht hätte überzeugen können, daß der hochstehende Mond zahlreichere Details seiner Oberfläche zeigt als beim Aufgange. GAUSS dagegen, der sich übrigens nur flüchtig in einem Briefe äußert, erklärt im Grunde gar nichts, sondern weicht nur einer Verlegenheit aus, welche dem Mathematiker die Ueberzeugung bereitet, daß eigentlich über die scheinbare Gröfse allein der Sehwinkel, den der Astronom schlechthin als scheinbare Gröfse bezeichnet, zu verfügen habe. Da nun aber hier selbst beim Astronomen der Sehwinkel die ihm zukommende Schuldigkeit nicht thue, so müsse eine unbekannte „physio-

logische“ Ursache wirken. Nach meinen Erfahrungen ist die Vergleichstheorie die verbreitetste und populärste. Ist mir doch als Beweis ihrer Richtigkeit von verschiedenen Seiten versichert worden, ein Marineofficier habe sich auf hoher See zu gewöhnen vermocht, die Sonne am Horizont klein zu sehen, der alte Zauber sei aber sofort zurückgekehrt, als er die Sonne wieder neben einem Leuchthurm erblickte. GAUSS scheint auch nur eine derartige Erklärung im Sinne gehabt zu haben, da er bei seiner verächtlichen Aeufserung doch unmöglich an ALHAZEN, KEPLER, HUYGHENS, WALLIS oder EULER gedacht haben kann. Die Beobachtung von GAUSS, daß der hochstehende Mond „viel größer“ erscheine, wenn wir ihn in rückwärts sehr geneigter Körperlage in gerader Blickrichtung betrachten, und der tiefstehende bei vorwärts geneigtem Körper stirnwärts gesehen „merklich kleiner“, vermag ich nicht zu bestätigen. Ich habe wiederholt den culminirenden sowie den aufgehenden Vollmond und die untergehende Sonne in allen möglichen Körperlagen und den verschiedenen Blickrichtungen betrachtet, ohne die geringste Aenderung ihrer scheinbaren Gröfse bei aufrechter Körperhaltung wahrzunehmen. Wenn die Blickrichtung Unterschiede erzeugte, dann hätten auch meine Kolberger Mittagbeobachtungen, bei denen die Sonne mit erhobener, die Vergleichsscheibe mit horizontaler Blickrichtung betrachtet wurde, nicht ein Resultat ergeben können, welches so geringfügig von der wahren Gröfse der Sonne abweicht. Es sind auch noch folgende Versuchsreihen von mir angestellt worden. Im Jahre 1894 liefs ich ein Tableau aus grauer Leinwand von 110 cm Durchmesser herstellen und auf demselben zwölf Scheiben aus weißem Carton von 14 bis 25 cm Durchmesser, welche noch nicht den 2,5ten Theil seiner Fläche bedeckten, in genügenden Zwischenräumen anheften. Zehn gleiche Scheiben von 15 bis 24 cm Durchmesser wurden nun einzeln an einer Latte zu einem Fenster des obersten Stockwerkes eines Hauses, und zwar in beliebiger, dem vertical darunter in aufrechter Stellung befindlichen Beobachter unbekannter Reihenfolge herausgestreckt. In dem gleichen, aber horizontalen Abstände von 15 m vom Auge des Beobachters war das Tableau aufgestellt. Der Rand desselben hatte bei dieser Entfernung nur einen 1 cm größeren Abstand vom Auge als seine Mitte. Uebrigens kommt es, wie die späteren Beobachtungen zeigen werden, auf einen etwas größeren oder

kleineren Abstand gar nicht an. Der Beobachter mußte nun diejenige Scheibe des Tableaus bezeichnen, welche ihm die gleiche Gröfse wie die über ihm schwebende zu besitzen schien. Bei einer zweiten Versuchsreihe wurde das Tableau horizontal zum Fenster heraus gehalten und unten in Augenhöhe an einem Pfahle abwechselnd eine jener einzelnen Scheiben befestigt. Auf diese Weise wurden von mir und neun Studenten und älteren Schülern 121 Schätzungen gewonnen, welche das Resultat ergaben, daß eine Scheibe von im Mittel 20 cm Durchmesser im Zenith ebenso groß aussieht, wie eine Scheibe in gleicher horizontaler Entfernung, deren Durchmesser um ein Hundertstel größer ist. Ferner hatte ich an der Decke eines hohen Zimmers einen schwarzen Cartonbogen befestigt, auf welchem in dem Abstände von 19,45 cm zwei parallele 4 cm lange weiße Linien gezogen waren. Unter demselben war der Beobachter postirt, in dessen Augenhöhe ein ebensolcher Cartonbogen aufgestellt war mit der Einrichtung, daß der Abstand der beiden Linien von einander beliebig variiert werden konnte. Am dritten Beobachtungstage waren die schwarzen Bogen mit weißen Linien durch weiße mit schwarzen Linien ersetzt. Es wurde abwechselnd der weitgenommene Abstand der verschiebbaren Linien verkleinert oder der gering eingestellte verkleinert, bis der Beobachter die Distanzen der beiden Linienpaare für gleich erklärte, worauf der Abstand gemessen wurde. Die Stellung des Beobachters war entweder aufrecht, so daß die zenithalen Linien stirnwärts, die horizontalen geradeaus, oder eine liegende, in welcher das erstere Paar geradeaus, das letztere entweder fußwärts oder mit weit zurückgebogenem Kopfe stirnwärts gesehen wurde. Diese drei Stellungen will ich mit *A*, *B* und *C* bezeichnen. Je zwei Beobachtungsreihen in Stellung *A* und *B* habe ich selbst ausgeführt. Da ich aber jüngeren Augen mehr traute, so überließ ich die übrigen einem älteren Schüler mit guter Sehschärfe, der weder von dem Zwecke der Beobachtungen noch ihren Resultaten, die ich still notirte, Kenntniß erhielt. Am ersten Tage bekamen wir folgende Messungen, für deren Mittel ich die zenithale Gröfse gleich 100 setze:

							Mittel:
REIMANN	<i>A</i>	21,3	21,7	21,1	21,1	21,6	} 110,0
		22,0	20,9	21,7	21,3	21,2	
	<i>B</i>	20,8	21,3	20,4	21,7	20,2	} 108,7
		21,1	20,9	21,1	21,4	22,5	

RICHTER	A	18,6	21,0	20,3	20,7	18,8	}	Mittel:
		20,7	18,7	20,7	19,6	21,0		102,9
	B	19,9	19,7	20,9	20,1	20,4	}	105,1
		21,2	20,7	21,0	20,1	20,4		

Am zweiten Tage:

REIMANN	A	19,2	18,7	19,2	19,2	20,0	}	101,0
		19,5	20,3	19,8	20,7	19,8		
	B	20,1	20,0	19,3	19,6	18,8	}	100,7
		20,1	19,2	19,6	19,4	19,7		
RICHTER	A	20,5	20,4	20,0	19,9	19,5	}	101,8
		19,2	19,2	20,3	19,3	19,7		
	B	19,3	20,2	20,1	19,3	20,0	}	101,8
		19,6	20,1	19,6	20,0	19,8		
	C	20,1	19,7	20,4	19,1	20,1	}	101,1
		20,1	19,5	19,6	19,0	19,1		

Am dritten Tage:

RICHTER	A	20,3	20,8	20,3	19,7	18,9	}	101,6
		19,4	19,4	19,6	19,2	20,0		
	B	20,5	20,3	20,2	19,7	19,8	}	103,3
		20,2	20,0	19,7	19,7	19,8		
	C	20,9	20,6	21,1	20,9	20,5	}	106,1
		20,4	20,7	21,3	20,8	21,0		

Bei allen diesen Beobachtungen befanden sich die zenithalen und horizontalen Linien stets in genau gleichem Abstände vom Auge. Nun liefs ich die horizontalen in die 1,5 fache Entfernung rücken.

RICHTER	A	19,7	19,9	19,3	19,1	19,1	}	Mittel: 100,1
		18,9	19,9	20,3	19,5	18,9		

Am vierten Tage wurden die horizontalen Linien vom Auge noch weiter entfernt, so dafs sie fast doppelt so weit abstanden als die zenithalen. Es ergaben sich folgende Schätzungen:

RICHTER	A	20,0	19,6	19,2	19,7	20,2	}	Mittel:
		20,1	19,3	19,7	19,2	19,4		101,0
	B	19,3	19,2	19,7	19,4	20,4	}	101,6
		20,1	20,4	19,9	19,5	19,8		
	C	19,3	19,2	19,9	18,9	19,4	}	100,3
		19,3	19,9	19,9	19,4	19,9		

Die Gesamtmittel betragen für Stellung A (70 Schätzungen) 102,6, für B (60 Schätzungen) 103,5 und für C (30 Schätzungen)

102,5. Wir erkennen, daß am Tage von einem Verhältniß 81,5 : 100, wie es STROOBANT an den Funkenpaaren gefunden hat, keine Rede ist. Ein Unterschied für die Blickrichtung ist auch nicht vorhanden. Außerdem lehren uns die vier letzten Serien, da der Abstand der beiden horizontalen Linien von einander trotz ihrer weiteren Entfernung vom Auge ebenso groß gemacht werden mußte, wie der der beiden zenithalen von einander, um gleich groß zu erscheinen, wie geschickt das Auge die scheinbare Größe aus Sehwinkel und Entfernung combinirt. Indem nur der vierte Theil aller Einzelbeobachtungen unter 100 bleibt, während alle Mittelwerthe 100 überschreiten und auch das Mittel der Schätzungen im Jahre 1894 sich über 100 stellt, so ist dies meiner Meinung nach in unserer Neigung begründet, verticale Abstände etwas zu groß zu schätzen. Woher diese rührt, werden wir später besprechen.

