

## Einleitung.

---

Der bekannte Apfel des Newton — welcher, wie die vielfach wiederholte Sage berichtet, vom Baume fallend, den grossen Denker zur Erkenntniss der allgemeinen Schwere führte und ihn endlich das Gesetz finden liess, welches die gegenseitige Abhängigkeit der Weltkörper und ihrer Bewegungen beherrscht — war gewiss eine geringfügige Kleinigkeit. Wie viele Tausende von Menschen mochten schon vor Newton Äpfel haben fallen sehen; aber sie hatten nichts Weiteres dabei gedacht und jene Erkenntnis nicht daraus geschöpft und das Gesetz nicht gefunden.

Die gesammte Naturforschung besteht in der Aufgabe, nach Newton's Art Kleinigkeiten zu beachten, aber freilich auch, wie er, bei diesen Kleinigkeiten nicht stehen zu bleiben, sondern durch Erwägung derselben zu Erkenntnissen fortzuschreiten, um wozumöglich bis zu den Gesetzen zu gelangen. Diese Arbeit ist schwierig; aber nicht blos in ihrem letzten Theile. Alles, was uns umgiebt, besteht aus Kleinigkeiten; diese bilden unsere Umgebung, bevor wir uns unserer selber bewusst werden. Wenn unser Bewusstsein erwacht, nehmen wir unsere Umgebung und alle ihre Kleinigkeiten in den Kauf. Sich ihrer inne zu werden, sie zu beachten, über sie nachzudenken, liegt für die meisten Menschen sehr fern und ist daher auch eine Kunst und Leistung, welche von sehr Wenigen überhaupt gewürdigt wird.

Diese Thatsache darf uns nicht entmuthigen und nicht abhalten, mit Untersuchungen über Kleinigkeiten an die Öffentlichkeit zu treten.

Kleinigkeiten sind auch die Lichtstrahlen; und doch würde ohne sie für uns die „Welt“ nicht da sein. Wir nehmen wohl noch andere Wirkungen in der Welt wahr; aber durch die Lichtstrahlen erst verstehen wir dieselben oder — glauben wenigstens, sie zu verstehen. So dürfte es wohl eine würdige Aufgabe für einen Naturforscher sein, die Lichtstrahlen zu beachten.

Aus einer umfassenderen, das Wesen und die Bedeutung der Lichtstrahlen behandelnden Arbeit, welche dem Verfasser der vorliegenden Betrachtungen seit mehr als vierzig Jahren vorgeschwebt hat, soll hier ein vorläufiger gedrängter Auszug dargeboten werden.<sup>1)</sup> Jene stellt sich die Aufgabe, nicht nur die Erforscher der himmlischen und irdischen Lichterscheinungen zu einer probehaltigen Auffassung der letzteren hinzuführen, sondern auch einerseits den Denkern Aufklärungen über das Licht und über das eigene sehende und forschende Ich, andererseits den Künstlern geeignete Anleitungen zu verständnisvoller Behandlung des duftigen Gewandes ihrer dem Auge zum Genusse sich darstellenden Werke zu gewähren. Hier will ich mich dagegen beschränken auf eine Beleuchtung derjenigen Erscheinungen, welche einer naturforschenden Gesellschaft zunächst von Wichtigkeit sein müssen.

Indem ich mich zur Ausführung solchen Vorsatzes anschieke, begegne ich ohne Zweifel sofort dem Vorurtheile, es könne sich demnach nur um eine Neufassung längst bekannter Lehren handeln; denn wenige Gebiete der Naturforschung gelten für so vollkommen ausgearbeitet, als gerade die Lehre vom Lichte. Diese ist von Seiten vorzüglicher, als höchste Zierden der Menschheit anerkannter Männer — eines Huyghens und Euler, eines Newton und Herschel, eines Biot und Laplace, eines Young und Fresnel, Malus, Cauchy, Fizeau, Foucault, Fraunhofer und Helmholtz — der erschöpfendsten Behandlung nach dem strengen Verfahren der Grössenlehre unterzogen worden. Wer könnte so vermessen sein, hier

---

<sup>1)</sup> Schon im Jahre 1847 veröffentlichte, auf Befürwortung meines unvergesslichen Lehrers Friedr. Wöhler, Professor Poggendorff in seinen *Annalen der Physik* (Bd. 72. S. 82) meine hieher weisenden Untersuchungen über die Natur der Lichtflamme. Sodann fand im Jahre 1856 durch Wilhelm Haidinger's Güte meine Abhandlung „Der Asterismus“ Aufnahme in die Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften zu Wien (Bd. XIX. 103 ff.). Seit jener Zeit habe ich den Gegenstand nie aus dem Auge verloren, vielmehr meine bezüglichen Beobachtungen fort und fort erweitert und vertieft.

ein Mehreres und gar ein Besseres in Aussicht zu stellen? — Indessen weist uns der Umstand, dass gerade die ausgezeichnetsten der genannten Bearbeiter sich in den Grundanschauungen, von welchen sie ausgehen, sehr wesentlich gegen einander widersprechen, in bedeutsamer Weise auf die Rätlichkeit weiterer Beobachtungen hin, auf Grund deren doch allein eine Abklärung der strittigen Grundanschauungen möglich sein wird. Folgen wir diesem Winke, so dürfen wir den Muth fassen, immerhin der so vollkommen ausgearbeiteten Lehre doch noch eine breitere und festere Grundlage geben zu können. Versuchen wir denn, ohne Anmaassung, aber auch ohne Zagen, mit eigenen Augen zu sehen.

Was nun diesen Versuch anbetrifft, so genügt es nicht, dass der Verfasser sich entsprechend bemüht hat und nun seine Wahrnehmungen hier vorträgt; vielmehr ist erforderlich, dass auch jeder Leser, welcher mit Nutzen lesen will, die Mühe eigenen Sehens nicht scheue. Das eigene Auge ist nämlich in der Naturforschung eine weit höher stehende Gewächtschaft, als selbst alle die oben genannten, fast vergötterten Namen. Wir werden alsbald uns genöthigt sehen, auch die besten Gewährsmänner vor dem eigenen Sehen in den Hintergrund treten zu lassen. Wie viel mehr wird es nun die Pflicht der Leser sein, zur steten Nachprüfung meiner Beobachtungen die eigenen Augen anzustrengen.

Sehen zu können, vermeint zwar ein Jeder, sofern er sich „gesunde Augen“ zutraut. Dagegen muss ich mir zwei Einwendungen gestatten. Es gehört nämlich zum Sehen noch etwas mehr, als die einfache Anwendung der Augen. Zwischen Sehen und Sehen ist immerhin ein grosser Unterschied. Es handelt sich nicht blos um richtige Öffnung der Sehwerkzeuge, sondern eben so sehr um grosse Übung und Aufmerksamkeit und um tiefes Nachdenken. Mancher Beobachter wird anfänglich die Wahrnehmungen, welche ich zu beschreiben habe, keineswegs zu bestätigen vermögen; aber bei öfterer Wiederholung und denkender Prüfung des Versuches wird es ihm doch gelingen. Ferner muss es gesagt sein, dass ein „gesundes“ Auge wohl ausnahmslos noch sehr weit entfernt ist von der Beschaffenheit, welche wir als vorbildliche Vollkommenheit bezeichnen möchten. Die mustergültige Gestalt und Einrichtung, welche wir dem Auge, wie es „sein sollte“, zuzuschreiben gewohnt sind, wird schwerlich auch von dem gesundesten Auge erreicht. Überall Abweichungen, Mängel, Unvollkommenheiten. Aber gerade diese erkennen wir schliesslich

als die eigentlichen Bedingungen der Erscheinungen, welche, indem wir sie wahrnehmen, uns die höchsten Genüsse gewähren. Wir könnten ein Auge, welchem diese Unvollkommenheiten nicht anhafteten, nicht wohl für gerecht gelten lassen. Ja, die Unvollkommenheiten unseres Gesichtssinnes allein erzeugen Eindrücke, ohne welche uns Himmel und Erde einer wahren Verödung<sup>1)</sup> anheimfallen müssten. Insbesondere ist Alles, was wir unter der Benennung von eigentlichen Lichtstrahlen zusammenfassen, ein Erzeugnis solcher Unvollkommenheiten! Mit diesem Ausspruche ist das Ergebnis der Untersuchungen, an welche wir nun herantreten, im Voraus zusammengefasst und dargeboten.

Es soll hier nicht eingegangen werden auf eine Erörterung der Grundanschauungen vom Wesen des Lichtes, welche seither aufgestellt worden sind. Nur kurz angedeutet und benannt mögen dieselben werden. Newton und seine Anhänger nehmen einen Lichtstoff an, dessen Theilchen von der leuchtenden Ausgangsquelle des Lichtes nach allen Richtungen des Raumes geradlinig ausströmen. Huyghens und seine Nachfolger halten das Licht für eine Zitterung oder Wellenbewegung, zu welcher die Lichtquelle die Anstösse liefert, während ein, seiner Feinheit wegen an sich unseren Sinnen nicht wahrnehmbarer, aber eben zur Erklärung der Lichterscheinungen ersonnener und als wirklich angenommener „Äther“ die Bewegungen fortpflanzt. Die Oken-Schelling'sche Betrachtungsweise will weder von strömendem Lichtstoffe, noch von zitterndem Äther wissen, sondern erklärt das Licht für eine uns nicht weiter erkennbare Gegensatzwirkung zwischen Sonne und Erde.<sup>2)</sup> Ich lasse diese Fassungen dahingestellt und beschränke mich auf den unumstösslichen Satz: Licht ist eine durch unsere Augennerven vermittelte Wahrnehmung.

Dieser Satz hat den Vortheil, auch auf solches Licht zu passen, welches nicht etwa von einer äusseren Quelle in unser Auge zu strömen scheint, also auch z. B. auf dasjenige, welches wir in Folge eines Stosses oder Druckes empfinden, den das Auge von Aussen oder von Innen erleidet, oder welches vom Blutandrange

---

<sup>1)</sup> A. v. Humboldt: Kosmos. III. 167.

<sup>2)</sup> Nach der Ausdrucksweise der Oken-Schelling'schen Schule: einen „Polaritätsakt“ zwischen Sonne und Erde. Isis. 1818. Bd. 1. 254. —

oder von blitzartigen, mit unserem Zuthun, oder ohne solches, entstandenen Vorgängen in unseren Augennerven angeregt wird.

Nicht unwichtig möge es befunden werden, gleich hier zu beachten, dass diese letzteren Lichtempfindungen niemals strahlenförmige Erscheinungen bemerken lassen, sondern nur unbestimmte Scheine oder Leuchtpunkte (sogenannte Funken), oder Beleuchtungsbilder der inneren Theile unserer Augen (ringförmige Umgrenzungen der Hornhaut, oder der Iris) vorstellen. Sie fallen deshalb von vornherein aus der beabsichtigten Befruchtung hinweg, welche sich ja auf die Lichtstrahlen beschränken soll. Für die Beurtheilung des Wesens der letzteren ist es von grosser Bedeutung, jenen Unterschied zwischen den Lichtern, für welche wir eine äussere Herkunft anzunehmen uns gedrungen fühlen, und denjenigen von unzweifelhaft innerer Entstehung, wohl zu erwägen.

Der Name der Lichtstrahlen giebt uns keine Aufklärung über das Wesen derselben. Vielmehr liefert er uns nur Vergleiche, zu welchen die in unsern Augen erregte Empfindung Veranlassung bietet. Die eigentliche Bedeutung des Wortes „Strahl“ ist, der indogermanischen Wurzel *str* entsprechend, ein Gestreutes, Ausgeschleudertes. Deshalb hiess so das Geschoss, der Bolzen der Armbrust<sup>1)</sup>. Übertragener Weise bezeichnet Strahl den Blitz<sup>2)</sup>, dann die blitzartig von der Sonne ausstrühenden Lichtpfeile: „der sunnen glantz“ wie ein lateinisch-deutsches Wörterbuch vom Jahre 1542<sup>3)</sup> besagt. Von diesem Bilde geht es über zur Benennung aller von einer Mitte zum Umfange hinzielenden Erstreckungen, wie Speichen des Rades, oder Linien, welche auf dem Umkreise lothrecht stehen, daher

<sup>1)</sup> Das alte Mecklenburgische Geschlecht derer von Stralendorf führt im Wappen „3 schräge rechts gekehrte Pfeile (Strale)“. Lisch: Jahrbücher d. Ver. f. Mecklenburg. Gesch. XXVII. 1862. 251.

<sup>2)</sup> Scheuchzer (Naturgeschichte des Schweizerlandes. II. 48.) gebraucht das Wort weiblich und sagt wiederholt „Die Strahl“. Ebenso heisst es in der Seeräubergeschichte „Van Marten Pechelyn“ [Hansische Geschichtsblätter herausgegeben vom Verein für hansische Geschichte. Jahrgang 1876. (Leipzig 1878.) 83.] aus dem Jahre 1526: „de hadde eynen stalen bagen, dar hadde he ene strale vor der sennen.“

<sup>3)</sup> Vergl. Jahrbuch d. Vereins f. niederdeutsche Sprachforschung. VI. 1880. 123.

„Kreislöthe“ darstellen<sup>1)</sup>. Wie Pfeile schiessen aus dem Kiele der Vogelfeder nach beiden Seiten gleichläufig angeordnete Querleisten heraus; auch sie werden „Strahlen“ genannt<sup>2)</sup>. In ähnlicher Weise trägt ein Kamm seine mehr oder minder langen Zähne; daher heisst er in der Schweiz „Strähl“<sup>3)</sup>. Nimmt man nun wahr, dass die Strahlen eine meistens zwar sehr versteckte, daher bislang grösstentheils selbst der Wissenschaft völlig verborgen gebliebene, bei gewissen besonderen Strahlenarten aber nicht allzuschwer zu beobachtende und daher auch wirklich wenigstens nicht gänzlich unbeachtet gelassene<sup>4)</sup> Querstreifung besitzen und daher etwa so aussehen, wie ein Licht, welches man durch einen Kamm oder durch eine Federfahne betrachtet, so möchte man hinter jener Wortgemeinschaft die Spur frühzeitig erfolgter sehr richtiger Augenwahrnehmung vermuthen.

Die Benennung „Strahl“ deutet unverkennbar auf die sehr verbreitete Vorstellung, als ob die Lichtempfindung erregt werde durch Ausstreuung von Geschossen, welche in unsere Augen eindringen. Man liess dabei die Ausbreitung der allgemeinen Helligkeit unbeachtet und hielt sich zunächst an den besonderen Schein, welcher erfolgt, wenn sich von der Lichtquelle eine, von keinerlei undurchsichtigem Hindernisse unterbrochene, gerade Linie in unser Auge führen lässt. In diesem Falle fühlen wir das Innere unseres Sehwerkzeuges plötzlich und lebhaft gereizt, wie wenn es von einem Geschosse getroffen werde, wobei wohl die Vorstellung entsteht, als sei das Geschoss selbst ein lebhaft glänzender, blitzartig leuchtender Körper. Diese Vorstellung verstärkt sich durch die unerträglich schmerzhaft empfundene, welche unter solchen Umständen von sehr starken Lichtquellen in uns veranlasst wird, sowie durch die unmittelbare Wahrnehmung, dass Lichtquellen, deren Anblick wir eben noch zu ertragen vermögen, von Lichtlinien umgeben erscheinen, welche von denselben nach allen

<sup>1)</sup> „Kraizlot“ sagt Konrat von Megenberg, in seinem Buch der Natur ums Jahr 1350, für „senkrecht“ (vgl. d. Monatsschrift der Gesellschaft Urania: Himmel und Erde. Berlin. III. (1891.) 398.

<sup>2)</sup> A. v. Parseval: Die Mechanik des Vogelfluges. Wiesbaden. 1889. 70.

<sup>3)</sup> In Zürich heisst die Strasse, in welcher im Mittelalter die Kammacher wohnten, die „Strehlgasse“. „Strehlen“ heisst: Kämmen.

<sup>4)</sup> Vgl. Vieth: Über die Lichtstrahlen beim Blinzeln. (Gilbert's Annalen der Physik. XIX. (1805.) 190. 193.

Richtungen des Raumes<sup>1)</sup> hinweisen und zufolge unserer Selbsttäuschung in einer sehr raschen ausfahrenden Bewegung gesehen werden. Kann man dem Eindrucke einige Zeit Stand halten, so bemerkt man wohl, dass die Lichtlinien sich ziemlich ruhig verhalten und sich von der Lichtquelle keineswegs losreissen, sich auch nicht über eine mässige Entfernung hinaus erstrecken; aber gleichzeitig zucken in unmittelbarster Nähe des Auges, ja in demselben, andere, sehr kräftige Lichtlinien auf, und so bildet sich in uns die Vorstellung, als erblickten wir das Ausfahren, gleichsam das Abschliessen der Lichtpfeile dort und ihr sofortiges Auftreffen und Einschlagen hier — der Vergleich und die Täuschung ist fertig.

Wir erleiden diese Täuschung so frühzeitig, in dem Augenblicke, wo wir zuerst unsere Augen dem Lichte öffnen, und so vielfach und beständig, dass sie uns zur vollkommensten Gewohnheit wird, bevor wir nachzudenken und zu beobachten vermögen. Die Gewohnheit schliesst bei den meisten Menschen jegliches Bedürfnis zu prüfender Forschung völlig aus; aber sogar auch die grosse Mehrzahl der berufsmässigen Naturforscher ist gänzlich abgestumpft gegen die Alltäglichkeit, und so konnte es kommen, dass man die Strahlung als eine Eigenschaft des Lichtes ansah, was sie durchaus nicht ist. Man nahm die Strahlenbildung für einen Beweis der geradlinig erfolgenden Fortpflanzung des Lichtes, sei es durch Ausströmung, sei es durch Wellenbewegung, nach allen Richtungen des Raumes. Man redet von Strahlen auch in Bezug auf die allgemeine Helligkeit, indem man der Benennung einen völlig anderen Sinn unterlegt, nämlich den einer geraden Linie, deren sich in einem Raume von jedem Punkte aus eine unendliche Zahl nach allen Richtungen denken lässt. Diese rein gedachten Richtungslinien, welche man als die Wege betrachtet, auf denen sich entweder die Lichttheilchen, oder aber die Wellen-

---

<sup>1)</sup> Der hier gebrauchte Ausdruck „nach allen Richtungen des Raumes“ ist selber nur ein vorläufiges Zugeständnis, welches ich einstweilen noch der Oberflächlichkeit machen zu müssen glaubte. Wir werden später erkennen, dass die Strahlen, welche von der Lichtquelle, z. B. der Sonne, auszufahren scheinen, nicht von dieser, sondern von unserem Auge entspringen, thatsächlich also der Lichtquelle angedichtet oder vielmehr angesichtet werden, also nicht nach allen Richtungen des Raumes, sondern nur in der Richtung des anschauenden Auges vorhanden sind — eine Wahrheit, Erkenntnis und Thatsache von ganz ausserordentlicher Tragweite!

bewegungen von der Lichtquelle her in alle Weiten des Raumes begeben sollen, haben überhaupt garnichts Wesentliches gemeinsam mit den in unseren Augen wahrzunehmenden Lichtstrahlen. Aber so gross ist die Macht der Alltäglichkeit und der Einfluss der Gewohnheit, dass wir, soweit wenigstens mir bekannt ist, in allen Lehrbüchern, „physikalischen, wie astronomischen und auch physiologischen,“ vergeblich nach einer diesen Unterschied beachtenden Erläuterung suchen. Es ist in solchen Büchern überhaupt von Strahlen fast ausschliesslich nur in dem „mathematischen“ Sinne der von jedem Punkte aus denkbaren Kugellothe<sup>1)</sup> die Rede; über die Bedeutung, das Wesen und die Entstehung der von unseren Augen wahrgenommenen Lichtstrahlen sucht man vergebens nach Aufschluss, und was etwa beiläufig zur Erwähnung kommt, ist entweder geradezu unrichtig oder unzulänglich. Ohne Anmaassung, aber auch ohne Besorgnis einer Widerlegung, darf ich es aussprechen, dass bis zu diesem Augenblicke, in welchem ich jetzt schreibe, niemand ausser mir, es sei ein Laie oder ein Naturforscher, einen klaren Begriff von einem wirklichen Lichtstrahle besitzt. Überall volle Dunkelheit oder trübe Unklarheit! Welch bedenklicher Zustand für die Lehre vom Lichte, aber auch für unsere gesammte Weltauffassung und für unsere Selbsterkenntnis! Um so mehr darf ich hoffen, dass man die Erkenntnis des wahren Wesens der Lichtstrahlen, welche hier für Jeden zugänglich gemacht werden soll, als einen nicht unwichtigen Gewinn werde gelten lassen.

Es darf behauptet werden, dass ohne den irreleitenden Schein der „Strahlen“ des Lichtes weder Newton's Ausströmungs-, noch Huyghens' Zitterungs- oder Wellenlehre jemals entstanden sein würde.

In Folgendem wird nun nachgewiesen werden, dass jener Schein in keiner Weise von einer Eigenschaft der leuchtenden Körper oder des von solchen scheinbar ausgehenden Lichtes abhänge, sondern dass er vielmehr einzig und allein verursacht werde von der Beschaffenheit des ihn wahrnehmenden Auges.

---

<sup>1)</sup> Dieses bis jetzt nicht gebräuchlich gewesene Wort, welches ich dem (S. 8.) erwähnten „Kreisloth“ entsprechend nachgebildet habe, bezeichnet jede Strahllinie innerhalb des Raumes, während das Wort Kreisloth nur auf die in einer und derselben Kreisebene liegenden Strahllinien bezogen werden kann.

Im Hinblick auf die verheissene Nachweisung möge gleich hier vorausgesandt werden, dass selbiger Schein, in welcher besonderen Form er im einzelnen Falle auch wahrgenommen werde, dennoch keineswegs für jedes Auge der gleiche sein kann. Jedes Auge beobachtet vielmehr ganz besondere Einzelheiten, welche sich kaum allgemeingültig besprechen lassen. Der Beobachter muss diese Einzelheiten selber verfolgen und sich über dieselben klar werden.<sup>1)</sup> Es wird schon schwerlich ein Einzelner gefunden werden, dessen beide Augen in allen Stücken völlig die gleiche Beschaffenheit besitzen. In den meisten Fällen ist das eine Auge von dem anderen verschieden, bisweilen nur in geringfügiger Weise, häufiger aber sehr wesentlich. Sogar ein und dasselbe Auge hat nicht immer die gleichen Erscheinungen und nicht in der nämlichen Reihenfolge; es macht die Bewegungen bisweilen etwas anders, kommt aber bald wieder in die Gewöhnlichkeit zurück.<sup>2)</sup> Ja, genauer beobachtend können wir uns überzeugen, dass die verschiedenen Durchmesserrichtungen eines jeden einzelnen Auges schon erhebliche Abweichungen aufzuweisen haben. Wir empfinden die Wirkungen dieser Abweichungen als Störungen, beachten solche aber nicht weiter, falls sie nicht sehr stark hervortreten. Das Auge ist stets beflissen, durch geringe Bewegungen verschiedene Durchmesserrichtungen zur Wirkung kommen zu lassen, und gleicht deren Verschiedenheiten so gut es gehen will gegen einander ab. Ebenso vereinigen sich beide Augen zur Erfassung eines gemeinsamen Bildes, in welchem die Unrichtigkeiten und Mängel sich gegenseitig abschwächen.

Wir sehen mit vereinigttem Augenpaare, als ob wir nur ein Auge besäßen, indem beide Augen sich ergänzen, sich einander helfen und ihre Fehler gegenseitig abschwächen oder aufheben. In vielen Fällen sehen wir auch unbewusst gewohnheitsmässig ungenau; nämlich da, wo es sich um Gegenstände handelt, welchen man eine gewisse Beschaffenheit und Gestalt voraussetzungsweise glaubt zuschreiben zu dürfen.

Einen Umstand muss ich hier noch besonders hervorheben, nämlich die Irrthümlichkeit der so sehr verbreiteten Annahme, dass wir zum Sehen in der Regel die ganze Öffnung der Pupille, des Sehloches in der Regenbogenhaut, benutzen. Dies ist durchaus

<sup>1)</sup> Gilbert in s. Annalen der Physik. XIX. (1805) 216. 219. —

<sup>2)</sup> Derselbe a. a. O. 218. —

nicht der Fall und würde, wenn es stattfinden müsste, wohl in den meisten Fällen ein brauchbares „Sehen“ unmöglich machen, da der Störungen in der Hornhaut und in der Linse, zumal in letzterer, und selbst auch in den Flüssigkeiten des Auges so viele vorhanden sind, dass eigentlich nur einzelne, sehr beschränkte, wirklich ungestörte Durchgänge zwischen denselben offen bleiben. Aber es genügt auch in der That die kleinste Öffnung, um das Sehen zu vermitteln. Ein Auge, dessen Lider sich kaum von einander trennen und dessen schmaler Spalt noch obendrein von den Wimperhaaren fast völlig verdeckt erscheint, kann mit dem offensten „Rehaugé“ im Sehen wetteifern. Der feinste Nadelstich in einem undurchsichtigen Zinnblatte (Stanniol) genügt, um dem Bilde der ganzen Welt den Zutritt ins innerste Kämmerlein des Auges zu gestatten, wie Jeder sich augenblicklich durch einen Versuch überzeugen kann. Wäre dies nicht der Fall, so würden Wenige sich des Genusses erfreuen, den uns der Gesichtssinn gewährt. Ja, mittelst solcher engen Einrahmung vervollkommen wir unsere Wahrnehmungen sogar um ein Bedeutendes; die Anwendung eines derartigen Löchleins ersetzt uns in einem gewissen Maasse ein Fernrohr sowohl, als auch ein Vergrößerungsrohr.

Im gewöhnlichen Leben bezeichnen wir mancherlei Lichterscheinungen als „Strahlen“, welche keineswegs eine solche Benennung verdienen; nämlich allerlei vorherrschend in einer Richtung erstreckte Helligkeits-Ausbreitungen oder Scheine im grössten, wie im kleinsten Maasstabe. Was man im gewöhnlichen Leben am Himmel, wie im Walde oder im Gemache als „Sonnenstrahl“ zu bezeichnen pflegt, ist z. B. durchaus kein Strahl, sondern eine Beleuchtungsbahn, eine bloss Scheinerstreckung. Näher schon den eigentlichen Strahlen verwandt sind gewisse Lichtstrahlen und -Bänder, welche wirklich aus Reihen aneinander gedrängter Bilder bestehen. Klare Unterscheidung der verschiedenen Erscheinungen ist die Vorbedingung des Verständnisses ihrer Bedeutung. Betrachten wir also die Gesammtheit der gestreckten Lichterscheinungen in einer Reihenfolge, welche jenes Verständnis zweckentsprechend erleichtert.



I.

# **Uneigentliche Strahlen,**

für welche die Ursache der Strahlbildung ausserhalb  
unserer Augen zu suchen ist.



## I. Scheine.

Unter dem Worte „Schein“ verstehen wir eine Ausbreitung von Helligkeit in unserem Gesichtsfelde. Es ist bekannt und auch oben schon erwähnt worden, dass solche auch bei geschlossenen, gegen äussere Lichtwirkungen geschützten Augen stattfinden kann. Hier aber soll nur von derjenigen Helligkeit geredet werden, die wir bei offenen Augen und als von Aussen kommend, empfinden. Sie beginnt für uns längst bevor die Sonne „aufgegangen“ ist. (Die vielen Sonnen, welche wir Gestirne nennen, lassen wir einstweilen ausser Betrachtung.) Gleichwohl zweifelt Niemand, dass sie von unserer Sonne abhängig ist. Sie wird hervorgerufen durch Beziehungen der in der Lufthülle der Erde enthaltenen Körper zur Sonne einerseits, zu unseren Sehnerven andererseits. (Bei dieser Beschränkung lassen wir wiederum die in dem Raume zwischen der Sonne und der Erde umlaufenden Wandelsterne und den Mond bei Seite.) Wir drücken diese Beziehungen aus, indem wir sagen, die Luft wird von der Sonne „beleuchtet“, und das Licht „leuchtet“ oder „scheint“ in unsere Augen. Was die Beleuchtung ist, wissen wir nicht. Wie es kommt, dass das Licht in unsere Augen scheint, ist uns auch unbekannt. Nach den Erfahrungen, welche wir in Betreff des Verhaltens der Lichterscheinungen gemacht haben, können wir etwa annehmen, die Körper unserer Lufthülle empfangen von der Sonne, als unserer wichtigsten Lichtquelle, Einwirkungen, welche mit denjenigen übereinstimmen, die wir mittelst unserer Augen empfinden und als Licht bezeichnen, und jene Körper haben die Eigenschaft, diese Einwirkung nach den uns wohlbekannten Gesetzen der Durchlässigkeit durch ihr Inneres fortzuleiten, oder

nach den Gesetzen der Spiegelung von sich ab- und nach gewissen Richtungen hinweg-, insbesondere gegen unsere Umgebung und, entweder vermittelt des gleichen Verhaltens der Körper dieser letzteren, oder auch ganz unmittelbar, gegen unsere Augen zu wenden.

Die Vorstellung, dass Licht den ganzen Raum in der Umgebung des als Lichtquelle aufgefassten „leuchtenden“ Körpers, in unserem besonderen Falle also der Sonne, erfülle, ist durch keinerlei Wahrnehmung zu bestätigen. Das Licht, welches wir empfinden, geht für uns von den Körpern der Lufthülle („Atmosphäre“) der Erde aus, soweit es nicht durch unmittelbare Beziehungen zwischen der ausserhalb gelegenen Lichtquelle und unseren Augen erregt wird. Den Raum ausserhalb der Luft können wir uns nur als vollkommen finster vorstellen. Beginnt die, wie es uns scheint, vermittelnde Lichtwirkung der Körper der Lufthülle auf unsere Umgebung und unsere Augen, so wird es hell. Erhebt sich die Sonne über unseren Gesichtskreis, so bemerken wir ihr Bild — keineswegs die Sonne selber — indem die Beleuchtung der Lufthülle oder, wie wir zu sagen pflegen, des Himmels,<sup>1)</sup> in der entsprechenden Richtung und Flächenausdehnung uns eine dem Auge unerträglich blendende Scheibe erblicken lässt, von welcher aus der helle Schein sich ringsum, allmählich abnehmend, ausbreitet. (Tafel I. Fig. 1.)

Es bedarf hier wohl einer ausdrücklichen Hinweisung auf den Irrthum, welcher uns Sonne, Mond und Sterne „am Himmel“ stehend oder wandelnd erscheinen lässt. Unsere Wahrnehmung des Himmels ist nur Wirkung des Gesamteindruckes, welchen die Abgrenzung der mit beleuchteten und durchleuchteten Körpern erfüllten Lufthülle gegen den solcher Körper entbehrenden und daher lichtlosen Raum in uns hervorrufft. Die Gestirne befinden sich weit ausserhalb, und nur Täuschung ist es, wenn wir dieselben auf der Innenfläche eines blauen Gewölbes zu erblicken vermeinen. Ebenso irrig ist die Vorstellung, als ob die Sonne selbst von ihrem „Scheine“ umgeben sei. Dieser Schein gehört durchaus nur der Lufthülle der Erde an, wie das Sonnenbild, als dessen Umgebung er sich darstellt und welches selber eben nur

---

<sup>1)</sup> Das Wort „Himmel“ heisst nach seiner sprachlichen Ableitung soviel als „Kleid“ oder „Hemd“ (*ἱμάτιον*) der Erde und bekundet somit ein tiefes Verständnis für die Bedeutung des so irrigen Scheines.

ein Scheinbild ist. In dieser Erkenntnis liegt der Schlüssel zu vielem Verständnisse und zugleich die Befreiung von grossem Wahne, welchem sich gerade in der Gegenwart eine zu oberflächliche Wissenschaft, durch den unberechtigten Hinweis auf die rechnerische Richtigkeit verlockt, allzubereitwillig hingiebt.

Was wir als „Sonne“ am Himmel erblicken, ist also keineswegs die, im Mittel 20 Millionen Meilen von uns entfernte, Sonne selber, sondern nur die in der Richtung zu jenem Weltkörper hin, an den in der Lufthülle der Erde schwebenden Körperchen, mit entsprechender Stärke sich geltend machende Be- und Durchleuchtung. Daher erscheint uns dieses Sonnenbild auch nicht stets in gleicher Entfernung von der Erdoberfläche, sondern bei sehr reiner Luft in weit grösserer Ferne, bei sehr dampfreicher Luft dagegen weit näher. Mit blossen Augen erblicken wir den Sonnenkörper überhaupt nicht, auch wenn wir uns gegen die Blendung mittelst eines tiefgefärbten Glases schützen. Durch ein Fernrohr aber können wir die Sonne für unser Gesicht erreichbar machen, indem ein solches nicht allein die hinderlichen schwebenden Körperchen, sondern auch die Zwischenräume zwischen diesen vergrössert. Es tritt dann der nämliche Vorgang ein, vermöge dessen wir durch die fünf Löcher eines gewöhnlichen Knopfes, wenn wir ihn dem Auge nahe genug bringen, hindurchblicken, als ob sie durch keine Zwischenwände getrennt wären, sondern nur eine einzige grosse Öffnung bildeten.

Den „Sonnenschein“ erkennen wir für die Quelle unserer Lichtempfindung; ihm schreiben wir auch die Helligkeit des Himmels und aller vom Tageslichte beleuchteten Dinge zu. Von Farben soll hier nicht die Rede sein.

Der Schein nun, in dessen Mitte das Sonnenbild uns erscheint, ist keineswegs von bestimmter und gleichbleibender Grösse. Enthält die Luft nur sehr wenig mehr Wasser, als sie in Gasform aufgelöst zu halten vermag, so ist der Schein sehr klein und der Himmel, wenn auch niemals ganz bis zum Sonnenbilde hin, so doch bis in dessen Nähe, von blauer Farbe. Ist aber der Wasserüberschuss, welcher in Dampfform in der Luft schwebt, beträchtlich, so erreicht der Schein eine weit grössere Ausdehnung. Diesen Verhältnissen entsprechend ist er auch Morgens und Abends grösser, als um Mittag, ja man kann sein Abnehmen vom Aufgange an und sein Zunehmen gegen den Untergang leicht verfolgen. Obwohl der Schein im Allgemeinen weissleuchtend in un-

seren Augen empfunden wird und, wegen der Blendung, nicht gerade zu genauerer Prüfung einladet, so giebt sich doch immerhin eine ringförmige Anordnung in demselben zu erkennen, indem das, von dem Sonnenbilde nach allen Seiten stattfindende, allmähliche Abnehmen der Helligkeit in gewissen Abständen durch Ungleichheiten unterbrochen ist, so dass auf minder lichte Ringe abwechselnd wieder etwas lichtere folgen. In den zwei bis drei nächsten Jahren nach dem grossen Ausbruche des Krakatoa-Vulkans (August 1883) traten selbst um die Mittagszeit diese Ringe bisweilen sehr deutlich und sogar farbig auf, ein Schauspiel, das sich besonders dann kundgab, wenn das Sonnenbild selbst durch eine Wolke verdeckt war und somit nicht blendend wirken konnte. Dass das Blau des Himmels, wie ich damals eine Zeit lang glaubte,<sup>1)</sup> als äusserster Ring zu der Regenbogen-Farbenfolge dieser Scheinringe gehöre, darf nicht angenommen werden. Vielmehr wird es hervorgerufen durch die farblose Finsternis des Weltraumes, welche durch die weisslich erleuchtete Dampftrübung der Luft hindurch wirkt, wo letztere nicht dicht genug ist, um die Alleinherrschaft geltend zu machen. Zur Erläuterung sei hingewiesen auf die Milch, deren sattes Weiss bläulich wird, sobald durch Zumischung von Wasser die Fetttropfchen, auf welchen der weisse Schein beruht, mehr und mehr von einander entfernt werden.

### a. Sonnenscheinbahnen.

Die Körper der Lufthülle und die beleuchteten Gegenstände verursachen eine Verbreitung des Lichtes selbst bis in solche Räume, welche dem Sonnenscheine nicht auf geradem Wege zugänglich sind. Aber die Beleuchtung auf geradem Wege ist weit stärker, als die vermittelte. Steht ein gerader Weg in einen übrigens umschlossenen und nur mittelbar erhellten Raum für das Licht offen, so zeichnet sich die geradlinige Bahn des Sonnenscheines mit dem Querschnitte der Lichtöffnung, durch welche die Helligkeit eindringt, in der Luft deutlich aus. Eine derartige Scheinbahn wird gewöhnlich als ein „Sonnenstrahl“ benannt. Insofern sie sich nach vorheriger Geschlossenheit und nach plötzlicher Eröffnung des Zuganges augenblicklich zeigt, verdient sie auch wirklich mit einigem Rechte diesen Namen. Aber man hat von ihr nicht die Empfindung eines das Auge treffenden Licht-

<sup>1)</sup> Offenbacher Zeitung. 1885. Nr. 226. 227. 25. - 27. Sept. 1885.

schusses (ausser, wenn man das Auge selber dem Sonnenscheine gerade entgegen richtet, wo dann nicht die in Rede stehende milde Lichtbahn, sondern die Sonnenblendung in Frage kommt).

Es muss hier angeführt werden, dass selbst Fraunhofer Lichtscheinbahnen und Strahlen durchgängig verwechselt: er redet stets ohne Weiteres von „Strahlen“, meint aber an keiner Stelle seiner Werke<sup>1)</sup> wirklich solche, sondern überall Lichtscheinbahnen. Besonders bezeichnend ist die Stelle, in welcher er von der Wahrnehmbarmachung der später nach seinem Namen benannten Linien im „Spectrum“ spricht und wo er sagt, dass der Spalt im Fensterladen so schmal sein müsse, dass das Licht, welches hindurchfahre, gleichsam nur für einen Strahl anzusehen sei.<sup>2)</sup> Aber ob Licht durch eine meilenbreite Wolkenpalte oder durch eine unmessbar schmale Ritze des Fensterladens sich seinen Weg bahne — immer ist es nicht ein Strahl, sondern eine Scheinbahn!

Die Lichtbahn wird unserem Auge dadurch wahrnehmbar, dass die in der Luft schwebenden Körper — Dampf oder Staub — im Lichte erglänzen, und, bis zu weitgehender Kleinheit, in Folge davon, wenn auch nicht ihrer Gestalt nach erkennbar, so doch als Leuchtpunkte sichtbar werden. Ihre Vielzahl ist so gross, dass die zwischen ihnen unbeleuchtet verbleibenden Räume von der Wirkung der durch ihre Oberflächen hinausgespiegelten Lichtmengen gleichsam überdeckt werden. Da die Leuchtpunkte in der Nähe unserer Augen deutlicher sichtbar sind, mit der Entfernung aber schwächer zur Wahrnehmung gelangen, so erscheint uns ein solcher Sonnenstrahl stets in der Nähe unseres Standpunktes heller, als selbst da, wo er in den Raum eintritt, und verliert seine Leuchtkraft weiterhin allmählich mit der Entfernung von unserem Standpunkte.

Die durch eine Öffnung in einen Raum fallende Scheinbahn hat selbstverständlicher Weise den Querschnitt der Einfallsoffnung. Für unser Auge aber erscheint sie nach den Schaugesetzen (der „Perspektive“) in unserer unmittelbaren Nähe von grösserem Durchmesser und gegen die Öffnung hin sowohl, als auch in ihrem weiteren Verlaufe verjüngt.

Sonnenstrahlen im Zimmer. Dass nur die in der Luft schwebenden beleuchtungsfähigen Körper die Erscheinung der

<sup>1)</sup> Joseph von Fraunhofer's gesammelte Schriften. München, 1888.

<sup>2)</sup> A. a. O. 13.

Scheinbahnen vermitteln, erläutert sehr belehrend der folgende Versuch. In einem kalten Zimmer, wo die Sonne durch ein Fenster auf die gegenüberliegende Wand scheint, und trotzdem zwischen dem hellen Fenster und dessen Lichtbilde auf der Wand kein Weg des Lichtes wahrnehmbar ist, treten sofort Lichtwolken auf, sobald man den Hauch des Athems in diesen Raum strömen lässt. Die Wasserdampf-Körperchen, welche in dem sich abkühlenden Hauche durch die Verdichtung des Wassergases entstehen, erglänzen in Beleuchtung. Man sieht den erleuchteten Hauch in der Luft wirbeln und kann durch verstärktes Ausathmen allenfalls auf Augenblicke die Lichtbahn zwischen Fenster und Wand zum Vorschein bringen. Ähnliches lässt sich im behaglich warmen Zimmer beobachten, wenn Tabaksrauch sich in demselben verbreitet.

Wie hier zwischen dem Fenster und der beleuchteten Wand ohne das Dazwischentreten der Dampfkörperchen des Hauches oder Rauches kein Licht wahrzunehmen ist, so haben wir uns den Raum zwischen der Sonne und dem von ihrem Scheine erfüllten „Himmel“ (vgl. oben S. 14.) lichtlos zu denken. Nur das Vorhandensein beleuchtungsfähiger Körper lässt die Wege der lichterzeugenden Wirkung als Bahnen von Licht oder Sonnenschein sich verrathen.

Sonnenstrahlen im Walde. Derartige Sonnenscheinbahnen beleben nicht nur das dämmerige Innere unserer Häuser in stimmungsvoller Weise, indem sie die Ahnung der anregenden Aussenwelt in die Behaglichkeit der Ruhe hineintragen, sondern auch im Waldesdickicht sind sie fröhliche Boten von Oben.

Schatten. Den Zustand und die Örtlichkeit der Deckung gegen Sonnenschein nennen wir Schatten; letzterer ist also nur durch den Mangel geradliniger Beleuchtung von der Sonne her bezeichnet. Wo statt der Sonne eine andere Lichtquelle in Betrachtung kommt, wird immer unter „Schatten“ ein Raum verstanden, welcher dem Lichtschein nicht auf geradem Wege zugänglich ist. Jeder nicht vollkommen das Licht durchlassende Körper bewirkt, wenn er in den geraden Weg des von einer Lichtquelle ausgehenden Scheines gelangt, während er von der diesem zugewandten „Lichtseite“ beleuchtet wird, hinter seiner abgewandten „Schattenseite“ einen Schatten, und der in diesen fallende Theil einer Fläche heisst Schlagschatten. Der die Umgrenzung des Schattenraumes bestimmende Umfang des schattenden Körpers, sowie die Umfangs-

linie des von letzterem verursachten Schlagschattens bildet den „Schattenriss“. Weitere Erörterung der Schattenlehre gehört nicht in diese Abhandlung.

„Sonnenstrahlen“ im Gewölke. Sonnenschein-Bahnen entstehen nun auch am Himmel, nämlich überall da, wo sich der geradlinigen Verbreitung des Scheines der Sonne am scheinbaren Himmelsgewölbe Hindernisse entgegenstellen und nur begrenzte Lücken für den Durchgang von Scheinbahnen offen lassen, also auf ihrer von der Sonne abgewandten Seite Schatten verursachen. Lagern bei niedrigem Sonnenstande Morgens oder Abends Haufenwolken zwischen uns und der Sonne, also scheinbar auf dem Rande oder Grenzkreise unserer Schaurunde, so empfängt das Gewölk von der Sonne her die volle Beleuchtung des Scheines, bewirkt aber hinter seiner uns zugewandten Seite einen Schatten. Dieser erstreckt sich bis zu uns und bis zu einer Breite und Höhe, deren Umgrenzung bestimmt wird durch den Verlauf der unbegrenzten Fortsetzung der Linien, welche man sich vom Sonnenbilde zu den verschiedenen Punkten des Umfanges des Schattenrisses der Wolke gezogen denken kann. (Taf. II. Fig. 2.)

Der von der Sonne her geradlinig in die Lücken des Gewölkes fallende Schein streckt sich unbehindert aus und wird uns von unserem Standpunkte als eine am Himmel, je nach der Lage der einzelnen Lücken, senkrecht oder schräg aufsteigende, oder seitlich wagerecht sich ausbreitende, Scheinbahn sichtbar. Solche Scheinbahnen, keineswegs aber „Strahlen“, wie man sie doch gewöhnlich nennt, sind jene fächerartig ausgebreiteten Flammen der Morgen- und Abendröthe. (Taf. III. Fig. 3.) Beim Morgen- und Abendlichte, wo der Schein der auf- oder untergehenden Sonne auf längstem Wege die wasserdampferfüllten unteren Luftschichten durchdringen muss, wird das Licht durch letztere Einwirkung je nach der Stärke derselben, blutroth, purpurroth, rosenfarbig, oranienroth und gelb, und man erblickt also die einzelnen durch die Wolkenlücken dringenden Scheinbahnen in solcher Färbung. Es ist das bekannte — aber leider den meisten Naturforschern weit besser aus Beschreibungen, als aus eigenen Anschauungen bewusste — Bild des Morgenroth- und Abendroth-Scheines, welches auf diese Weise entsteht und welches von einer, in den Homerischen Dichtungen so vielfach zum Ausdruck kommenden, uralten Anschauung einst als die riesige, sich über den Erdkreis heraufreckende Hand der „rosenfingrigen“ Gottheit betrachtet wurde.

Auch eine Gebirgswand mit Scharten zwischen den zackigen Gipfeln kann unter günstiger Lage ähnliche Lichtbahnen veranlassen.

Um dieses Bild sichtbar werden zu lassen, muss sich stets zwischen dem Beschauer auf der Erde und dem Sonnenbilde am Himmel das die freie Ausbreitung des Scheines auf einzelne Garben beschränkende Hindernis aufthürmen. Die Sonne kann dabei über oder unter dem Erdkreise stehen. Ja, steht sie noch hoch genug, und das Gewölk unter ihr frei schwebend, ohne scheinbar auf dem Erdboden aufzuruhen (wie ein Gebirge), so erblickt man wohl Scheinbahnen, welche vom unteren Rande des Hindernisses sich niederwärts erstrecken und einen Gegenfächer, gleichsam (aber keineswegs thatsächlich!) ein Spiegelbild der aufwärts gerichteten Rosenhand, andeuten. Steht die Sonne unter dem Erdkreise, so dürfen auch die Gebirge, seien es Berge oder Wolken, sich für unseren Blick unter dem Erdkreise verbergen; der aufgerichtete Fächer erscheint dadurch nur um so schöner. Übrigens ist wohl zu beachten, dass die rothen Färbungen der Morgen- und Abendröthe-Scheinbahnen mit dem Stande der Sonne über dem Erdrande nicht vereinbar sind, dass solche demnach auch nie als Umgebung der sichtbaren Sonne dargestellt werden dürfen.

Auch wenn die Sonne nicht so niedrig steht, dass der von ihrem Scheine durch die wasserdampferfüllten Schichten unseres Luftmeeres zu durchlaufende Weg lang genug wäre, um ersterem die rothe Färbung zu verleihen, erscheinen oft genug zwischen den unter ihrem Bilde befindlichen Gewölken lichte Sonnenscheinbahnen, welche sich nach unten verbreiten und fächerartig mit Schatten-Bahnen abwechseln. (Vergl. Taf. II. Fig. 2.) Das Volk hat dabei die seltsame Redensart: „Die Sonne zieht Wasser.“ Ja, ein älterer Ausdruck deutet geradezu darauf hin, dass man jene Schatten-Bahnen für Seile hielt. Konrat von Megenberg bezeichnet sie in seinem Buche der Natur, der ältesten in deutscher Sprache geschriebenen Naturgeschichte (1350), als „Sunnenstricke.“<sup>1)</sup> Bei den verschiedensten Völkern des Alterthums tritt uns eine ähnliche Vorstellung entgegen. Die Sonne ist angebunden an ihre „Strahlen“, gefangen in dem Netze

---

<sup>1)</sup> Himmel und Erde. Zeitschrift d. Gesellschaft Urania. Berlin. III. (1891.) 397.

derselben, sitzt in der Schaukel derselben u. s. w.<sup>1)</sup> Das sind Erzeugnisse einer harmlosen Auffassung der kindlichen Menschheit.

Mitunter ereignet es sich, dass eine frei und hoch über uns schwebende Wolke, welche das Sonnenbild für unser Auge verdeckt, durch Lücken ihrer Umgrenzung Sonnenschein-Bahnen nach allen Seiten hervorbrechen lässt und dabei, während Helligkeit ihren Rand umfließt, einen Schatten in der Luft unter sich erzeugt. Diese Erscheinung ist selten, weil die in der Luft schwebenden beleuchtungsfähigen Körper in der Regel zu wenig zahlreich sind, um bei geringen Entfernungen und somit schwachen Luftschichten, und zumal bei der allgemeinen Helligkeit, welche bei höherem Sonnenstande zu herrschen pflegt, einen genügenden Helligkeits-Unterschied zu bewirken. Aber in den durch die ungewöhnlichen Dämmerungs-Erscheinungen so denkwürdig gewordenen Jahren von 1883 bis 1886 sah man solches Schauspiel nicht selten.<sup>2)</sup> Dasselbe machte einen äusserst befremdlichen Eindruck und bewies, dass nicht blos in den grossen Höhen, sondern selbst unter den Wolken spiegelungsfähige Körper in ausserordentlicher Menge damals in der Luft vorhanden waren.

Es ist ein Beweis der Herrschaft, welche durch unvollkommenes Verständnis alltäglicher Erscheinungen auf die Geister der Menschen ausgeübt wird, dass so häufig die auf- oder untergehende Sonne, halb über den Erdkreis, sei es Land oder Meer, hervorragend abgebildet wird in wolkenloser Erscheinung mit der Umgebung des Scheinfächers oder von Strahlenlinien, welche etwa den Grenzlinien von Fächerbahnen nachgeahmt sind.<sup>3)</sup> Ein solches Bild ist eine Unmöglichkeit; und doch erblickt man es recht zur Schau gestellt so häufig auf den prahlerisch ausgestatteten Umschlägen

---

<sup>1)</sup> Hugo von Lomnitz: Solidarität des Madonna- und Astarte-Cultus. Clavdiopoli. Die VIII. Sept. MDCCCLXXXIV. 153. 154.

<sup>2)</sup> Vergl. J. Kiessling: Untersuchungen über Dämmerungserscheinungen u. s. w. Hamburg und Leipzig. 1888. Taf. III und IV. (von Pechuel-Loesche.)

<sup>3)</sup> Derselbe Fehler wird begangen bei der jetzt überall uns entgegenprangenden bildlichen Darstellung der „elektrischen“ Beleuchtung, welche auch mit Nachahmungen von Sonnenschein-Bahnen umgeben zu werden pflegt. Auf Bücherumschlägen soll diese Darstellung dienen, um ahnen zu lassen, welche eindringliche Durchleuchtung der Kopf der Leser des Buches durch dessen Inhalt erfahren wird. Die wahrhaft erschreckende Verständnislosigkeit solcher Bilder könnte aber ein bedenkliches Vorurtheil erwecken! —

von Werken über Himmelskunde und von Zeitschriften, welche naturwissenschaftlicher Belehrung gewidmet sind. Nicht Künstler allein, auch viele, sehr viele gelehrte Schriftsteller haben keine klare Vorstellung von den Lichterscheinungen, welche den Gang der Sonne begleiten. Auf Tausenden von Bildern erblickt man das unbewölkte Sonnenbild unmittelbar verziert mit einer Krone von Licht- und Schattenstrahlen. Ein verständnisvoll dargestelltes Sonnenbild gehört ohne Zweifel bis jetzt zu den grössten Seltenheiten — wenn es überhaupt schon ein solches geben sollte!

Spiegelungs-Sonnenscheinbahnen. Einen ganz besonderen, ohne Zweifel höchst seltenen, aber der Erklärung wegen sehr wichtigen Fall hat Otto Biermann von Prag beschrieben.<sup>1)</sup> Von Kopenhagen nach Rügen fahrend, sah er am 18. August 1888 Nachmittags zwischen 5 und 6 Uhr in Südost eine mächtige dunkle Wolkenbank bei übrigens reinem Himmel scheinbar auf dem Meere liegen. Er hatte also die noch  $25^{\circ}$  bis  $20^{\circ}$  hochstehende Sonne hinter sich. Da zeigten sich auf der Wolke drei gleichsam aus dem Meere aufsteigende, scheinbar von einem Punkte in diesem kommende, nach oben auseinander fahrende Lichtstreifen, von welchen wenigstens der eine sich auch aufwärts verbreitete. (Taf. IV. Fig. 4.) Es waren also Fächerscheine. Im Laufe der Beobachtung überdeckte den breitesten ein farbiges Band, augenscheinlich ein Stück eines Regenbogens. Bald folgte Regen. Ganz richtig nimmt Biermann an, dass der Fächer ausging von einem im Meere gespiegelten Sonnenbilde, welches hier also gleichsam abwärts „Wasser zog“. Wenn Derselbe aber „mehrere Lichtbündel von dem Spiegelbilde der Sonne auf die Wolken fallen“ lässt, so vermissen wir noch die Erklärung der Entstehung dieser „Lichtbündel“. Diese ergibt sich, wenn wir annehmen, dass das Spiegelbild der Sonne im Meere sich weit jenseit jener Linie befand, in welcher für das Auge des Beobachters die Wolkenwand auf dem Wasser zu liegen schien, dass aber doch zwischen Wolke und Wasser ein Luftraum lag, gegen welchen die Unterfläche oder ein dem Beobachter zugekehrter Rand der Wolke einige Auskehlungen darbot. So konnte der Schein des gespiegelten Sonnenbildes durch diese Lücken herwärts, d. h. scheinbar aufwärts, hervorbrechen und den Regen in jenen

---

<sup>1)</sup> Die Natur. Herausgegeben von Dr. Karl Müller und Dr. Hugo Roedel. Halle. 1888. Nr. 42. 512.

drei Scheinbahnen beleuchten, während der Schein des am Himmel befindlichen Sonnenbildes das Regënbogenstück hervorrief.

Wir werden den eigentlichen Strahlen, welche von der Sonne auszugehen scheinen, später eine besondere Betrachtung zu widmen haben; hier sei nur soviel gesagt: Die Schwingen und Finger der Morgen- und Abendröthe sind keine „Strahlen“, sondern nur „Scheinbahnen“, und die emporblitzenden Lichtlinien, welche Maler der steigenden oder sinkenden Sonne andichten, sind nur ein Ausdruck des Missverständnisses, als ob das von der Sonne sich ausbreitende Licht in Büschel oder Garben oder Spiesse getheilt sei. Die Sonne weiss nichts von solchen Erzeugnissen der nur in dem Dunstmeere unserer Erde sich der Ausbreitung ihres, demselben Dunstmeere angehörigen, Scheines entgegenstellenden Hindernisse.

Das Spinnen der Grossmutter. Der angeführte eigenthümliche Fall gespiegelter Sonnen-Scheinbahnen, welcher nur in obigem Abschnitte seinen richtigen Platz finden konnte, darf wohl als Anknüpfung dienen, um hier eines anderen und allbekanntem Lichtspiele zu gedenken, welches entsteht, wenn der ins Zimmer fallende Sonnenschein eine bewegliche Spiegelfläche trifft. Scheint die Sonne auf das Wasser, welches in Flasche, oder Glas, oder Schale, im Zimmer auf dem Tische steht, so spiegelt sich der Schein schräg aufwärts gegen Wand und Decke. (Taf. V. Fig. 5.) Bewegt sich das Wasser, so springt der Spiegelschein hin und her und zeigt sich in rastlosem Wechsel, je nachdem er von einer Wasserwölbung oder Vertiefung, von einem Wellenkamme oder einem Wellenthale zurückgeworfen wird, als leuchtende Scheibe, als Lichtring, als Lichtbogen, bald in dieser, bald in jener Stellung — ein Zauberbild, welches von jedem Kinde bestaunt wird. „Die Sonne blinkt von der Schale Rand, malt zitternde Kringeln an die Wand“ heisst es in Adalbert v. Chamisso's bekanntem Gedichte: Die Sonne bringt es an den Tag. Die Zeiten sind vorüber, in welchen die Fusstritte der am Rade spinnenden Grossmutter im häuslichen Stilleben die gewöhnlichste Ursache der Bewegung des Wassers (durch Erschütterung des Fussbodens im leichtgebauten Hause) darboten. Ruhte der Grossmutter Fuss, so sprang die Lichtspinne an der Zimmerdecke nicht mehr; dann riefen die Kinder: „Grossmutter, spinn' noch 'mal!“ Gehorchte sie, so begann das Spiel von Neuem. In meiner ersten Kinderschule unterrichtete oder beaufsichtigte die alte Lehrerin,

„Frau Schulzen“, ihre Kinderschaar, während sie zugleich fleissig spann. Sie hatte auch nichts dagegen, wenn der Sonnenschein in dem vor ihr stehenden Wasserglase spielte und wenn, bei Erblickung der tanzenden Lichtspinne an der Decke die muntere „gemischte“ Gesellschaft ohne Weiteres den rastlos sich wiederholenden Chorgesang anstimmte: „Grossmutter spinnt — Grossmutter spinnt!“ — und, wenn das Spiel sich unterbrach: „Grossmutter spinnt nicht mehr — Grossmutter, spinn' nochmal!“ —

### b. Polar-Scheine.

Nur gleichsam beiläufig oder anhangsweise zu dem von den Sonnen-Scheinen handelnden Abschnitte, wage ich, hier auch der Nord- oder allgemeiner der Polar-Scheine zu gedenken. Seit vielen Jahren bin ich nicht in der Lage gewesen, ein „Nordlicht“ zu beobachten, und die Erinnerungen aus früherer Zeit bieten mir keine sichere Grundlage für wissenschaftliche Betrachtungen. Wir besitzen unendlich viele „Beschreibungen“ von Nordlichtern; doch rühren die meisten derselben von Reisenden her, welche durch die ungewöhnlichen und nicht sofort verständlichen Erscheinungen mehr dichterisch, als zu nüchterner Forschung, angeregt wurden. Dazu kommt, dass man sich leider gewöhnt hat, in Betreff dieses ungelösten Räthsels mit leeren Worten zu spielen, vor deren blosser Erwähnung schon ein ernster Forscher zurückscheuen muss. Nie ist unter dem Schutze der Wissenschaft ein hohlerer Wortschall erklingen, als die durch Alex. v. Humboldt ausgesprochene Bezeichnung des Nordlichtes als eines „magnetischen Gewitters“.

Wenn der Polar-Scheine hier gedacht wird, so geschieht es auf Grund nicht der allerdings von vielen Beobachtern vorgebrachten, aber sehr unklaren, Erwähnungen von „Strahlen“, auf welche sich ein Urtheil nicht stützen lässt, sondern nur der bestimmten und verständlichen Beschreibung, welche von Bory de St. Vincent im *Moniteur* des Jahres 1804 gegeben worden ist. Diese bezieht sich auf das Nordlicht vom 22. Oktober 1804, welches bis Paris, Brügge, Halle an der Saale und Berlin beobachtet worden ist. Der Genannte, welcher von Brügge aus die Erscheinung anschaute, erwähnte ausdrücklich,<sup>1)</sup> dass er den Eindruck empfangen habe, als werde ein leuchtender Stoff, wie durch einen stürmischen Wind,

---

<sup>1)</sup> Nach dem *Moniteur* mitgetheilt in *Gilberts Annalen der Physik* XIX. (1805.) 251.

gegen den Himmelsscheitelpunkt getrieben, wobei das Licht bald zu-, bald abnahm, insbesondere auch in seiner örtlichen Vertheilung an Stärke wechselte. Dabei war es beständig in deutlich abgesonderte Büschel zerteilt, „die den Strahlen glichen, welche, wenn die Sonne am Schaukreise hinter Wolken untergeht, über diesen zu erscheinen pflegen“. Weiter folgende Beschreibungen bleiben mir völlig unverständlich. Nur das sei noch angeführt, dass Bory mehrmals „die Strahlenbüschel über Sterne wegschiessen“ sah, was bei den gewöhnlichen Dämmerungs-Fächerscheinen, wenn ihre Sichtbarkeit bei genügender Dunkelheit beobachtet werden kann, ebenfalls stattfindet.

Nach diesen Wahrnehmungen kann wohl kaum bezweifelt werden, dass jenes Nordlicht durch den Schein der tief unter den Schaukreis hinabgesunkenen Sonne verursacht wurde, welcher sich verbreitete mittelst der Beleuchtung von Körpern, die in grosser Höhe in der Luft schwebten und von starkem Winde getrieben wurden. Demnach würde das Nordlicht eine Verwandtschaft haben mit den ungewöhnlichen Dämmerungs-Erscheinungen, welche seit 1883 mehrere Jahre lang die Aufmerksamkeit aller Menschen auf sich zogen und in Betreff deren ich zur Vermuthung ihrer Verwandtschaft mit Nordlicht-Erscheinungen und zu einem hierauf gegründeten Versuche zur Erklärung der letzteren ganz selbständig hingeführt wurde.<sup>1)</sup>

Das obige, nach der Beobachtung von Bory besprochene Nordlicht war von allgemeinen Witterungsvorgängen begleitet, aus welchen auf eine besonders starke und nachhaltige Windströmung in der oberen Luft geschlossen werden kann. Der hochverdienstvolle frühere Direktor unserer Naturforschenden Gesellschaft zu Emden, Prof. Dr. Prestel, hat s. Z. auf Grund einer Zusammenstellung des englischen Naturforschers Loomis darauf aufmerksam gemacht,<sup>2)</sup> dass 41 Fälle beobachteter Nordlichter, welche in der kurzen Zeit vom 1. Oktober 1871 bis zum 30. März 1872 erschienen waren, sämmtlich eingetreten seien unter bedeutenden

---

<sup>1)</sup> Vortrag „über die Dämmerungs-Erscheinungen seit dem Jahre 1883“ in der Sitzung des Vereins für Naturkunde in Offenbach am 2. September 1885 von Dr. Otto Volger. Offenbacher Zeitung. Nr. 225—227. 25—27. September 1885. Auch als Sonderabdruck (fliegendes Blatt) erschienen.

<sup>2)</sup> Zeitschrift der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie in Wien. VII. 167.

Störungen im Gleichgewichtsstande des Luftmeeres, d. h. unter Bedingungen, welche heftige Luftströmungen bewirken mussten.

Mit vollem Rechte konnte demnach vermuthet werden, dass die Polar-Scheine nicht etwa, wie wohl angenommen worden war, ausserirdische, sondern vielmehr der Lufthülle der Erde angehörige Erscheinungen seien.<sup>1)</sup> Die Wahrnehmung von Sonnenschein-Bahnen durch Bory weist auf die eigentliche Quelle des dabei zur Geltung kommenden Lichtes hin.



---

<sup>1)</sup> Friedrich Mohr in Westermann's Illustrierten Deutschen Monatsheften. 1872. 583.

## 2. Lichtstrassen.

In höherem Grade noch, als die Scheine, sind zur Einführung in das Verständnis des Wesens der eigentlichen Strahlen geeignet die Lichtstrassen. Letztere geben sich uns mit Leichtigkeit zu erkennen als mehr oder minder lange Reihen von Spiegel-Bildern, welche, dicht gedrängt, unter- oder über- oder nebeneinander geordnet, bandartige Lichtstreifen darstellen. Als solche Spiegelbilder-Reihen werden wir aber auch eine grosse Mannigfaltigkeit von eigentlichen Strahlen kennen lernen, die nur in Folge der Kleinheit der einzelnen Spiegelbilder als linienförmige Lichtausflüsse erscheinen. Die Lichtstrassen zeigen uns solche Bilderreihen z. Th. in grösster, man möchte sagen handgreiflicher, Anschaulichkeit, dann aber auch in allen Übergängen bis zu scheinbar aus einem Gusse gebildeten Lichtbändern und Fäden von äusserster Schmalheit.

### a. Lichtstrassen in irdischen Landschaften.

Lichtstrassen auf Wasser. Die Spiegelung der himmlischen Lichter in irdischen Spiegelflächen, wie das Wasser sie so vielfach darbietet, verleiht unseren Landschaften die mannigfaltigsten Reize, zumal bei Nachtzeit, wo die allgemeine Dunkelheit auch milden Schein zu lebhafterer Wirkung gelangen lässt. Befindet sich zu unseren Füßen ein Fluss oder ein See oder das Meer, und steht an dem jenseits darüber sich wölbenden Himmel die Sonne oder der Mond, so erblicken wir in dem Spiegel des Gewässers das Bild des leuchtenden Gestirnes — und zwar vollkommen und einfach, wenn der Spiegel völlig ruhig und eben ist. Hat die Oberfläche des Gewässers Unebenheiten, z. B. Wellen, durch welche

sie uns gegenüber eine Anzahl abschüssiger Flächen bildet, so wirft uns jeder dieser geneigten Spiegel ein besonderes Spiegelbild zu. Grosse glatte Wellen, gerade quer lothrecht unter der Gesichtslinie gegen uns zulaufend, welche unser Auge mit dem Gestirne verbindet, würden eine Reihe von Bildern liefern, deren fernstes und kleinstes, dem Urbilde an scheinbarer Grösse gleiches, gerade im Senkel unter diesem stände, während das letzte, der Annäherung entsprechend grössere, sich in der vordersten Welle zu unseren Füßen zeigen müsste. Sind die Wellen zahlreich und schmal, so kommt von jedem Spiegelbilde nur ein entsprechend geschälertes Stück zu Gesichte; diese Stücke aber, allfällig nur Lichtfetzen darstellend, folgen einander so dicht gedrängt, dass die gesammte Bilderreihe einer Lichtstrasse gleicht, welche mit blankem Metalle bedeckt wäre. Daher die übliche Benennung der „Licht“- oder „Silberstrasse“. Den prachtvollen Anblick dieser zu geniessen, vergönnt uns die Sonne kaum; denn wie das Gestirn selber, so scheinen auch die Spiegelbilder Massen farblos blendenden Lichtes in unser Auge zu schleudern, welches erschreckt betroffen sich abwendet und vom Überreize noch lange, offen wie geschlossen, durch farbige Nachbilder aller anderen Wahrnehmungen unfähig gehalten wird. Dazu kommt, dass nicht das Sonnenbild allein sich spiegelt, sondern auch der ganze dasselbe umgebende Schein. Desto ruhigeren Anblick gestattet uns die Silberstrasse des Mondes, gehoben noch durch die schwarze Grundfläche des nicht in die Spiegelung fallenden Wassers. (Tafel VI. Fig. 6.) Freilich ist die Lichtstrasse, welche der Mond erzeugt, stark gelb gefärbt und könnte eher eine Goldstrasse heissen.