Da Sehwinkel und Entfernung erst zusammen die scheinbare Größe bestimmen, so treten, wenn die Möglichkeit fehlt, die Entfernung richtig zu schätzen, Täuschungen auf, wie solche bei Nebel und in der Nacht uns begegnen. Der Sehwinkel allein genügt nicht. Wenn Jemand zum ersten Mal durch ein Fernrohr nach dem Monde blickt, dann erklärt er gewöhnlich, daß er ihn mit bloßem Auge ebenso groß sehe, obgleich das Fernrohr ihm den Sehwinkel verzehn- oder verzwanzigfacht. Und selbst dem Fachmann wird es schwer eine Vergrößerung zu constatiren, wenn er den tiefstehenden Mond mit einem freien Auge und durch ein zwei- bis dreimal vergrößerndes Opernglas bei Ausschluss sonstiger Objecte betrachtet. Sind nun in einem verfinsterten Raume weiter nichts als zwei leuchtende Punktpaare sichtbar, so sind wir zum Vergleich ihrer scheinbaren Abstände, wenn auch unbewusst, gezwungen, Annahmen über ihre relative Entfernung vom Auge zu machen. Bei den unendlich vielen Möglichkeiten ist nun gerade die Annahme der gleichen Entfernung, sollte diese auch thatsächlich stattfinden, die unwahrscheinlichste. Es werden uns Gewohnheiten und Aehnlichkeiten leiten. Wir sind gewöhnt Lichter in noch so ferner horizontaler Distanz, aber nur in relativ geringer über uns zu sehen, und in der Erinnerung an die Sterne werden wir unbewusst dem horizontalen Funkenpaar die größere Entfernung zueignen. Auch keine Constanz der Schätzungen wird bestehen, da wir nicht immer dasselbe Verhältniß der Entfernungen vom Auge

substituieren werden, zumal Helligkeitsunterschiede und andere Zufälligkeiten gewiß stark mitsprechen. Und während am Tage ungleiche Entfernungen vom Auge, weil wir diese eben mitberücksichtigen, keinen wesentlichen Einfluß üben, so wird dies hier sich anders gestalten. Die Resultate unserer Schätzungen, bei denen die Lichtpunkte durch kurze glühende Platindrähte ersetzt wurden, der Abstand der beiden zenithalen 20,00 cm betrug und der der horizontalen variabel eingerichtet war, sind folgende:

Am ersten Abend,

bei gleicher Entfernung der beiden Paare vom Auge:						Mittel:
REIMANN A	19,8	17,7	17,9	17,4	18,9	} 90,40
	17,2	18,8	17,2	18,4	17,5	

Am zweiten Abend,

bei gleicher Entfernung:						
RICHTER A	21,1	19,1	20,0	19,1	19,7	} 96,85
	20,3	17,8	19,1	18,4	19,1	
REIMANN A	16,1	15,2	14,9	15,1	14,1	} 74,60
	14,3	15,2	15,0	14,1	15,2	
RICHTER A	16,1	17,3	18,8	19,3	18,2	} 88,75
	17,1	17,8	17,3	17,3	18,3	

bei einer um ein Drittel größeren Entfernung des horizontalen Paares:

REIMANN A	23,0	22,4	24,2	22,1	23,1	Mittel: 114,80
RICHTER A	22,1	21,0	21,3	22,2	22,6	Mittel: 109,20

Am dritten Abend,

bei gleicher Entfernung:						Mittel:
RICHTER A	18,6	18,2	18,3	18,4	19,9	} 93,90
	18,4	18,2	19,1	19,2	19,5	
B	18,3	17,7	20,1	19,9	19,3	} 92,40
	17,9	18,2	17,8	17,2	18,8	
C	20,3	18,3	18,3	17,8	18,3	} 93,30
	18,2	20,1	17,5	18,4	19,4	
REIMANN A	20,1	17,2	18,2	18,5	16,4	90,40

bei doppelt so großer Entfernung des horizontalen Paares:

RICHTER A	27,8	29,3	28,1	26,3	27,3	Mittel: 138,80
-----------	------	------	------	------	------	----------------

Die Uebereinstimmung der Beobachtungen von RICHTER in den drei Lagen A, B und C zeigt auch hier die Wirkungslosigkeit der Blickrichtung.

Zur Vergleichung von Sternabständen bin ich noch nicht gekommen. Die Angaben von SMITH und die vereinzelte Schätzung von HUYGHENS differiren stark von den Schätzungen STROOBANT's.

Der von GAUSS angeregte Spiegelversuch, welcher für die Theorie der Blickrichtung in Anspruch genommen wird, beweist

vielmehr gegen sie. Wir wissen nämlich, daß der herabreflectirte Mond nur dann vergrößert erscheint, wenn die Projection auf den Himmelshintergrund wirklich gelingt, wofür FILEHNE den Kunstgriff gelehrt hat. Der Versuch mißlingt aber auch vielfach, und für sein Mißlingen haben wir einen klassischen Zeugen an HELMHOLTZ, der dieses für seine Theorie der Luftperspective ausbeutet. Wäre nun die Theorie der Blickrichtung richtig, dann müßte ja der Versuch immer gelingen und der nach dem Horizont gespiegelte und jetzt mit gerader Blickrichtung betrachtete Mond stets groß aussehen! Ebenso gewagt ist es, die angebliche Wirkungslosigkeit von dunklen Gläsern geradezu als Grundversuch zu bezeichnen, um die Unabhängigkeit der scheinbaren Größe der Sonne und des Mondes von der scheinbaren Entfernung oder der Gestalt des Himmels nachzuweisen. Es hätten schon die sich widersprechenden Resultate der verschiedenen Forscher zu etwas Vorsicht mahnen sollen. LECHALAS¹ klärt diese folgendermaßen auf: „Nous croyons que ces contradictions s'expliquent par certaines négligences dans l'observation, négligences contre lesquelles on est mis en garde par MALEBRANCHE lui-même; voici en effet ses propres expressions²: „Je dis donc qu'avec un tel verre plus ou moins enfumé, on verra le soleil et la lune sensiblement de la même grandeur, dans quelque situation qu'ils soient, pourvu que ce verre soit tout proche des yeux, et qu'il éclipse entièrement le ciel et les terres. Je dis entièrement. Car, pour peu qu'on entrevît le ciel et les terres, ce verre ne changerait point les apparences de grandeur du soleil“. Nous pensons qu'on doit se défier notamment de l'illumination de l'atmosphère autour du soleil, illumination qui suffit à donner le sentiment d'une grande distance. Nous avons constaté, du reste, la diminution de grosseur à travers un verre enfumé; mais l'observation est assez délicate, parce qu'à chaque éclat de l'astre doit répondre un obscurcissement précis: un peu trop mince, la couche de noir de fumée laisse voir le ciel et les terres, comme dit MALEBRANCHE; un peu trop épaisse, elle ne permet plus de bien distinguer l'astre.“ Auch BIOT betont, daß das Größerscheinen nur aufhört, wenn der Himmelskörper allein im Gesichtsfelde sichtbar ist. Meine eigenen Erfahrungen stimmen hiermit vollständig überein. Bis hinab auf wenige Grade über

¹ G. LECHALAS. L'agrandissement des astres à l'horizon. *Rev. philos.* 26, S. 51.

² Réponse à M. RÉGIS.

dem Horizont sieht man die Sonne durch ein dunkles Glas sehr leicht klein. Beim Auf- und Untergange sind aber Sonne und Mond bei unseren Luftverhältnissen selten so klar, daß sich diese Momente für den Versuch eignen. Gewöhnlich ist die dem Gestirn benachbarte Himmelspartie so hell erleuchtet, daß das Glas sie entweder nicht auszulöschen vermag oder das Gestirn selbst nicht deutlich erkennen läßt. Bei dem etwas über dem Horizont, aber noch in bedeutender Gröfse, erscheinenden Vollmonde ist es mir ebenfalls mehrfach geglückt, nachdem ich mir eine große Auswahl bunter Glastafeln verschafft hatte, die sich passend combiniren ließen. Auch schien es mir vortheilhaft, nicht vorher das Gestirn mit freiem Auge zu betrachten, sondern es sofort mit dem Blendglas aufzusuchen. Würde aber in der That, auch bei Beachtung aller Vorsichtsmaafsregeln, das dunkle Glas bei manchen Personen keine Wirkung ausüben, so wäre doch immerhin nur anzunehmen, daß dieselben außer Stande sind, sich von den gewohnten Vorstellungen der Entfernung frei zu machen. Die empfohlenen kleinen Löcher in Kartenblättern verkleinern jeden nicht ganz nahen Gegenstand, wie man sich leicht an einer Lampe überzeugen kann, die aus einer Entfernung von einigen Schritten durch eine mit einer feinen Nadel gestochene Oeffnung betrachtet wird, wobei man auch bemerkt, daß die Lampe um so kleiner aussieht, je weiter man das Blatt vom Auge hält. Doch wird durch eine solche die Sonne und der Mond am Horizont in viel stärkerem Maafse verkleinert als in der Höhe.

Was die besondere Gröfse der Sonne und des Mondes bei dunstigem Horizont betrifft, die von vielen hervorragenden Beobachtern behauptet wird, so könnte dieselbe auf einer Contrastwirkung der hellen Scheibe gegen den durch den Dunst dunkler als sonst gefärbten Himmelsgrund beruhen. ARISTOTELES scheint, da er das dunkle Aussehen des Himmels beim Wehen des Eurys betont, an eine solche Wirkung gedacht zu haben. Doch glaube ich, daß die auffälligere Erscheinung der rothen, eigenthümlich leuchtenden Scheibe auf dunklem Grunde einen wirkungsvolleren Eindruck hinterläßt, der sich bei späteren Vergleichen in der Erinnerung geltend macht. Es ist überhaupt schwer zu sagen, ob gestern oder heute die Sonne am Horizont größer ausgesehen hat.

Gegen die Vergleichstheorie ist schon genügend geschrieben worden. Es sei nur Folgendes erwähnt. Ich habe sowohl zu

fällig während der Fahrt vom Zuge aus wiederholt Sonne und Vollmond tief am Horizont abwechselnd in kurzen Zeitintervallen völlig frei und neben und hinter den verschiedenartigsten terrestrischen Gegenständen zu erblicken Gelegenheit gehabt, als auch absichtlich Beobachtungspunkte so gewählt, daß ich diese Gestirne zwischen den Zweigen mehr oder minder entfernter Bäume oder bei schneller Verlegung meines Standortes dicht neben ihnen oder etwas weiter abseits, so daß sich der Baum bequem allein verdecken liefs, beobachten konnte, doch habe ich in keinem dieser Fälle je irgend eine Gröfsenänderung wahrgenommen. Auch nicht während meiner Colberger Gröfsenschätzungen, bei denen häufig vor der untergehenden Sonnenscheibe nahe und ferne Schiffe aller Art vorüberfuhren. Dagegen erscheinen die terrestrischen, sich auf den Himmel am Horizont projecirenden Gegenstände zugleich mit der Sonne oder dem Monde vergrößert. Wer hätte noch nicht bemerkt, daß ein Mensch oder ein Gespann, welche einige hundert Meter von uns entfernt sich als dunkle Silhouetten auf dem hellen Abendhimmel abheben, enorm groß aussehen?