Nur selten wird man eine ausgedehntere Wasserfläche so ruhig sehen, dass sie uns, wie ein Brunnen, nur ein einziges Spiegelbild entgegenerscheinen lässt; aber noch seltener, wenn einmal Bewegung vorhanden ist, eine deutliche Reihe einzeln stehender Bilder. Auf der Wölbung einer geradlinigen Welle wird das Spiegelbild zu einer Lichtlinie. Das Fortschreiten der auf uns zu rollenden Wogen veranlasst beständige Verzerrungen und gleichsam hüpfende Bewegungen der Bilder. Zur Erzeugung solcher sind auch nicht blos die grossen Wellenabhänge geeignet, sondern jede kleinste Runzelung der Oberfläche genügt zur Spiegelung, und da die Wellen stets mit einem Schauer kleiner Zitterwellen bedeckt zu sein pflegen, so wird durch diese das Zustandekommen grösserer deutlicher Bilder gestört, dagegen eine Unzahl kleiner Bilderstreifen und

-Stücke hervorgezaubert, welche in unserer Nähe unablässig durcheinander zu tanzen scheinen, während sie in der Ferne ein gedrängtes Gewimmel zeigen und endlich zunächst unter dem leuchtenden Gestirne in ein gleichmässiges Licht zusammenfliessen. Wohl wird die Erscheinung in ihrer Schönheit erhöht, wenn es sich fügt, dass eine allgemeine Wellenbewegung gerade auf unseren Standort zuläuft. Allein jede Kräuselung der Wasserfläche liefert Abschüssigkeiten nach allen Richtungen und eine genügende Menge in der Richtung jedes Standortes, von welchem aus man das Gestirn und das Wasser gleichzeitig erblicken kann, so dass für jeden an einem solchen Standpunkte befindlichen Beschauer eine eigene Lichtstrasse sich bahnt. Dergleichen Abschüssigkeiten der Wellen bringen es zu Wege, dass die Lichtstrasse in vereinzelt von ihrer Mittelbahn abweichenden seitlichen Bildern sich einigermassen ausbreitet, wodurch ihre Begrenzung in der Nähe des Betrachtenden eine gleichsam schwankende und in abirrenden Lichtern spielend auslaufende wird.

Nicht blos Sonne und Mond, sondern auch die Planeten Venus und Jupiter, sowie der Sirius, können unter günstigen Umständen erkennbare Lichtstrassen erzeugen.

Je zarter die Kräuselung der spiegelnden Wasserfläche, desto zahlreicher ist die Schaar der in jedem Augenblicke aufflammenden Spiegelbilder, desto dichter geschlossen, aber auch in desto milderem Lichte, glänzt die Silberstrasse in der Ferne.

Grossartige Pracht gewährt der Anblick der Lichtstrasse, welche durch die blendende Helle eines Leuchtthurmes auf dem Meere hervorgezaubert wird.

In beleuchteten Städten zeigen uns die Laternen der Uferstrassen solche Lichtspiele zwar in bescheidenerem Glanze, als die Silberstrassen der Sonne und des Mondes, aber oft in grosser Schönheit. Zu Schiffe dem beleuchteten Ufer eines Sees entgegen fahrend, erblickt man die wimmelnden Lichtbänder in grosser Zahl. In der Ferne verschmälern und verdichten sich die Bilderreihen zu feinen Lichtstreifen, welche man als „einfache“ Strahlen gelten lässt und gern für die senkrechte Verlängerung eines der „Sternstrahlen“ ansehen möchte, von welchen sich die zum blossen Lichtpunkte zusammengeschwundene Leuchtflamme bei genügender Ferne umgeben zeigt. Davon ist später zu reden.

Zur Erzeugung von Lichtstrassen bedarf es übrigens keineswegs eines offenen Wassers; auch nasse Landflächen eignen sich

zu ähnlichen Wirkungen. Die Gassen unserer Städte und die Landstrassen liefern bei nassem Wetter solche Erscheinungen ebenfalls. Jeder Pflasterstein, ja, jedes Kiesstückchen und selbst jedes Sandkorn, bietet beim Regen, durch die anhaftende Wasserschicht, spiegelnde Flächen genug dar, in welchen der Mond und die Strassenlaternen, oder die Sicherheitsleuchten ferner Wagen, ihre Spiegelbilder aufblitzen lassen. (Taf. VII. Fig. 7.) Aus genügender Weite schliessen diese Bilder sich zu glänzenden Lichtstrassen oder Lichtlinien zusammen. Auf einem nassen Spazierwege sendet uns jede Laterne eine solche entgegen. Auch beleuchtete Fenster entfernt liegender Gebäude vermögen, wenn die Lichtstärke und die Dunkelheit<sup>1)</sup> genügt, dieselbe Wirkung hervorzurufen.

Lichtstrassen auf Nebel. Liegt Nebel auf dem Wasser, so liefert jedes in geeigneter Richtung schwebende Nebelkörperchen, seiner Kugelform entsprechend, ein zum unmessbaren Punkte verkleinertes Lichtbild, einzeln unserem Auge nicht erfassbar, aber durch das Zusammenwirken einer unendlichen Zahl einen weissen, im Sonnenscheine oft noch unerträglich blendenden, im Mondenlichte äusserst sanften, Schimmer, eine Lichtbahn, erzeugend, die wie aus einem Gusse geschaffen sich darstellt.

Solche Erscheinungen kann man, wenn ein Nebelmeer die Thäler füllt, bei stiller Luft von Berggipfeln aus, welche aus der Nebelfluth in die Klarheit herausragen, ebenfalls beobachten.

Lichtstrassen auf Spinnenfäden. Silberstrassen der Sonne kann man an hellen Herbsttagen in besonderer Schönheit beobachten und zwar — auf trockenen Stoppelfeldern. In genannter Jahreszeit sind diese häufig dermaassen von Spinnenfäden überzogen, dass letztere ein förmliches Gewebe bilden, in welchem nach jeder Richtung sich zahllose Fäden von nahezu gleicher Lage ausgespannt finden. Die Sonne scheint nun für jeden Beschauer in schräger Beleuchtung auf die zur Gesichtslinie querläufige Fädenlage einer von diesen Richtungen, spiegelt sich in jedem Faden und erzeugt so eine Bilderreihe, welche freilich nur aus den schmalsten Lichtlinien besteht, aber in ihrer Gemeinschaft

---

<sup>1)</sup> Je dunkler es um uns ist, um so empfindlicher und um so mehr zur Wahrnehmung des schwächsten Lichtes geeignet sind unsere Augen. Zunahme der Dunkelheit wirkt gerade so, wie Zunahme der Lichtstärke. Wir werden im Verlaufe dieser Untersuchungen noch andere Beispiele für dieses Verhältnis zu erwähnen haben. —

doch eine, bisweilen blendend leuchtende, Silberstrasse bewirkt. Die Krümmung der Fäden wird zugleich die Ursache eines Hervortretens der prächtigsten Regenbogenfarben an den einzelnen Fäden.

### **b. Lichtstrassen in himmlischen Landschaften.**

Sonne und Mond veranlassen am Himmel unter mancherlei Umständen Spiegelungen, welche, wo sie sich häufen und in mehr oder minder erstreckten Reihen ordnen, sehr deutlich hervortretende Lichtstrassen darstellen. Als Beispiele mögen hier erwähnt werden die Sonnenschweif und die Nebensonnenbänder.

Der Sonnenschweif (Heliokomet). Wenn bei zartbedecktem Himmel die Sonne sich zum Untergange neigt, erscheint uns ihr Bild, welches die Hochnebeldecke durchdringt, bisweilen, wie wenn es vor dieser Hülle stände. Ihr Bild spiegelt sich dann in dem Nebel, wie in einem über ihr befindlichen wagerechten oder geneigten Spiegel; freilich nur in den Nebelkörperchen, und in jedem von diesen als ausdehnungsloses Lichtpünktchen, aber auch in unermesslicher Vielfältigkeit. So bildet sich ein milder weisslicher Schein. Besteht aber der Nebel, wie es häufig der Fall ist, aus geordneten Zügen, welche als langerstreckte Wolkenstreifen oder auch nur als zarteste Dunstfäden unter dem Einflusse der herrschenden Windwellen quer zu unserer Gesichtslinie zwischen der Gegend des Sonnenbildes und unserem Scheitelpunkte am Himmel sich vor-, oder, dem täuschenden Blicke nach, übereinander gelagert haben, so drängen sich auf jedem Wolkenbauche die zahllosen Lichtpünktchen dermaassen zusammen, dass ihre Schaar gemeinsam als eine blendende Lichtbahn in unser Auge scheint. Die Wolken- oder Fadenzüge selbst verrathen sich bei der schwachen Beleuchtung oft nur durch ein kaum wahrnehmbares streifiges Ansehen der gesammten Hochnebeldecke. Die Fernsicht legt sie so schmal und eng an einander, dass sie wirken, wie eine ferne Wellenfolge auf unabsehbarem Wasser. Wie in letzterer durch Spiegelung aus der Tiefe sich eine Lichtstrasse bildet, so hier durch Spiegelung aus der Höhe. (Taf. VIII. Fig. 8.) Das Gesamtbild dieser Luftspiegelung des Sonnenbildes stellt sich dar als ein über der Sonne senkrecht emporragender Lichtschweif, welcher der Sonne anzuhaften und von dieser mit sich gezogen zu werden scheint, wie der Schweif von einem Kometen; daher die Benennung Sonnenschweif oder „Heliokomet“. Der Schweif setzt sich

zusammen aus so vielen, seine Gesamtlänge in mehr oder minder dichter Folge überquerenden, schmalen Lichtscheinen, als Bäuche von Wolkenzügen oder Dunstfäden vorliegen. Die ungleiche Wölbung und Vorragung der letzteren gegen die untere klarere Luft bewirkt, dass diese Lichtscheine von ungleicher Breite, Längenerstreckung (in der Querrichtung zum ganzen Schweife) und Helligkeit sein können, wodurch dann der, in anderen Fällen sehr gleichmässig und einfach erscheinende, milde weisse Lichtschweif ein lebhafteres und mannigfaltigeres Bild darbietet, dessen einzelne Scheine auch wohl dem tiefen Sonnenstande gemäss, gelblich leuchten.

Mitunter ereignet es sich, dass auch unterhalb des Sonnenbildes, infolge sehr durchsichtiger Beschaffenheit der unteren Luftschicht, durch die streifige Anordnung der fernerer Erstreckung des Hochnebelgewölkes ähnliche Lichtscheine sich erzeugen. Dann also führt die Sonne nicht blos über sich einen Lichtschweif nach, sondern sendet auch einen solchen abwärts vor sich her.

Die Nebensonnenbänder (Parhelische Lichtbänder). Der Wassergehalt der höheren Luftschichten nimmt, bei genügender Erkaltung in den festen Zustand übergehend, die Form des Eises an. Der Eisnebel besteht aus sechsseitigen Nadelchen, deren spiegelnde Flächen im Schweben sich mit Vorliebe senkrecht stellen. Erscheint uns das Sonnenbild in solchem Eisnebel in zarter Verschleierung, so spiegelt es sich nach rechts und links in unendlicher Vervielfältigung in schwebenden Krystallchen. Jedes Spiegelbild stellt sich als eine äusserst schmale Lichtlinie dar, welche genau betrachtet, den Gesetzen der Spiegelung gemäss, der Lichtquelle einen rothen, der entgegengesetzten Seite einen grünen Saum zuwendet. Nur durch die enge Zusammendrängung und gegenseitige Deckung fliessen die regenbogenfarbigen Spiegelbilder zu einem farblosen Lichtscheine zusammen. Die Gesamtheit dieser Lichtlinien erscheint uns als ein dem Durchmesser des hellsten Theiles des Sonnenbildes entsprechendes, in der Ebene unserer Gesichtslinie zum Sonnenbilde dasselbe durchquerendes Lichtband, dessen Ausdehnung sich möglicherweise rings um den ganzen Himmel erstrecken könnte, während es aber, wegen der Ungleichmässigkeit der Verbreitung des Eisnebels in der Luft, nur geringere Erstreckung zu erlangen pflegt, auch wohl hellere Strecken mit matteren oder gar völligen Unterbrechungen abwechseln lässt.

Da die Eisnadelchen sechs Seitenflächen besitzen, welche sich so verhalten, als ob ein dreiseitiger Stab an seinen, je  $60^\circ$  betragenden, Kanten durch die drei anderen Flächen gleichwinklig abgestumpft wäre, so wirken sie wie dreikantige Glasstäbe oder „Prismen“, indem sie das durch abwechselnde zwei ihrer Flächen hindurchgesehene Licht unter einem Winkel von  $22^\circ$  bis  $23^\circ$  abgelenkt, und zwar in regenbogenfarbigem Scheine, im Auge zur Wirkung kommen lassen. Den Gesetzen der Brechung gemäss, sind die einzelnen Brechungsbilder farbig, den rothen Saum der Lichtquelle zugewandt, den grünen Saum abgewandt. Durch diese Erscheinung der sogenannten Lichtbrechung wird das Licht des erwähnten Lichtbandes an zweien, von dem Sonnenbilde zur Rechten und zur Linken um einen Winkel von  $22^\circ$  bis  $23^\circ$  von der auf ersteres gerichteten Gesichtslinie unseres Auges entfernten Punkten mehr oder minder verstärkt. Das Ergebniss dieser Zusammenwirkung der Spiegelung und der Brechung erzeugt die Täuschung, als ob in jenen Abständen zwei Sonnen neben der wirklichen Sonne sich befänden. (Taf. IX, Fig. 9.) Meistens freilich zeigen sich diese „Nebensonnen“ nur als ziemlich unbestimmte, mehr oder weniger regenbogenfarbige Querlinien verrathende, Scheine. In selteneren Fällen dagegen bieten sie wirklich ein ziemlich täuschendes Seitenbild zu dem, bei der geeigneten Luftbeschaffenheit durch den Eisnebel stets stark weisslich getrübten, daher auch selbst ungeschützten Augen erträglichen, Sonnenbilde.

Nur beiläufig möge hier erwähnt werden, dass, zufolge des in allen Stellungen durch die Luft wirbelnden Gewimmels der Eisnadeln, in gleichem Abstände rings um das Sonnenbild farbige Brechungsbilder zum Vorschein kommen können, welche somit in ihrer Gesammtheit einen, um  $22^\circ$  bis  $23^\circ$  von der scheinbaren Sonnenmitte abstehenden, schwach regenbogenfarbigen Kreis bilden. Letzteren bezeichnet man als den (kleineren) Hof der Sonne. Wo dieser das von den Spiegelungslinien erzeugte Lichtband durchschneidet, da können die „Nebensonnen“ zum Vorscheine kommen. Aber eigentlich entspricht ja jede der zarten Spiegelungslinien selber einem ganz schmalen Nebensonnenbilde, und da das Lichtband in seiner Vollkommenheit einen vollen Kreis darstellen könnte, so wird es auch als „Nebensonnenkreis“ oder „parahelischer Kreis“ bezeichnet.

Da die sechsseitigen Eiskristalle mitunter an beiden Enden durch rechtwinklig schneidende Flächen geschlossen sind, so kann

in Folge der Brechung in den bezüglichen Kanten von  $90^{\circ}$  ein Kreis von Brechungsbildern in dem Abstände von  $46^{\circ}$  bis  $47^{\circ}$  um das Sonnenbild entstehen, welchen Kreis man den grossen Hof der Sonne nennt. Noch weitere, unter günstigen Umständen sich anschliessende berührende Kreise müssen hier unerörtert bleiben, weil sie mit Strahlenbildungen keine unmittelbare Gemeinschaft haben. Dagegen ist der Vollständigkeit wegen zu erwähnen, dass die Endflächen der senkrecht schwebenden Nadelchen bisweilen ein senkrechtcs „Nebensonnenband“ verursachen können, welches dann aus zarten wagerechten Lichtlinien, d. h. schmalen Sonnenspiegelbildern besteht. Letztere Art von senkrecht über und unter dem Sonnenbilde am Himmel auftretenden Lichtbändern könnte allenfalls mit den oben besprochenen Sonnenschweifcn (S. 31.) verwechselt werden. Jedoch die allgemeine Himmelsansicht wird kaum je einen Zweifel über die wirkliche Bedeutung dieser Erscheinungen zulassen.

Fraunhofer hat sich in Betreff der Nebensonnen in folgender Weise geäussert. Er unterscheidet „von den Nebensonnen zweyerley Arten nämlich horizontale und vertikale.“ Die Benennung der „horizontalen“ oder wagerechten ist allerdings nur ungenau; denn man sieht sie nie im wirklichen „Horizonte“, sondern in einem Kreise, in dessen Ebene die Linie liegt, welche unser Auge mit der Sonne verbindet. — Fraunhofer fährt fort: „Bey der einen Art, welche die vertikalen genannt werden können und die nur bey Auf- oder Niedergang der Sonne zu sehen sind, beobachtet man sie in vertikaler Richtung zu beiden Seiten der wahren Sonne, an welche sie sich dicht anschliessen. Von der oberen Nebensonne geht ein vertikaler Lichtstreifen aus, d. i. eine sogenannte Feuer- oder Lichtsäule, die sich bis in eine beträchtliche Höhe erstreckt.“<sup>1)</sup>

Diese „vertikalen Nebensonnen mit der Lichtsäule brachte Fraunhofer künstlich hervor, indem er die aufgehende Sonne durch ein aus parallelen horizontal laufenden Fäden bestehendes Gitter, dessen Zwischenräume  $\frac{22}{10000}$  eines Zolles von einander entfernt und vollkommen gleich sind, beobachtete. Dieses

<sup>1)</sup> Fraunhofer: Über die Entstehung der Höfe, Nebensonnen und verwandter Phänomen (Bericht d. math. phys. Classe der k. Bayer. Akad. d. Wiss. Jan.-März 1825. 225—227). Gesammelte Schriften. 4. München 1888. 178.

„Phänomen entsteht bekanntlich durch gegenseitige Einwirkung „der in den schmalen Zwischenräumen des Gitters gebeugten „Strahlen. Indem man den Weg verfolgt, welchen jene Strahlen „nehmen mussten, die an den Dunstkügelchen gebeugt werden, „welche in einer mit der Erdoberfläche parallelen Schichte des „Dunstkreises liegen, findet man, dass sie, wenn die Sonne dicht „am Horizont steht, in vertikaler Richtung ähnlich so gegenseitig „auf einander einwirken, wie in dem genannten Gitter, und folglich „das Phänomen der vertikalen Nebensonnen hervorbringen.“<sup>1)</sup>

Fraunhofer nennt „vollkommen ausgebildete vertikale Nebensonnen eins der seltensten Phänomene.“<sup>2)</sup> In Betreff ihrer künstlichen Nachahmung spricht er sich nochmals eingehender aus.<sup>3)</sup> Man könne sie hervorbringen durch ein Gitter, durch welches man die aufgehende Sonne beobachte. Dieses bildet er aus horizontal gespannten Fäden, bei welchen die Mitte je zweier Fäden ( $\epsilon$ ) im ganzen Gitter gleich ist, nämlich etwa 0.0022 Par. Zoll. Dann sieht man zu jeder Seite der wahren Sonne vertikal eine Nebensonne, deren Mitte weiss, der gegen die Sonne gewandte Theil etwas blau, der nach aussen gewandte Theil roth ist. Sind die Entfernungen  $\epsilon$  nicht ganz gleich, so erkennt man die Farben weniger bestimmt. Von den Nebensonnen geht nach oben und unten ein Lichtstreif aus, so breit als die Sonne; auch dieser wird „etwas farbig gesehen“, wenn  $\epsilon$  gleich, sonst weniger. „Wie bekannt können die Farben nur dann vollkommen entwickelt sein, wenn der scheinbare Durchmesser des leuchtenden Körpers sehr klein ist; da aber der scheinbare Durchmesser der Sonne ungefähr 30' beträgt, so müssen, indem man durch ein Gitter die Sonne betrachtet, die verschiedenen Farben 30' in einander fallen und können daher nicht anders als gemengt, d. i. weniger entwickelt, gesehen werden, selbst wenn die Entfernungen der Fäden im ganzen Gitter gleich wären.“ Sind die Entfernungen  $\epsilon$  ungleich, dann umso mehr.

Statt der Fadengitter kann man auch ein mit Blattgold belegtes Glas anwenden, dessen Belag man durch feine gleichläufige Ritzungen zertrennt.

<sup>1)</sup> A. a. O. 180.

<sup>2)</sup> Fraunhofer: Theorie der Höfe u. s. w. A. a. O. 221.

<sup>3)</sup> A. a. O. 222. 223.

Ebenso kommt man zum Ziele, wenn man in ein Messingblättchen eng liegende Parallelreihen von runden Löchlein einbohrt.

Es versteht sich von selbst, dass man ebenso, wie den senkrechten Nebensonnenstreifen, auch den wagrechten („horizontalen“) Nebensonnenkreis durch ein Gitter hervorbringen kann, wenn man dessen Fäden senkrecht stellt.<sup>1)</sup> „Auch dieses Phänomen entsteht durch gegenseitige Einwirkung gebeugter Strahlen.“ Fraunhofer zeigt, „dass diejenigen Strahlen, welche an den Rändern der sehr kleinen und unregelmässig liegenden Eiskristalle gebeugt wurden, so auf einander einwirken müssen, wie es zur Hervorbringung des genannten Phänomens nöthig ist.“

Jedenfalls kommt der grosse Lichtforscher in letzterer Äusserung der wirklichen Bedingung der Nebensonnen näher, als da, wo er von Dunstkügelchen redet. Letztere würden die Spiegelung nicht auf wenige bestimmte Richtungen beschränken, sondern solche in jeder Richtung bewirken, woraus dann nothwendig ringförmige Scheine, sogenannte Höfe, hervorgehen. Erst wenn die Wasserkügelchen gefrieren, erzeugen sich Nebensonnenkreise. Die Bannung der Spiegelung in bestimmte Ebenen ist für letztere die wesentlichste Bedingung. Daher auch ihre Bedeutung als Merkmal der Luftbeschaffenheit. Kügelchen würden zwar, wenn sie geradlinig gereiht wären, wie auf Fäden gezogen, die richtige Wirkung üben können, ebenso, wie die oben erwähnten Reihen von Löchlein im Messingblättchen; aber dieser Fall tritt in der Luft nicht ein. Eisnadelchen dagegen nehmen leicht eine gleichartige Stellung an. Alle geradlinigen Reihungen von Spiegelpunkten können daher ebenso, wie die gespannten Fäden, zur Nachahmung der Nebensonnen dienen. So benutzte Fraunhofer auch eine Glastafel, deren Oberfläche durch übergewischtes Fett strichig gemacht war. Streift man die Tafel senkrecht, so bekommt man einen wagrechten Nebensonnenkreis; wenn wagrecht, einen senkrechten. Thut man ersteres auf der einen Fläche, letzteres auf der anderen Fläche, so dass sich die Streifung über-

---

<sup>1)</sup> Fraunhofer: Über die Entstehung der Höfe u. s. w. wie oben, 225—227. Gesammelte Schriften, wie oben. 180. Es liegt jedenfalls ein Druckfehler vor, wenn an letzterem Orte bedingt wird, dass die „parallelen Fäden eine in hohem Grade ungleiche Entfernung unter sich haben.“ Die richtige Bedingung ist eine möglichst gleiche Entfernung.

kreuzt, so beobachtet man zwei sich kreuzende Nebensonnenkreise, in deren Mitte die Sonne oder der Mond steht.<sup>1)</sup>

Sind die Entfernungen der Streifen ungleich, so vermengen sich die Farbenbilder der einzelnen und die Erscheinung ist also weiss.<sup>2)</sup>

Fraunhofer erwähnt auch, dass der senkrechte Nebensonnenstreif bei niedrigem Sonnenstande roth gesehen werde und dass diese Färbung in derselben Ursache begründet sei, aus welcher die dem Schaukreise nahe gesehene Sonne selber gewöhnlich (mehr oder weniger) roth gesehen wird.<sup>3)</sup>

Was die Seltenheit der Nebensonnenerscheinungen anbetriift, so ist anzunehmen, dass zur Erzeugung derselben eine ganz bestimmte Stellung der schwebenden Eisnadelchen erforderlich ist; solche kann wohl nur vermittelt werden durch das Walten einer ruhigen gleichmässigen Luftströmung, welche die Nadelchen nöthigt, im Schweben und Fallen eine gewisse, und zwar gerade die geeignete, insbesondere dem Winkel des Sonnenstandes gegen unser Auge entsprechende Richtung anzunehmen. Dieser Fall tritt begreiflicher Weise nur verhältnissmässig selten ein. Er wird vermuthlich an gewisse Luftvorgänge gebunden sein. Daher die Wetterbedeutung der Nebensonnenerscheinungen.

### c. Lichtstrassen in kleinen Gegenständen.

Nicht wenige feste Körper sind, vermöge ihrer Oberflächenbeschaffenheit oder ihres inneren Gefüges, geeignet, Nebenbilderreihen durch Spiegelung, allfällig auch unter Mitwirkung der Brechung, zu erzeugen, wenn in dienlicher Richtung Licht auf dieselben fällt. Sie lassen, wenn ihr Gefüge ein hinreichend deutliches ist, die schmalen Spiegelbilder, welche bei genauer Betrachtung auch Farbensäume zeigen, ganz wohl wahrnehmen. Ist das Gefüge aber ein sehr feines, so glaubt das Auge jede Reihe nur als einfache Lichtlinie auffassen zu dürfen. Gleichwohl hat man es in allen Fällen mit wahren Lichtstrassen in kleinem und oft in allerkleinstem Massstabe zu thun.

Das verursachende Gefüge kann ein Stab- oder Fasergefüge, oder aber ein Blättergefüge sein. Ersteres, in

<sup>1)</sup> A. a. O. 225. 227.

<sup>2)</sup> A. a. O. 226.

<sup>3)</sup> A. a. O. 224. 225.

gröberer und feinerer Form eins und dasselbe, bietet, die einfacheren Fälle, letzteres dagegen manche sehr verwickelte.

**Stab- oder Fasergefüge.** Jedes Stück eines fasrigen Minerals, nach der Faserung gebrochen, wie dies ja beim Zerschlagen am Leichtesten geschieht, bietet durch die flächigkantigen Hervorragungen der einzelnen Fasern eine mit vielen Spiegelvorsprüngen versehene Ebene dar. Hält man ein solches Stück zwischen eine Lichtquelle und das Auge in der Weise, dass die fasrige Ebene quer zu dem Faserverlaufe beleuchtet und das gespiegelte Licht vom Auge empfunden wird, so erscheinen so viele Spiegelbilder der Lichtquelle, als Fasern vorhanden sind, alle sehr schmal, wie die spiegelnden Flächen der einzelnen Fasern, dicht an einander gedrängt und in ihrer Gesammtheit ein die Faserung rechtwinklig überquerendes Lichtband vorstellend. Sind die Fasern gröbere Stäbchen, so kann man leicht die einzelnen Spiegelbilder unterscheiden; so bei manchen Strahlsteinen (Taf. X, Fig. 10.), Tremolith, Grammatit, auch bisweilen beim Fasergyps. Sind sie sehr fein, kaum wahrnehmbar, so erkennt man sie wohl gar nur durch den Schillerschein des Lichtbandes (Taf. XI, Fig. 11. a.), wie dies der Fall ist bei andern Vorkommnissen von Fasergyps, bei Faserkalzit, bei Chrysotil und Krokydololith, beim Fasermalachit und dem sogenannten Katzen- und Tigeraugensteine, welche aus Fasern, ersterer von Grammatit, letzterer von Krokydololith, bestehen, deren Zwischenräume mit Kieselsäure in der Form von sogenanntem „Fettquarz“ gefüllt, gleichsam getränkt sind. Gewisse Krystalle von säulenförmiger Gestalt sind in ihrem Innern mehr oder minder deutlich aus dünneren, faserartigen Säulchen, Stäbchen oder Fasern zusammengesetzt, auch, einem solchen Gefüge entsprechend, wohl schon auf den Aussenflächen zart gereift. Diese verhalten sich eben wie fasrige Massen und liefern Schillerbänder; so manche Turmaline, Adulare (Mondsteine), Gypsspathe. Alle diese Erscheinungen sind wahre Seitenstücke zu den Lichtstrassen, den Sonnenschweiften und Nebenbilderreihen, und auch die zu letzteren gehörigen Höfe fehlen nicht. Schleift man nämlich den Querschnitt eines Faserminerals, so zeigt derselbe einen ringförmigen Schillerschein, welcher aus zahllosen Spiegelpunktchen besteht. (Taf. XI, Fig. 11. b.) Diese Spiegellichter entstehen in den Querschnitten der einzelnen Fasern. Ihr Abstand vom gemeinsamen Mittelpunkte steht in bestimmtem Verhältnisse zu der Grösse dieser Quer-

schnitte, so dass man die Dicke der Fasern, selbst wo sie der Messung sich entzieht, durch Rechnung zu ermitteln vermag.

Übrigens gesellt sich bei allen diesen Wirkungen zu der Spiegelung des auf die Faserflächen auffallenden Lichtes stets auch noch mehr oder weniger die Brechung des Lichtes hinzu. Der auf die Faserung fallende Lichtschein wird keinesweges vollständig von den äusseren Faserflächen zurückgespiegelt, sondern dringt in die dem Lichte zugänglichen Fasern selber ein, erleidet aber an den hinteren Grenzflächen der letzteren wieder eine theilweise Spiegelung, in Folge deren er gleichsam aus dem Innern der Faserung wieder heraus scheint. Bei diesem Gange des Lichtes durch die feste Masse erleidet es die Einwirkung der sogenannten Brechung, und zwar sowohl beim Eintritte, als auch bei der Rückspiegelung, wodurch dasselbe eine farbige Ausbreitung erfährt. Die Farben kommen wenig zum Vorscheine, weil sie sich zu zahlreich überdecken. Wenn man aber eine dünne Spaltplatte betrachtet, indem man durch sie nach einer möglichst bestimmt begrenzten Lichtquelle schaut, so zeigen sich die rothen und grünen Linien recht schön, und der Hof eines Katzenaugen-Quarzes (Taf. XI, Fig. 11. b.) kommt in prächtigen Regenbogenfarben zum Vorscheine, wenn man durch eine quer zu der Faserung geschnittene und geschliffene, nicht zu dicke, Platte hindurchblickt.

Blätter-Gefüge. Alles, was blätterigen Bau besitzt, ist an Rändern, wo die Blätter neben einander hervorragen und etwa vorspringende Kanten bilden, oder wo die Blätterung von inneren Querfugen durchzogen ist, geeignet, Schiller-Lichtbänder zu erzeugen. Sind die Blätter in Dicke ungleich, so zeigen sich an oder in den dickeren einzeln-erkennbare Spiegel- und Brechungsbilder; je dünner und gleichmässiger dagegen, desto gleichartiger und einfacher der Schein. (Tafel XII, Fig. 12.)

Zwillingsgefüge (Sternscheine oder „Asterien“). Längst war beobachtet worden, dass manche Krystalle von ihrer Oberfläche oder aus ihrem Innern heraus Schillerbänder bilden, und zwar theils in einer Richtung, theils auch in mehreren Lagen. In letzteren Fällen kommen Durchkreuzungen der Scheine zu Stande. Gewisse Fälle, wo sogar sternstrahlige mehrfache Durchschneidungen gleichsam in die Augen springen, hatten bereits in hohem Alterthume Aufmerksamkeit erregt und seltsame Vorstellungen veranlasst. Man nannte solche sternscheinige Steine schon im Griechischen Alterthume „Asterios“ (*ἀστέριος* = gesternt).

Plinius (Histor. nat. XXXVII. 9) bezeichnet ein derartiges Vorkommniß als Edelstein „Astrios“. (Tafel XI, Fig. 13.)