Sämmtliche übrigen Theorien, welche in Betracht kommen, basiren auf dem allgemein anerkannten und sich täglich als richtig erweisenden Satze, daß von zwei Gegenständen, welche unter gleichen Winkeln gesehen werden, der entferntere größer erscheint. ALHAZEN¹ beweist ihn einfach folgendermaassen: „Nam si homo opposuerit se spatioso parieti, deinde elevaverit manum, donec apponat illam visui, et cooperuerit alterum visum, et aspexerit reliquo, et posuerit manum mediam inter visum suum et illum parietem: tunc manus ejus cooperiet portionem et latitudinem illius parietis, et comprehendet manum suam et parietem simul. Comprehendet ergo manum suam angulo acuto: et in hoc statu comprehendet latitudinem parietis majorem, quam latitudinem manus multiplicem: deinde si moverit manum ita, ut detegatur illud, quod manus cooperuerat de pariete, et aspexerit ad manum: videbit illud, quod detectum est de pariete majus; quam sit sua manus multipliciter: et ipse comprehendet manum suam et parietem duobus angulis aequalibus“. Hängen in einem Saale an zwei gegenüberstehenden Wänden zwei Bilder, von denen das eine dreimal so lang und breit als das andere ist,

¹ Alhazeni Opticae Thesaurus. S. 281.

und stellt man sich derartig zwischen sie, daß beide unter gleichem Winkel erscheinen, so erkennt man doch auf den ersten Blick, daß das eine dreimal größere Dimensionen als das andere besitzt. Nimmt man zwei Papierscheiben von etwa 12 und 6 cm Durchmesser, befestigt die größere an der Wand und hält die kleinere bei vorgestrecktem Arm mit den Fingern, schließt das eine Auge und nähert sich der Wand so weit, daß beide Scheiben, neben einander oder indem sie sich zum Theil oder ganz decken, dem freien Auge von derselben GröÙe erscheinen, dann erweist sich sofort, wenn das andere Auge geöffnet wird, die entferntere Scheibe als von doppeltem Durchmesser. Als ich einmal von Weitem ein einer leeren Häuserwand aufgemaltes riesenhaftes Reclamebild sah, war ich erstaunt, daß sein Sehwinkel nicht größer war als der meines oberen Daumengliedes bei ausgestrecktem Arme. Ich stand eines Abends am geschlossenen Fenster, als unerwartet wenige Schritte seitwärts hinter mir eine Person in das erleuchtete Zimmer trat. Ihr von der Fensterscheibe gespiegeltes Bild projecirte sich mir auf ein etwa 30 Meter entferntes Gebäude, nach welchem ich gerade den Blick gerichtet hielt, in erschreckender GröÙe. Nach PANUM¹ erscheint das Bild eines fernen Objectes, welches man vermittels WOLLASTON's Camera lucida erhält, demjenigen, der die Umrisse nachzeichnet, viel kleiner als das ferne Object selbst, obgleich das Netzhautbild des Spiegelbildes ein klein wenig größer ist, als das des Objectes selbst. Ein treffendes Beispiel ist auch das von den Cassetten einer Decke, welches FILEHNE ausführt. Endlich ist ein oft citirtes Beispiel die veränderliche GröÙe des Nachbildes irgend eines Gegenstandes, je nachdem dasselbe auf eine nahe oder entfernte Wand projecirt wird. Instructiv wird ein solcher Versuch mit einem kleinen grünen oder rothen Papierscheibchen von wenig über einen halben Centimeter Durchmesser, das man im hellen Sonnenschein im Augenabstande von 60 bis 70 cm fixirt, so daß es etwa unter einem halben Grade erscheint. Wirft man das Nachbild auf ein Blatt Papier im gleichen Abstände von 60 bis 70 cm über sich oder unter sich oder vor sich, so zeigt es dieselbe unscheinbare GröÙe wie das Scheibchen selbst, projecirt man es aber auf die Himmelswand am Horizont, so sieht es so groß wie die untergehende Sonne aus und vermindert sich sicht-

¹ PANUM. Die scheinbare GröÙe der gesehenen Objecte. *Archiv für Ophthalmol.* 5. 1859.

lich, wenn man am Himmelsgewölbe entlang mit dem Auge zum Zenith gleitet. Ebenso wie wirkliche Entfernungen wirken auch eingebildete auf die scheinbare Grösse. Wie häufig habe ich schon in Gebirgsgegenden im Nebel eine ferne riesige Felswand zu sehen vermeint, um nach wenigen Schritten unmittelbar vor einer niedrigen Baude zu stehen. Als ich dagegen einmal auf dem Kamme des Riesengebirges um die Mittagszeit in einen Nebel geriet, der nur wenige Meter weit zu sehen gestattete, bemerkte ich plötzlich für einen kurzen Moment, und zwar anscheinend dicht über mir, eine helle weisse Scheibe von so minimalem Durchmesser, daß ich stutzte, ehe ich die den Nebel durchdringende Sonne erkannte, deren Entfernung ich nur auf einige Meter geschätzt hatte.

Ebenso ist es über jeden Zweifel erhaben, daß die Gestirne am Horizont ferner erscheinen, als im Zenith.

Dann ist aber das Größererscheinen eigentlich überhaupt keine optische Täuschung mehr, sondern beruht auf einem einfachen Gesetze unseres perspectivischen Wahrnehmungsvermögens. Es bleibt nur für denjenigen eine Täuschung, welcher an dem unrichtigen Satze festhält, daß die scheinbare Grösse allein durch den Sehwinkel bedingt ist.

Es fragt sich also nur: weshalb erscheinen die Gestirne am Horizont ferner?

Gegen die Theorien der intermediären Gegenstände und der Luftperspective liegen so viele Bedenken vor, daß sie nicht zu befriedigen vermögen. Zu ersterer will ich nur noch bemerken, daß sie, wenn auch eine getheilte Strecke etwas länger aussieht als eine nicht getheilte, eine mehr als dreifache Vergrößerung nicht erklären kann, selbst nicht unter Zugrundelegung der Annahme von KUNDT. Auch würde man wahrscheinlich, wenn die Gestirne am Horizont kleiner als im Zenith erschienen, ebenfalls die Reihenfolge der terrestrischen Gegenstände verantwortlich machen, indem man sie jetzt beschuldigte, eine geringe irdische Entfernung vorzuspiegeln, während man nach dem Zenith zu von solchen Objecten unbeeinflusst in das unendliche Weltall hineinblicke.

Es bleibt somit nur die Antwort übrig: wir halten am Horizont die Gestirne für ferner, weil wir dieselben auf die scheinbare Himmelsfläche projecirt sehen und diese am Horizont weiter von uns absteht als im Zenith.

Es wird daher nöthig, uns hier mit der Gestalt und den Dimensionen der scheinbaren Himmelsfläche¹ zu beschäftigen. SMITH² nahm an, daß dieselbe eine Kugelkalotte sei und bestimmte ihre relativen Dimensionen aus der Höhe der Mitte des vom Zenith bis zum Horizont laufenden Bogens, in welchem das Himmelsgewölbe durch eine Verticalebene geschnitten wird. Die mathematischen Formeln zur Berechnung der dimensionalen Verhältnisse hat SMITH nicht veröffentlicht, doch sind sie von seinem Uebersetzer KÄSTNER hinzugefügt worden. Auch BOHNENBERGER³, J. C. E. SCHMIDT⁴ und DROBISCH⁵ haben solche entwickelt. Als Gröfse jenes Höhenwinkels giebt SMITH 23° an, doch bedauert schon DROBISCH, daß seine Beobachtungen nicht in urkundlicher Ausführlichkeit vorliegen. Von anderweitigen Bestimmungen dieses Winkels sind mir nur noch diejenigen von KÄMTZ⁶ bekannt, welcher im Jahre 1832 auf dem Rigi 24° , vom Ufer des Vierwaldstätter Sees aus $24\frac{1}{4}^{\circ}$ und auf dem Faulhorn $19\frac{1}{8}^{\circ}$ und 22° gefunden hatte. Da somit nur wenige Beobachtungen vorlagen, unternahm ich es, eine gröfsere Anzahl auszuführen. Die Hirschberger Messungen sind sämmtlich von höher gelegenem Standpunkte aus über die Stadt hinweg nach Westen zu, wo die den Horizont verdeckenden Berge am niedrigsten sind, gemacht worden. Der Himmelsbogen, dessen Mitte geschätzt wurde, lief also vom Zenith nicht völlig bis zum astronomischen scheinbaren Horizont hinab, sondern endete in einer Höhe von $1,06^{\circ}$. Nach dem Halbirungspunkte wurde sodann mit einem Lineal visirt, das an einem Stativ vertical und horizontal drehbar war. Das Lineal trug einen in Grade

¹ E. REIMANN. Beiträge zur Bestimmung der Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes, und Weitere Beiträge etc. *Programme d. kgl. Gymnasiums zu Hirschberg* 1890 u. 1891.

² R. SMITH. Vollständiger Lehrbegriff der Optik. Uebersetzt von A. G. KÄSTNER. 1755.

³ J. G. F. BOHNENBERGER. *Astronomie*. 1811. B. macht die fehlerhafte, für die Entwicklung der Formeln jedoch belanglose Annahme, daß der Mittelpunkt der Kugel, der das scheinbare Himmelsgewölbe zugehört, in den Mittelpunkt der Erde fällt.

⁴ J. C. E. SCHMIDT. *Lehrbuch der analytischen Optik*. Herausgeg. von C. M. B. GOLDSCHMIDT. 1834.

⁵ M. W. DROBISCH. Ueber die Bestimmung der Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes. *Berichte üb. d. Verhandl. d. K. Sächs. Ges. d. Wissensch.* 1854.

⁶ KÄMTZ. *Lehrbuch der Meteorologie*. III. 1836.

getheilten hölzernen Kreis von 14 cm Durchmesser, aus dessen Centrum ein Pendel herabhing, welches zum Ablesen der Höhe sowie zum Verticalstellen der Kreisebene diente. Nach jeder Einstellung wurde das Instrument um 180° im Azimuth gedreht und eine neue Schätzung vorgenommen. Mindestens zwei solcher einzelnen Schätzungen wurden zu einer Beobachtung vereinigt. Auf diese Weise erhielt ich zu Zeiten, wo der Horizont frei von Dunst und die Fernsicht eine gute oder wenigstens eine ziemlich gute war, vom 5. September 1888 bis zum 21. September 1889, an 68 Tagen, nach Ausschluss von zwei Beobachtungen, welche durch besonders auffälliges Aussehen des bewölkten Himmels veranlaßt waren, 83 Bestimmungen, welche auf 283 einzelnen Schätzungen basiren. Notirt ist auch die Stunde und wieviele Zehntel des Bogens von Wolken bedeckt waren. An das Gesamtmittel brachte ich eine Correction an, so daß dieses corrigirte Mittel von $21,47^\circ$ als mittlere Höhe der Bogenmitte zwischen Zenith und dem astronomischen Horizont gelten durfte. Es entspricht einer mittleren Bewölkung von 5,5. Nach einer von mir berechneten Tabelle ist der horizontale Halbmesser dieses mittleren Gewölbes 3,66 mal und sein Kugelradius 7,19 mal länger als seine verticale Axe. Diese 83 Beobachtungen wurden auch nach Bewölkung, Jahreszeit und Tageszeit gruppirt. Es fand sich, daß der bewölkte Himmel flacher als der heitere und der Himmel im Sommer und Herbst stärker als im Frühjahr und im Winter gewölbt ist. Ein geringer Unterschied der Vor- und Nachmittagsbeobachtungen bei heiterem Wetter, der bei bewölktem verschwindet, ist vielleicht mit in dem geringeren Azimuthe begründet, welches am Nachmittage der nach Westen gelegene Bogen, dessen Halbirung vorgenommen wurde, gegen die Sonne besaß, indem ich wiederholt den Eindruck hatte, als sei der Himmel in der Nähe der Sonne, und ebenso der Nachthimmel in der Nähe des Mondes, gewölbter. Eine Anzahl von Schätzungen bei dunstigem Horizont und beschränkter Fernsicht liefs erkennen, daß durch den verkürzten horizontalen Radius die Mitte des Himmelsbogen erhöht wird. Zum Vergleich mit den Hirschberger Beobachtungen hatte ich auch noch im August und October 1889 in den ebenen Gegenden bei Oels und Ostrowo auf freiem Felde an 5 Tagen 10 Bestimmungen, die aus 147 einzelnen Schätzungen gewonnen sind, ausgeführt, die ein mittleres Resultat von $21,57^\circ$ bei einer durchschnittlichen Be-

wölkung von 4,3 lieferten. Die Uebereinstimmung zeigt, daß die Verschiedenheit der Terrainverhältnisse und die Mannigfaltigkeit der Gegenstände zwischen Beobachter und Horizont auf die Gestalt des Himmels keinen Einfluß üben. — Der größeren oder geringeren Höhe der Mitte des Himmels entspricht zwar im Allgemeinen eine stärkere oder schwächere Wölbung. Der Ableitung aber der relativen Dimensionen aus dieser Höhe mußte eine Hypothese über die Gestalt zu Grunde gelegt werden, die SMITH als Kugelcalotte betrachtet hatte. Doch äußert KÄMTZ¹: „Mir hat es häufiger geschienen, als ob ein durch das Zenith gehender Bogen des Himmelsgewölbes eine Ellipse wäre, deren große Axe horizontal läge.“ Wenn ich auch dieser Wahrnehmung nicht beipflichten konnte, da ich bei dunstfreiem Horizont die Himmelsfläche gegen die Ebene des Horizontes stets unter spitzem Winkel geneigt gesehen habe, so blieb indessen neben anderen Möglichkeiten auch die, daß der verticale Durchschnitt einen von einer Ellipse durch eine Parallele zur großen Axe abgeschnittenen Bogen bildet. Jedenfalls war die Hypothese von SMITH einer Prüfung zu unterziehen. SMITH giebt zwar an, seine Voraussetzung selbst durch Beobachtungen controllirt zu haben, doch ist seine Methode, aus den scheinbaren Breiten eines Regenbogens in seinen verschiedenen Höhen auf die Gestalt des Himmels zu schließen, nur selten und seine zweite Methode nur auf den Sternenhimmel anwendbar. Ihr gemäß hat SMITH wiederholt in der Nähe des Horizontes und des Zenithes je zwei Sterne von anscheinend gleichen Distanzen aufgesucht und das Verhältniß ihrer wahren Abstände mit dem reciproken Verhältniß der nach den Mitten ihrer Entfernungen gezogenen Gesichtslinien, wie dieses letztere aus seiner Hypothese und der auf 23° geschätzten Höhe der Himmelsmitte folgt, verglichen und genügende Uebereinstimmung gefunden. Nun liefert aber DROBISCH Formeln, welche gestatten, aus der Höhe der Mitte irgend eines verticalen Bogens, dessen Endhöhen bekannt sind, auf die Höhe m der Mitte zwischen Zenith und Horizont zu schließen. Es ist daher nur möglich, aus den Höhen der Mitten verschiedener Bogen immer dasselbe m zu erhalten, wenn die den Formeln zu Grunde liegende Annahme von SMITH richtig ist. Im Jahre 1890 habe ich eine

¹ KÄMTZ. Lehrbuch der Meteorologie. III. 1836. S. 45.

solche Prüfung in ausgedehnter Weise vorgenommen, die sich dadurch relativ in Beobachtung und Rechnung vereinfachte, daß es mir gelang, eine einmal scharf ins Auge gefasste Richtung, auch wenn sie nicht durch einen besonderen Punkt am Himmel ausgezeichnet war, genügend festzuhalten. Ich bestimmte daher stets die Höhe der Bogenmitte zwischen dem am bergigen Horizont tiefsten Punkte im Westen von $1,06^\circ$ Höhe und einem Punkte von resp. 20° , 30° , 40° und 50° Höhe. Gewöhnlich wurden diese vier Schätzungen, und zwar jede mindestens zweimal unmittelbar hintereinander, der Reihe nach ausgeführt, darauf das Instrument um 180° im Azimuth gedreht, und die Beobachtungsreihe in derselben Weise wiederholt. Jede Bestimmung ist dann das Mittel aus mindestens vier einzelnen Schätzungen, welche je zur Hälfte durch die inzwischen vorgenommenen anderen Schätzungen getrennt liegen. Die Messungen über eine Höhe von 50° auszudehnen hinderte mich das Dach der Altane, in welcher ich das Instrument aufgestellt hatte. Tag, Stunde und Bewölkungsgrad auf dem betreffenden Bogen sind wieder notirt worden. Die Beobachtungen laufen vom 21. März bis zum 10. December 1890. Die Resultate sind nun folgende, indem ich die vier Beobachtungsreihen mit I, II, III, IV bezeichne und unter V die Beobachtungen von $1888/89$ hinzufüge, nachdem ich auf dieselben die zuletzt erwähnten Formeln angewendet habe, welche die angenäherte Correction überflüssig machen:

Sämmtliche Beobachtungen.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Mittlere Bewölkung	6,4	6,1	6,0	6,0	5,5
Zahl der Beobachtungen	112	113	113	113	83
An Tagen	93	93	91	93	68
Zahl der einzelnen Schätzungen	546	542	540	508	283
Mittleres m	21,00	21,46	21,14	21,22	21,30

Beobachtungen bei Bewölkung 0.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Mittlere Bewölkung	0	0	0	0	0
Zahl der Beobachtungen	18	20	21	21	13
An Tagen	13	14	14	15	11
Zahl der einzelnen Schätzungen	90	92	98	96	52
Mittleres m	22,42	22,18	22,47	22,44	22,33

Beobachtungen bei Bewölkung 10.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Mittlere Bewölkung	10	10	10	10	10
Zahl der Beobachtungen	42	44	46	43	25
An Tagen	40	41	42	40	23
Zahl der einzelnen Schätzungen	192	208	228	196	93
Mittleres m	20,50	21,00	20,39	20,54	20,37

Beobachtungen im Frühjahr und Winter.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Mittlere Bewölkung	6,3	5,9	6,5	6,3	5,7
Zahl der Beobachtungen	26 8	27 8	26 8	27 8	18 5
An Tagen	22 6	20 6	20 6	21 6	17 4
Zahl der einzelnen Schätzungen	204	210	210	182	56
Mittleres m	19,83	19,62	19,95	20,16	20,31

Beobachtungen im Sommer und Herbst.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Mittlere Bewölkung	6,4	6,2	5,8	5,8	5,5
Zahl der Beobachtungen	40 38	41 37	42 37	42 36	16 44
An Tagen	36 29	38 29	37 28	37 29	13 34
Zahl der einzelnen Schätzungen	342	332	330	326	227
Mittleres m	21,60	22,36	21,67	21,71	21,68

Vergleichen wir die erhaltenen Mittelwerthe von m , so zeigen diese überall eine genügende Uebereinstimmung. Es ist somit erlaubt die Gestalt des Himmelsgewölbes als eine Kugelcalotte zu betrachten, für welche die Mitte des verticalen Bogens zwischen Horizont und Zenith eine durchschnittliche Höhe von $21,22^\circ$ bei einer mittleren Bewölkung von 6,0 besitzt, die bei Bewölkung 0 auf $22,37^\circ$ wächst und bei Bewölkung 10 auf 20,56 sinkt. Diese Durchschnittswerthe basiren auf resp. 534, 93 und 200 Beobachtungen bei 2419, 428 und 917 Einzelschätzungen. Es entsprechen ihnen horizontale Radien, welche resp. 3,7, 3,5 und 3,9 mal länger sind als die verticalen Axen. Zugleich wird das ebenfalls schon erhaltene Resultat bestätigt, daß im Frühjahr und im Winter der Himmel etwas flacher ist als im Sommer und im Herbst.

Ein Versuch, die Frage zu beantworten, ob alle Beobachter den Himmel gleich gewölbt sehen oder ob individuelle Verschiedenheiten bestehen, scheiterte. Denn diejenigen Personen, welche ich ersucht hatte nach der Mitte des Himmels zu visiren, erwiesen sich entweder als unsicher und wenig geschickt für derartige Beobachtungen, oder waren von der Ansicht beherrscht,

daß der Himmel halbkugelförmig sei, und hantirten mehr an dem Instrument herum, um dem Lineal schätzungsweise eine Neigung von 45° zu geben, als daß sie nach dem Himmel sahen und den Bogen zu halbiren bestrebt waren. Indessen giebt es eine indirecte Methode, deren Resultate dafür sprechen, daß allen unbefangenen Menschen der Himmel in derselben Gestalt erscheint. Und diese besteht darin, die Angaben von Laien über die Höhen, in welchen ein Meteor aufleuchtete und erlosch, mit den wirklichen Höhen zu vergleichen. Der bekannte Meteorberechner Herr Prof. v. NIESSL in Brünn schrieb mir freundlicherweise sofort nach Erscheinen meiner ersten Abhandlung im Jahre 1890, daß seine Erfahrungen völlig mit meinen Resultaten harmoniren. Desgleichen hatte Herr Prof. LUDWIG MATTHIESSEN in Rostock die Liebenswürdigkeit, mir mitzutheilen, daß die Angaben über die Höhen eines von ihm im Jahre 1870 berechneten Meteors, über das er im 77. Bande der Astron. Nachrichten berichtet hat, für die Form des Himmels ein Verhältniß der verticalen Höhe zum horizontalen Radius von 1:3 liefern. Ferner hat Dr. F. KOEBER¹ für drei Meteore jene Vergleiche vorgenommen und die Uebereinstimmung constatirt. Erwähnen will ich noch, daß in einer größeren Gesellschaft von Herren und Damen am Strande in Kolberg die Frage nach der Mitte des Himmels von mir gestellt und einstimmig als solche eine kleine Wolke bezeichnet wurde, deren Höhe sich zu ungefähr 23° ergab.