Durch den französischen Forscher Babinet wurden (Comptes rendus. 1836. an verschiedenen Stellen) alle hierher zu ziehenden Erscheinungen untersucht und erklärt. Der Genannte kam zu dem Ergebnisse, dass jeder Schiller-Schein in einer zahlreichen Wiederholungsreihe von spiegelnden Flächen begründet sei, welche theils in der äusseren Umgrenzung der Körper durch vervielfältigte Kantenbildungen („oscillatorische Kombinationen“), theils in dem Innern derselben durch die sogenannten Blätterdurchgänge (Spaltbarkeitslagen, clivages) gegeben wären. Übrigens ahnete Babinet sehr wohl, dass es sich hier um Thatsachen von tiefgehender Bedeutung handle. Nicht selber genügend mit der Krystallkunde vertraut, gedachte er sich mit dem ausgezeichneten Vertreter der letzteren Wissenschaft, Dufrénoy, zu einer gründlichen Bearbeitung der so mannigfaltigen und oft so zarten, zugleich in manchen Fällen so bezeichnenden Lichtbänder zu vereinigen, und stellte eine bezügliche Prüfung der Lichterscheinungen des ganzen Steinreiches in Aussicht. Aber er ist leider nicht zur Ausführung seines Planes gelangt und hat auch seitdem ausser mir keinen Nachfolger auf diesem Felde gefunden. Babinet sprach jedoch schon mit Bestimmtheit die Überzeugung aus, dass diese Lichtscheine im Stande sein würden, über das innere Gefüge der Krystalle Aufschlüsse zu gewähren, welche durch keinerlei andere Merkmale der Beobachtung zugänglich seien.

Diese Vermuthung fand ich vollauf bestätigt, als ich auf eigenen Wegen mich zur Beschäftigung mit den in Rede stehenden Lichtscheinen hingeführt sah. Dabei entdeckte ich dann die nicht unwichtige Thatsache, dass zwar viele derartige Schillerbänder allerdings nur durch vervielfältigte äussere Kantenbildungen bedingt, dass dagegen andere hauptsächlich durch ein, eben nur vermittelt der Lichtscheine selbst nachweisbares, inneres Gefüge verursacht seien. Erstere lassen sich vermittelt glatter Abschleifung der durch jene Kantenwiederholung auch äusserlich „gereift“ erscheinenden Flächen völlig vertilgen. Die im Innern begründeten aber bleiben bestehen, aller Abschleifung zum Trotze, ja, sie treten nach dieser sogar erst recht klar hervor.

Wo dieses Verhalten sich zeigt, da handelt es sich offenbar um eine Wirkung des inneren Gefüges, dessen Zusammenhang mit der äusseren Oberflächenbeschaffenheit eben durch die Fort-

dauer der, aus letzterer zweifelsohne vollkommen erklärten, Erscheinung auch nach vollzogener Abschleifung entschieden verathen wird. Als diejenige Eigenheit des inneren Gefüges, um welche es hier handle, betrachtete Babinet den sogenannten „Blätterdurchgang“. Mit diesem Namen bezeichnen wir das Vorhandensein von gewissen Lagen, in welchen eine Zerkläubung oder Spaltung des in Untersuchung genommenen Krystalles, bald in sehr vollkommener, bald in unvollkommener Weise, thunlich ist. Solche Lagen entsprechen stets einer, entweder in der Begrenzung des Krystalles thatsächlich vorhandenen, oder doch, nach den die Krystall-Gestalten beherrschenden Gesetzen, ableitbaren und somit „möglichen“, äusseren Fläche. Flussspath z. B. ist mitunter von vier Flächenpaaren achtflächig (oktaëdrisch) begrenzt, noch häufiger jedoch von dreien Flächenpaaren sechsflächig würflich (hexaëdrisch). Aller Flussspath, einerlei in welcher äusseren Gestalt er auftrete, ist nach den Lagen der vier Flächenpaare „spaltbar“, also auch der von den drei Flächenpaaren umschlossene würfelförmige. Jene vier Flächenlagen liegen so, dass sie die acht Ecken des Würfels gleichmässig abstumpfen. Häufig treten Flussspath-Würfel auf, deren Ecken in solcher Weise abgestumpft erscheinen. Künstlich kann man (ohne alles Schleifen, durch blossen Schlag) solche Abstumpfung herbeiführen. Man drückt dieses Verhalten aus, indem man sagt: der Flussspath habe einen vierfachen Blätterdurchgang nach den vier Flächenpaaren. Manche Krystalle sind bekanntlich von ausserordentlich vielen Flächenpaaren verschiedener Lagen begrenzt, und noch grösser ist die Anzahl der Flächenpaare, welche möglicher Weise in dieser Begrenzungsgestalt vorkommen könnten. Offenbar aber haben diejenigen Flächenpaare, deren Lage die Spaltbarkeits-Richtungen oder Blätterdurchgänge entsprechen, eine besondere Bedeutung für das Wesen des Krystalles. Auch Steinsalz-Krystalle sind, wie die Flussspath-Krystalle, bald würfelförmig, bald achtflächig; aber nie sind sie nach den Lagen der vier Flächenpaare „spaltbar“, sondern ihre Blätterdurchgänge, deren nur drei vorhanden sind, entsprechen den Lagen der drei Flächenpaare des Würfels.

Wenn ein Krystall im Laufe seiner Tage (und die meisten in den Gesteinen uns beegnenden Krystalle sind sicherlich sehr alt — die eigentlichen „Alten vom Berge“!) einen Wechsel der Wärme oder des Druckes, ja auch nur etwa der Richtung

des stärksten Druckes, oder Erschütterungen zu erleiden gehabt hat, so findet sich nicht selten sein Inneres dadurch in sofern beeinflusst, als sich Sprünge gebildet haben, welche dann allemal vorherrschend den Blätterdurchgängen entsprechen. Solche Sprünge sind Trennungen im Innern, Klüfte, welche in keiner andern Weise sich verrathen, als dadurch, dass das Licht sich an ihnen spiegelt. Das Bild eines genügend hell beleuchteten Gegenstandes, etwa einer Kerzenflamme, scheint deutlich aus einem solchen inneren Spiegel heraus. Aber auch wenn man durch den Krystall hindurchblickend nach der Lichtquelle schaut, erkennt man neben dieser, bei geeigneter Haltung, deren Spiegelbild in jeder derartigen Kluft. Es ist sehr häufig der Fall, dass man der einen oder der anderen, oder auch allen Blätterdurchgangs-Lagen entsprechend solche Klüfte und zwar in mehrfacher, ja vielfacher Zahl antrifft. Dann kann man wohl ganze Gruppen oder Reihen von inneren Spiegelungen beobachten. Durch solche Wahrnehmungen liess sich Babinet zu der Ansicht hinführen, dass die Schillerbänder der Krystalle, wo sie nicht etwa durch Reifen der äusseren Oberflächen veranlasst seien, ihre Ursachen hätten in den Blätterdurchgängen. Diese Ansicht konnte ich als eine richtige nicht bestätigen. In einem Krystalle, welcher nicht, wie oben bemerkt, durch störende Einflüsse in seinem Gefüge verändert worden ist, verrathen sich die Lagen der Blätterdurchgänge nie durch innere Spiegelungen. Bei grosser Klarheit kann man wohl Spiegelungen nach Innen an den äusseren Begrenzungsflächen selbst wahrnehmen, nicht aber an Klüften, welche den Spaltbarkeits-Lagen entsprechen und sich wie innere Wiederholungen jener verhalten; denn die Blätterdurchgangs-Lagen bezeichnen nicht wirklich vorhandene Klüfte, sondern nur die Richtungen, in welchen die Zertrennung mit vorzugter Leichtigkeit erfolgen kann, also nicht Spalten, sondern blosse Spaltbarkeiten. In einem ungestörten und einfachen Krystalle sind alle Eigenschaften in durchaus stetiger Weise, somit ohne irgend welche Unterbrechung, vorhanden. Es finden demnach keine inneren Klüfte statt, also auch keine innere Spiegelungen. Sollte es anders sein, so müsste ja, da die Spaltbarkeit nicht etwa blos in gewissen Abständen, sondern an jedem Punkte in geeigneter Lage, also in unendlicher Möglichkeit, vorhanden ist, jedem Blätterdurchgange eine unendliche Menge von inneren Spiegelungen entsprechen. Dies ist aber so wenig der Fall, dass oft gerade in den aus-

gezeichneten Blätterdurchgangs-Lagen nicht eine einzige innere Spiegelung sich vorfindet. Musterhaft „spaltbar“ ist z. B. der Kalkspath und zwar nach dreien Blätterdurchgangs-Lagen, welche den drei Flächenpaaren des, einem schiefgedrückten Würfel ähnlichen, Sechsrautenflächners oder „Rhomboëders“ (R) folgen. Bei jedem Schlage zertrennt sich ein Kalkspath-Krystall nach diesen Lagen und zerfällt er demnach in beliebig viele kleine Rhomboëderstücke. Und trotz dieser ausgezeichneten, fast unübertroffenen Ausbildung der Blätterdurchgänge beobachtet man, abgesehen von inneren Sprüngen, keine Spiegelungen, welche denselben entsprächen, noch weniger aber ganze Reihen von solchen, also Schiller-Lichtbänder. Dagegen sind im Kalkspathe andere Lagen vorhanden, welche keinem Blätterdurchgange folgen, dabei aber sehr schöne Lichtbänder darbieten.

Bei genauerer Untersuchung fand ich, dass die inneren Spiegelungen verursacht werden durch das, übrigens bekannte, wenn auch bislang nicht in seiner wahren Häufigkeit und Bedeutung erkannte, Zwillinggefüge, welches in manchen Krystall-Gattungen nur zuweilen, in anderen dagegen stets und ausnahmslos, auftritt. Der Kalkspath z. B. besteht durch und durch aus Blättern, welche in ihrer Lage den Flächen des sogenannten „ersten stumpferen“ Rhomboëders ( $— \frac{1}{2} R$ ) entsprechen. Dieses liegt so, dass es die Scheitel-Kanten des Grundrhomboëders (R) gleichmässig abstumpft. Je zwei Blätter befinden sich gegen einander in verwendeter Stellung, wie dies für Zwillinge gesetzlich ist. Jede Zwillingfläche bewirkt Spiegelung und unterscheidet sich dadurch vom Blätterdurchgange. Schneidet man dem Kalkspathe eine Fläche, welche die einem Flächenpaare des ersten stumpferen Rhomboëders entsprechende Zwillingblätterreihe rechtwinklig überkreuzt, und schleift dieselbe glatt, so wird das Bild einer Lichtquelle von den inneren Flächen dieser Blätterreihe in zahlreicher Vervielfältigung als Spiegelbilder-Reihe oder Schillerband zurückgeworfen. Da aber auch die Flächen des Grundrhomboëders selber jede zu einem Flächenpaare des ersten stumpferen Rhomboëders in einem Winkel geneigt sind, welcher sich nicht allzuweit von  $90^\circ$  entfernt, so vermag man auch durch sie den Lichtschein zu beobachten, welcher, wenn auch nicht ganz so günstig, so doch immerhin genügend deutlich, wahrgenommen werden kann. Ja, selbst die zarten Reifen, welche auf den durch Spaltung oder auch schon durch einfaches Zer-

schlagen so leicht zum Vorschein kommenden Grundrhomboëderflächen durch die abwechselnd aus- und einspringenden Kanten der Zwillingsblätter hervorgerufen werden, erzeugen im auffallenden Lichte den Schiller-Schein, wie die Wellenlinien einer Wasserfläche die Lichtstrasse des Mondenscheines erzeugen. Geeignet geschliffene Platten freilich lassen im durchfallenden Lichte die Erscheinung sicherer und schöner zum Ausdrucke gelangen. Ein geübter Beobachter wird ausser dem in der benutzten Flächenlage bevorzugten Schillerbände noch zwei in minder günstiger Lage befindliche solche Bänder bemerken, welche jenes unter dem Winkel von  $39^{\circ} 45' 40''$ , sich unter einander aber unter  $79^{\circ} 80'$ , durchschneiden. Diese letzteren werden veranlasst durch die beiden Zwillingsblätter-Lagen, welche den anderen Flächenpaaren des ersten stumpferen Rhomboëders entsprechen. Der Kalkspath besteht nämlich nicht blos in der Richtung eines der Kantenpaare seines Grundrhomboëders aus Zwillingsblättern, sondern in der Richtung aller drei Kantenpaare. Er ist somit ein Drilling von Zwillingsblättern! (Tafel XI., Fig. 14.a.) Die drei Schillerbänder schneiden sich gemeinsam im Hauptpunkte der Spiegelung und bilden somit einen unregelmässigen aber beiderseits gleichmässigen sechsstrahligen Stern (b). — Beobachtet man in der Richtung der Hauptachse des Krystalles, am Besten durch eine Fläche, welche zu dieser Richtung rechtwinklig liegt und auf welcher, wo sie auftritt, die den drei Zwillingsblätter-Lagen entsprechenden drei Reifenrichtungen stets deutlich erkennbar sind (c), so zeigt sich ein regelmässig sechsstrahliger Stern von gleicher Stärke aller drei Schillerbänder. Doch fallen hier die Scheine schwächer aus, weil die Stellung der Zwillingsblätter-Lagen für die Spiegelung ungünstiger ist.

Die Farblosigkeit und Durchsichtigkeit des Kalkspathes erschwert die Wahrnehmungen der geschilderten Erscheinungen sehr, und bei den vollkommensten Krystallen (wie bei dem so gesuchten Isländischen Doppelspath) in besonders nachtheiligem Grade. Daher waren sie seither, bis zu meinen Untersuchungen, völlig unbeachtet geblieben; doch kann sich jeder aufmerksame Beobachter leicht selber überzeugen. In Betreff der näheren Verhältnisse muss hier auf meine Abhandlung über den „Asterismus“<sup>1)</sup> und auf eine weitere Veröffentlichung über

<sup>1)</sup> Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Klasse der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften. Wien. Bd. XIX. 103. 1856.

„Aragonit und Kalzit“<sup>1)</sup> verwiesen werden. In letzterer ist auch ausführlicher erörtert, wie das, nach meiner Entdeckung das feinste Blättergefüge des Kalkspathes durch und durch bedingende, Zwillingsgesetz sich ausserdem in gröberem Verhältnissen wiederholt, indem solche ganz und gar aus einem dreifachen Zwillingenblätter-Gewebe bestehende Körper, welche man als einfache Kalkspath-Krystalle anzusehen gewohnt ist, welche aber richtiger als Zusammenfügungen höherer Art — Krystall-Stöcke nach meiner Bezeichnungsweise — betrachten sollte, auch als Gesamtkörper nach dem nämlichen Zwillingsgesetze ausgebildet auftreten. Diesen Fall stellen die herkömmlich bekannten und sogenannten Kalkspath-Zwillinge dar, bei welchen eine Fläche des ersten stumpferen Rhomboëders ( $-\frac{1}{2}R$ ) als sogenannte Zwillingen- oder Drehungsfläche betrachtet wird.

Die Eigenschaft, drei sich durchschneidende Schillerbänder, und somit einen sternförmigen Lichtschein, zu erzeugen, wird als „Sternschiller“ oder „Asterismus“ bezeichnet. Indessen ist dieser Fall nur eine verwickeltere Form der Schiller-Lichtbänder. Andere Krystallgattungen zeigen nur zwei, und zwar bei den einen rechtwinklig, bei den andern schiefwinklig sich durchkreuzende Scheine, so dass also vierstrahlige Sterne entstehen.

Wahrhaft vorbildlich für die ganze Erscheinungsmannigfaltigkeit der Schiller-Lichtbänder ist der Sapphir. Der Bau desselben ist demjenigen des Kalkspathes durchaus vergleichbar. Aber das Rhomboëder, dessen dreien Flächenpaaren in ihm die drei Zwillingenblätter-Lagen folgen, hat weit steilere Flächenstellung, dem Winkelverhältnisse des Würfels sich nähernd, also für die Spiegelung in der Richtung der Krystallachse günstiger. Dazu kommt, dass dieser Krystall eine satte, meist dunkelrothe Färbung besitzt. So geschieht es denn, dass man aus einer zur Krystallachse rechtwinkligen, besonders einer geschliffenen, Fläche einen, aus dreien sich unter gleichen Winkeln von  $60^{\circ}$  regelmässig durchkreuzenden Scheinen oder Spiegelbilder-Reihen gebildeten, schmällinigen, aber sehr hellen und scharfen, Stern erblickt. Die schöneren derartigen Vorkommnisse werden Sternsapphir genannt (vergl. Taf. XI., Fig. 13, oben S. 39. 40) und gaben schon im Alter-

<sup>1)</sup> Aragonit und Kalzit. Eine Lösung des ältesten Widerspruches in der Krystallographie. Nebst Untersuchungen über den Asterismus der Krystalle, von G. H. Otto Volger. Mit drei Steindrucktafeln. Zürich. 1855.

thume zur oben bereits erwähnten Benennung „Asterios“ oder „Astrios“ Veranlassung, wonach eben die gesammte Eigenschaft der Erzeugung von Schiller-Lichtbändern die Benennung *Asterismus* empfangen hat.

Manchmal sind mehrere Sternsapphir-Krystalle so innig mit einander verwachsen, dass sie wie ein Körper erscheinen und geschliffen werden können, ohne durch Zerfall oder auch nur durch bemerkbare Grenzugen ihre Zusammensetzung zu verrathen. So bieten sie dann die freilich seltenen Beispiele von scheinbar einfachen Steinen mit zweien oder selbst dreien Sternen dar.

Auch Granat-Krystalle liefern nach gewissen Richtungen sechsstrahlige Sterne, zugleich aber nach gewissen anderen Richtungen vierstrahlige. Dadurch erweist sich sofort, dass es ein Irrthum war, wenn man diese Krystalle auf Grund ihrer äusseren Abmessungen für kugelmässig („isometrisch“) gebaute hielt. Die Richtung, in welcher sie sechsstrahlige Sterne zeigen, muss als eine „Hauptachse“ betrachtet werden.

Im durchfallenden Lichte, wo die Brechung sich mit der Spiegelung verbindet, um lebhaftere Bilder zu erzeugen, entwickeln die geeigneten Krystalle erst ihre volle Wirksamkeit. So liefert der Pennin (Tafel XI., Fig. 15), eine Chloritart, deren schwarzgrüne Flächen ihrer Beschaffenheit nach äusserlich nur geringe Schillerbänder aufweisen (a), durch Flächen, welche seiner Hauptachse gleichläufig geschliffen sind, ein ausgezeichnet schönes, eben der Hauptachse gleichlaufendes, braunrothes Lichtband (c), während man durch Flächen, welche die Hauptachse rechtwinklig schneiden, einen prächtigen smaragdgrünen sechsstrahligen Stern erblickt (b) und danach erkennt, dass dieser auch seither für einfach gehaltene Krystall aus einer Aufeinanderstaffelung von Zwillingen besteht, welche in der Richtung der Hauptachse geordnet sind, dass aber jedes dieser Zwillingenblätter in sich wieder als ein Drillingsgewebe betrachtet werden muss.

Doch genug von diesem, freilich noch lange nicht erschöpften, Gegenstande, dessen Wichtigkeit um so grösser ist, als die hier angedeuteten Schiller-Lichtbänder in den angeführten und ohne Zweifel noch in vielen anderen Fällen Aufschlüsse über das innere Gefüge der Körper zu gewähren vermögen, welche keiner anderen Untersuchungsweise zugänglich sind.

Allerlei künstliche Lichtbänder. Nur in flüchtiger

Übersicht sollen noch die folgenden, künstlich zu veranlassenden Beispiele von Schiller-Lichtbändern Erwähnung finden.

Platten, Stäbe, Fäden. Auf einander gelegte Glasplatten, deren Randabschnitte unter einander hervorragen, bilden eine Nachahmung der von Wellen geriffelten Wasseroberfläche. Ein auf dieselben herabscheinender Leuchtpunkt ruft eine Lichtstrasse hervor, welche keiner besonderen Erklärung bedarf. (Vergl. Tafel XII, Fig. 12, oben S. 39.)

Reiht man Glasstäbe neben einander, so bilden auch diese eine Wellenfaltung, welche, zumal wenn man eine dunkle Unterlage benutzt, eine sehr schöne Bilderreihe erzeugt und, je nach der Ausdehnung der benutzten Lichtquelle, entweder ein breites Schiller-Lichtband oder eine ganz schmale Lichtlinie liefert. Ist der eine oder andere der benutzten Glasstäbe im Mindesten gekrümmt, so zeigen sich auf ihm die schönsten Farben, hauptsächlich Grün, Roth und Gelb. — Sind die angewandten Glasstäbe sehr dünn, vollends gar bei Anwendung von Glasfäden auf schwarzem Grunde, so kann eine solche Lichtlinie äusserst leuchtend und so geschlossen erscheinen, dass man schon an rechte Strahllinien erinnert wird. Es ist von grossem Werthe, sich klar zu vergegenwärtigen, dass auch die geschlossenste Lichtlinie nur aus einer gedrängten Reihe von Spiegelbildern der Lichtquelle besteht, und, um sich davon vollkommen zu überzeugen, braucht man nur die Glasstäbchen oder Fäden stellenweise zu trennen oder je abwechselnd aus der Reihe heraus zu nehmen.

Jeder spiegelungsfähige Körper bietet, bei ähnlicher Form und Anordnung, ähnliche Lichtbänder-Erscheinungen dar. Statt der Glasstäbe können Metallstäbe, statt der Glasfäden Drahtfäden angewandt werden. Diese brauchen nicht gerade aus hochpolirtem Golde oder Silber, Messing oder Aluminium zu bestehen. Selbst schwarze Eisendrähte zeigen die Erscheinung deutlich genug; auch schwarze Holzstäbchen („Holzdrähte“), Rosshaare, Strohhalme, ja die Faserung des Holzes auf Spaltflächen. Nicht minder Gespinnstfäden: Büschel von gesponnenem Glase oder Schellack, von Flachs, Baumwolle, Seide. Das Haar auf unserm Haupte, wenn durch Kamm oder Bürststrich geordnet und geglättet oder in Locken geringelt, entwickelt sehr artige Schiller-Bahnen, deren Beachtung kein Maler vernachlässigen wird. Die Glanzlichter unserer Seidenhüte gehören,

als sehr ausgezeichnete Beispiele, hierher. Mittelst eines Bürststriches kann man sie beliebig verändern. Stets überkreuzen die Lichtbahnen die Faden- oder Haar-Lage. So viele Fäden oder Haare, so viele Spiegelbilder, aus welchen das Lichtband besteht. Aber selbst die krausen Fäden der Thierwolle liefern Spiegelungen genug, wenn dieselben auch zu äusserst kurzen Bildern, ja zu blossen Lichtpunkten einschrumpfen müssen. Im Grossen betrachtet bildet auch das Heer von Lichtpunkten zu Bahnen geordnete Lichtscheine, wie unsre Kleidungsstücke solche an allen vom Lichte getroffenen Flächen, und, je nach der durch den Faltenwurf oft sehr verzerrten Fadenlage, in mannigfach abwechselnden Krümmungen, zur Schau stellen.

Bilden die Drähte Gitter, die Fäden Gewebe, so ergibt jede Strichlage ihr besonderes Lichtband. Spanne ich einen Schirm auf, so erblicke ich sofort, zumal wenn ich ihn gegen den Sonnenschein oder im Dunkeln gegen eine Laterne richte, jedem Fadenzuge entsprechend und den Krümmungen folgend, ein Lichtband, somit bei Zwillichgewebe ein bogig verzogenes Lichtkreuz, bei Drillich einen krumm-sechsstrahligen Sternschein. Beim flüchtigsten Anschauen verrathen uns diese Schillerbänder die ganze Gewebebeschaffenheit, und um so schärfer, je feiner das Gewebe, je schwieriger es dem Auge erkennbar ist. Wie bei den Spinnenfäden auf den Stoppelfeldern (oben S. 30. 31) veranlasst auch hier die Krümmung mitunter das Vorscheinen schöner Regenbogenfarben. Letztere Erscheinung wird übrigens beim Durchscheinen des Lichtes durch ein Gitter oder Gewebe noch wesentlich verstärkt durch die sogenannte Beugung, welche das an den Fäden hinstreifende Licht zu einer farbigen Ausbreitung zwingt. Aber auch in einem geradfadigen Gewebe geben sich die hindurch gesehenen Lichtpunkte farbig kund, falls man nur das Auge nahe genug an die Fäden bringt. Das von Aussen auf das Gewebe fallende Licht erleidet nicht bloss Spiegelungen an den jede einzelne Öffnung oder Masche umrahmenden Fäden, sondern zugleich jene oben erwähnte „Beugung“, in Folge deren es sich gleichsam farbig ausbreitet, und zwar verräth sich dieser Vorgang sehr bestimmt durch die leicht zu machende Wahrnehmung, dass jedes der Lichtpünktchen nach der Seite der Lichtquelle hin die grüne, nach der entgegengesetzten Seite aber die rothe Farbe zeigt.

Ritzungen. Ritzt man in die Oberfläche einer Glas-

oder Metalltafel eine Reihe von feinen Furchen, so ahmen diese die Wellenlinien eines spiegelnden Wassers nach und bewirken eine Spiegelbilder-Reihe, welche als Silberstrasse oder Schillerband erscheint. Durchquert man die erste Reihe durch eine, zwei, drei andere, so ruft man Schillerbänder-Kreuze, sechs- oder achtstrahlige Sterne hervor. Werden die Ritzungen in genügender Feinheit und Gedrängtheit ausgeführt, so kommt die farbige Ausbreitung der Spiegelungen zur Geltung und es entsteht ein Regenbogen-Schiller, als dessen reizvolles Beispiel die Barton-schen sogenannten Irisknöpfe ziemlich bekannt sind. Ihre Farbenpracht hat keine andere Grundlage, als diese.

Wischflächen. Wenn man eine Glasfläche mit feuchtem oder durch die Hautaussonderung fettigen Finger überwischt, so bleibt auf derselben eine Trübung zurück, welche, genauer betrachtet, sich zusammengesetzt zeigt aus sehr dicht gedrängten, äusserst zarten Feuchtigkeits- oder Fett-Grathen. Diese verhalten sich wie feine Glasfäden, ja wohl gar wie kantige Glasstäbe (Prismen). Fällt von einem Leuchtpunkte aus der Schein auf ein so behandeltes Glas quer zur Wischbahn, so erzeugt sich in jedem Grathe ein Spiegelbild, und diese Bilder liegen als Lichtlinien in dicht gedrängter Reihe, welche stets rechtwinklig die Grathe, d. h. die von dem Finger geführte Strichlage, überkreuzt und, je nach der Lage der Lichtquelle zu dem Glase und zu unsern Augen, von dem Hauptspiegelbilde, entweder, wie die Lichtstrassen, einseitig oder, wie die Nebensonnen-Bänder, beiderseitig verläuft. Man beobachtet die gleiche Erscheinung von Schiller-Bändern, wenn man durch das gewischte Glas nach einem Lichtpunkte blickt. Ist letzterer fern genug, so zeigen sich schon dem blossen Auge viele der Lichtlinien farbig, nicht bloß roth und grün, sondern auch prächtig orangengelb und blau u. s. w. Es wirkt hier nicht allein die Spiegelung, sondern auch, wie der scharf beobachtende Vieth schon vor gerade hundert Jahren bemerkte, die Brechung<sup>1)</sup> des durch die mehr oder minder durchsichtigen Grathe hindurchgegangenen Lichtes, wobei farbige Ausbreitung erfolgt. Die

---

<sup>1)</sup> Vieth: Vermischte Aufsätze für Liebhaber mathematischer Wissenschaften. Berlin. 1792. Auch: Gilbert's Annalen der Physik. XIX. 1805. 205.

Grathe und ihre brechenden Kanten sind sehr ungleich; daher treten die Farben so ungleichmässig hervor.

„Beschlagen“ sich unsere Brillengläser mit einem Feuchtigkeitshauche und man wischt sie ab, so bekommt man nur zu leicht störende Schiller-Bänder vor die Augen.

Selbst, wenn man das Brillenglas geputzt hat, bleibt nicht selten noch hie und da ein „blindes“ Fleckchen zurück, welches von letzten Spuren einer Strichlage herrührt, die von dem an den Brillenrändern haftenden Schweisse veranlasst worden ist. Oder es laufen bogig gekrümmte Strichlagen durch einander. Sobald eine solche Brille vor das Auge gebracht wird, erblickt man sofort die jeder Wischbahn und Strichlage entsprechenden Schillerbänder. Überkreuzen sich die Putzbahnen, so entstehen strahlige, einander durchkreuzende Lichtscheine. Verschiebt oder dreht man das Brillenglas, so verschieben oder drehen sich die Schiller-Bänder in derselben Richtung<sup>1)</sup> — ein Verhalten, welches hier hervorgehoben werden möge, da wir später Gelegenheit haben werden, Schiller-Bänder kennen zu lernen, welche ihren Grund im Auge haben und demnach der Verschiebung der Brille nicht folgen.

Überwischt man ein linsenförmiges Glas, z. B. ein gewöhnliches Brennglas, mit dem Finger und lässt man alsdann durch dasselbe das Licht einer Flamme gegen eine Wand scheinen, so zeigt sich dieses Bild daselbst nach jeder Seite hin von einem Schiller-Bande begleitet<sup>2)</sup>. Die Lage des Bandes überquert allemal rechtwinklig die Strichlage und kann mit dem Glase also beliebig gedreht werden. Ausserdem spiegelt, wenn man auf das Brennglas selber blickt, die überwischte Fläche ein mit vielen Farbenlinien geschmücktes Lichtband, in dessen Mitte sich ein aufrechtes Bild der Leuchtflamme zeigt, während die Hinterfläche ein verkehrtes Flammenbild erscheinen lässt. Nimmt man die gewischte Fläche als Hinterfläche, so spiegelt diese das Lichtband und in dessen Mitte die verkehrte Flamme, während die vordere bloß eine aufrechte Flamme zurückwirft.

Es scheint, dass unter günstigen Umständen auch das Nieder- und Emporschlagen der Augenlider und die dadurch be-

---

<sup>1)</sup> Gilbert in seinen Bemerkungen zu einem Aufsätze von Vieth, a. a. O. 215.

<sup>2)</sup> Schon beobachtet von Vieth a. a. O. 206.

wirkte senkrechte Überwischung der feuchten Hornhaut die Veranlassung werden kann, dass man eine angeschaute Leuchtlampe mit wagerechten Schiller-Bändern begleitet erblickt.<sup>1)</sup> In diesem Falle freilich wird, wenn man das Haupt zur Seite neigt, auch die Stellung der Lichtlinien und somit der Schiller-Bänder eine schräge Richtung annehmen. Mir gelingt dieser Versuch nicht. Ich bin daher geneigt, anzunehmen, dass Gilbert's bezügliche Beobachtung auf täuschender Verwechslung mit den weiter unten zu erörternden „Wimperstrahlen“ beruht habe.

**Pinselfüge.** Auch eine mit Ölfarbe oder Firniss bekleidete Fläche giebt mannigfache Gelegenheit zur Beobachtung von Schiller-Lichtbändern. Der Pinselstrich lässt stets einige Unebenheit zurück, welche gröbere oder zartere Wellenlinien darstellt und demnach Spiegelbilder-Reihen zum Vorschein bringt. Jede Wendung der Pinselführung bezeugt sich durch eine Schillerbahn. Diese störenden Lichte zu verhüten, ist eine Aufgabe, deren glückliche Lösung den Japanischen Lackwaaren einen ihrer wesentlichsten Vorzüge verleiht.

**Putzlichter.** Die Glanzlichter, welche bei der Glattputzung („Politur“) von Metall und Holz entstehen, haben ihren Grund in den feinen Ritzungen, welche durch das angewandte Putzmittel, ja selbst durch die den feinsten Putztüchern sich anhängenden Stäubchen eingerissen werden. Je nach der letzten Bewegung der Hand des Arbeiters, welche sich in solchen Ritzfurchen ausdrückt, die dem Auge an sich gar nicht mehr wahrnehmbar sind, laufen Schiller-Lichtbänder, gerade oder gekrümmt über die geglätteten Flächen. Feinere Metallflächen sucht man daher zum Schlusse nach einer bestimmten, z. B. kreisförmigen Bahn zu putzen, wodurch die Blendlichter eine gewisse angenehme und eindrucksvolle Regelmässigkeit und zugleich höchst überraschende Wandelbarkeit bekommen. (Taf. XIII, Fig. 16.)