Auch am wolkenlosen Nachthimmel sind einige Beobachtungen von mir in Hirschberg ausgeführt worden. Bei Mondschein erhielt ich aus 9 Beobachtungen an 9 Tagen bei 22 Einzelschätzungen $26,55^{\circ}$, und für den mondscheinlosen dunklen Sternenhimmel aus 6 Beobachtungen an 6 Tagen bei 16 Einzelschätzungen $29,95^{\circ}$. Letzteres Resultat ist vielleicht noch etwas zu klein, da ich die Contouren der Berge nicht erkennen konnte und den Horizont eher zu niedrig als zu hoch verlegt habe.

Da ich von mehreren Seiten ersucht wurde, liegend zu beobachten, um die Wirkung der Blickrichtung zu prüfen, so habe ich auch diesem Ansinnen entsprochen, aber niemals weder eine Aenderung im allgemeinen Aussehen des Himmels noch eine Verschiebung seiner scheinbaren Mitte feststellen können.

¹ F. KOEBER. Ueber Höhenschätzungen bei Meteorbeobachtungen. *Mitth. d. Ver. v. Freunden d. Astronomie u. kosm. Physik*, IV. Jahrg., 3. 1894.

Mit den erhaltenen Dimensionen des Himmelsgewölbes stehen also unsere Schätzungen der scheinbaren Gröfse der untergehenden Sonne in keinem Widerspruch, sondern bilden vielmehr eine neue Stütze für jene Ansicht, von der SMITH mit umfassendem philosophischen Blicke gezeigt hat, dafs sie nicht nur die in Rede stehende, sondern auch noch zugleich eine Menge anderer Erscheinungen aufzuklären vermag, so dafs dieser wissenschaftliche Vorzug von Anfang an für sie einnimmt. Was aber der allgemeinen Zustimmung zu dieser Theorie hinderlich gewesen ist, das ist die Meinung, dafs das flache Himmelsgewölbe selbst nichts anderes als eine „Illusion“, als eine grofse „optische Täuschung“ sei, und die unbefriedigenden Erklärungen, woher die Vorstellung eines solchen flachen Gewölbes rühre. Diese Meinung aber basirt auf der alten felsenfesten Ueberzeugung, dafs der Himmel eine Halbkugel sein müsse und nur sein könne. So hatte es die griechische Philosophie gelehrt. So docirten es seit Alters her die Mathematiker in der Annahme, dafs man bei grofsen Distanzen nicht mehr vermöge Abstandsdifferenzen wahrzunehmen und daher sehr entfernte Objecte sämmtlich in gleiche Entfernung vom Auge versetze. Und nicht zum mindesten endlich fand dieser Glaube an die Kugelgestalt des Himmels Unterstützung durch die Methode der Astronomen, ihre Winkel als Stücke sphärischer Dreiecke aufzufassen und diese der Anschaulichkeit wegen an die sichtbare als sphärisch vorausgesetzte Himmelsfläche zu verlegen, sowie die Sterne nach ihren Coordinaten auf eine „Himmelskugel“ aufzutragen. Da nun aber der unbefangene Sinn den Himmel niemals als Halbkugel, sondern stets abgeflacht wahrnahm, so mußte dies durch einen Augentrug oder eine Urtheilstäuschung bewirkt werden.

Die natürliche sinnliche Auffassung der homerischen Zeit erblickte eine so fest und bestimmt ausgeprägte Fläche, an der Sonne und Sterne angeheftet waren, dafs sie den Himmel als „οὐρανός“ bezeichnete. ALHAZEN hielt das Auge nur für berechtigt, eine blaue Farbe zu sehen, und erst die Phantasie bilde sich eine Fläche, die wie eine blaugestrichene Zimmerdecke sich eben darstelle, während wir umgekehrt nach der Gestalt des Himmelsdomes die Kuppeln unserer Gotteshäuser wölben. VITELLO und seine Nachfolger erklären nur durch die intermediären Objecte, weshalb der Himmel am Horizont weiter abzustehen scheint als im Zenith. Bei EULER ist die Himmels-

fläche weiter nichts als eine „Illusion“ und ihre flache Form eine Folgeerscheinung der wegen der Luftperspective beim Auf- und Untergange für entfernter gehaltenen Sonne und des Mondes, so daß eine perpetuirliche Täuschung durch eine vereinzelte und momentane erzeugt werden soll. Nach KÄMTZ und J. C. E. SCHMIDT beruht die scheinbare Gestalt des Himmels auf der ungleichen Färbung und Helligkeit seiner verschiedenen Theile, besonders auf dem matten und undeutlichen Weiß am Horizont, welches auf eine größere Entfernung deute. Bei leicht bezogenem Himmel erzeugt aber die matte weißliche Färbung im Zenith durchaus nicht die Vorstellung eines größeren Abstandes desselben, noch vermag überhaupt die gleichmäßsigere Helle und Färbung irgend eine wesentliche Aenderung der Himmelsform hervorzubringen. CLAUSIUS glaubt, daß wir uns aus dem halbkugelförmigen Fixsternhimmel und dem flachen Wolkenhimmel einen mittleren Himmel zurecht gemacht haben, den wir nun auch zu sehen vermeinen. Nach HELMHOLTZ haben wir überhaupt nur eine unbestimmte und veränderliche Vorstellung von der flachen Wölbung des Himmels, wozu der Wolkenhimmel veranlasse. BLONDEL läßt den Himmel flach erscheinen, weil unsere Gewohnheiten und Sinneseindrücke die Höhe gegen die Längen- und Breitendimension zurücktreten lassen. Abgesehen davon, daß die Himmelsfläche, auch zwischen Häuserreihen, gewölbt und nicht eben aussieht¹, läßt die Theorie FILEHNE's nicht genügend erkennen, was eigentlich zu der Vorstellung eines Plafonds zwingt und weshalb wir ihn gerade in der Höhe festhalten, wo er erscheint. Bei ZOTH ist das flache Himmelsgewölbe ein bloßes Product der Blickrichtung und modelt sich, je nachdem wir es in aufrechter, liegender oder hängender Stellung betrachten. Erst seit HOBBS hat man die Frage gestellt, ob denn überhaupt eine Täuschung vorliege und die Wölbung des Himmels nicht auf reellerer Grundlage zu erklären sei. Wäre aber, wie HOBBS, TREIBER, BIOT, BOHNENBERGER und ZENO wollen, die Gestalt des durch die Ebene des Horizontes abgeschnittenen Segmentes der Atmosphäre das Bestimmende, so müßte die Wölbung noch um vieles flacher er-

¹ Eine im Jahre 1889 in Breslau mit Prof. F. VOGEL-Charlottenburg vor der Universitätskirche, die Schmiedebrücke, den Ring und die Schweidnitzerstraße entlang ausgeführte Höhenbestimmung der scheinbaren Himmelsmitte ergab im Mittel aus 11 Schätzungen den normalen Werth von 22,11°.

scheinen. Denn bei einer Höhe der Atmosphäre von 10 Meilen würde sich das Verhältniß der verticalen Dimension zum horizontalen Radius immer noch wie 1 : 13 und erst bei 153 Meilen Höhe wie 1 : 3,5 stellen. Und eine noch unvergleichlich flachere Form würde sich ergeben, wenn SMITH recht hätte, daß wir die Gestalt des Wolkenhimmels auf den heiteren Himmel übertragen.

Auch der Verfasser ist der Ansicht, daß die Lufthülle der Erde die Ursache der Gestalt des Himmels ist, nachdem wir bereits bei der Bestimmung dieser Gestalt gesehen haben, wie abhängig sie von den atmosphärischen Verhältnissen ist und sich mit ihnen ändert. Dann wäre auch eine eigentliche optische Täuschung nicht vorhanden. Denn es kann doch nur von einer Täuschung gesprochen werden, wenn das Wahrgenommene mit der aus anderen Wahrnehmungen gefolgerten Beschaffenheit des Objectes nicht harmonirt.

Wir nehmen an, es herrsche nebliges Wetter und die Atmosphäre sei trübe. Dann erblicke ich in einem gewissen Abstände, der sich nach dem Grade der Trübung richtet, sagen wir in der Entfernung von zwei Kilometern, nichts weiter als eine Nebelwand. Bis zu einer Entfernung von einem Kilometer vermag ich aber noch alle Gegenstände deutlich zu erkennen, und zwar um so klarer, je näher sie mir liegen. Was über einen Kilometer hinaus liegt, beginnt undeutlich zu werden und verschwindet zuletzt bei zwei Kilometer Abstand gänzlich. Auch verlieren alle Gegenstände, und zwar je entfernter sie sind, desto stärker, ihre Färbung, die immer mehr in Grau übergeht. Daß sich bei solchem Wetter der Nebel in einer Entfernung von zwei Kilometern scheinbar zu einer Wand verdichtet, welche die dort befindlichen Gegenstände eben noch in der der Nebelwand eigenen grauweißen Farbe wahrnehmen läßt, die nur etwas weiter befindlichen aber verdeckt, ist Niemandem auffällig, denn jeder hat diese Beobachtung zahllose Male gemacht. Auch weiß jeder, daß diese Wand, welche er wie eine wirkliche Wand vor sich sieht, doch nur scheinbar ist, und daß die Luft, wo die Nebelwand liegt, keine andere Constitution besitzt als diejenige, welche ihn selbst umgiebt und die ihm nahen Gegenstände klar erkennen läßt. Denn bewegt man sich zwei Kilometer von seinem Standpunkte nach rückwärts, so verschleiert die Nebelwand diesen, wo man sich vor kurzer Frist noch befunden hat, während im übrigen die ganze Erscheinung dieselbe bleibt.