Wohin man schaut, überall wird der Anblick, welchen die Umgebung darbietet, beherrscht und belebt von einer unendlichen Mannigfaltigkeit von Schiller-Lichtbahnen, von Spiegelungs-Reihen, welche sich zu sanften Scheinen oder zu strahlähnlichen Lichtlinien vereinigen. Selbst der Glanz unseres Schuhwerks verdient

<sup>1)</sup> Gilbert a. a. O. 218.

hier eine Erwähnung; denn auch er besteht in Spiegelbilder-Reihen, welche durch die, den Schwung und Strich der Glanzbürste des Stiefelwischers bezeugenden, Putzlinien bedingt sind.

Bevor wir nun von dieser Abschweifung bis ins niedrigste Stilleben wieder zu erhabeneren Lichtgebilden zurückkehren, sei noch bemerkt, dass für die Beobachtung der „Lichtstrassen im Kleinen“ keineswegs eine besonders scharf begrenzte und kräftige Lichtquelle erforderlich ist. Die durch jedes beliebige Fenster hereinflallende oder von irgend einer beleuchteten Fläche zurückgeworfene Helligkeit genügt zur Hervorrufung des Schillerscheines vollkommen. Aber so gewonnene Scheinbänder sind breiter und unbestimmter. Je schärfer die Lichtquelle begrenzt ist, desto klarer tritt die Lichtbahn des Scheines hervor, und sollte sie auch nur eine äusserst schmale Lichtlinie darstellen, um so augenfälliger zeigt sie sich. — Grössere Entfernung von der Lichtquelle wirkt verschärfend, indem sie einer Verkleinerung der Lichtquelle gleichkommt.

Wir wenden uns nunmehr zur Betrachtung der Lichtstrahlen im engeren Sinne.



II.

**Eigentliche Strahlen,**

für welche die Ursache der Strahlbildung in unsern  
Augen zu suchen ist.



## I. Der Thränenstrahl.

Alle bis hieher in Betrachtung gezogenen Erscheinungen haben mit Lichtstrahlen die Band- oder Linienform ihrer Spiegelbilderreihen gemeinsam, unterscheiden sich aber von eigentlichen Strahlen durch ihr ruhiges Schimmern und gleichmässiges Beharren. Niemand würde sich veranlasst fühlen, bei ihrer Wahrnehmung an den Sinn des Wortes Strahl, an einen Blitz oder an ein Geschoss zu denken, dessen plötzliches Eintreffen das Auge erschreckt oder auch nur überrascht. Nunmehr aber haben wir uns mit der Mannigfaltigkeit der blitzenden Strahlenscheine zu beschäftigen.

Unter diesen schliesst sich zunächst an die obigen, zur Einleitung in das Verständniss der gesammten Strahlenlehre vorangeschickten, Spiegelbilder-Reihen ein bisher noch von keinem Forscher beachteter, noch weniger beschriebener oder gar erklärter Strahl, welchen ich als den „Strahl der Gnade“ bezeichne. Ernsten und das Wesen der Erscheinungswelt um uns her ahnungsvoll erfassenden Gemüthern ist er nicht fremd. Die Kunst hat ihn vielfach in ihre weihevollsten Darstellungen hineingewoben. Wenn ich vom Gnadenstrahle rede, so weiss jeder Künstler und Kunstkenner was gemeint ist. (Tafel XIV., Fig. 17.)

Der kummerbeladene Dulder, der reuige Sünder, der in sehnsüchtigem Hoffen nach Tröstung schmachtende Zweifler, alle gepressten Herzen richten unwillkürlich ihre Blicke, sie vom niedern Staube und von allem irdischen Jammer erhebend, hinauf zum Himmel — um Hülfe, um Erleuchtung der dunkeln Seele flehend. Die tiefe Erregung des Gemüthes feuchtet das nach einem erquickenden Blicke der ewigen Allgüte suchende Auge;

die Thräne quillt — und, siehe da, ein heller, leuchtender Strahl fährt hernieder, ein dankbar willkommen geheissenes Zeichen himmlischer Erhörung.

Wie oft ist dieser Gnadenstrahl gemalt worden in Gestalt eines goldglänzenden Spiesses, welcher, aus dem die Sonne — oder auch das Dreieck mit dem „Auge Gottes“ — umgebenden Kranze kürzerer Lichtpfeile, sich geradenwegs in das Auge eines Betenden niedersenkt! Und doch ist sein Ursprung ein so gänzlich anderer. Die Thräne nämlich ist es, welche ihn erzeugt. Ohne Zerknirschung des Herzens keine Erlösung; ohne Thräne keine Gnade.

Für mich bleibt kein Zweifel, dass Einer schon einmal über diesen Strahl nachgedacht und geforscht hat: Karl Schimper, der Märtyrer der Naturforschung. Zwischen den verwirrten Blättchen seiner, meist nächtlichen, kaum leserlichen Aufzeichnungen fand ich verschiedene, welche mich genügend erkennen liessen, dass dieser von unerlöschlichem Wissensdurst getriebene Denker auch die Lichtstrahlen forschend in Betrachtung gezogen hatte. Zu einer seiner Untersuchungen bedurfte er einer Thräne im Auge. Er, dessen Augenquell in stummem Schmerze seit vielen Jahren vertrocknet war, sehnte sich vergeblich nach einer solchen. Ohne sie konnte er eine ihm verbliebene Frage nicht lösen. Seine Braut, die Schwester seines Freundes Alexander Braun, hatte ihm im Jahre 1841 die Treue gebrochen und damit sein ganzes Lebensglück zerstört. Reuevoll dem Tode entgegensiehend, glaubte sie nicht Ruhe im Grabe zu finden, wenn sie nicht in diesem Leben sich noch einmal vor Dem ausspreche, an welchem sie so sehr gesündigt, und seine Vergebung empfangen. Aber sie hat auch diese schwere Zeit überwunden und „Alles Gott anheimgestellt“ und gab nur einen kleinen Brief in die Hände ihres Bruders, welcher denselben nach ihrem Tode an Schimper senden sollte. Dies geschah am 11. März 1860. Als Schimper jenen Brief empfing, fühlte er eine Thräne quellen zwischen seinen Wimpern — und er ergriff den günstigen Augenblick und löste seine Aufgabe. Der Trieb zur Forschung hatte in ihm längst jegliches andere Begehren überwunden.<sup>1)</sup>

---

<sup>1)</sup> Vergleiche Volger: Leben und Leistungen des Naturforschers Karl Schimper. Frankfurt a. M. 1889. 55. 56.

Es konnte in Obigem nur von einer Untersuchung über den Thränenstrahl die Rede sein, welche den grossen Dulder beschäftigte. Leider ist dem letzteren nicht vergönnt gewesen, Gang und Ergebnisse seiner Forschungen niederzuschreiben und zum Gemeingute der Menschheit zu machen. So kommt es, dass hier zum ersten Male dieser so tief in die Seele dringende Strahl eine wissenschaftliche Erwähnung findet.

Wie oft habe ich ihn beobachtet! Schmerz ist ein Segen für Den, welchem er zu Theil wird. Aber das Auge kann sich auch mit Thränenflüssigkeit füllen, ohne dass ein Kummer diese auspresst. Es waren recht nüchterne Umstände, unter welchen ich meine bezüglichen Beobachtungen gemacht habe: Strassenlaternen, Ermüdung, ein leerer Magen und Frösteln in den Gliedern, das war für mich das Zubehör. Manches Jahr, wenn ich im Winter, Abends, erschöpft, von meinem Arbeitszimmer in Goethe's Vaterhause mich auf den Heimweg begeben hatte, so befahl mich fast regelmässig, in Folge der Abspannung und Nüchternheit und des Gegensatzes der Kühle gegen die Behaglichkeit der Stube, ein krampfhaftes Gähnen, bei welchem mir dicke Thränen aus beiden Augen quollen. Beständig waren meine Blicke auf dem Wege zu den Strassenlaternen hingewandt, deren Flammen aus gewisser Ferne sternförmig erschienen und daneben noch zu so manchen Beobachtungen, über ihre regenbogenfarbigen Schleyer und andere Erscheinungen, eine unerschöpfliche Gelegenheit boten. Sobald aber die Thräne quoll und mein Auge füllte, trübte sich der Blick für die ganze Welt umher, und eine mächtige Lichtbahn schien sich aus der nächsten Flamme auf mich herabzusenken.

Der Vorgang, welchem diese Wirkung zuzuschreiben ist, besteht zunächst in der Spiegelung, welche auf der gewölbten Oberfläche der Thräne entsteht und durch welche, neben dem auf gewöhnlichem Wege vom Auge aufgenommenen Bilde der Lichtquelle, ein zweites Bild, das Spiegelbild von jenem, in die Dunkelkammer unseres Sehwerkzeuges befördert wird. Aber es bleibt nicht bei der einfachen Spiegelung. Die Thräne erleidet durch die Berührung der Hornhaut des Auges eine Ausbreitung, in Folge deren ihre Oberfläche eine glockenförmige Gestalt bekommt. Der Rand dieser Glockenform bildet eine brechende Kante, wie die eines sogenannten Prisma, und durch diese erleidet der Weg der Lichtwirkung (1—i) eine Ablenkung (Brechung), welche ihn nachdem

er gespiegelt ist (i—c) in flacherem Winkel in das Innere des Auges führt (c—h), woselbst er in seiner Fortsetzung durch die Linse (h—t) und aus dieser durch die sogenannte Glasflüssigkeit (t—w) noch zweimal im gleichen Sinne weiter abgelenkt wird bis er im Hintergrunde des Augapfels die empfindliche Netzhaut trifft. (Tafel XV., Fig. 18.)

Da die Spiegelung vom unteren Augenlide durch die Mitte des Auges den oberen Theil der Netzhaut trifft (l—i—c—h—t—w), so erscheint uns das Nebenbild selbstverständlich unterhalb des gewöhnlichen Sehbildes. Wodurch aber wird es bewirkt, dass wir nicht bloß ein, das Sehbild ein wenig verzerrendes, Nebenbild zu erblicken glauben, sondern einen langen Lichtweg, welcher seiner ganzen Länge nach im gleichen Augenblicke entsteht und dadurch eben die täuschende Vorstellung der blitzartigen Fortpflanzung des Lichtes, der pfeilähnlichen Bewegung des „Strahles“ veranlasst?

Die Lösung dieses Räthfels wird dargeboten in der That- sache, dass wir das von der Thräne in's Auge gespiegelte Neben- bild nicht einfach, sondern zu einer vielzähligen Reihe von Neben- bildern wiederholt erblicken. Der Spiegelpunkt auf der Wölbung der Thräne liegt nämlich dem Auge zu nahe, als dass die von ihm aus in's Innere des letzteren gerichtete Spiegelung nach ihrer Brechung durch die Linse sich auf eine so enge Fläche be- schränkt finden könnte, wie die, welche das unmittelbare Sehbild, der Entfernung seines Lichtquells vom Auge entsprechend, auf der Netzhaut einnimmt. Vielmehr verbreitet sich das Spiegellicht zu einem aufwärts gerichteten Lichtstreifen, dessen wirkliche Länge in unserm Auge selbstverständlich durch die Ausdehnung der Netzhaut beschränkt ist, dessen scheinbare Länge wir aber mit Nothwendigkeit so auffassen und beurtheilen, als ob er einer- seits von dem Leuchtpunkte in der Ferne und andererseits von unserem Auge begrenzt sei. Er reicht also von der Laterne bis in mein Auge — aber auch vom Himmel bis ins Auge des Betenden.

Um sich diesen Vorgang anschaulich zu machen, braucht man nur, in Nachahmung der Thräne, eine gewölbte spiegelnde Fläche, etwa eine Bergkrystall- oder Glaskugel, in eine wechselnde Zwischenentfernung zwischen Auge und Licht zu halten. Bei einem gewissen Abstände vom Auge sieht man nur den günstig gelegenen Theil des Kugelumfanges als einfache Lichtlinie. Bringt

man die Kugel dem Auge näher oder ferner, so wird die Linie zu einem anschwellenden Scheine. Dieser wächst mit der Entfernung allmählig, während die Breiten-Ausdehnung über den Umfang der Kugel ebenso allmählig abnimmt. Dagegen mit der Annäherung an das Auge nimmt die Schwellung des Scheines weit rascher zu, und ebenso zieht sich die seitliche Ausdehnung desselben zusammen, so dass bald nur ein schmales Licht übrig bleibt, welches aber höher und höher aufgestiegen ist und sich nun als ein, nur mit einem Ende die Kugeloberfläche berührendes, Schillerband, eine wahre Lichtstrasse, darstellt. Wäre unser Auge vollkommen, so müsste dieses Band als ein völlig gleichmässiger (nämlich unendlich vielfacher) Lichtschein befunden werden. In Wirklichkeit aber finden in unserer Linse Ungleichartigkeiten statt, in Folge deren die Ausbreitung der Lichtwirkung auf unserer Netzhaut eine ungleichmässige, stellenweise getrübt oder gar unterbrochene und an anderen Stellen besonders begünstigte, werden muss. Bei einiger Aufmerksamkeit und Übung sehen wir bald deutlich genug anstatt der einen beleuchteten und spiegelnden Umfanglinie der Kugel in ungleichen Abständen deren mehrere, und, nach sorgfältiger Einübung, in den Zwischenräumen zwischen jenen Abständen eine unerfassbare Anzahl noch viel zarterer Wiederholungen. Die ganze Reihe der unzählbaren Spiegellichter auf den sämtlichen Wiederholungen der Umfanglinie ist es, welche auf der Netzhaut, von dem richtigen Sehbilde aus aufwärts, eine eng zusammengedrängte Reihe von Spiegelbildern erzeugt — deren Wahrnehmung wir als eine ausserhalb, von der Lichtquelle abwärts, sich bis in die innerste Tiefe des Auges ausdehnende Lichtstrecke empfinden.

Ein ganz einfaches, keiner besonderen Hilfsmittel bedürfendes Verfahren, um die Entstehung des Gnadenstrahles unmittelbar bis in alle seine Einzelheiten zu verfolgen, ist das folgende. Ich strecke meinen Arm gegen das helle Fenster oder gegen eine Kerzenflamme und halte einen Finger, etwa auf der Höhe des unteren Augenrandes, wagerecht quer. (Tafel XVI., Fig. 19.) Sein Rücken zeigt sofort an allen glatten Stellen einen unbestimmten Spiegelschein, vorzüglich deutlich auf dem blanken Nagel. Bald bemerke ich, dass der Finger wie mit einer Schleyerhülle umgeben erscheint; in dieser erkenne ich deutlich mehrere Wiederholungen der Umrisslinie des Fingers, welche lichtlos, wie mit äusserst zarten Federstrichen in die Luft gezeichnet sich dar-

stellen. Bringe ich nur, bei sonst unveränderter Haltung, durch Einziehung des Ellenbogens den Finger allmählig näher zum Auge, so wird jene Schleyerhülle schmäler und schmäler und verschwindet in einem gewissen Punkte völlig, während gleichzeitig die Wiederholungen der Umrisslinie des Fingers näher zusammenrücken und endlich sich mit der eigentlichen Umrisslinie vereinigen. Rücke ich nun den Finger noch näher an das Auge heran, so beginnt sofort der Schleyer sich wieder zu zeigen, und in ihm treten auch wieder die vielfachen Umrisslinien auf. Es empfiehlt sich nun, den Finger so zu halten, dass sich der Nagel gerade zwischen der Lichtlinie und dem Auge befindet. Dann erglänzt die Spiegelung hell, und je näher wir sie dem Auge bringen, um so schmäler schränkt sie sich zusammen, um so höher aber häuft sich gleichsam auf dem Nagelrücken die unzählbare Menge der Wiederholungslinien zu einer bandförmigen Bilder-Reihe, welche in ihrer Gesammtheit als ein Strahl erglänzt. Die Lichtlinien erscheinen theilweise in schönen Farben, zumal roth und grün. Bringen wir den Fingernagel bis an unser Augenlid selbst heran, so erkennen wir den Gnadenstrahl in überzeugender Deutlichkeit. Der Versuch gelingt für Anfänger am Besten in möglichst dunklem Raume, in welchen nur ein kleiner, aber recht heller Leuchtpunkt hereinscheint, indem man hinter einem Durchstichlöchlein eines schützenden Schirmes eine brennende Lampe aufstellt. (Tafel XVII., Fig. 20.)

Die zarten, aber doch ungleich kräftigen Querlinien des Gnadenstrahles, durch welche letzterer in so viele schmale Spiegelbilder zertrennt erscheint, sind die mit blossem Auge wahrgenommenen „Fraunhoferschen“ Linien. Ich muss mich begnügen, diese Thatsache hier einfach hinzustellen, ohne auf eine weitere Erörterung derselben einzugehen.

Hier sei nur noch erwähnt, dass, wenn bei obigem Versuche statt des Fingernagels eine kleine aus Bergkrystall geschliffene Walze, oder die Kante eines solchen Kantstabes „Prisma“ angewandt wird, die Vervielfältigung der Bilder und die Fraunhoferschen Linien besonders schön zum Vorscheine kommen und in Folge der Vollkommenheit der Spiegelung in solcher Klarheit und Unge störtheit auftreten, dass sie die schönsten Farben zeigen. Jedes einzelne Spiegelbild, d. h. also jedes schmale Licht zwischen zwei Fraunhoferschen Linien, zeigt nach Oben, gegen die Lichtquelle hin, einen purpurrothen, nach Unten einen smaragdgrünen Saum,

freilich von äusserster Feinheit. Mein kurzsichtiges aber ungewöhnlich feinsichtiges Auge erkennt sie stets. Dem Achtlosen oder nicht so Begünstigten zeigt sich nur ein verschwommenes goldgelbes Licht. Ich erblicke auf dem Thränenstrahle, welcher eigentlich eine ziemlich grobe Erscheinung ist, ausserdem schmale unregelmässige, mannigfach gebogene und gebrochene Lichtlinien mit dunkler Einsäumung: die Falten- und Zusammenschiebungszüge der schleimigen Oberhaut, welche sich stets auf der Hornhaut (Cornea) des Auges vorfinden und welche in dieser Durchleuchtung sehr deutlich wahrnehmbar sind. (Tafel XVI., Fig. 21.)

Ein treuer Forscher, welcher das eigne Sein täglich in die Schanze schlägt im Ringen nach Erkenntniss, kann nicht ohne das Gefühl eines ehrfurchtsvollen Schauers zurückblicken auf die Anschauungen, welche, als Ergebnisse gleichen Ringens längst vergangenener Geschlechter, aus dem fernsten Alterthume uns überliefert worden sind. Sie wieder verstehen zu lernen ist auch eine Frucht des Forschens, eigenen Entdeckungen an Werthe gleich. So sei mir denn vergönnt, hier darauf hinzuweisen, dass im alten Ägypten Darstellungen üblich waren, welche kaum eine andere Erklärung zulassen, als die Annahme, dass die Auffassung des Lichtstrahles, insbesondere des Gnadenstrahles, als Spiegelbilder-Reihe, welche ich hier zum ersten Male für die heutige Wissenschaft lehre, vor Jahrtausenden schon einmal Platz gegriffen hatte, vor Jahrtausenden schon einmal — wieder der Vergessenheit anheimgefallen ist. Nach Lepsius, dem Erforscher des Ägyptischen Alterthums, ward „Sothis“, die heilstrahlende Sonne, sinnbildlich dargestellt durch das Dreieck von gelber Farbe — ohne Zweifel die Umrisssform der Flamme. Es ist dasselbe Dreieck, welchem wir das „Auge Gottes“ einzuzeichnen durch unergründlich altes Herkommen uns gewöhnt haben. Den Strahl aber, welcher von diesem Quell des Lichtes ausgeht, stellt die Ägyptische Bilderschrift dar durch eine von der Sonne abwärts sich erstreckende Reihe von Wiederholungen des nämlichen Dreieckes, wie etwa, wenn wir auf Tafel XVII. Figur 20 in a statt der Kerzenflamme uns ein Dreieck als Sonnenzeichen hinstellen und die darunter angedeutete Reihe von Lichtlinien als Grundlinien der Wiederholungen jenes Dreiecks gelten lassen. Freilich kehrte man diese Wiederholungsbilder nicht um (wie die Spiegelbilder der Kerzenflammen in b unserer Darstellung) — aber weit entfernt, in diesem

Mangel einen Beweis für mangelhafte Auffassung zu finden und somit mir die wirklich allererste Entdeckung des wahren Grundwesens des Lichtstrahles zuzuschreiben, möchte ich vielmehr annehmen, dass man durch Vermeidung der Spiegelstellung der Wiederholungsbilder einem Missverständnisse vorbeugen wollte, indem das gespiegelte Licht- und Feuer-Dreieck, mit niederwärts gewandter Spitze, den Gegensatz desselben, nämlich das Wasser bedeutete.

Mit dem Thränenstrahle habe ich die Betrachtung der mannigfaltigen Strahl-Erscheinungen begonnen, welche wir unserm Auge und seinen verschiedenen Theilen verdanken. Das Auge ist gleichsam das Gefäß der Thränen. Warum? — und weshalb erquickt uns, ungeachtet der Nüchternheit der obigen Erklärung, der Lichtstrahl von Oben, welcher so täuschend sich auf uns herab zu senken scheint? — In Wirklichkeit, wie ich gezeigt habe, baut er von Unten sich auf und staffelt sich in seiner Quertheilung, die wie eine lange Sprossenreihe erscheint, als eine Himmelsleiter zum Lichte hinauf. Die Welt des Scheines und die Welt des Glaubens — Physik und Metaphysik — wohnen nahe, sehr nahe bei einander!



## 2. Liderstrahlen.

Der Beschaffenheit und Wirksamkeit unserer Augenlider verdanken wir zweierlei Arten von Strahlgebilden, welche beiderlei vermittelt werden durch die an dem Rande der Lider nie mangelnde Feuchtigkeit. Die Erscheinungsform, in welcher beide Arten von Strahlen durch diese Vermittlung sich darstellen, hängt ab von der Besonderheit der in beiden Fällen zur Wirkung gelangenden Theile der Lider. In dem einen, und zwar dem bedeutsamsten Falle, machen sich die am inneren Rande der Lider in Gestalt winziger Kegel hervorragenden Meibom'schen Drüsen geltend: sie erzeugen die Sternstrahlung. In dem andern wirken die glatten Randflächen der Lider selber: von ihnen nimmt ihren Ursprung die Blinzelstrahlung. Beide Fälle erfordern eine gesonderte und einlässliche Besprechung.

### a. Die Sternstrahlung.

Aus zahllosen Wahrnehmungen ist die Vorstellung entstanden, dass die Gestalt der Gestirne eine regelmässig strahlige sei. Die vom Himmel fallenden Schneesterne, welche in Regelmässigkeit häufig das Vollkommenste leisten, mochten wohl die Vorbilder liefern. Da sie „vom Himmel“ fallen, an welchem man die Gestirne prangen sah, so lag es nahe, zu vermuthen, dass in jenen hohen Räumen eine regelmässige Gestaltungskraft sich geltend mache, welche mittelst der Schneesterne dann auch auf den Erdboden übertragen werde. Hielt doch das Alterthum den Bergkrystall — wie schon die Benennung<sup>1)</sup> solches besagt —

<sup>1)</sup> Das Wort „Krystall“ ist griechisch (*ὁ κρύσταλλος*) und bedeutet das von Kälte Erstarrte. \*—

für ein Eis, welches durch sehr starke Kälte zu Stein geworden sei und nicht wieder aufthauen könne. Im Mittelalter bildete sich die Vorstellung, dass das mit dem Schnee vom Reiche der Sterne auf die Erde herabgelangende Wasser den irdischen Stoffen die himmlische Gestaltungskraft mittheile und somit die Entstehung aller regelmässigen Gestalten des Steinreiches vermittele. Diese Anschauung finden wir in den Schriften des tief gedankenreichen, uns aber oft schwer verständlichen, Arztes Philipp Baumast — genannt Theophrastus Bombastus ab Hohenheim Paracelsus<sup>1)</sup> — geb. 1493 zu Einsiedeln, gest. 1541 in Salzburg. Derselbe nimmt offenbar an, dass die verschiedenen Gestirne des Himmels mittelst einer derartigen Beeinflussung, gleichsam Befruchtung, in den irdischen Stoffen erzeugend wirken. „Die Metalle, „so von oben herabkommen, nehmen ihren Ursprung aus den „sieben Planeten; die Steine aber werden geboren in Sternen, die neben den Planeten stehen.“ Diese werfen sie aus, wie die Planeten die Metalle auswerfen, und daher werden jene gefunden auf den Höhen der Erde. „Aber von Krystallen und Beryllen ist „zu wissen, wie auch von den Citrinen, dass sie geboren werden „aus den Schneesternen, von denen der Schnee kommt.“ U. s. w. Die Ausbildung der Schneekrystalle (Tafel XVII., Fig. 22.) ist bekanntlich eine höchst mannigfaltige (a. b. c.). Bald zeigen sich nur sechs äusserst schmale Nadeln um einen Mittelpunkt gestellt; bald sind diese mit Seitennadelchen besäemt; bald schliessen diese Säume sich zu breiten Rautenzacken zusammen; bald endlich gehen die Sterne durch Ausfüllung der einspringenden Winkel zwischen dem Zacken in sechseckige Täfelchen über. Stets lassen sie die vollkommenste Regelmässigkeit ahnen, selbst wenn sich solche nicht vollständig darstellt. Und mit den Sternen am Himmel ist es ebenso.

Himmlische Sterne. In Wirklichkeit erscheint vielleicht keinem Auge je ein himmlischer Stern in voller Regelmässigkeit, weder mit sechs oder mehreren, noch mit fünf oder weniger,

---

<sup>1)</sup> Der durch Missverständnisse so vielfach höchst ungerecht beurtheilte Gelehrte hiess Baum-Ast, in der Mundart seiner Heimath ausgesprochen „Bomb-Ast“ (er führt einen Baum-Ast in seinem Wappen). Nach der Sitte seiner Zeit nannte er sich nach einem, ihm gleichsam als Vorbild oder wissenschaftlicher Pathe geltenden, Gelehrten des Alterthums: Theophrastus, gab seinem Stammnamen eine lateinische Endigung, setzte auch noch den Heimathsort und endlich das Schmuckwort „Paracelsus“ = der Erhabene hinzu.

gleichlangen, oder auch ordentlich abwechselnden, ungleich langen, Zacken. Aber in Voraussetzung der Regelmässigkeit helfen wir unsern Augen gleichsam nach und „glauben“, von der Annahme der Wirklichkeit der zackigen Gebilde ausgehend, regelmässige Gebilde zu sehen. Wohl kein Auge sieht Gestirne am Himmel in solcher Sternform, wie man diese in Wappen und Zierrathen, auch wohl an den Wölbungen der Kirchen darzustellen pflegt. (Tafel XI., Fig. 23.)

Vielmehr nimmt man in Wirklichkeit nur äusserst schmale Lichtlinien wahr, welche aber oftmals gedoppelt oder dreifach, ja auch zu mehreren pinselartig je von einem Punkte ausfahrend gesehen werden. Ich sehe bei nicht besonders lichtstarken Sternen nur eine sehr magere Strahlenform (Tafel XVI, Fig. 24); bei lichtstarken ist dieselbe durch Vervielfältigung (als Zerstreungsblume!) eine gefülltere, aber freilich dann auch minder klare. (Taf. XVII., Fig. 28.)

Thatsächlich sieht das Auge oder Augenpaar des einen Menschen einen und denselben Stern andersstrahlig, als das des andern Menschen. Fünf Strahlen werden besonders häufig wahrgenommen. Dabei kann ein Strahl nach Oben gerichtet sein oder nach Unten. (Tafel XI., Fig. 23 c. d.) Es hat sich die Vorstellung gebildet, dass ersterer Fall beim Aufgange der Sterne zutrefte, letzterer dagegen beim Untergange. Danach unterscheidet sogar unsere Wappenkunde „steigende“ und „sinkende“ Sterne. Weiter unten soll gezeigt werden, dass diese Auffassung auch möglicher Weise eine gewisse Begründung, wenn gleich in anderem Sinne, haben kann. Ebenso die Thatsache, dass eine Volks-Gemeinschaft, -Eigenart und -Verschiedenheit in der gewohnheitsmässigen Vorstellung der Sterne stattfindet: die Deutschen Wappen sollen meist fünfstrahlige Sterne zeigen, die Französischen sechs.<sup>1)</sup> Auch bei den sechsstrahligen Sternen besteht eine Unterscheidung, je nachdem der „steigende“ Stern (a) je einen Strahl senkrecht nach Oben und Unten, dagegen je zwei nach Rechts und Links zeigt, während der „sinkende“ (b) je einen Strahl wagrecht nach beiden Seiten, dagegen je zwei nach Oben und Unten stellt. Diese Scheine und Annahmen haben keine Begründung in der äusseren Wirklichkeit. An die Fünfstrahligkeit glaubten auch die alten

---

<sup>1)</sup> Diese Angabe, welche ich in Pierer's Universallexikon unter „Stern“ fand, scheint sich jedoch kaum als Regel zu bestätigen! —

Ägypter. Alexander von Humboldt<sup>1)</sup> hebt diese Meinung hervor, indem er erwähnt, dass „die alten Ägypter den Sternen regelmässig nur fünf Strahlen (also um je  $72^{\circ}$  entfernt) geben, so dass dieses Sternzeichen nach Horapollo hieroglyphisch die Zahl 5 bedeuten soll.“<sup>2)</sup> Doch zeigt schon das vermuthlich älteste aller Denkmale, auf welchen Sterne dargestellt erscheinen, der bei Susa aufgefundenene, jetzt im British Museum aufbewahrte Babylonische schwarze Stein<sup>3)</sup>, vermuthlich Akkadischen Ursprunges,<sup>4)</sup> den Halbmond auf der einen Seite von einem (sinkenden) fünfzackigen, andererseits von einem vierzackigen Sterne begleitet. (Tafel XVIII., Fig. 25.) Im Gegensatze dazu möge hier erwähnt sein, dass Alexander von Humboldt erklärte, die Sterne 1. bis 3. Grösse achtstrahlig zu sehen.<sup>5)</sup>

Vielleicht aber unterschied Derselbe, diesen Untersuchungen allzufern stehend, nicht genügend zwischen den hier in Rede stehenden echten Sternstrahlen und den später zu besprechenden Blinzel- und Wimperstrahlen; was mir um so wahrscheinlicher ist, als v. Humboldt, nach seinen Bildnissen zu urtheilen, wohl stets „blinzelte“. So erklärt sich also vermuthlich auch bei Andern die Vielstrahligkeit.

Es giebt Menschen, welche an jedem Sterne nur nach Oben gerichtete Strahlen wahrnehmen, und zwar je drei oder auch je fünf. Ich meinestheils sehe schon seit einer Reihe von Jahren stets fünf Strahlen, von welchen zwei, geweihtartig gespreizt und

<sup>1)</sup> Kosmos. Bd. III. 166.

<sup>2)</sup> A. v. Humboldt verweist (a. a. O. 203. Anm. 41) auf Horapollinis Niloi Hieroglyphica ed. Conr. Leemans 1835. cap. 13. p. 20., fügt aber auch hinzu, dass der gelehrte Herausgeber gegen Jomard (Descript. de l'Egypte. T. VII. 423) erinnere, dass der Stern als Zahlzeichen 5 bisher auf den Monumenten und Papyrusrollen noch nicht gefunden worden ist. (Horap. 194) — Der Zusatz „also um je  $72^{\circ}$  entfernt“ darf sich nur auf die bildlichen Darstellungen beziehen. In Wirklichkeit nämlich sind die Winkel zwischen den gesehenen Strahlen oft — wohl immer! — sehr ungleich. Die Kunst strebt stets nach Regelmässigkeiten und wird dadurch stets wahrheitswidrig. —

<sup>3)</sup> Caj. Kossowicz: Inscriptiones Palaeo-Persicae Petropoli. MDCCCLXXII. 123. Abbildung des ganzen Steines.

<sup>4)</sup> Hugo von Lomnitz: Solidarität des Madonna- und Astarte-Cultus. Claudiopoli. (1886.) 124. Fig. XII. — Der jetzt leider zersprengte Stein ist noch in unversehrtem Zustande abgebildet auch in Walpole's Travels. Er galt bei den „Arabern“ selbst für heilig. —

<sup>5)</sup> Kosmos. III. 166.

gestreckt, nach Oben, drei, enger zusammengestellte und kürzere, dagegen nach Unten gerichtet sind. Jedoch wird mir dieses Bild gestört durch eine grössere Anzahl von besonderen Strahlen bei der Betrachtung der Wandelsterne Venus und Jupiter, sowie auch der Fixsterne 1. Grösse. Auf eine solche Wahrnehmung deutet auch die in unsern Sternkarten übliche Darstellung (Tafel XIX., Fig. 26), indem den Sternen der geringeren Grössen bisweilen nur drei Zacken, anderen vier, den hervorragenderen vollends sechs bis acht solche, denjenigen 1. Grösse aber ausserdem noch dazwischen gefügte ganz zarte Strahllinien gegeben werden.

Angesichts dieser Darstellungen und ihrer allgemeinen Anwendung finden wir uns mit Recht befremdet durch den Mangel irgend einlässlicher Besprechungen der Sternstrahlen im ganzen Schriftenschatze der Menschheit. Giebt es doch selbst in allen Darstellungen der Himmels- oder Sternkunde keine solche. Ja, Bücher, welche ausdrücklich dem „Fixsternhimmel“ gewidmet sind, erwähnen dieser, von allen Menschenaugen bewunderten, Erscheinung nicht einmal mit einem Worte.<sup>1)</sup>

Die Länge der Strahlen, in deren Schmucke wir die grösseren Planeten und die Fixsterne zu erblicken gewohnt sind, (Tafel XVII., Fig. 27. 28.), beträgt mindestens 5 bis 6 Minuten.<sup>2)</sup>

Sie ist aber bedeutenden Wechsels und zumal ungewöhnlicher Ausdehnung fähig, sobald der Leuchtpunkt scheinbar bewegt wird — wie z. B. beim „Funkeln“ der Sterne, wo die rasch auf einander folgenden, gleichsam hin und her springenden Bilder (bekanntlich wird dieses scheinbare Hüpfen durch wechselnde Brechung in Luftströmungen von ungleicher Dichtigkeit verursacht) sich in unserer Auffassung vereinigen, wie ein rasch bewegter Funke uns das täuschende Bild einer Lichtlinie vorgaukelt. —

Die feinen Zwischenstrahlen sind stets kürzer, wie dies auch die Bilder auf unsern Himmelskarten anzudeuten pflegen. (Tafel XIX., Fig. 26.)

Letzterer Brauch erinnert an den Umstand, welcher bislang leider fast gar keine wissenschaftliche Beachtung gefunden hat, dass es nämlich in den Stern-Erscheinungen zweierlei gänzlich verschiedenartige Strahlen zu unterscheiden giebt.

<sup>1)</sup> Mädler: Der Fixsternhimmel. Leipzig. 1858. —

<sup>2)</sup> Kosmos. III. 68.

Mir ist nur eine Erwähnung bekannt, welche diesen Umstand wenigstens berührt, nämlich in dem „Handbuche der Physiologischen Optik“ von H. Helmholtz.<sup>1)</sup> Dasselbst wird die Erscheinung der „monochromatischen Abweichungen“ im menschlichen Auge erörtert, durch welche bewirkt werde, dass man unter gewissen Bedingungen statt eines angeschauten „hellen Punktes nicht, wie es in einem schlecht eingestellten Fernrohre der Fall ist, eine kreisförmige Fläche, sondern eine strahlige Figur von vier bis acht unregelmässigen Strahlen sieht, welche in beiden Augen verschieden zu sein pflegt und auch für verschiedene Menschen verschieden ist.“ — — „Ist das Licht schwach, so kommen nur die hellsten Stellen der Strahlenfigur zur Wahrnehmung, und man sieht mehrere Bilder des hellen Punktes, von denen gewöhnlich eins heller ist als die anderen. Ist das Licht dagegen sehr stark (lässt man z. B. direktes Sonnenlicht durch eine feine Öffnung fallen), so fliessen die Strahlen des Sterns in einander, rings umher entsteht ausserdem ein aus unzähligen, äusserst feinen und bunt gefärbten Linien bestehender Strahlenkranz von viel grösserer Ausdehnung, den wir unter dem Namen des Haarstrahlenkranzes von dem sternförmigen Zerstreungsbilde unterscheiden wollen.“ (Tafel XIX, Fig. 29.) Es folgen an derselben Stelle noch einige Erörterungen, welche die Verschiedenheit des Verhaltens jenes „sternförmigen Zerstreungsbildes“ und des „ausgedehnteren Haarstrahlenkranzes“ in sehr entscheidender Weise beleuchten und mit welchen wir uns weiter unten ebenfalls zu beschäftigen haben werden. Denn die einfache Hinweisung: „Die strahlige Gestalt der Sterne und ferner Laternen gehört mit zu diesen Erscheinungen.“ — das ist Alles, was selbst Helmholtz's leitendes Werk über die Strahlen, nicht blos der Sterne, sondern überhaupt in Betreff aller Lichtstrahlen darbietet. Soweit sich diese Äusserung auf die strahlige Gestalt der Sterne beziehen soll, beruht dieselbe übrigens auf einem Irrthume. Die von Helmholtz untersuchten sternähnlichen Zerstreungsbilder sind nämlich von wirklichen Strahlensternen gerade in dem an dieser Stelle näher erläuterten Verhalten grund-

<sup>1)</sup> Erste Auflage in der Allgemeinen Encyclopädie der Physik, herausgegeben von G. Karsten. IX. Band: Handbuch der physiologischen Optik. Leipzig 1867. 138 f. — Zweite Auflage: Hamburg und Leipzig. 1886. 170 f.

verschieden, was später erörtert werden soll. Sie haben auch gar keine eigentlichen Strahlen und gehören überhaupt nicht zu den Sternerscheinungen. Die Sternstrahlen<sup>1)</sup> sind denn auch niemals kürzer als die Haarstrahlen, im Gegentheile, wo beiderlei Strahlen zugleich wahrnehmbar, stets länger. Die Haarstrahlen sind immer nach allen Richtungen des Umkreises gleichmässig vertheilt — eine Anordnung, auf welcher ihre Sonnenhaftigkeit beruht, während die Sternstrahlen büschelweise angeordnet erscheinen. Letztere bleiben also bei Helmholtz eigentlich ganz unerwähnt. Zur Erklärung der Haarstrahlen macht Helmholtz's Werk auch gar keinen Versuch; es stellt sie nur als eine Thatsache hin, welche sich bei der Beobachtung der Zerstreuungsbilder kundgebe, sobald starkes Licht angewandt wird; womit allerdings wohl gewiss nicht hat gesagt werden wollen, dass sie nicht auch anderweit auftreten. Aber es gereicht mir zur Genugthuung, in obiger Anführung den Nachweis zu liefern, dass unser Helmholtz der Erste und bis jetzt auch wohl der Einzige ist, welcher die Haarstrahlen beschrieben und von anderen Strahlen unterschieden hat. Da beiderlei Strahlen durchaus verschiedenen Ursprung haben, so beschränkt sich die folgende Erörterung zunächst auf die eigentlichen Sternstrahlen, während die Haarstrahlen einer späteren besonderen Betrachtung vorbehalten bleiben sollen.

Zuvörderst aber müssen die obigen Angaben von Helmholtz über die „Zerstreuungsfiguren“ an ihren richtigen Ort gestellt werden. Bekanntlich vereinigen sich die von einem fern gesehenen Leuchtpunkte ausgehenden Lichtwirkungen (man nennt dieselben verwirrender Weise leider gewöhnlich „Lichtstrahlen“!) in Folge von Unvollkommenheiten unserer Augen auf der Netzhaut nicht in einem Brennpunkte, sondern in mehreren. Die Folge davon ist, dass man statt eines Bildes mehrere erblickt, welche in oft sehr verworrener Art um einen Mittelpunkt zerstreut sind. Diese Gruppe von Bildern nennt man die Zerstreuungsfigur. Solche giebt es für jedes Auge eine be-

---

<sup>1)</sup> A. von Humboldt (Kosmos III. 67 und an anderen Stellen) nennt die Strahlen oder Lichtbüschel, auf welchen die Sterngestalten beruhen, „Sternschwänze“. Ich kann mich dem Gebrauche dieses Ausdruckes nicht anschliessen. Eine uralte, ehrwürdige, auf uns überkommene Anschauung erblickte in den Sternen die strahlenden Angesichter der himmlischen Götter; dazu passen Schwänze nicht.

sondere, oder vielmehr zwei besondere: nämlich je eine, welche man wahrnimmt, wenn das Auge dem Leuchtpunkte näher gebracht wird, als die günstigste Sehweite bedingt, und je eine, welche sich herausbildet, wenn das Auge über die günstigste Sehweite hinaus von dem Leuchtpunkte entfernt wird. (Taf. XX, Fig. 30, 34.) Helmholtz hat sie alle vier, wie er solche in seinen Augen beobachtete, abgebildet. Mir gelingt es durchaus nicht, diese Beobachtung zu bestätigen. Verfahre ich nach Helmholtz's Angabe, so sehe ich nur innerhalb des Nadelstiches eine Anzahl kleiner Lichtscheiben (also von sehr geringer Grösse), welche in der kreisrunden, schwach beleuchtet erscheinenden Öffnung in unregelmässiger Weise vertheilt sind: gerade so, wie ich bei Betrachtung des Vollmondes (Tafel XVI, Fig. 31) eine Anzahl von Mondbildern in einem grösseren, kreisförmig umschriebenen Raume zerstreut und sich mannigfach überdeckend wahrnehme. Schon ihrer Kleinheit nach kann ich diese Zerstreungsfigur mit den von Helmholtz, ohne Angabe des Grössenverhältnisses, abgebildeten nicht wohl vergleichen. Zur Abbildung festhalten kann ich sie auch nicht. Am Nächsten den Helmholtz'schen Figuren kommen die Bilder der Sonne, welche ich empfangen, wenn ich diesen, der ungeblendeten geraden Anschauung unzugänglichen Weltkörper sich in einem verkleinernden und lichtdämpfenden Spiegel — z. B. einem innen geschwärzten Uhrglase — abbilden lasse. Diese Beobachtung lässt mich auch verstehen, wie Helmholtz die Haarstrahlen, welche das Sonnenbild umgeben, für länger befinden konnte, als die von ihm für Sternstrahlen angesehenen Zerstreungsbilder. Adolf Fick<sup>1)</sup>, welcher, wie ich mich erinnere, noch weit kurzsichtiger ist, als ich, bekennt ebenfalls, dass er den von Helmholtz abgebildeten „immer beständigen Theil der Zerstreungsfigur in seinen Augen“ nicht bestätigen könne. Von der Sternstrahlung redet Derselbe gar nicht.

Hier sei noch angeführt, dass die ausgezeichnetste Zerstreungsfigur, welche ich kenne, sich in meinen — und vieler anderer Menschen — Augen darstellt, wenn ich die Mondsichel nahe vor dem Ersten oder nach dem Letzten Viertel betrachte. (Tafel XVI, Fig. 32.) Ich erblicke dann auf einer im Ganzen

<sup>1)</sup> Adolf Fick: Die medicinische Physik. Braunschweig. 1858. 336. Anm. —

kreisförmigen, von mildem Lichte übergossenen Fläche eine grosse Menge von Sichel, deren Zahl und Einzelstellung ich nicht festzuhalten vermag. Diese Sichel behalten, wenn ich das Auge bewege, ihre Ordnung nicht bei — es ist, als flössen sie von ihrer Stelle und als flössen an anderen Stellen neue Sichel zusammen — wohl aber stimmen alle in ihrer Stellung mit der wirklichen Mondsichel überein. Offenbar liefern also verschiedene Stellen meines Auges verschiedene Bilder, und dazwischen giebt es Stellen, welche gar keine Bilder zulassen, oder doch nur sehr schwache. Jedes meiner Augen erblickt auch die Sichel-Gruppen in besonderer Weise, und es besteht sogar Neigung, zu schielender Wahrnehmung zweier Gruppen, wenn ich mit beiden Augen zugleich hinblicke. Wenn ich absichtlich schiele, so erblicke ich die beiden Sichel-Gruppen meiner beiden Augen gesondert neben einander mit deutlicher Verschiedenheit.

Das Gesamtbild sehe ich durchzogen von zweien dunkeln unregelmässig schräg verlaufenden Bändern, nahezu von gleicher Richtung. Dieselben durchschneiden die Mondbilder selbst. Neige ich den Kopf, so ändern sie ihre Lage und schneiden die Mondbilder folglich in anderer Richtung, woraus folgt, dass sie mit Unregelmässigkeiten meiner Augen — etwa Falten der Oberschicht der Hornhaut — zusammenhängen. Sie sind von Lichtsäumen begleitet, durch welche die berührten Sichelbilder verbunden und verzerrt werden. Aber diese dunkeln Bänder erscheinen mir nicht immer; es muss also Stellen meiner Augen geben, welche von den sie bedingenden Störungen frei sind.

Bei Betrachtung einer Kerzen- oder beliebigen Leuchtlampe (man macht den Versuch am Besten mit nur einer Flamme in übrigens möglichst dunklem Raume) erblickt ein kurzsichtiges Auge stets eine ganze Gruppe von Flammenbildern. Schon Gilbert<sup>1)</sup> bemerkte, dass er ohne Brille deren stets 9 bis 10 sah, und inmitten eines solchen „Flammenhaufens“ befanden sich nichtleuchtende Stellen.

Doch wir kehren zurück zur Betrachtung der Sternstrahlungen. Die Vorstellung von der zackigen Gestalt der Gestirne musste schwinden, sobald, durch Galilei's Erfindung, Fernrohre zur Beobachtung derselben benutzt werden konnten. Ja, dass die Sternform den Weltkörpern in keiner Weise angehört,

<sup>1)</sup> Annalen der Physik. 1805. XIX. 217.

erwies sich sofort durch die Thatsache, dass Fernrohre dieselbe keineswegs, wie man vermuthet hatte, verdeutlichen, sondern vielmehr spurlos verschwinden lassen. Man erblickt also den eigentlichen Stern, ohne alle Strahlen. Dass bei solcher Betrachtung nicht blos, wie bei der grossen Entfernung angenommen werden dürfte, ein aller wahrnehmbaren Ausdehnung entbehrender Lichtpunkt gesehen wird, sondern eine kleine Lichtscheibe, deren Durchmesser um so kleiner ausfällt, je grösser die Öffnung des Fernrohres ist<sup>1)</sup>, übrigens aber um so grösser sich darstellt, je stärker ihr Licht, je klarer also die Luft, dieser Eindruck ist von der Sternform unabhängig. Eine Wolke verkleinert die Scheibe, welche durch sie hindurch beobachtet wird.<sup>2)</sup> Auf die Ursache der Scheibenerscheinung und der obendrein diese meistens umgebenden dunkeln oder regenbogenfarbigen Ringe darf hier nicht eingegangen werden. Genug, dass wir die Überzeugung gewinnen müssen, dass die Sterngestalt nur hervorgerufen wird durch die Strahlen und dass letztere offenbar einzig unserm Auge angehören.

Der grosse Newton (geb. 1642, † 1727 in London) spricht sich in seinem Werke über die Optik über die Sternstrahlung nur in sehr unbestimmter und ungenügender Weise aus.<sup>3)</sup> „Auch die Strahlung und das Funkeln (die „Scintillation“) der Fixsterne — so lauten seine Worte — „ist den Brechungen zuzuschreiben, welche die Lichtstrahlen in unsern Augen sowohl, als in der unruhigen Lufthülle der Erde erleiden: denn die Erscheinung hört auf, sobald man die Sterne durch ein Fernrohr betrachtet. Das Zittern der Luft und die aufsteigenden Dünste verursachen, dass die Strahlen leicht abwechselnd von dem engen Raume der Pupille abgelenkt werden, was dagegen bei der grösseren Öffnung eines Fernrohrobjektives nicht geschieht. Dies ist der Grund, weshalb das Funkeln im ersteren Falle entsteht, im letzteren dagegen unterbleibt. Zugleich liegt in diesem Aufhören der Beweis für die regelmässige Fortpflanzung des Lichtes durch den Himmelsraum ohne jede merkliche Spiegelung

<sup>1)</sup> Kosmos. III. 167. — Herschel in Poggendorff's Annalen. XXIII. 282.

<sup>2)</sup> Herschel a. a. O. 283.

<sup>3)</sup> Philosophiae naturalis principia philosophica. Lib. III. Optice. Lib. I. Pars I. 1719. — Vgl. Prof. Dr. K. Exner: Über die Scintillation. Meteorolog. Zeitschrift. 1888. 275.

(„Refraction“).“ Demnach scheint Newton die Sternstrahlung gleichsam durch ein Hinundherirren des Lichtpunktbildes der Gestirne auf der Netzhaut zu erklären. Einer solchen Annahme widerspricht aber nicht allein die Regelmässigkeit der Strahlensterne, wenn sie auch nie eine vollkommene sein mag, sondern auch die Eigenthümlichkeit dieser Bilder für die Augen verschiedener Menschen.

Schon oben ist es ausgesprochen, dass von menschlichen Augen gewiss nur äusserst selten vollkommene und regelmässige Sterngestalten am Himmel gesehen werden, dass wir aber, auf Grund eines unbewussten Vorurtheiles, gleichsam zur Hülfe kommen und uns die Regelmässigkeit der Erscheinung vorstellen, indem wir sie unterschoben. Erleichtert wird uns dies durch die gegenseitige Abgleichung und Vermittlung unserer beiden, stets in Etwas verschiedenen Augen, sowie durch deren stete Beweglichkeit.

Aber wie entstehen sie hier? — Beschränkt man das Gesichtsfeld, indem man durch eine sehr kleine Öffnung schaut, welche nur den innersten oder mittelsten Theil des Auges in Wirksamkeit kommen lässt, so sieht man keine Sternstrahlen. Ein Nadelstich durch ein Kartenblatt oder durch ein Zinnblatt fängt alle ächten Sternstrahlen ab. Wie und weshalb, soll unten erörtert werden. Zur Vermeidung von Missverständniss muss hier aber ausdrücklich hervorgehoben werden, dass diese Aussprüche eine strenge Unterscheidung zwischen ächten Sternstrahlen und Haarstrahlen voraussetzen; denn die Haarstrahlen sind von ersteren eben dadurch leicht und sicher zu unterscheiden, dass sie durch einen Nadelstich sichtbar bleiben und gerade durch den innersten und mittelsten Theil des Auges erzeugt werden!

Es ist sehr bemerkenswerth für die Beurtheilung des Entwicklungsganges der Wissenschaft, dass allerlei künstlich hervorzurufende Sternerscheinungen, wie solche zum Beispiele durch gewisse Vorrichtungen an den Öffnungen von Fernrohren sich erzielen lassen, früher wissenschaftlich beachtet und erörtert worden sind, als die einfachen, sich von selbst gebenden unserer Augen. Hier gehen wir einen anderen Gang. Wir blicken zunächst auf die Versuche, die Sternstrahlen, auf welchen so wesentlichen Theils die Pracht des Himmelsgewölbes beruht, wissenschaftlich zu erklären. Welch' eine befremdliche Öde zeigt sich hier. Bis

in unser Jahrhundert hinein hat man die Erscheinung keiner ernstlichen Untersuchung gewürdigt. Ein Humboldt konnte sie doch unmöglich übersehen? Gewiss nicht! Aber er speist uns in dem Werke, welches die Frucht seines ganzen Lebens enthält, mit einer Hinweisung ab, welche er nicht einmal aus ihrer Quelle schöpft — denn dann hätte er sie sicherlich nicht der Erwähnung gewürdigt — sondern aus handschriftlichen Aufzeichnungen von Arago<sup>1)</sup> aus den Jahren 1834 und 1847. Und Arago? — Auch er kann die Schrift, um welche es sich handelt, nicht gelesen haben, sondern kannte sie nur etwa nach einer sehr oberflächlichen Erwähnung, welche er irgendwo gefunden haben mag. Es handelt sich nämlich um eine Abhandlung, welche der, als glühender Anhänger der Französischen Staatsumwälzung (die seinen Lehrer Lavoisier hinrichtete) mehr, als durch seine wissenschaftlichen Leistungen bekannte Jean Henri Hassenfratz (geb. 1755 in Paris, † daselbst 1827) im Jahre 1809 der Abtheilung für Physik und Mathematik des Institut de France vorgelegt hatte. Arago hat die Denkschrift nicht nachgelesen, auch die ihm in seiner Stellung täglich zur Verfügung stehende Zeitschrift nicht, in welcher die einzige massgebende Veröffentlichung zu finden war. A. von Humboldt hat ebenfalls nicht nachgelesen, aber auch eben so wenig die von Hassenfratz versuchte, durchaus unzulässige Erklärung geprüft, welche gar durch den Kosmos gleichsam zum Glaubenssatze erhoben worden ist. Seit der Herausgabe des Kosmos aber sind nun (Bd. III erschien 1851) bereits vierzig Jahre vergangen. Das Werk ist gelesen, wie kaum je ein anderes; es ist in alle Sprachen Europas, in manche sogar mehrfach, übersetzt worden. Erklärer haben besondere Erläuterungswerke über das Buch geschrieben. Aber bis heute hat offenbar kein Naturforscher für nöthig gehalten, die nun auf Humboldt's Gewährschaft für gültig angesehene Erklärung zu prüfen oder gar die Quelle derselben aufzusuchen. So geht es in der Wissenschaft her! — man verzeihe diesen unmuthsvollen Klageruf einem 70jährigen Forscher, welcher mit schmerzlichem Rückblicke auf 50 der Wissenschaft gewidmete Jahre sich zu dem Bekenntnisse genöthigt sieht, dass weit grösser, als die im Wesen der Dinge begründeten Schwierigkeiten, diejenigen Hindernisse sind,

---

<sup>1)</sup> Kosmos. III. 166.

welche dem Fortschritte unserer Erkenntniss bereitet werden durch die Irrthümer und durch die Gleichgültigkeit und Nachlässigkeit unserer Vorgänger.

Es hat mich allerdings einen grossen Aufwand von Zähigkeit gekostet, den von Arago und A. v. Humboldt genannten Zeitschrift-Band<sup>1)</sup> zu erlangen. Unsere Deutschen Büchereien weisen für die ersten Zehner des laufenden Jahrhunderts, besonders für Französische Werke, grosse Lücken auf. Der Grossherzoglichen Hofbücherei zu Darmstadt verdanke ich die Erfüllung meines langgehegten Wunsches durch das vom regsten Eifer zur Förderung wissenschaftlicher Arbeiten beseelte Entgegenkommen der hochherzigen Verwaltung. Nun aber glaube ich um so mehr verpflichtet zu sein und der Wissenschaft einen Dienst zu leisten, wenn ich die fragliche, wie sich ergeben wird leider ganz missbräuchlich angeführte Urkunde, hier in genauester Übersetzung mittheile.<sup>2)</sup> Man ersieht sogleich, dass es sich um einen der beim Institut de France üblichen Berichte handelt, wie solche von anerkannten Mitgliedern über vorgelegte Abhandlungen erstattet zu werden pflegen. Der Wortlaut ist folgender:

„*Bericht über eine Denkschrift des Herrn Hassenfratz, welche sich die Aufgabe stellt, die scheinbare Gestalt der Sterne und der aus grosser Entfernung und unter sehr kleinem Winkeldurchmesser in's Auge gefassten Lichter zu erklären.*“

„Ein leuchtender Körper, welchen man unter sehr kleinem Winkel betrachtet, wie etwa eine in gewisser Entfernung aufgestellte Kerze oder ein Stern, scheint nicht nur vergrössert zu sein in seinen Durchmessern, sondern er erscheint auch, anstatt sich im Auge mit der ihm eigenen Gestalt abzubilden, als ob er zusammengesetzt sei aus Büscheln von Lichtstrahlen, welche von einem Mittelpunkte ausgehen und deren Zahl ge-

---

<sup>1)</sup> Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts, avec des planches en taille douce. Par J.-C. Delamétherie. Juillet 1809. Tome LXIX. A Paris, chez Courcier, Imprim.-Libraire pour les Mathématiques. 4.

<sup>2)</sup> A. a. O. 322. „Institut de France. Classe des Sciences Physiques et Mathématiques. Le Secrétaire perpétuel pour les Sciences Mathématiques certifie que ce qui suit est l'extrait du Procès-verbal de la séance du lundi 29. Mai 1809.“

„wöhnlich von 4 bis 8 wechselt. Das erstere Verhalten ist bekannt unter dem Namen der Zerstreung (Irradiation); es strebt den scheinbaren Durchmesser der Leuchtkörper zu vergrössern; das zweite, zwar sehr häufige und Jedermann bekannte, hat bislang noch keinerlei Erklärung gefunden.<sup>1)</sup> Herr Hassenfratz hat seine Aufmerksamkeit hierauf gerichtet und hat es zum Gegenstande der Denkschrift gemacht, über welche wir hiermit Bericht erstatten.

„Herr Hassenfratz führt gleich Eingangs an, dass die Zahl der Strahlen, welche von einem und demselben Leuchtkörper ausgesandt werden, bei mehreren einzelnen von 4 bis zu 8 wechselt, und dass der Abstand, in welchem die Strahlen einer Kerze hervorzutreten beginnen, zwischen 25' und 30' beträgt. Er bezeichnet sodann die Umstände, unter deren Zusammenwirkung sie zum Vorscheine kommen.

„Eine der wichtigsten Bedingungen ist die Entfernung des Leuchtkörpers oder, um es besser auszudrücken, die Kleinheit des Winkels, unter welchem dieser gesehen wird. Betrachtet man eine Kerze in einem sehr geringen Abstände vom Auge, so erscheint die Gestalt ihrer Flamme durchaus unverändert; aber so wie man sich von ihr mehr entfernt, scheint sie in ihrer Breite zu wachsen, bis man schliesslich nur noch 4 oder 5 aus einander fahrende Strahlen erblickt, welche in ihrer Gesamterscheinung einem Stern gleichen. Ebenso verhält sich ein Planet; dem blossen Auge zeigt er nichts, als 5 oder 6 aus einander fahrende Strahlen; aber wenn man mit Hülfe eines Fernrohrs seinen scheinbaren Durchmesser vergrössert, so verschwinden die Strahlen, und sein Bild stellt sich im Auge in ziemlicher Schärfe dar. Ein Leuchtkörper, unter sehr kleinem Winkel gesehen, erzeugt allemal die Strahlung, wie stark oder schwach auch sein Licht sein möge; nur ist diese um so deutlicher, je lebhafter das Licht. So kann man auch die Strahlung einer Kerze abschwächen, indem man sie durch eine Wasserschicht in's Auge fasst; andernteils dagegen die eines Sterns verstärken, indem man letzteren mittelst eines Fernrohres beobachtet,

---

<sup>1)</sup> Die obigen gesperrten Worte habe ich hervorgehoben, um darauf aufmerksam zu machen, dass dieselben, obwohl nun schon über 80 Jahre alt, noch heute ganz mit demselben Rechte, wie damals, ausgesprochen werden dürfen; denn die von Hassenfratz vorgeschlagene Erklärung ist, wie sich schon in obigem Berichte zeigt, nicht zutreffend.

„welches seine Lichtstärke hebt ohne seinen scheinbaren Durchmesser merklich zu erhöhen.

„Dieses Verhalten ist völlig unabhängig von der Gestalt des Leuchtkörpers; es ist leicht darzuthun, dass es von der Einrichtung des Auges abhängt.

„Die Strahlen, welche ein Leuchtkörper aussendet, haben eine eigenthümliche Anordnung. Gewöhnlich sind deren zwei vorhanden, welche für den mit aufgerichteten Hauptbeobachtenden sich senkrecht darstellen.<sup>1)</sup> Herr Hassenfratz hat bemerkt, dass diese Strahlen ihre gegenseitige Stellung bewahren, wenn man, ohne jedoch den Standort zu ändern, den Kopf auch etwa zur Rechten oder zur Linken neigt, dass sie aber dabei die Neigung des Kopfes genau mitmachen, woraus dann handgreiflich hervorgeht, dass die Gestalt des Auges für die Strahlenbildung die wichtigste Bedingung ist. Thatsächlich kann man demgemäss durch eine Behandlung dieses Sehwerkzeuges die Strahlung mehr oder minder vollkommen stören.

„Blickt man nach einer nahe gestellten Kerze, so ist ihr Bild im Auge ein scharfes, und sie strahlt nicht, wie sie thut, wenn sie ferner gestellt ist. Dafür lassen sich mehrere Gründe angeben. Zunächst hat sie einen ziemlich beträchtlichen scheinbaren Durchmesser und ihr Bild, welches sich demnach über eine grössere Fläche der Netzhaut ausbreitet, nimmt das ganze Feld ein, auf welchem sich die Strahlen abbilden müssten, wenn die Kerze fern genug gestellt wäre, um die Strahlung zum Vorschein kommen zu lassen. Dazu folgt aus der Eigenschaft der Pupille, sich vor einem sehr schwachen Lichte weit mehr zu öffnen, als vor einem lebhaft leuchtenden, dass derjenige Theil des Lichtes,<sup>2)</sup> für welchen in ersterem Falle der Weg in's Auge offen steht und welcher in diesem die Strahlenbildung erzeugt, im anderen Falle nicht hineingelangt. Und in der That, wenn

---

1) Diese Angabe ist nicht allgemein gültig, sondern entspringt wahrscheinlich nur aus einer Verwechslung der Sternstrahlen mit den weiter unten zur Sprache kommenden Blinzelstrahlen.

2) In der Abhandlung steht „les rayons“ in diesem Falle in der Bedeutung der Richtung der Lichtwirkung — während andererseits auch die Strahlengebilde an den Leuchtkörpern als rayons bezeichnet werden. Diese Vermischung der Ausdrücke entspricht der Vermischung der Begriffe, und ich habe sie in der Übersetzung zu vermeiden gesucht, als ich die Wege des Lichtes sorgfältig von den scheinbaren Strahllinien unterschied.

„man, durch eine, bloß mittelst eines sehr feinen Löchleins  
„durchbohrte, Karte, die Strahlen abfängt, welche von der Mitte  
„der Linse zu weit entfernt sind, so beschränkt man die Strahlung  
„oder unterdrückt sie völlig.

„Durch die in Obigem dargelegten Verhältnisse ist es klar  
„gestellt, dass die Strahlenbildung abhängen muss von der Ein-  
„richtung des Auges, und Herr Hassenfratz ist nun der Meinung,  
„dass die Ungleichmässigkeit der Linse eine genügende Erklärung  
„darbiete.

„Die Zergliederer betrachten diesen Bestandtheil des Auges  
„im Allgemeinen als gebildet durch zwei Kugelabschnitte, welche  
„zusammengelegt sind und deren Umfangsdurchmesser ungefähr  
„9 mm, während der gemeinschaftliche Dickendurchmesser 4 bis  
„5 mm beträgt. Indessen sagt Petit, dass er Linsen gefunden  
„habe, welche nicht nach allen Richtungen gleichmässig waren.  
„Herr Hassenfratz hat nun eine grössere Zahl von solchen  
„genauer gemessen, als dies vorher je geschehen war, und hat stets  
„sehr merkliche Verschiedenheiten in den Durchmessern gefunden.  
„Als mittleres Ergebniss der von ihm mit Herrn Chaussier  
„und Herrn Ribes, beide Professoren an der École de  
„Médecine, gemeinsam angestellten Messungen wurde be-  
„funden, dass die Linse merklich eiförmig und dass der wag-  
„rechte Durchmesser nicht über 0.94 des senkrechten Durch-  
„messers beträgt. Eine solche, an sich nicht grosse Abweichung,  
„könnte genügen, um zu bewirken, dass die durch die Linse ge-  
„brochenen Lichtstrahlen zwei Brennlinien darstellen, deren recht-  
„winklige gegenseitige Durchkreuzung 4 Strahlen zu erzeugen ver-  
„möchte. Aber wenn diese Unebenmässigkeit der Linse die  
„einzige Ursache der Strahlenbildung sein sollte, so dürfte man  
„nie mehr als 4 Strahlen beobachten, während man doch 5 und  
„selbst 8 häufig beobachtet. Demnach muss es noch andere  
„Ursachen geben, welche sich wirksam hinzugesellen.

„Der Einfall des Herrn Hassenfratz, die Strahlen-  
„erscheinung der unter sehr kleinen Winkeln gesehenen Leucht-  
„körper von der eiförmigen Gestalt der Linse abhängen zu  
„lassen, ist wohl ein geistreicher. Aber da es augenfällig ist,  
„dass dieselbe von anderen Ursachen abhängt, scheint es uns,  
„dass die Klasse (des Institutes), indem sie die Denkschrift des  
„Herrn Hassenfratz willkommen heisst, diesen Forscher ver-  
„pflichten muss, neue Untersuchungen anzustellen, um diejenigen

„Fälle zu erklären, in welchen man mehr als 4 Strahlen wahrnimmt. (Gezeichnet:) Laplace, Gay-Lussac, Bericht-erstatte.

„Die Klasse billigt den Bericht und genehmigt dessen „Schlussfolgerung.<sup>1)</sup>

„Beglaubigt nach Wortlaut der Urschrift.

„Der ständige Schriftführer,

(gezeichnet:) Delambre.“

Zu obigem Berichte sind zuvörderst einige Bemerkungen nothwendig.