Denken wir uns nun den Nebel allmählich dünner und dünner werden, so ändert sich damit im großen Ganzen der Charakter der Erscheinung nicht im mindesten. Nur werden die oben angenommenen Distanzen größer und größer und die graue Färbung der Wand heller und heller. Ist dann die Luft nach unseren Begriffen möglichst geklärt, so ist auch jetzt das Wesentliche der Erscheinung immer noch durchaus dasselbe geblieben, obgleich wir nun die blauweiße Himmelswand am Horizont als etwas ganz Besonderes zu betrachten pflegen. Die Wand ist nur auf die der Reinheit der Luft entsprechende Entfernung gerückt worden, und ihre graue Farbe ist durch Weißgrau schliesslich in Bläulichweiß übergegangen. Die Gegenstände, wie Wälder und Hügel, erscheinen, je ferner sie liegen, auch jetzt um so undeutlicher, indem sie ebenfalls zugleich von ihrer Eigenfarbe immer mehr einbüßen und mit wachsender Entfernung durch alle Schattirungen von dunkelblau in jenen bläulichweißen Farbenton übergehen, den die Himmelswand am Horizont selbst besitzt, so daß sich ferne dunkelbewaldete Berge kaum noch von derselben abheben und gerade noch bemerkbar sind, noch fernere Objecte aber, wenn sie nicht besonders hell sind und durchscheinen, unsichtbar werden. Alles ganz ebenso, wie wir es bei der nahen Nebelwand beobachtet haben. Und wie wir den Abstand dieser von uns durch die noch gerade sichtbaren Objecte bestimmen konnten, so haben wir auch jetzt an den noch gerade erkennbaren dunkelbewaldeten Bergen ein Mittel, die Entfernung der Himmelswand am Horizont von unserem Auge zu constatiren. Es erweist sich daher als eine willkürliche Annahme, daß der Himmel am Horizont eine unendliche Entfernung besitze. Es ist aber auch die Ansicht von SMITH nicht richtig, daß wir eine Wand, die über 25 bis 30 000 Fuß in ebener Gegend von uns absteht, doch nur in diese Entfernung versetzen. Befindet sich bei klarem Wetter mein Auge 5—7 Meter über dem Meeresspiegel, so denke ich gar nicht daran, den Seehorizont als die Grenze aufzufassen, in welcher Himmel und Meer zusammenstoßen. Jener erscheint mir als eine scharf bestimmte Linie in 25 bis 30 000 Fuß Entfernung, während ich zugleich deutlich erkenne, daß der Himmel sich erst weit hinter ihr herabsenkt und ein breiter Raum zwischen beiden gelegen ist. Es bedarf zu dieser Erkenntniß nicht erst, daß ein Dampfer kommt, dessen Rumpf durch die Krümmung der Erde verdeckt

ist, während wir Schornstein und Rauch deutlich als zwischen der Linie des Seehorizontes und der entfernten Himmelswand befindlich erblicken.

Da das dunkle Gebirge am Horizont hell aussieht, so kann das aus seiner Richtung ins Auge gelangende Licht nicht von ihm, sondern muß von den zwischen ihm und uns befindlichen Lufttheilchen herrühren. Und da es von dem übrigen Theile des Himmels am Horizont so wenig absticht, daß wir seine Conturen, die bei einer noch etwas größeren Entfernung völlig verschwinden, eben noch erkennen, so schliessen wir, daß es für das Aussehen des Himmels am Horizont ganz gleichgültig ist, ob das von den jenseits des Berges befindlichen Lufttheilchen in der Richtung nach dem Beobachter reflectirte Licht von dem vorliegenden Gebirge abgefangen wird oder nicht. Diese Theile der Atmosphäre im Horizont, welche weiter als das Gebirge von uns entfernt sind, erzeugen also keine Wirkung mehr, mag nun von ihnen überhaupt kein Licht mehr ins Auge gelangen oder mag es von dem helleren Lichte der näheren Theilchen überstrahlt werden. Sie haben als dunkel für den Beobachter zu gelten. Und auf diesen dunklen Hintergrund projeciren sich die helleren vorgelagerten Luftpartikeln und erzeugen für unsere Gesichtsempfindung eine ganz ebensolche Wand wie die neblige Luft in bereits viel geringerer Entfernung.

So erweist sich das flächenhafte Aussehen der Atmosphäre im Wechsel ihrer Zustände als ein constantes optisches Verhalten derselben. Aber auch einige einfache Versuche können gemacht werden, welche die Erscheinung, daß und wie ein durchsichtiges Medium den Anblick einer Fläche zu gewähren vermag, zeigen und dem Phänomen der blauen Himmelsfläche seinen befremdlichen Charakter nehmen. Die durchsichtige und zugleich Licht reflectirende Luft verhält sich wie ein weißer Schleier. Unmittelbar vor dem Auge hindert er nicht im geringsten die Durchsicht, so daß wir kaum etwas von ihm bemerken. Etwas weiter zeigt er die Gegenstände verschleiert. Und halten wir ihn in einem so großen Abstände vom Auge, daß die von benachbarten Fäden reflectirten Lichtstrahlen fast parallel in dasselbe gelangen und vereint wirken, so bildet er eine weiße Fläche, welche die dahinter befindlichen Objecte, wenn sie nicht sehr hell leuchten, verdeckt. Halte ich einen Schleier nahe vor das Auge und zwei andere entfernter und in passenden Abständen, so äußern sie

ihre Wirkungen zugleich und zwar genau wie die hinter einander gelagerten Luftmassen der Atmosphäre. Hierbei zeigt es sich auch, daß der äußerste Schleier weniger entfernt bei dunklem als bei hellem Hintergrunde gehalten zu werden braucht. In einem Circus sah ich einmal eine Pantomime, die innerhalb einer Stadt spielte. Die ganze Reitbahn war ringsherum von einem hohen Cylindermantel eines gazeartigen Stoffes umspannt. Der dem Zuschauer benachbarte Theil dieses Netzes war mit seinen weiten Maschen unsichtbar und störte nicht im mindesten den Blick auf die Vorgänge in der Manege. Der jenseitige Theil aber verdichtete sich ihm zu einer dieselbe hinten abschließenden Fläche, auf der das innen den Fäden der Gaze aufgemalte Panorama der Stadt deutlich hervortrat, so daß sie wie eine Coullisse wirkte, welche zugleich die dahinter sitzenden Zuschauer verdeckte. Auch habe ich folgendes Experiment angeordnet. Ich nahm fünfzig Glasplatten von 1,75 mm Dicke und stellte sie im Abstände von je 2,5 cm hintereinander auf. Die Erscheinungen, welche sich zeigten, waren dieselben, ob ich seitwärts von den Fenstern her Tageslicht auf die Scheiben fallen ließ oder sie Abends durch Kerzenreihen, die für das Auge verdeckt wurden, beleuchtete. Sah ich durch die Scheiben hindurch, so erblickte ich in einem Abstände, welcher vom Auge aus etwa der fünf- undzwanzigsten Platte entsprach, eine helle grünliche Wand, genau so, wie die scheinbare blaue Himmelswand sich zeigt. Hielt ich ein zur Hälfte schwarzes, zur anderen Hälfte weißes Blatt Papier hinter die Glasscheiben, so war es bis zur zehnten Scheibe deutlich und ungefärbt sichtbar. Hinter der zwanzigsten Platte hatte sowohl der weiße wie der bereits heller scheinende schwarze Theil einen grünlichen Schein angenommen. Hinter der dreißigsten schienen beide Theile des Blattes nur noch hellgrün durch. Hinter der vierzigsten war überhaupt nichts mehr erkennbar, so daß an der sichtbaren grünen Wand sich nichts änderte, ob das Papierblatt dahinter gehalten wurde oder nicht und ob die letzten Platten ganz fort genommen wurden.

Wollen wir nun den durchschnittlichen absoluten Radius der Basis des Himmelsgewölbes bestimmen, so müssen wir die Entfernungen derjenigen Berge constatiren, die noch gerade am Horizont wahrnehmbar sind. Es ist nun schwer, Beobachtungen, welche dem vorliegenden Zwecke entsprechen, zu erhalten. Notizen, wie oft man von einem bestimmten Punkte aus den oder

jenen Berg sehen kann, nützen nicht viel. Ebenso wenig Angaben, wie in „Führern“ oder auf „Panoramen“, was von einem Berge aus unter besonders günstigen Verhältnissen hin und wieder noch sichtbar sein soll. Auch können wir sehr hohe Berge weder als Beobachtungsorte noch als Objecte gebrauchen, insbesondere keine Schneeberge oder Kalkgebirge. Hier handelt es sich darum, wie weit durchschnittlich dunkel bewaldete Berge von mässiger Höhe an gewöhnlichen heiteren Tagen „am Horizont“ in blässen Umrissen sichtbar sind. Aus eigener Erfahrung sowie nach zuverlässigen Berichten habe ich folgende meist aus Schlesien stammende Angaben zusammengestellt, nachdem ich alle mit Entfernungen unter 40 und über 80 km ausgeschieden habe, da bei letzteren sich fast immer Bemerkungen fanden, wie „bei äusserst klarer Luft, sehr selten, bei besonderen Luftzuständen, bei günstiger Beleuchtung, etc.“. Es sind in Kilometern entfernt: Die Landskrone vom Rückenberg 54, vom Groeditzberg 58, vom Mönchsberg 61, vom Probsthainer Spitzberg 58, von der Hogolie 63, vom Landeshuter Kamm 76, von der Schneekoppe 72, vom Rollberg 52, vom Rosenberg 54; die Schneekoppe vom Groeditzberg 49, von den Striegauer Bergen 50, vom Zobten 69, von der Hohen Eule 53, von der Heuscheuer 50, von der Hohen Mense 60, vom Jeschken 54, von der Lausche 77, vom Rollberg 68; der Zobten von der Hogolie 63, vom Probsthainer Spitzberg 69, vom Groeditzberg 75, von den Trebnitzer Hügeln 56, von der Hochschar 80, vom Heidelberg 55, vom Jauersberg 53, vom Gr. Schneeberg 74, von der Schneekoppe 69; Liegnitz von der Schneekoppe 59, vom Zobten 54, vom Hochwald 46, vom Sattelwald 42; Mühlrädltitz von der Schneekoppe 74; Dyhernfurth vom Zobten 47; Leubus von der Schneekoppe 77, vom Zobten 47; Wohlau vom Zobten 52; Oels vom Zobten 61; Vielguth vom Zobten 58; Breslau vom Hochwald 69; Brieg vom Zobten 53, von der Hohen Eule 70, vom Königshainer Spitzberg 66; Lossen vom Zobten 61; Löwen vom Zobten 65; Oppeln von der Bischofskoppe 56, von der Hochschar 78; der Glatzer Donjon von der Schneekoppe 72; Ratibor von der Lissa Hora 63; Brünn vom Marxgebirge 50; der Schneeberg in Nied.-Oest. von den Grenzbergen des Leithagebirges 60; der Gr. Dolmar vom Hafsberg 47, von der Hohen Rhön 46; Göttingen vom Brocken 56, von der Achtermannshöhe 51; Oschersleben vom Brocken 48; Hildesheim vom Brocken 57. Das Mittel aus allen 56 Angaben ist 60, oder nach

Ausschließung auch noch der 8 Angaben unter 50 km Entfernung 62. Die 27 Schlesischen Angaben von der Landskrone, der Schneekoppe und dem Zobten liefern 62, die 21 von der Ebene aus 60, oder ohne die 4 Angaben unter 50, 64 km.