Die angebliche Verstärkung des Strahlenbildes eines Sternes durch ein Fernrohr, „welches seine Lichtstärke hebt ohne seinen scheinbaren Durchmesser merklich zu erhöhen“, kann nicht durch Beobachtung gefunden sein. Jedes Fernrohr, ja selbst ein leeres einfaches Rohr, macht alle Strahlenercheinung unmöglich. Die Herren Laplace und Gay-Lussac haben hier also auch eine irrige, wohl auf blosser Vermuthung gewagte, Angabe des Herrn Hassenfratz ohne eigene Nachprüfung gelten lassen.

Die Angabe, dass man durch eine bloss mit einem sehr feinen Löchlein durchbohrte Karte die Strahlenbildung beschränken könne, ist ebenfalls nicht beobachtungsgemäss. Nicht allein ein enges Löchlein, sondern selbst eine Öffnung, welche der vollen Weite der Pupille gleichkommt, ja, jede Blendung, welche das Licht verhindert, die Augenlider zu bescheinen, schliesst die Strahlenbildung vollständig aus.

Auch das muss noch hervorgehoben werden, dass die Herren Berichterstatte den Einfall (l'idée) des Herrn Hassenfratz einen geistreichen (ingénieuse) nennen. Diese, auch bei uns leider, als Vertuschungsrede, wo es sich um Mangel wissenschaftlicher Strenge handelt, sehr häufig gebrauchte Schmeichelei habe ich stets für beleidigend<sup>†</sup> gehalten. Die Berichterstatte hätten ausserdem erwähnen müssen, dass Hassenfratz mit seinem Erklärungsversuche überhaupt bloss eine Möglichkeit angedeutet, diese aber keinem prüfenden Versuche unterzogen hat, so dass aller wirkliche Werth entfällt. Die Höflichkeit geht darüber hinweg, während allerdings durch den Hinweis auf die (sogar als

---

<sup>1)</sup> Die Klasse billigt den Bericht der Herren Berichterstatte — also nicht etwa den Erklärungsversuch des Herrn Hassenfratz, sondern vielmehr die Verwerfung desselben!

Regel anzuerkennenden) Fälle von 5 und mehr Strahlen, auf welche die Hassenfratz'schen Brennlinien gar nicht passen, genügend deutlich ausgesprochen wird, dass die versuchte Erklärungsweise überhaupt werthlos ist. Der Schluss klingt fast wie ein feiner Spott. Und wirklich hat denn auch Herr Hassenfratz die Frage fernerhin belassen, wie sie vorher lag.

Nun steht man freilich vor dem grossen Räthsel, wie es möglich war, dass Arago sich berufen konnte auf „eine sehr „alte Denkschrift von Hassenfratz (1809)“ um als erwiesen gelten zu lassen dass „die Schwänze in der Zahl von 4 oder 8, „welche von den Sternen oder von einer auf 25 m Entfernung „angeschauten Kerze zum Vorscheine gebracht werden, die Brenn- „linien der Linse sind, welche durch die Kreuzung der ge- „brochenen (Strahlen d. h.) Lichtwirkungs-Richtungen entstehen.“<sup>1)</sup> Aber noch befremdlicher muss es uns vorkommen, dass nun Alexander von Humboldt ebenfalls, ohne die Quelle, welche er doch selber anführt, irgend nachgelesen oder die in derselben aufgestellten Behauptungen durch eigene Versuche geprüft zu haben, das alte Missverständniss weiter trägt. Er sagt im Kosmos<sup>2)</sup>, welchem übrigens das Verdienst gelassen werden muss, die Frage nach den Sternstrahlen zum ersten Male, und bis jetzt ohne Nachfolge, zu allgemeiner Erörterung angeregt zu haben, über den Gegenstand Folgendes:

„Von dem Einflusse der sogenannten Sternschwänze, „welche der Zahl, Lage und Länge nach bei jedem Individuum „verschieden sind, (auf die Undeutlichkeit des Sehens am Himmel) „habe ich schon bei den Betrachtungen über die Unsichtbarkeit

---

<sup>1)</sup> Gegenüber der Erstaunlichkeit der angeführten Äusserung halte ich für geboten, den Wortlaut, wie ihn Alex. von Humboldt aus Arago's Papieren im Kosmos (III. 202. Anm. 39) mit Anführungszeichen mitgetheilt hat, hier genau wiederzugeben: „„D'après un très ancien mémoire „de Hassenfratz (1809) les queues au nombre de 4 ou 8 q'offrent les „étoiles ou une bougie vue à vingt-cinq mètres de distance sont les „caustiques du cristallin formées par l'intersection des rayons refractés.““ —

<sup>2)</sup> Kosmos. III. 166. — Dass Humboldt den Bericht von Laplace und Gay-Lussac nicht auch gelesen hat, ist um so befremdlicher, als er den diesen enthaltenden Band des Journal de physique von Delamétherie ohne Zweifel besass; denn derselbe Band enthält (S. 45—55) einen „Extrait de la Troisième Partie“ seines „Voyage d'Alex. Humboldt et Aimé Bonpland“. —

„der Jupitersmonde gehandelt.<sup>1)</sup> Das undeutliche Sehen (la vue „indistincte) hat vielfache organische Ursachen, welche von der „Aberration der Sphäricität des Auges, von der Diffraction an „den Rändern der Pupille oder an den Wimpern und von der „sich mehr oder weniger weit aus einem gereizten Punkte fort- „pflanzenden Irritabilität der Netzhaut abhängen.<sup>2)</sup> Ich sehe „sehr regelmässig acht Strahlen unter Winkeln von  $45^{\circ}$  bei „Sternen 1. bis 3. Grösse. Da nach Hassenfratz diese „Strahlungen sich auf der Krystalllinse kreuzende „Brennlinien (caustiques) sind, so bewegen sie sich je „nachdem man den Kopf nach einer oder der anderen Seite „neigt.“

Die letzten Worte sind einfache Übersetzung einer Bemerkung von Arago<sup>3)</sup>, welche selber wieder der Bericht-erstattung über die Denkschrift von Hassenfratz entlehnt ist.<sup>4)</sup>

A. v. Humboldt fügt dann noch hinzu, dass „Einige“ seiner „astronomischen Freunde nach oben hin 3, höchstens 4 „Strahlen sehen, und nach unten gar keine,“ Wie sich diese Besonderheiten aber mit der für baare Münze angenommenen, angeblichen Erklärung von Hassenfratz vertragen, darüber verliert der Verfasser des Kosmos kein Wort!

Seit 1851 wird nun auf die Gewährschaft des doch vollständig durch den Bericht von Laplace und Gay-Lussac blargestellten Hassenfratz die von einem Arago und einem Humboldt zu vertretende Irrlehre weiter getragen!

In dem Meisterwerke von Helmholtz, woselbst die Sternstrahlen sich (wie oben S. 68, 69 nachgewiesen ist) irrtümlich als Zerstreungsbilder behandelt finden, ist in der Zusammenstellung der über letztere veröffentlichten Arbeiten (von den ältesten bis auf die neuesten) auch die Denkschrift von

<sup>1)</sup> Kosmos. III. 67. 113. —

<sup>2)</sup> Hieher gehört nun die Anm. 39 auf Seite 202 aus Arago's Handschrift.

<sup>3)</sup> „Ces caustiques se meuvent à mesure que nous inclinons la tête.“

<sup>4)</sup> Siehe oben S. 77 in der Übersetzung. In der Ursprache lautet die Stelle: „si on incline la tête à droite ou à gauche les rayons . . . suivent exactement dans leurs mouvements ceux de la tête“ . . .

<sup>5)</sup> Handbuch der physiologischen Optik. Aufl. 1. 146. — Aufl. 2. 182.

Hassenfratz angeführt. Th. Young habe die Form der Zerstreungsfiguren bei verschiedener Entfernung abgebildet, und die Vermuthung ausgesprochen, dass die Strahlen von leichten Ungleichförmigkeiten der vorderen Linsenfläche herrühren möchten.<sup>1)</sup> Später habe Hassenfratz sie „erwähnt, welcher denselben Grund „voraussetzt und sie als Schnittlinien von zwei kaustischen Flächen „bezeichnet.“<sup>2)</sup>

Helmholtz gedenkt auch noch des edlen Purkinje<sup>3)</sup>, welcher „die Erscheinungen der mehrfachen Bilder“ und diejenigen, „welche beim Anschauen feiner paralleler Linien eintreten“, beschreibe und „die Sternfigur“ abbilde; er glaube „sie am besten von Hornhautfacetten ableiten zu können.“ Demnach brauche ich nicht weiter zu bedauern, dass ich Purkinje's bezüglichliche Arbeiten nicht selber habe vergleichen können.

Hier müssen wir zurückkommen auf die Anleitung von Helmholtz. Derselbe macht aufmerksam auf den Umstand, dass wenn man das Auge auf eine etwas grössere Entfernung, als der äussersten Anbequemungsfähigkeit desselben entspricht, von dem Löchlein (vergl. oben S. 70) entfernt, das durch letzteres in das Auge gelangende Licht nicht mehr in einem Punkte vereinigt bleibt, sondern einen kleinen Zerstreungskreis bildet. In diesem nun ist das Licht keineswegs, wie in der durch ein Fernrohr gesehenen „Scheibe“ gleichmässig verbreitet, sondern in Folge des eigenthümlichen Baues der Linse zu vier bis acht helleren Flecken geschieden, welche eine Art von Blume darzubilden scheinen. Die Linse besteht nämlich aus dichteren und minder dichten, daher stärker und minder stark brechenden Theilen, welche sich um die Mittelaxe blumen- oder sternförmig geordnet befinden. Sie sind einigermassen unregelmässig vertheilt und ihr Stern fällt daher etwas verzerrt aus, verhält sich ausserdem in jedem Auge, nicht blos bei verschiedenen Menschen, sondern auch in den beiden Augen eines und desselben Menschen, ungleich. Die Abbildungen Taf. XX. Fig. 30 und 34 (S. 70) zeigen diese

<sup>1)</sup> Philos. Transactions. 1801. I. 43. Pl. VI. —

<sup>2)</sup> Als Quelle wird hier nicht das oben von mir mitgetheilte, von Arago und Humboldt bezeichnete Journal de Physique etc. angeführt, sondern: Annales de Chimie. 1809. LXXII. 5. Es scheint wohl nicht denkbar, dass Helmholtz die Quelle nachgelesen habe; er hätte sonst die Unbrauchbarkeit derselben sofort erkennen müssen.

<sup>3)</sup> Beiträge zur Kenntniss des Sehens. Prag. 1819. 113—119. — Neue Beiträge z. K. d. S. 139—146. 173. —

sternförmigen Zerstreungsbilder aus dem rechten und dem linken Auge Helmholtz's.

Ich habe noch ein anderes Mittel erprobt, den Bau meiner Linsen zu erkennen. Blicke ich nämlich so fest und unbeweglich als möglich auf einen Punkt oder ganz kleinen Ring, um welchen eine grössere Anzahl weiterer und weiterer Ringe mit möglichst schmalen Zwischenräumen gezogen ist,<sup>1)</sup> so scheinen sich die Bogenstücke der verschiedenen Kreisabschnitte einigermassen zu verändern, sobald ich das Auge dem Bilde bald näher, bald ferner bringe (Taf. XXI, Fig. 33. a). Jedem Abschnitte entspricht eine grössere Flachheit der ihm angehörigen Bogenstücke, welche anscheinend von grösseren Kreisen herrühren, so dass sich, wo die Abschnitte an einander gränzen, die Bogenstücke nicht zu einfachen Kreisen an einander fügen, sondern vielmehr in einander übergreifen, wobei die Schenkel je zweier Abschnitte sich in flachen Bogen-Winkeln überkreuzen, und somit eine flachgekrümmte sehr enge Zickzacklinie entsteht (b). Dabei erscheinen dann auch die Bogenlinien einerseits grün, andererseits roth gesäumt. Die innersten Kreise, scheinbar aus einer Anzahl nicht zusammenpassender Bogenstücke zusammengesetzt, stellen eine krause unregelmässige Ringlinie dar (c); ja es giebt gewisse Stellen in meinen Linsen, durch welche, statt eines innersten Ringes, deren zwei und drei zum Vorscheine kommen, je nachdem es sich trifft. Die Gesamtansicht des Bildes ist unter solchen Umständen, besonders dem inneren Theile nach, die einer Rose, welche durch grauliche beiderseits zugespitzt eiförmige, fast lanzenspitzenartige lichtärmere Blätter auf hellerem Grunde dargestellt zu werden scheint. Nähere ich das Bild dem Auge, so wirbelt Alles und verschwimmt zeitweilig, um aber bei einer gewissen Entfernung sich wieder zu ordnen und zu beruhigen, und dann sehe ich die Blätter der neuen Rose anders vertheilt, als bei der früheren, und in Färbung lichter und den Hintergrund dunkler. Die Festhaltung der beiderlei Rosen ist mir bislang nicht gelungen; der Versuch ist für die Augen sehr anstrengend.

<sup>1)</sup> Ich machte diese Entdeckung bei der Betrachtung der Fig. 4 der Taf. II der 1. Auflage des Helmholtz'schen Werkes zufällig; erst nachträglich fand ich die zugehörige Erörterung (a. a. O. 140), welche mir die eigene Anstrengung hätte ersparen können. Gleichwohl gebe ich die obige Mittheilung als eigene, da sie doch von Helmholtz's Darstellung in etwas abweicht und dieselbe ergänzt.

Es ergibt sich aus diesen Beobachtungen, dass die Linse einen sternartigen Bau besitzt. Demselben mag es auch zuzuschreiben sein, dass sie getrocknet von dem Umfange her strahlig einreisst.

Helmholtz hat auch bemerkt, dass die Zerstreuungsbilder in seinen Augen sich farbig zeigen, nämlich jeder einzelne Lichtfleck nach dem Mittelpunkte hin rothgelb-, nach Aussen hin blau gesäumt. Mir ist die entsprechende Beobachtung bis jetzt noch nie gelungen. Dieselbe weist auf eine durch die Kreuzung der Strahlen verkehrte Beugungs-Erscheinung hin. Wir werden bei Betrachtung der Haarstrahlen Gelegenheit finden, solche Beugungs-Erscheinungen bei dem die Linse durchdringenden Lichte in ausgezeichnetem Maasse kennen zu lernen.

Diese Zerstreuungs-Blumen nun, wie ich vorschlagen möchte, sie zu nennen, hält Helmholtz für gleichbedeutend mit der „strahligen Gestalt der Sterne und ferner Laternen“ (-Flammen).<sup>1)</sup> Jedoch irriger Weise. Ich spreche dies aus im Bewusstsein tiefster Verehrung mit der selbstverständlichen und unerlässlichen Rücksichtslosigkeit des Forschers.

Der allein genügende, so zu sagen handgreifliche Gegenbeweis ergibt sich aus den mit einem einzigen Blicke und Griffen zum Vorschein zu bringenden Thatsachen, dass 1. die Strahlen-gestalt der Sterne, sowie aller leuchtenden Fernpunkte ihre volle Entwicklung und Klarheit erst in grösserer Entfernung erlangt — insbesondere, bei dem von Helmholtz angegebenen Versuche, erst in so weitem Abstände von dem Löchlein im Papierblatte, dass jene Zerstreuungs-Blume gar nicht mehr zur Geltung kommt, und dass 2. alle Sternstrahlen sofort spurlos verschwinden, sobald man mit den Fingern die beiden Augenlider zurückzieht, und zwar in der besonderen Weise, dass bei Herabziehung des unteren Lides der Stern seine nach Oben gerichteten Strahlen verliert, bei Heraufziehung des oberen Lides dagegen die nach Unten gerichteten Strahlen. Die Zerstreuungs-Blume wird von einer solchen Beseitigung der Lider überhaupt nicht gestört, wenn anders man das Auge nur in die richtige Entfernung zum Löchlein bringt.

Demnach sind zur Erzeugung der Sternstrahlen in

---

<sup>1)</sup> Helmholtz: a. a. O. siehe S. 68. —

unsern Augen die Lider erforderlich; zur Wahrnehmung der Zerstreuungs-Blumen aber nicht.

Helmholtz hat selber aufmerksam gemacht auf den Umstand, dass, wenn man ein undurchsichtiges Blatt von Unten her vor das Auge schiebt, der „scheinbar untere Theil des Zerstreuungsbildes“ d. h. der „mehrfachen Bilder des leuchtenden Punktes, also der obere Theil des entsprechenden Netzhautbildchens“ zuerst verschwinde — und ebenso, wenn von Oben her: der obere, wenn von Rechts oder Links: der rechte oder linke. Dieses Verhalten trifft auch bei den Zerstreuungsfiguren in meinen Augen zu, kann aber nur dann beobachtet werden, wenn die Deckung bis vor einen Theil der Pupille tritt. Dasselbe Verhalten nimmt Helmholtz auch für den Strahlenstern („die sternförmige Figur“) an. Allein doch mit Unrecht. Zunächst ist zu bemerken, dass hier die Deckung nicht bis zur Pupille vorgeschoben zu werden braucht, sondern schon in dem Augenblicke in volle Wirksamkeit tritt, in welchem sie den inneren Rand des Augenlides erreicht und somit letzteres vollständig deckt; dabei kann die Pupille völlig offen bleiben. Ferner, wenn man das Auge von Unten her deckt, so verschwindet sofort der scheinbar obere Theil des Strahlensternes, nicht aber der untere; letzterer verschwindet, wenn man von Oben her deckt. Wie es sich dabei mit den Netzhautbildchen verhält, soll sogleich besprochen werden.

Die Sternstrahlen unterscheiden sich auch dadurch in bezeichnendster Weise von den Helmholtz's Zerstreuungs-Blumen, dass sie nicht, wie die sternartig gestellten Blätter letzterer, aus je einem einfachen Lichtfleck bestehen, welcher, durch Beugung verlängert, Farben zeigt (S. 84), sondern sie stellen sich durchaus in farblosem oder vielmehr der Farbe des Leuchtpunktes entsprechenden Lichte dar, und lassen ausserdem den schärfer eingübten Beobachter eine deutliche Querstreifung erkennen, zum Beweise ihrer Zusammensetzung aus einer Reihe schmaler, linienartiger Spiegelbilder. Diese Zusammensetzung findet man um so unerwarteter, je täuschender die Strahlen auf den oberflächlichen Anblick sich als sehr schmale Glanzpfeile oder wahre Lichtnadeln geltend machen.

Nach der Beobachtung von Helmholtz ergibt sich eine andere Zerstreuungs-Blume, als die oben beschriebene, wenn man das Auge näher, als dem deutlichsten Sehen entspricht, an das

Löchlein, heranbringt. Der Entdecker dieser Thatsache hat dieselbe ebenfalls aus seinem eigenen rechten (c) und linken (d) Auge abgebildet. Mir scheint der Gegensatz demjenigen zu entsprechen, welchen ich oben (S. 83) aus meiner Betrachtung zahlreicher um einen Mittelpunkt gezogener Ringe beschrieben habe und welchen auch Helmholtz so auffasst. Diese nahe gesehene Zerstreungs-Blume verhält sich nach Helmholtz gegen vorgeschobene Deckungen anders, als die fern gesehene (wie ich mich der Kürze wegen ausdrücken will). Hier nämlich bewirkt eine von irgend einer Seite her vorgeschobene Deckung zunächst das Verschwinden der entgegengesetzten Seite des Zerstreungsbildes und somit der dieser „verdeckten Hälfte der Pupille gleichseitigen Theile des Netzhautbildes.“ Das kann wohl nur der Thatsache entspringen, dass unter den Umständen, durch welche diese zweite Zerstreungs-Blume zum Vorschein kommt, Licht in Wirksamkeit tritt, welches nicht die Axe des Auges durchkreuzt hat. Mit der Erscheinung der Strahlensterne hat diese Zerstreungs-Blume zwar das erwähnte wahrnehmbare Verhalten gegen Verdeckung scheinbar gemein; aber auch nur das äussere Verhalten. Die Art, wie dieses Verhalten zu Stande kommt, ist in beiderlei Erscheinungen eine ganz verschiedene.

Auf Erörterung der Zerstreungs-Bilder kann hier nicht weiter eingegangen werden.

Helmholtz hat übrigens noch eine andere Erklärung der Sternstrahlung gegeben, welche mit derjenigen der Zerstreungs-Blumen keineswegs gleichbedeutend ist. In einem seiner vielgelesenen und lehrreichen wissenschaftlichen Vorträge sagt er nämlich: „Die Bilder eines Lichtpunktes, wie sie das Auge entwirft . . . sind . . . unregelmässig strahlig. Der Grund „davon liegt in der Krystalllinse, deren Faserzüge eine sechsstrahlige Anordnung zeigen . . . In der That, die Strahlen, „die wir an den Sternen oder an fernen Lichtflammen „sehen, sind Abbilder vom strahligen Bau der menschlichen „Linse; und wie allgemein dieser Fehler ist, zeigt die allgemeine Bezeichnung einer strahligen Figur als -sternförmig.“<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> H. Helmholtz: Populäre wissenschaftliche Vorträge. Zweites Heft. Braunschweig. 1871. 21. (Mit Profilansicht der Linse in fünffacher Vergrößerung.) — Dem oben angeführten Satze lässt Helmholtz noch die Bemerkung folgen: „Dass die Mondsichel, wenn sie recht schmal ist, vielen Personen doppelt oder dreifach erscheint, rührt eben

Auch Fick<sup>1)</sup> ist nicht abgeneigt, sich hier an Helmholtz anzuschliessen. Er sagt in Betreff der Zerstreuungsfiguren: „Eine „mehr oder weniger sternförmige Anordnung ist häufig, keineswegs konstant. Ob letztere ein zufälliges Ergebniss der zufälligen Unregelmässigkeiten ist, oder ob sie zusammenhangt mit „der sternförmigen Struktur der Krystalllinse möchte ich einstweilen nicht entscheiden. Da bekanntlich die getrocknete Linse „in radialen Richtungen spaltbar ist, so darf man wohl annehmen, dass auch schon während des Lebens etwa dichtere „Sektoren durch weniger dichte und darum schwächer lichtbrechende, radial angeordnete Schichten von einander getrennt „sind. Dass aber eine in sternförmiger Anordnung sich wiederholende „Differenz der Brechungsindices im Bilde ebenfalls eine sternförmige „Anordnung des Lichtes hervorbringen müsse, ist ohne näheres „Eingehen begreiflich.“ Auch dieser Forscher weist dann weiter auf vorhandene Unregelmässigkeiten der Augenoberfläche und ihre Wirkungen, sowie auf das Zerstreuungsbild des Mondes hin.

Aber alle diese Erklärungsversuche schweben doch haltlos in der Luft.

Um nun zur wahren Erklärung der Sternstrahlung zu gelangen, müssen wir zuvörderst nochmals feststellen, was schon mehrfach gelegentlich angeführt worden ist, dass ohne die Mitwirkung der Augenlider überhaupt keine Strahlen an den Sternen wahrgenommen werden. Ferner ist wiederholend darauf hinzuweisen, dass die Strahlenercheinung eines Sternes sich stets in zwei Theile zerlegen lässt, deren eine von dem oberen Augenlide abhängt, während die andere von dem unteren Augenlide beherrscht wird. Wagrechte Strahlen, welche dem oberen und unteren Augenlide gleicher Weise angehören müssten, kommen überhaupt nicht vor. — Sobald wir das obere Augenlid verdecken oder so zurückziehen, dass es das Weisse über dem farbigen Ringe der Regenbogenhaut, oder auch nur die volle

---

daher.“ Dieser Zusatz stürzt uns abermals in die Verwirrung der Sternstrahlen mit den Zerstreuungsblumen — überrascht aber zugleich durch die von mir durch gesperrten Druck hervorgehobene Bedingung und durch die Beschränkung auf 2 oder 3 Sichelbilder. Ich sehe (vgl. oben S. 70, 71) von Sichel-, Viertel- und Vollmond stets eine viel grössere Zahl. (Vergl. Taf. XVI, Fig. 31, 32.)

<sup>2)</sup> Adolf Fick: Die medicinische Physik. Braunschweig. 1858. 335.

Rundung der dunkeln Sehöffnung (Pupille) zum Vorschein kommen lässt, verschwinden die unteren Strahlen des Sterngebildes. Verfahren wir in entsprechendem Sinne mit dem unteren Lide, so gehen auch die oberen verloren — und die ganze Sternherrlichkeit hat damit ein Ende! Lassen wir die Lider wiederum frei, so ist das schöne Bild sofort wieder hergestellt. Nähern wir die Ränder beider Lider gegen einander, so leidet die Strahlenbildung nicht, so lange nur noch ein Zwischenraum bleibt, durch welchen Licht in das Auge hineinscheinen kann.

Die durch äussere Lichteinwirkungen in unseren Augen empfundenen Erscheinungen, also auch die Strahlenbilder, werden auf der Netzhaut erzeugt. Es ist unverbrüchliche Regel, dass die auf dem oberen Theile dieser Nervenaustrittsstelle erzeugten Bilder von uns so empfunden und gedeutet werden, als wären sie in der Aussenwelt unterhalb des von der Verlängerung unserer Sehachse getroffenen Punktes vorhanden, dagegen die auf dem unteren Theile der Netzhaut erzeugten in der Aussenwelt oberhalb jenes Punktes.

Das Licht, welches in unsern Augen die Strahlenbildung bewirkt, kommt in der Richtung der Linien, welche sich in dem Kegel von den Rändern unserer Pupillenöffnungen gegen den uns im Strahlenkranze erscheinenden fernen Leuchtpunkt ziehen lassen.

Nach allen diesen Voraussetzungen bleibt kein Zweifel über den Weg, welchen der die Strahlenbildung bewirkende Lichtschein nehmen muss. Sein Ausgangspunkt ist die Lichtquelle, also der Leuchtpunkt des Sternes. In das Auge eintretend, streift er das Augenlid, entweder den Rand des oberen, oder den des unteren. Der welcher die oberen Strahlen liefern wird, welcher also auf der unteren Netzhautfläche empfunden werden soll, folgt letzterem Wege; der welcher die unteren Strahlen ergeben wird, also auf der oberen Hälfte der Netzhaut empfunden werden soll, muss am oberen Augenlide vorübergleiten. Die Augenlidränder bilden nun vor der Wölbung des Augapfels jeder eine gekrümmte Furche. Diese ist mit der Flüssigkeit gefüllt, welche, von der Umgebung des Augapfels ausgeschwitzt, dessen Oberfläche stets feucht erhält und durch die Bewegungen der Lider beständig über letztere ausgebreitet wird. In jeder Furche legt sich diese Flüssigkeit einerseits an die Oberfläche des Augapfels, andererseits an die Innenseite des Lides; sie füllt die gekrümmte Nische zwischen

beiden demnach mit einem vom Augenlidrande schräg gegen die Pupille einwärts sich vorschiebenden Flüssigkeitsspiegel. Der Querschnitt dieser Flüssigkeits-Ansammlung hat eine krummflächig-dreiseitige Begränzung; die eine ist gebildet von dem inneren Augenlidrande, die zweite von der Wölbung des Augapfels, die dritte von der freien einigermaßen eingebogenen Spiegeloberfläche. Die Spiegeloberfläche wirkt in Gemeinschaft mit der Wölbung des Augapfels als brechende Kante des Feuchtigkeitsprismas, ganz ähnlich, wie der Rand der glockenförmigen Ausbreitung der Thräne bei der Erzeugung des Thränenstrahles (vergl. oben S. 57). Die in dieser Kante erfolgende Brechung des auf den Feuchtigkeitspiegel gefallen Lichtscheines lenkt letzteren von seiner Richtung in dem Sinne ab, dass er in seiner Fortpflanzung gegen das Innere des Auges einem flacheren Kegel entspricht, als auf seinem Wege vom Leuchtpunkte zum Auge hin. Er kann demnach nicht, wo das Augenlid, oder vielmehr der von diesem abhängige Flüssigkeitsspiegel, die Hornhautwölbung berührt, durch letztere gegen die Augenachse gebrochen werden, sondern nimmt einen Weg, welcher ihn im Innern des Auges von letzterer entfernt, und nicht etwa nach Kreuzung der Augenachse zur entgegengesetzten Hälfte der Netzhaut, sondern vielmehr, unter Vermeidung jener Kreuzung, zu der dem berührten Augenlide entsprechenden Hälfte führt, also vom unteren Augenlide zur unteren Netzhauthälfte, vom oberen zur oberen Hälfte.

Käme die ganze Länge der Kante des gekrümmten Feuchtigkeits-Prismas zu ununterbrochener Wirkung, so würde offenbar auf jeder Hälfte der Netzhaut eine gekrümmte, gegen den Mittelpunkt derselben hohle Lichtlinie entstehen. Allein dieser Fall findet nicht statt. Der Innenrand der Augenlider ist nämlich mit kleinen Vorsprüngen versehen, den Ausgangsmündungen der sogenannten Meibom'schen Drüsen, welche in den Lidrändern liegen und in sich die Augenflüssigkeit abscheiden. Aus diesen Mündungen tritt letztere aus. In ihrer Umgebung bildet sie daher kleine Hervorragungen der brechenden Kante. Von jedem Augenlide berühren bei gewöhnlicher Sehöffnung nur einige dieser Hervorragungen die Hornhaut in genügender Entfernung von dem Rande ihrer Wölbung, um das durch den von ihnen veranlassten Vorsprung des Flüssigkeits-Prismas in das Auge eintretende Licht durch die Pupillen-Öffnung des Regenbogenhaut-Ringes sowie durch den Rand der Linse und

durch die Glasflüssigkeit zur Netzhaut gelangen zu lassen. (Tafel XXI, Fig. 35.) Der Leuchtpunkt erzeugt daher nur so viele Lichtpunkte auf der Netzhaut, als die Anzahl solcher Hervorragungen, welche in Wirksamkeit kommen — auf der unteren Hälfte so viele, als am unteren Lide Meibom'sche Drüsen bei der Öffnung des Auges genügend weit vor der Hornhaut verbleiben, auf der oberen Hälfte so viele, als am oberen Lide sich im gleichen Falle befinden. Sind es am unteren Lide zwei, so müssen auf der unteren Netzhauthälfte zwei Lichtpunktbilder entstehen; sind es am oberen Lide drei, so empfängt die obere Netzhauthälfte drei solche Lichtpunktbilder — demnach müssten wir in einem gewissen Abstände von dem durch die Augenachse hindurchgetretenen Bilde der Lichtquelle drei untere und zwei obere Nebenbilder wahrnehmen. Sind die Hervorragungen körnig — und dies ist fast immer der Fall — so treten an die Stelle eines Nebenbildes deren mehrere, aber nur wenig in ihrer Lage von einander abweichende.

So einfach bleibt nun aber der Gang der Lichtwirkung nicht. Der Abstand vom Innern des Auges, in welchem der von der Leuchtquelle kommende Lichtschein das Flüssigkeits-Prisma trifft, ist viel zu gering, als dass das innere Bild ein einfaches werden könnte. Ganz wie es bei der Betrachtung des Gnadenstrahles (S. 57 ff.) nachgewiesen worden ist, streckt der Schein auf der Netzhaut sich aus zu einer linienförmigen Reihe von Punkt-Bildern (Tafel XVI, Fig. 19. 21. und XVII, Fig. 20.) Diese müssen auf der Netzhaut in der Schnittlinie der Ebene liegen, welche durch den Leuchtpunkt, die Augenachse und den Eintrittspunkt des Lichtes in die Hervorragung der brechenden Kante des Flüssigkeits-Prismas bestimmt wird. Sie müssen also, von den, um das Bild des Leuchtpunktes in keineswegs gleichen Abständen herum, angeordneten entferntesten Nebenbild-Punkten, Bilder-Reihen, d. h. in diesem Falle Punkt-Reihen oder schmalste Lichtlinien, darstellen, welche im Bilde des Leuchtpunktes selber endigen, hier also sämtlich zu einem Strahlensterne zusammenlaufen. (Tafel XV, Fig. 36.) Auch diese Bilder-Reihen sind durch äusserst feine Abgränzungen von einander getrennt: die „Fraunhofer'schen Linien“, welche in diesem Falle freilich nur nach sehr gründlicher Einübung wahrgenommen zu werden vermögen.

Gerade diese Schwierigkeit veranlasst mich, hier hervorzuheben, dass bislang die sogenannten Lichtstrahlen stets be-

handelt worden sind als linienförmige zusammenhängende Ausflüsse aus dem Leuchtpunkte. Dass sie vielmehr als Bilder-Reihen zu betrachten und dass ihre einzelnen Bilder durch Fraunhofer'sche Linien von einander getrennt sind, wird hier zum ersten Male nachgewiesen.