Es verhält sich nun nach meinen Bestimmungen der relativen Dimensionen des Himmelsgewölbes bei heiterem Wetter seine Höhe zum horizontalen Radius durchschnittlich wie 1 : 3,5. Da letzterer von uns auf 60 km geschätzt worden ist, so ergibt sich für die Himmelsfläche im Zenith ein Abstand von 17 km, welcher, wenn die Entfernung des Horizontes auf 80 km steigt oder auf 40 sinkt, sich auf 23 km erhöht oder auf 11 erniedrigt. Doch glaube ich, daß wir mit dem Durchschnitt noch etwas zurückgehen dürfen, denn bei den obigen Angaben waren die Berge noch eben am Horizont erkennbar, während bei meinem Versuche mit den Glasscheiben die scheinbare Wand dem Auge näher lag als die Stelle, wo der Papierbogen noch durchschien. Wir werden daher nicht fehl gehen, wenn wir im Mittel den horizontalen Radius zu einigen 50, den verticalen zu etwa 15 km annehmen. Da die Luftschichten nach oben dünner und dünner werden und mithin immer schwächer reflectiren, bei klarem Himmel deshalb vom Zenith überhaupt viel weniger diffuses Tageslicht kommt als vom Horizont, was schon das dunklere Blau erkennen läßt und photometrische Messungen¹ beweisen, so ist es nicht auffällig, wenn hier bald die Grenzsicht erreicht wird, deren zurückgeworfenes Licht von unserem Auge nicht mehr empfunden wird und auf welche sich die helleren unteren Schichten projeciren. Wie schnell die Reflexion mit zunehmender Höhe abnimmt, folgt auch aus den Erzählungen der Bergsteiger und Luftschiffer, daß das Blau des Himmels in den von ihnen erreichten Höhen bereits ein sehr dunkles ist, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß letzteren der Himmel bis zu einer Zenithdistanz von mindestens 30° durch den Ballon verdeckt wird. Aus Dämmerungsbeobachtungen, welche LAMBERT im November 1759 in Augsburg angestellt hat, berechnet er die Höhe der Atmosphäre, soweit sie noch merklich Licht reflectirt, zu 3,9 Meilen.² CLAUDIUS hält es für wahrscheinlich, daß diese

¹ W. SCHRAMM. Ueber die Vertheilung des Lichtes in der Atmosphäre. *Schriften d. Naturwissenschaftl. Vereins f. Schleswig-Holstein* 12, 1. 1901

² J. H. LAMBERT. *Photometria*. 1760. § 1014, S. 450.

Höhe noch näher an nur 3 Meilen liegt.¹ Dafs die unteren stärker reflectirenden Luftschichten das von den höheren herstammende geringere Licht gar nicht mehr zur Perception gelangen lassen, sondern überstrahlen, klärt auch einen Umstand auf, der BRANDES und GRUNERT² bei ihren Bestimmungen der Höhe der Atmosphäre aufgefallen ist, dafs die erhaltenen Höhen zugleich mit der Tiefe der Sonne unter dem Horizont fortwährend wachsen. Das wahrgenommene Dämmerungslicht rührt eben von den je tieferen noch erhellten Schichten her, nicht von den je höchsten, deren Licht neben dem der tieferen nicht mehr mitspricht. Und so ergiebt auch die Rechnung immer gröfsere Höhen. Nach der gewöhnlichen Art aus Dämmerungsbeobachtungen auf die Höhe zu schliessen, würde für das Ende der bürgerlichen Dämmerung, wenn die Sonne $6\frac{1}{2}^{\circ}$ unter dem Horizont steht, eine Schichtenhöhe von nur 1,4 Meilen folgen. Dann treten aber bereits die helleren Sterne deutlich hervor, überstrahlen also das Dämmerungslicht, während sie selbst vom Tageslicht vollständig ausgelöscht werden, so dafs dieses erst recht jenes verdunkeln mufs. Dies steht alles mit unseren Erörterungen im Einklang. Es liegen also über uns die relativ dunklen Schichten der Atmosphäre so niedrig, dafs jenem Verhältnifs 1 : 3,5 nicht widersprochen wird. Zur niedrigen Lage der scheinbaren Himmelswand im Zenith werden auch die durch aufsteigende Luftströme bewirkten Condensationsproducte beitragen, wobei wir nicht grade an deutlich als Wolken charakterisirte Gebilde zu denken haben. Auch an sehr heiteren Tagen bemerkt man bei einiger Aufmerksamkeit einen dünnen Schleier, der am besten, und zwar in Form einer hellen Corona, um die Sonne sichtbar wird, wenn man die Sonne selbst verdeckt. Diese zarten Nebel werden immerhin das Sonnenlicht stärker reflectiren und von den darüber befindlichen Schichten diffundirtes absorbiren. Wie sehr diese relativ niedrigen Condensationen die Bildung des Himmelsgewölbes beeinflussen, können wir an heißen Sommertagen beobachten, an welchen in schnellem Wechsel unaufhörlich durch aufsteigende Luft Condensirung und Wiederauflösung eintritt. Dann sieht der Himmel ganz flockig und

¹ CLAUSIUS. Uebersichtliche Darstellung etc. Heft 4 der *Beiträge zur meteorol. Optik*, herausgeg. von GRUNERT. 1850. S. 389.

² GRUNERT. Berechnung der LAMBERT'schen Dämmerungsbeobachtungen. Heft 2 der *Beiträge etc.* 1848.

unstät aus, während am Abend, sowie an heiteren Herbst- und Frühlingstagen, wenn dieses Spiel geringer ist, das Auge an der ausgeprägten Himmelsfläche wie an einem festen Dache entlang gleiten kann. Auch mache ich darauf aufmerksam, daß die Höhe von 15 km die obere Grenze der durch Registrierballons nachgewiesenen, 4—5 km dicken, relativ warmen Luftschicht ist, so daß hier offenbar stetig eine zarte Nebelbildung stattfindet. In dieser Höhe entsteht auch das Purpurlicht nach Sonnenuntergang.¹

So haben wir auseinandergesetzt, weshalb die Atmosphäre als eine Fläche, die wir Himmel nennen, erscheint, weshalb diese Fläche nicht eine halbkugelförmige, sondern eine gedrückte Gestalt besitzt und wie groß ihre Dimensionen sind.

Mit der Oberfläche der Erde hat die Gestalt und Ausdehnung des Himmelsgewölbes nichts zu thun. Der Horizont wird nicht von den terrestrischen Gegenständen, sondern von der Atmosphäre bestimmt. Ob er uns näher oder ferner ist, hängt nur von dem Zustande der Luft ab. Es ändert sich nichts am Himmel mit der Beschaffenheit der Erdoberfläche, oder wenn wir diese ganz verdecken. Er besitzt dieselbe Form, mag er sich über einer an Abwechslung reichen Landschaft, über einer ausgedehnten Großstadt, über der eintönigen Sandwüste oder über dem Meere wölben. Wir pflegen auch beide Flächen außer am Horizont nie auf einander zu beziehen, sondern wir betrachten sie stets gesondert, und daher fällt es auch schwer anzugeben, welcher Punkt des Geländes senkrecht unter einer bestimmten Stelle des Himmels, oder umgekehrt, liegt. Weil der Himmel von den Objecten auf der Erde unabhängig ist, ändert sich auch an seiner Gestalt nichts, wenn wir ihn von einer mäßigen Anhöhe aus betrachten. Der Himmel am Horizont bleibt in derselben Entfernung, ich übersehe nur zwischen ihm und mir mehr Gegenstände, da ich von oben herab dieselbe Strecke überblicke.

Wenn die Atmosphäre weniger klar ist, rückt uns der Horizont näher, zugleich aber das Zenith, weil dann auch über uns die Condensationsproducte ein Herabrücken der Himmelswand besorgen, so daß das Verhältniß der Dimensionen im Wesentlichen dasselbe bleibt. Sehr auffallend ist es, daß meine

¹ F. BUSCH. Beiträge zur Erkenntniß des Dämmerungs-Phänomens. Jahresbericht über das Kgl. Laurentianum. Arnsberg 1887. S. 33.

Schätzung bei bewölktem Himmel eine so verhältnißmäßig geringe Aenderung der relativen Dimensionen der auch jetzt noch gewölbt erscheinenden Fläche ergeben. Seit ich jene Mittelwerthe erhielt, denen gemäß sich das bei heiterem Himmel bestehende Verhältniß $1 : 3,5$ bei ganz bedecktem nur in $1 : 3,9$ umwandelt, habe ich mehr auf das allgemeine Aussehen des Wolkenhimmels und seine Beziehung zum wolkenfreien geachtet. Ihre Formen wichen auch diesem Aussehen nach nur wenig von einander ab, und es ist mir nun auch deswegen die SMITHsche Annahme, daß der Wolkenhimmel die Ursache der Gestalt des blauen Himmels ist, unwahrscheinlich geworden. Für die Wölbung des Wolkenhimmels giebt der oben erwähnte Satz der Perspective keine genügende Erklärung. Sonst müßte auch die Oberfläche der Erde oder eine tief unter einem Luftballon befindliche Wolkenfläche von diesem aus stark ausgehöhlt erscheinen. Herr Prof. KREMSER antwortete mir auf meine Frage hierüber, nach Rücksprache mit den Herren Prof. ASSMANN und BERSON, daß die Erscheinung einer flachen schüsselförmigen Gestalt der Erde zuweilen deutlich ist, zuweilen gar nicht stattfindet, jedenfalls aber mit der Krümmung des Himmels verglichen verschwindend gering ist. Herr Hauptmann Gross hat die Erscheinung am deutlichsten gesehen, wenn einzelne Wölkchen am Horizonte lagerten, „über“ denen dann die Erdoberfläche wieder zum Vorschein zu kommen schien; bei geschlossenen Wolkenformen wäre eine Wölbung schwerer wahrzunehmen. Endlich hatte Herr Prof. HERGESELL die Freundlichkeit mir Folgendes zu schreiben: „Daß die Erde vom Ballon aus schüsselförmig aussehen soll, ist bei mir eigentlich nie recht zur Beobachtung gelangt, wiewohl ich Höhen über 6500 m erreicht habe. Auch über dem Wolkenmeere ist mir ein eigentlich schüsselförmiges Aussehen nicht aufgefallen“. Wenn nun aber die Perspective das Aussehen des Wolkenhimmels nicht zu bedingen vermag, so kann dieser auch nicht die Gestalt des wolkenfreien Himmels verursachen. Es bleibt nur die Annahme, daß es gerade umgekehrt ist und wir dem Wolkenhimmel die Gestalt des wolkenfreien ertheilen. Sind nur einzelne Kumuli am Himmel, so zeigt es sich auf den ersten Blick, wie diese sich der blauen Himmelsfläche anpassen und ihr wie aufgemalt erscheinen. Doch auch bei ganz bedecktem Himmel ist die Krümmung einer selbst niedrigen Wolkendecke bereits im Scheitel so bedeutend, daß sie nicht bloß eine in jenem Sinne

perspectivische sein kann. Doch mag der durch die weniger klare Luft näher gerückte Horizont, wie es bei bedecktem Himmel meist der Fall ist, jene Accommodation an die Wölbung des wolkenfreien Himmels dem Auge erleichtern.

Wenn die Wolkenschicht zerreißt, wird das blaue Gewölbe sichtbar, das uns in einen gegen die Dimensionen der Erde, geschweige des Weltalls, engen Raum einschließt, das wir überall mit uns herumtragen und in dessen Mitte wir gebannt sind. Ueber dieses hinaus ist es uns nicht vergönnt in den nackten Weltenraum zu blicken, der nur für unseren Verstand, nicht für unsere Sinne existirt. Das blaue Himmelsdach bildet die Grenz- wand unserer sinnlichen Raumwahrnehmung, die wir nicht überschreiten können. Ein „jenseits“ desselben giebt es für sie nicht, nur ein „an“ oder „vor“ ihm. Und wie in einem gedeckten hohen Raume eine kleine Oeffnung in der Decke, durch welche das Tageslicht fällt, uns als heller Fleck „an“ dieser Decke erscheint¹, so nimmt es nicht wunder, daß auch die Sonne, deren Strahlen das Himmelsgewölbe durchbrechen, das sich sofort neben ihr schließt, „an“ diesem Gewölbe erscheint. Bilden aber die Scheiben der Sonne und des Mondes für uns Theile des flachen Himmelsgewölbes, so müssen dieselben auch, da der Seh- winkel derselbe bleibt, am Horizont größer erscheinen als im Meridian. Würde das Himmelsgewölbe andere Dimensionen haben als es besitzt, so würde auch die scheinbare Größe von Mond und Sonne eine andere sein. Wären sie doppelt so groß, würden auch Mond und Sonne doppelt so groß aussehen als jetzt. Aber auch die scheinbaren Größen der terrestrischen Gegenstände, die sich auf den Himmel projiciren, würden andere sein.

Die Himmelswand ist aber, wie wir gesehen haben, verschieb- bar und nach den meteorologischen Zuständen der Luft uns bald näher bald ferner, jedoch so, daß die relativen Dimensionen des Gewölbes im Allgemeinen dieselben bleiben. Daher muß das Größenverhältniß zweier runden Ausschnitte des Gewölbes von gleichem Sehwinkel in zwei verschiedenen bestimmten Höhen

¹ Wenn der Raum relativ dunkel ist, so kann es vorkommen, daß intensives Licht, welches durch die Oeffnung fällt, sogar von einer Stelle unter der Deckenfläche auszugehen scheint. Es ist dieselbe Täuschung, welcher Personen unterliegen, die den aufgehenden Mond vor der Himmels- fläche zu sehen glauben.

dasselbe bleiben, wenn auch die scheinbaren Gröfsen derselben an sich variiren. Dieser letztere Unterschied kann aber erstens überhaupt nicht grofs sein, denn eine starke Näherung des Horizontes vermag nicht stattzufinden, ohne dafs die Sonne und noch viel eher der Mond gänzlich unsichtbar werden, und zweitens kommt es auf dieses Moment auch gar nicht soviel an als auf jenes, weil sich die scheinbare Gröfse so wie so in der Erinnerung nicht sicher festhalten läfst. Befänden wir uns in der Mitte eines sehr grofsen, leeren, flachkuppelförmigen Saales, dessen einfarbige Wände contractil wären, und würden dieselben auf einige Zeit durch Vorhänge verdeckt, so bin ich überzeugt, dafs wir nach Aufzug der Vorhänge nichts merken würden, wenn inzwischen sich alle Dimensionen um den zehnten Theil vergrößert oder verkleinert hätten. Auch ein Medaillon an der Wand, welches dieselbe Wandlung erlitten hätte, würde uns unverändert vorkommen. Bei den Dimensionen des Himmelssaales ist es nun überhaupt schwer zu beurtheilen, ob der Horizont uns einige Kilometer näher rückt, da nicht immer Berge von bekannter Entfernung zur Abschätzung vorhanden sind. Gewöhnlich nehmen wir aber auch gar keine Notiz davon, indem wir uns damit beruhigen, dafs der Himmel uns weiter erscheint als die noch deutlich erkennbaren Gegenstände und dafs seine uns geläufige Form unverändert ist. Wir merken es daher im Allgemeinen nicht, ob er sich etwas erweitert oder verengt. Bleibt doch der Winkel, den die Augenaxe beschreiben mufs, um vom Horizont nach der scheinbaren Himmelsmitte gerichtet zu werden, im Wesentlichen derselbe und weicht stets nur wenig oder gar nicht von $22\frac{1}{2}^{\circ}$ ab.

Wird der untere Theil des Himmels durch Bäume verdeckt, zwischen denen wir die Sonne untergehen sehen, so ändert dies nichts an der auffälligen Gröfse der Sonne, obgleich die Bäume verhindern, dafs wir den die Sonne umgebenden Theil der Himmelsfläche und ihren Abstand direct wahrnehmen. Wir beurtheilen nämlich die Höhe der Bäume nach der scheinbaren Höhe, bis zu welcher sie am Himmel reichen. Stehen wir um das 2,4fache ihrer Höhe, um die sie unsere Augenhöhe übertreffen, von ihnen ab, so scheinen sie uns bis zur halben Himmelshöhe emporzuragen. Und sind wir um das 21,4fache entfernt, so reichen sie bis zu einer Höhe von $2^{\circ} 40'$, was zwar an sich gering klingt, aber immer noch den fünffachen Durch-

messer der Sonne ausmacht, den sie beim Untergange zu haben scheint. Hierin liegt auch der Grund, weshalb wir die Höhe von Gebäuden und ihr Verhältniß zur Straßensbreite, sowie von terrestrischen Gegenständen überhaupt so leicht überschätzen, und weshalb uns Gebirge so hoch erscheinen. Von Hirschberg aus gesehen erhebt sich das Riesengebirge, einschließlic der Koppe und des Hohen Rades, bis zu einer Höhe von noch nicht 4°. Ein unser Auge um 14 m überragender Baum macht daher, aus einer Entfernung von 300 m gesehen, noch einen ganz mächtigen Eindruck. Umgekehrt sehen wir dann, daß der Durchmesser der untergehenden Sonne den fünften Theil der Höhe des uns so hoch erscheinenden Baumes beträgt, und deshalb finden wir die Sonne auch hinter den Bäumen genau so groß, wie sie bei freiem Horizont aussieht. Zugleich wird klar, weshalb von begrenzten Plätzen aus, wo nur ein Durchblick auf die untergehende Sonne gestattet ist, dieselbe ebenso groß erscheint, wie auf freiem Felde. Desgleichen vermag auch eine am Boden lagernde Dunstsicht, durch welche die Sonne hindurchscheint, so wenig wie die Bäume, ihre Größe zu ändern. In der Höhe dagegen erscheint uns alles kleiner, denn wir beziehen auch entferntere terrestrische Gegenstände, welche hoch gelegen sind, direct oder indirect, bewußt oder unbewußt, auf den Himmelshintergrund. Deshalb sieht ein Mensch auf der Gallerie eines Thurmes auffallend klein aus, verglichen mit seiner scheinbaren Größe in gleicher horizontaler Entfernung. Deswegen vermögen auch Schornsteine und Bergrücken, über welche hinweg der hochstehende Mond gesehen wird, die ihm an der von ihm eingenommenen Stelle des Himmels zukommende Größe nicht zu vermehren.

Der Mondscheinhimmel besitzt engere Dimensionen als der Taghimmel. Denn das Mondlicht ist zu schwach, als daß das von den relativ entfernteren Luftpartikeln im Horizont und ebenso von den relativ höheren Schichten der Atmosphäre diffundirte Licht wahrgenommen werden könnte. Geht der Vollmond auf und wird sein Licht noch von dem der Dämmerung unterstützt, so sieht der Himmel weiter aus als später, wenn sein Licht allein noch übrig ist. Dann contrahirt sich das Gewölbe, und so wäre es denkbar, daß der Mond, wie ÉGINNIS beobachtet hat, schneller an Größe abzunehmen scheint, als nach den mittleren relativen Dimensionen des Himmels erwartet wird.

Wir sahen, daß sich die Form des Wolkenhimmels der des wolkenlosen anzupassen strebt. Es kann daher auch die Annahme kein Bedenken erregen, daß wir dem nächtlichen Sternenhimmel die unser sinnliches Wahrnehmungsvermögen beherrschende, ich möchte sagen, ihr in Fleisch und Blut übergegangene flache Wölbung des Taghimmels zuertheilen, zumal da die Existenz der Atmosphäre, durch welche jene bedingt wurde, sich auch in der Nacht nicht unserer Wahrnehmung entzieht. Das Sternenlicht genügt, den Himmel doch noch blau, wenn auch dunkel, erscheinen zu lassen; keinesfalls aber ist er pechschwarz, wie er aussehen würde, wenn die Erde keine Luft-hülle besäße. Daher erscheinen auch die Sternbilder am Horizont viel größer als im Zenith.

(Eingegangen am 27. Juni 1902.)