Es ist mir nirgend eine Hindeutung auf diese Thatsache begegnet. Sturm<sup>1)</sup> und Airy haben, ebenso wie Thom. Young, wohl Fälle beobachtet und beschrieben, in welchen schief auf das Auge fallendes Licht<sup>2)</sup> sich auf der Netzhaut nicht in einem Brennpunkte vereinigt, daher verzerrte, z. B. statt kreisrunder eirunde, oder gar bis zur Linie aus einander gezogene Bilder ergeben. Diese Fälle haben mit der Erzeugung der Lichtstrahlen durch Bilder-Vervielfältigung eine gewisse Verwandtschaft; aber sie sind nicht zurückgeführt worden auf die wirkliche Thatsache und sind auch nicht benutzt zur Erklärung der allgemeinen Erscheinung der Strahlenlinien im Auge. Die Übereinstimmung der Darlegungen Sturm's, bei welchen es sich nur um mathematische Lichtpunkte handelt — wodurch also die Anwendung auf die als unendlich ferne Punkte zu betrachtenden Sterne nahe lag — mit meinen Bilder-Reihen besteht nur darin, dass Sturm richtig erkannt hat, dass schief in's Auge fallende Lichtkegel nicht in einem mathematischen Punkte die Netzhaut treffen, sondern unter kleinen Verschiebungen in mehreren Brennpunkten.

Gelegentlich findet man die „Lichtstrahlen“ wohl als „in die Länge gezogene“ Leuchtbilder bezeichnet. Aber dieser Ausdruck hat keinen Sinn. Vielmehr handelt es sich stets nur um Vervielfältigungs-Reihen von Bildern, welche ihrer nahen Aufeinanderfolge wegen sich grossentheils decken.

Zur Vervollständigung der oben gegebenen Darstellung der Entstehung der Strahlenlinien in unsern Augen ist noch nachzutragen, dass die durch die Meibom'schen Drüsen veranlassten kleinen Vorsprünge der brechenden Kante der Augenflüssigkeit wohl ohne Ausnahme immerhin, wie oben bereits bemerkt,

<sup>1)</sup> Comptes rendus de l'Acad. des sciences. XX. 1845. Séance de lundi 17. Mars 1845. Optique. — Mémoire sur la théorie de la vision par M. Sturm (Suite). 764—766 findet sich die Darlegung obiger Beobachtungen. —

<sup>2)</sup> Die Abhandlung Sturm's sagt in üblicher Weise „faisceaux de lumière“, ein Ausdruck, dessen Vermeidung mir wünschenswerth erscheinen muss. —

„körnig“ sind oder sonstige Unregelmässigkeiten darbieten, die obgleich wir sie nicht weiter zu verfolgen vermögen, doch durch die Wahrnehmung ihrer Wirkungen sich wohl zu erkennen geben. Bei recht sorgfältiger Aufmerksamkeit überzeugt man sich nämlich, dass die Lichtlinien der von uns gesehenen Sternstrahlen wohl niemals einfach, sondern dass sie mehrfach sind, indem zwei oder noch mehrere solcher Linien von sehr nahe bei einander liegenden Punkten ausgehen und unter fast unerfassbar spitzen Winkeln im Mittelpunkte des Strahlensternes zusammenlaufen. Bei oberflächlicher Beobachtung glaubt man jeden Sternstrahl als einfache Lichtlinie zu sehen; bei aufmerksamerer aber finden wir ihn wie aus zwei oder mehreren Lichthärchen pinselartig zusammengesetzt. (Tafel XXII, Fig. 37 und XXIII, Fig. 38.)

Auch die unzweifelhaft bis in die feinsten Verhältnisse gehende Verschiedenheit unserer beiden Augen kann zur Vermehrung der Lichtlinien beitragen und thut dies ganz gewiss. Dann kommt hinzu die beständige Unruhe dieser Sehwerkzeuge, durch welche unablässig kleine Verlegungen der Lichteindrücke erfolgen, die stets eine gewisse Dauer haben und daher mehr oder weniger als gleichzeitige von uns empfunden werden. Alle diese Umstände wirken gemeinschaftlich zusammen, um das etwas unbestimmte Bild des Strahlensternes zu erzeugen, welchen wir zu sehen glauben und in welchem wir aus den vielen kleinen Irrbildern und Wechsellerscheinungen uns die Vorstellung einer grösseren Regelmässigkeit zurechtlegen, als in Wirklichkeit vorhanden ist — bis zur Entwerfung jener in der Wirklichkeit niemals vorkommenden Zackenrosen, an welche Jeder bei dem Gebrauche des Wortes „Stern“ zu denken pflegt. So naturwidrig uns diese Kunsterzeugnisse vorkommen, so lässt sich doch nicht verkennen, dass sie wohl meistens aus sehr richtigen Einzelwahrnehmungen zusammengesetzt sind, und es gewährt hohen Reiz, diese Naturtreue in den Naturwidrigkeiten zu verfolgen.

Da die feinen Verhältnisse, von welchen, nach der obigen Erläuterung, die Erzeugung der Strahlensterne in unsern Augen abhängt, für gewöhnlich gar nicht in Überlegung gezogen werden, so mag es leicht befremden, sie als so beharrliche, beständige ansehen zu müssen, als welche sie sich durch die Unveränderlichkeit jener Bilder erweisen. Aber die Thatsache belehrt uns. Die Sterngestalt, welche unsern Augen einmal eigen ist, tritt, bei jedem Blicke auf einen unendlich fernen oder, was in der Wirkung

auf dasselbe herauskommt, unendlich kleinen Leuchtpunkt, stets unverändert hervor; das Wesen des Leuchtkörpers, der Lichtquelle, ist hierauf durchaus einflusslos. Aber man darf wohl annehmen, dass, wenn man über die blossе Abzählung der nach Unten und nach Oben gerichteten Strahlen hinausgeht und auch die feineren Verschiedenheiten in Betrachtung zieht, kaum zwei Menschen gefunden werden möchten, welche völlig gleiche Sterngestalten sähen.

Ebenso aber sind wohl nie die Sterne beider Augen eines Menschen vollkommen gleich. Unwillkürlich aber gleichen wir die beiden verschiedenen Bilder mit einander zu einem mittleren Ergebnisse aus. Wie im Bewusstsein dieses doch unbewusst vor sich gehenden Verfahrens, schliessen wir das eine Auge, wenn wir genau sehen wollen, d. h. wenn es sich darum handelt ein ganz ungetrübtes Bild zu empfangen.

Ob im Laufe des Lebens, durch allmähliche Veränderungen an den mitwirkenden Theilen der Augen, die von einem und demselben Augenpaare wahrgenommene Sterngestalt eine Abänderung erleidet, diese Frage bleibt einstweilen unbeantwortet. Ich kann als Naturforscher nur soviel aussagen, dass ich seit einer Reihe von Jahren alle Sterne stets in der noch heute bei 70 Jahren von mir gesehenen Gestalt erblickt habe.

Es soll einzelne Menschen geben, welche am Himmel keine Strahlensterne, sondern nur schwächere und kräftigere Lichtpunkte sehen. Als eines solchen gedenkt Alex. von Humboldt<sup>1)</sup> eines Schneiders Schön in Breslau, indem er diese Eigenthümlichkeit der „Schärfe“ der Augen des Genannten zuschreibt. Es wäre denkbar, dass eines Menschen Auge so beschaffen wäre, dass sein „Fernpunkt“ thatsächlich in unendlicher Entfernung läge d. h. dass auch alles von einem unendlich entfernten Punkte, wie einem Gestirne, dem Auge zugehende Licht in einem Punkte der Netzhaut richtig zusammenträfe. Allein dieser Fall ist sicherlich nicht wahrscheinlich. Helmholtz bestätigt das in den Worten: „Eine unendliche Entfernung des Fernpunktes „scheint aber doch, selbst bei Leuten, die im Freien leben und „nur ferne Gegenstände zu betrachten haben, mindestens eine „grosse Seltenheit zu sein, da ganz allgemein eine strahlige „Figur von den Menschen als Stern bezeichnet zu werden pflegt,

<sup>1)</sup> K o s m o s. III. 112. 113.

„und die Allgemeinheit dieses Sprachgebrauches darauf hinweist, „dass sie die Sterne strahlig sehen, was wiederum ein Zeichen „ist, dass sie nicht in unendlicher Ferne genau sehen.“ Übrigens steht dieser Ausspruch von Helmholtz<sup>1)</sup> unter dem Einflusse der oben (S. 68. 84.) dargelegten irrigen Zusammenwerfung der Strahlensterne mit den Zerstreuungs-Blumen. Auf erstere kann er begründeter Weise nicht Anwendung finden, da, selbst wenn alles aus unendlicher Ferne in ein Auge kommende Licht in einem solchen auf einem Punkte der Netzhaut zusammentreffen würde, dieses Verhalten sich nicht auf diejenigen Lichter erstrecken könnte, welche in dem Prisma der Augenfeuchtigkeit eine Brechung erleiden, in Folge deren sie mehr oder weniger weit von der Augenachse die Netzhaut treffen. Also aus Gründen der Fernsichtigkeit, oder, nach Humboldt's Ausdruck, der „Schärfe“ des Gesichtes kann der Mangel der Strahlen nicht erklärt werden.

Dagegen ist wohl anzunehmen, dass es Menschen giebt, deren Augenlider für gewöhnlich so weit offen stehen, dass entweder das eine derselben, oder aber beide, sich nicht genügend vor die Hornhaut schieben, um die Vorragungen der Flüssigkeit an den Meibom'schen Drüsen bis vor die Pupillenöffnung gelangen zu lassen. Im ersteren Falle sehen solche Leute nur obere oder nur untere Strahlen; in letzterem Falle gar keine. Diese also bilden den Gegensatz zu jenen Menschen, welche, wie Humboldt es von sich aussagt, eine grössere Zahl von Strahlen sehen, als gewöhnlich gesehen werden (falls diese Aussage nicht, wie ich allerdings vermuthete, auf einer Verwechslung und Einmischung von Strahlen anderer Art und Entstehung, nämlich Blinzelstrahlen, Wimperstrahlen und Haarstrahlen beruht.)

---

<sup>1)</sup> Helmholtz: Physiolog. Optik. 1. Aufl. 97. — 2. Aufl. (119) fehlt der obige Satz, weil, auf Grund einer Schrift von F. C. Donders (Anomalies of accommodation and refraction. London. 1864.), in derselben die Auffassung Platz gegriffen hat, dass der Zustand des Fernsehens der eigentliche Ruhezustand des Auges sei, diesem daher die grösste Sehweite des Auges entspreche, daher die unendliche Ferne als Grundverhältniss der Lage („normale Lage“) des Fernpunktes zu betrachten sei, während die, allerdings weit häufigeren, Fälle anderen Verhaltens als Abweichungen angesehen werden. Aber in seinem Zusammenhange behält der Satz in der 1. Auflage seinen vollen Werth. Der Schluss desselben lautet übrigens a. a. O. „nicht für unendliche Ferne adaptieren, wie in § 14 auseinander gesetzt werden wird“.

Die Sternstrahlen, Blinzelstrahlen und Wimperstrahlen stören selbstverständlicher Weise die Klarheit des Sehens. So mag es sich begreifen, dass ein von solchen Störungen freies Auge, wie das des oben genannten, im Jahre 1837 verstorbenen Schneiders Schön, die himmlischen Gestirne in wunderbarer Klarheit erkannte. A. v. Humboldt berichtet,<sup>1)</sup> dass ihm der Direktor der Breslauer Sternwarte Herr von Boguslawski, folgende Mittheilung machte. „Nachdem man sich mehrfach seit 1820 durch ernste Prüfung überzeugt hatte, dass Schön in heiteren, mondlosen Nächten die Stellung von Jupiterstrabanten, selbst von mehreren zugleich, richtig angab und man ihm von den Ausstrahlungen und Sternschwänzen sprach, die Andere zu hindern schienen, ein Gleiches zu thun, äusserte Schön seine Verwunderung über jene hindernden Ausstrahlungen.“ Aus seinen Äusserungen „musste der Schluss gezogen werden, dem Schön seien Planeten und Fixsterne immer frei von Strahlen, wie leuchtende Punkte erschienen.“

Sternstrahlung von Sonne und Mond. Hier ist wohl der geeignetste Ort, um des Umstandes zu gedenken, dass weder die Sonne, noch der Mond Sternstrahlen erzeugen. Sie füllen eben ihrer Leuchtfläche gemäss das ganze innere Feld des Sehwerkzeuges mit der Ausbreitung ihres Scheines. Die Sonne verbietet die geeignete Betrachtung. Aber der Mond zeigt den meisten Augen sehr wohl eine Zerstreungs-Blume; besonders als Sichel oder Halbmond giebt er die Gestalt, welche Schimper scherzend als „gefüllten Mond“ bezeichnete, weil er einer vielblättrig gefüllten Blume sehr ähnlich erscheint. (Vergl. oben S. 86, Tafel XVI, Fig. 31 und 32). Aber Reihen von Brechungsbildern kann er freilich unmöglich liefern; also auch keine Sternstrahlen.

Wenn man das Bild der Sonne in einem verkleinernden und abschwächenden Spiegel betrachtet, so erscheint zunächst inmitten des Wirbels der weiter unten zu erörternden „Haarstrahlen“ eine Zerstreungsblume (vergl. oben S. 70). Geht aber die Verkleinerung so weit, dass das Sonnenbild zu einem ausdehnungslosen Punkte zusammenschwindet, so tritt der Sonnen-Stern prachtvoll hervor. Ich werde alsbald Gelegenheit finden, das Auftreten dieses Sterns in bewegtem Wasser, wo er

<sup>1)</sup> K o s m o s . III. 112. 113. —

sich zahllos in den Kuppen und Hohlspiegeln der Wellen zeigt, näher zu besprechen.

Der Mond scheint unter gleichen Umständen keine Sterne zu liefern. Vermuthlich ist sein Licht zu schwach, um in so grosser Verminderung noch genügende Reize in unsern Augen hervorzurufen.

**Sternstrahlungen von anderen Leuchtpunkten.** Jeder unendlich kleine Leuchtpunkt dagegen wirkt in unserm Auge ganz ebenso, wie die unendlich fernen Gestirne.

**Nadelstiche.** Stellt man vor irgend einen Leuchtkörper — sei es die Sonne oder sei es die bescheidenste Kerzenflamme — einen deckenden Schirm, in dessen Wand man nur mittelst einer feinen Nadel eine Öffnung angebracht hat, so kann man an dem Lichtscheine, welcher durch diese Öffnung dringt, die Sternstrahlenbildung ganz wie an einem Gestirne wahrnehmen. Zu dieser Beobachtung ist jedoch erforderlich, dass man die Abstände in der Nähe des genauesten Sehens überschreitet, weil in diesen nur die Zerstreungs-Blumen zum Vorscheine kommen. Je ferner man von vornherein das Auge von der Leuchtöffnung hält — selbstverständlich innerhalb der Sichtbarkeit der letzteren — desto schöner stellt der Strahlenstern sich dar.

**Zeitungspapier.** Die Zeitungen werden heutigen Tages auf sehr undichte Papiere gedruckt. Hält man ein Blatt derselben gegen das Licht, so zeigen sich hie und da feine Löchlein, die man für gewöhnlich gänzlich übersieht. Ist aber der Unterschied der Beleuchtung vor und hinter dem Blatte stark genug, so verrathen sich die kleinen Öffnungen alsobald, indem sie als Strahlensterne und somit weit augenfälliger erscheinen, als sie an sich sein können.

**Funken.** Sind sprühende Funken, wie solche bei allerlei Feuerwerk entstehen, auch beim Schweissen des Eisens, wenn es in der rechten Hitze auf den Ambos gebracht und gehämmert wird, umherstieben, klein genug oder werden sie aus genügender Ferne betrachtet, so stellen sie sich gleichfalls als Strahlensterne dar, besonders schön, wenn man von Aussen in die dunkle Schmiede hineinblickt.

**Die Zunderlade.** Eine sehr artige Form, in welcher Funken in Sternstrahlung auftreten, boten die früher (bis in die 30er Jahre dieses Jahrhunderts) allgemein üblichen Feuerzeuge, welche man als „Zunderlade“ bezeichnete. Dieselben bestanden

in einem Kästchen, welches in einer längeren Abtheilung die damals gebräuchlichen fast spannenlangen Schwefelhölzer („Sticken“) nebst Stahl und grossen Feuersteinen enthielt, daneben aber in einer kleineren, unter schliessendem Deckel, einen zusammengepressten Vorrath verkohlter Leinwand beherbergte. Diese Masse war der „Zunder“. Nach Öffnung des Deckels setzte man den hakenförmigen Stahl auf den Rand des Zunderbehälters und schlug mit einem Steine an demselben niederwärts, bis ein Funke in den Zunder fiel. Dort zündete dieser und lief ziemlich rasch, den Fäden folgend, glimmend durch die schwarze Kohle, wobei er als ein allerliebster wandernder Strahlenstern erschien, welchen man nun mit dem Schwefelkopfe eines Hölzchens zu erhaschen suchte, um den Schwefel, und durch diesen dann auch den Holzspahn, zu entzünden. Vergangene Zeiten!

Glühwürmchen. Am 2. Juli 1891 Abends  $\frac{3}{4}$  9 Uhr beobachtete ich im Schattenhäuschen meines Gartens ein sehr stark leuchtendes „Glühwürmchen“ (*Lampyrus noctiluca* L.). Es war von einem stark leuchtendem Scheine (? Dunste) bis zu einem Abstände von 1.5 bis 2.0 cm umgeben, dessen Blendung mich noch auf bloß 30 cm Entfernung verhinderte, das Blatt zu erkennen, auf welchem das Thierchen eine Weile ruhte. Als letzteres davon flog schwand diese Scheinhülle rasch zu einem Leuchtfunken zusammen, welcher mir in vollkommenster Strahlensternform erschien. Und doch geht das Licht aus von zweien oder dreien Leuchtbändern auf den Ringelgliedern seines Hinterleibes. Offenbar wirken dieselben in genügender Entfernung wie ein Punkt.

Irrlichter. In der nach dem Wirthe Kehr benannten Studentenwirthschaft auf dem Hainberge bei Göttingen, in deren Nähe einst Vossens Freundeskreis den „Hainbund“ stiftete, wusste man zu der Zeit, als ich noch in Göttingen wohnte (1842—1847), viel zu erzählen von den Irrlichtern, welche man bei feuchtem Wetter vom Wege zur Stadt, der „Apfellee“, rechts in dem Grunde erblicken könne, hinter welchem der sogenannte Drakenberg nordwärts sich erhob. Es waren ächte Irrlichter! In dem Grunde liegt, von jenem Wege nicht sichtbar, das Dorf Herberhausen am Fusse des genannten Berges. Ich fand, spät oftmals einsam heimwärts gehend, dass, wenn Nebel Abends nicht allzu dicht das Dorf deckten, die erleuchteten Fenster einzelner Häuser durch die Brechung des

Lichtscheines dort oben sichtbar wurden. Sie zeigten sich als sternstrahlige Leuchtpunkte — und wenn die Nebel zogen und schwankten, so schienen die Irrlichter sich zu bewegen. Es giebt eben gar vielerlei Irrlichter.

Liebchens Lampe. Dass eine ferne Leuchtflamme, an Kerze oder Lampe, als Strahlenstern schimmert, ist allgemein bekannt. Von der Gestalt der Flamme bemerkt man nichts. Aber damit der „traute Stern“ zum Vorscheine komme, braucht die Flamme von Aussen gar nicht sichtbar zu sein. Leicht wird man, wo aus Liebchens Kämmerlein solch ein Stern uns winkt, mittelst Fernrohres sich überzeugen können, dass das „erleuchtete“ Fenster, richtiger wohl der Schein der dem Fenster gegenüberstehenden Wand des erleuchteten Zimmers, durch die Ferne für uns zu einem blossen Leuchtpunkte zusammengezogen, nicht minder vollkommen in unserm Auge einen Strahlenstern bildet, wie ein Gestirn.

Rauchfang- und Schachtsterne. Sehr alt ist bereits die sagenhafte Mär, dass man am hellen Tage durch Rauchfänge, aus tiefen Brunnenschächten oder Bergwerken Sterne am Himmel erblicken könne.<sup>1)</sup> Die Sache hat ihre vollkommene Richtigkeit — nur handelt es sich nicht um Gestirne, sondern um den Lichtschein, welcher von Oben in die Rauchfang- oder Schachtöffnung fällt und, durch die Abflachung, welche das Auge beim Aufwärtsblicken erleidet, verkleinert wahrgenommen, als scheinbar unendlich ferner Leuchtpunkt sich in unserm Auge mit einem Strahlensterne umgiebt.

A. von Humboldt bezog die Sage auf das Sehen von Gestirnen. Da er solche bei Tage nie, auch unter den günstigsten Umständen nicht, wahrzunehmen vermocht hatte, so zeigt er sich befremdet durch die Mittheilung von John Herschel<sup>2)</sup>, dass Dieser selber von einem berühmten Optiker bestätigen gehört habe: der erste Umstand, welcher einst seine Aufmerksamkeit auf die Himmelskunde gelenkt, sei die für mehrere nach einander folgende Tage zu bestimmter Stunde wiederkehrende Sichtbarkeit eines beträchtlichen Sternes durch die Röhre eines Rauchfanges gewesen. Humboldt fügt hinzu: die Rauchfangkehrer, bei welchen er nachgeforscht, hätten nur berichtet, aber ziemlich

<sup>1)</sup> Kosmos. III. 71.

<sup>2)</sup> Kosmos. III. 115. Nach Herschel: *Outlines of Astronomy*. § 61.

gleichförmig: „dass sie bei Tage nie Sterne gesehen, dass aber bei Nacht ihnen aus tiefen Röhren die Himmelsdecke ganz nahe und die Sterne wie vergrössert schienen.“ Letztere Beobachtung beruht wohl ohne Zweifel auf dem Ausschlusse aller störenden Beleuchtungseinflüsse in solchen Räumen. Humboldt meint aber, die behaupteten Fälle der Sichtbarkeit von Sternen am hellen Tage und andre ähnliche Erscheinungen, deren Wahrnehmbarkeit von dem zufälligen Zusammentreffen begünstigender Umstände abhänge, müssen nicht darum geleugnet werden, weil sie so selten seien.

In Jena steht nahe oberhalb des weltbekannten Burgkellers das hochberühmte Haus, die *domus Weigeliana*, eins der scherzweise sogenannten sieben Wunder der alten Hochschulstadt, im Jahre 1668 von dem Professor der Mathematik und Astronomie Eberhard Weigel (geb. 1625, † 1699) erbaut, dem „Hofmathematiker und Oberbaudirektor“, dem Lehrer von Leibnitz und Pufendorff. Es ist auffallend, dass Humboldt sich dieses Hauses nicht erinnerte. Es ist an der Stirnseite mit lateinischen biblischen auf die Schöpfung bezüglichen Inschriften geschmückt und barg einst in seinem Innern mancherlei für damalige Zeit wunderbare Einrichtungen und Hilfsmittel der Wissenschaft. Am Meisten angestaunt wurde der noch bis jetzt erhalten gebliebene, rauchfangartige Luftschacht, durch welchen man aus dem Keller um Mittag einen Stern „erster Grösse“ am Himmel sieht. Es ist so! — und hat schon Viele betrogen, trotzdem, dass grosse Astronomen bewiesen haben, dass keins der uns bekannten Gestirne jemals zu Mittag im Scheitelpunkte von Jena stehen könne. Es ist die durch theilweise Verdeckung künstlich verengerte Lichtöffnung über dem Dache, welche die, vermuthlich wohlberechnete, Täuschung hervorbringt.

Wir kommen damit der Aufklärung einer bislang als räthselhaft betrachteten Erscheinung näher. Humboldt berichtet, dass das Sehen der Sterne bei Tage mit blossem Auge in den Schächten der Bergwerke seit früher Jugend ein Gegenstand seiner Nachforschung gewesen sei.<sup>1)</sup> „Es war mir nicht „unbekannt, dass schon Aristoteles behauptete, Sterne werden „bisweilen aus Erdgewölben und Cisternen, wie durch Röhren gesehen. Auch Plinius erwähnt dieser Sage und erinnert dabei

<sup>1)</sup> K o s m o s . III. 71.

„an die Sterne, die man bei Sonnenfinsternissen deutlichst am  
 „Himmelsgewölbe erkenne. Ich habe in Folge meines Berufes  
 „als praktischer Bergmann mehrere Jahre lang einen grossen  
 „Theil des Tages in den Gruben zugebracht und durch tiefe  
 „Schächte das Himmelsgewölbe im Zenith betrachtet, aber nie  
 „einen Stern gesehen; auch in mexikanischen, peruanischen und  
 „sibirischen Bergwerken nie ein Individuum aufgefunden, das vom  
 „Sternsehen bei Tage hätte reden hören: obgleich unter so ver-  
 „schiedenen Breitegraden, unter denen ich in beiden Hemisphären  
 „unter der Erde war, sich doch Zenithal-Sterne genug hätten  
 „vortheilhaft dem Auge darbieten können.“ Zu dieser Darlegung  
 fügt Humboldt auch noch die folgende Anmerkung<sup>1)</sup>, welche  
 ich, der Bedeutung des Gegenstandes wegen, hier unverkürzt  
 glaube aufnehmen zu müssen. „Die von Buffon erwähnte Stelle  
 „des Aristoteles findet sich in einem Buche, wo man sie am  
 „Wenigsten gesucht hätte: in dem *De generatione animalium*. V. 1.  
 „Sie lautet, genau übersetzt, folgendermaassen: „Scharf sehen  
 „„heisst einerseits, vermögen fern zu sehen, andererseits, die Unter-  
 „„schiede des Gesehenen genau erkennen. Beides ist nicht zu-  
 „„gleich bei denselben Menschen der Fall. Denn Derjenige,  
 „„welcher sich die Hand über die Augen hält, oder durch eine  
 „„Röhre sieht, ist nicht mehr und nicht weniger im Stande, die  
 „„Unterschiede der Farben zu ergründen, wird aber wohl die  
 „„Gegenstände in grösserer Entfernung sehen. So kommt es ja  
 „„auch vor, dass die, welche in Erdgewölben und Cisternen sich  
 „„befinden, von da aus bisweilen Sterne sehen.“ *Ὀρύγματα* und  
 „besonders *πηγάται* sind unterirdische Cisternen oder Quell-  
 „gemächer, welche in Griechenland, wie als Augenzeuge Professor  
 „Franz bemerkt, durch einen senkrechten Schacht mit Luft und  
 „Licht in Verbindung gesetzt sind und sich nach Unten wie der  
 „Hals einer Flasche erweitern. Plinius (*Nat. hist.* II. 14.) sagt:  
 „*Altitudo cogit minores videri stellas; affixas coelo Solis fulgor*  
 „*interdiu non cerni, quum aequae ac noctu luceant: idque*  
 „*manifestum fiat defectu Solis et praealtis puteis.*“. Cleomedes  
 „(*Cycl. Theor.* pag 83 Bake) spricht nicht von bei Tage ge-  
 „sehenen Sternen, behauptet aber: „dass die Sonne, aus tiefen  
 „Cisternen betrachtet, grösser erscheine wegen der Dunkelheit  
 „und der feuchten Luft.““

<sup>1)</sup> Kosmos. III. 115.

Ich kann nicht zweifeln, dass alle Erscheinungen, um welche es sich in obigen Berichten und Erwägungen handelt, nichts gemein haben mit Gestirnen, sondern dass sie nur Trugsterne betreffen, wie jenen im Weigel'schen Hause. In höchst ausgezeichnete Weise habe ich einen solchen Trugstern erblickt, als ich einst ganz allein auf der Grube „Bescheert Glück“ bei Brand unweit Freiberg in Sachsen aus grosser Tiefe mit verloschener Blende, also in schwarzer Finsterniss, auf senkrechten Fahrten emporstieg. Bei einer Rast das Auge aufwärts richtend, sah ich über mir einen herrlichen Strahlenstern. Aber unter welchen Bedingungen! Als ich zum Mundloche des Schachtes gelangte, fand ich, dass die Fallthür niedergelassen war, und ebenso war die Thür der Kaue (Hütte), welche über diesem Mundloche steht, keineswegs offen, so dass drinnen ein blosses Dämmerlicht herrschte. Und dieses Dämmerlicht, durch die Ritzen der freilich nur ungenau schliessenden Fallthürklappen den obersten Theil des Schachtes schwach erleuchtend, war durch die Verkleinerung in der Fernschau aus der Tiefe genügend gewesen, um mir den Strahlenglanz eines Sternes ins Auge zu zaubern.

### Spiegelungs-Strahlensterne.

Jeder unendlich ferne oder unmessbar kleine Leuchtpunkt erzeugt, falls seine Lichtstärke genügt, in unsern Augen den Strahlenstern. Die Quelle des Lichtes ist gleichgültig; ja, unter Umständen wird eine Lichtquelle erst durch Spiegelung, falls sie nämlich mittelst derselben eine Theilung oder eine Verkleinerung oder Entfernung erleidet, zur Sternstrahlung geeignet gemacht.

Sonnen-Spiegelbilder als Strahlensterne. Die Sonne ist unsere stärkste Lichtquelle, das Wasser unser verbreitetster Spiegel.

Spiegelt sich die Sonne in ruhiger Wasserfläche, so zeigt sich, aus der Tiefe heraufblendend, ihre Scheibe so gross, wie am Himmel selber. Bei hohem Stande ist der Anblick auch des Spiegelbildes, so sehr es auch in seiner Lichtstärke geschwächt erscheint, unerträglich. Beim Auf- oder beim Untergange kann man, wenigstens bei erheblicher Trübung der Luft, Bild und Gegenbild anschauen und vergleichen. Sternstrahlen giebt die Sonne so wenig als ihr Spiegelbild — auf ruhiger Wasserfläche!

Anders, wenn die Wasserfläche bewegt ist. Aber nicht die mächtigen Wogen, mit ihren einerseits gewölbten, andererseits hohlen Abhängen, sind es, welche bei den diesen Gegensatz bezeichnenden Ergebnissen die in die Augen springendsten Erscheinungen hervorrufen, sondern vielmehr die kleinen Schauer- und Zitterwellen, welche gelegentlich nur die oberflächennächste Wasserschicht, vermittelt der Reibung der darüber hinstreichenden Lüftchen, in Bewegung setzen und welche, abgesehen vom grossen Wellengange, wohl auch die grossen Wogenflächen noch wieder mit einer untergeordneten Kräuselung versehen.

Je kleiner der Durchmesser der Kugel, welcher eine gewölbte oder hohle Spiegelfläche angehört, desto mehr erleiden die Spiegelbilder eine Verkleinerung gegenüber den Maassen des Urbildes. In einem Hohlspiegel, dessen Krümmungs-Halbmesser 15 m beträgt, stellt sich das Bild der Sonne nur noch mit einem Durchmesser von etwa 8 cm dar; in einem Hohlspiegel von 1 m im Halbmesser nur noch etwa 0,5 cm. In den tief gebuchteten und hochgerundeten Kräuselwellen eines von leichtem Windhauche bestrichenen Wasserspiegels schrumpft das Bild des mächtigen Gestirns zu Unmessbarkeit eines unendlich entfernten Leuchtpunktes zusammen. Und diese Leuchtpunkte schweben, je kleiner die Kräuselung ist, desto näher unter den Wölbungen der aufhüpfenden Wellenberge und über den Tiefpunkten der zwischen diesen befindlichen Thäler, und da beständig Wellenberg und Wellenthal wechselt, so findet auch ein beständiger Wechsel der Bilder und ihrer Stellung statt — in jedem Augenblicke scheint der Leuchtpunkt zu tanzen und zu springen. Diese Leuchtpunkte der Sonnenspiegelbilder verhalten sich nun vollkommen wie die Sterne; sie veranlassen in unsern Augen die schönste Sternstrahlung — hundertfach erscheint uns das wohlbekanntes Strahlenbild, nur dass es hier silberweiss blitzt und nicht selten unsern Sehnerv so empfindlich trifft, dass wir die Blendung nicht würden ertragen können, wenn sie nur eine messbare Zeit andauern würde.

Am 7. Mai 1886 an einem frischen Morgen befand ich mich bei Salzungen in Thüringen am Nordwest-Ufer des dortigen kleinen See's am Fusse der Felsen- und Mauerwand. Mein Blick war gegen den Stand der Sonne gerichtet. Der See lag in voller Ruhe; nur an zweien Stellen wurde er von sehr kleinen Zitterwellen gekräuselt. Beide Stellen waren getrennt durch eine

schmale spiegelglatte Bahn, welche sich von Ost gegen West erstreckte. Die Schauerflächen waren gegen das Ostufer breiter; von Nordwesten und noch mehr von Südwesten her setzten sie, gleichsam wie von leckenden Zungen, allmählig ein. Offenbar fiel hier ein sinkender Luftstrom, vom höheren Westufer herabkommend, ostwärts auf den Wasserspiegel ein — es war ein Rückprall des in höherer und freierer Lage an jenem Morgen herrschenden mässigen Ostwindes. In Folge der Reibung jenes den Wasserspiegel bestreichenden Zuges war der See von kleinen Wellen bewegt, welche allseitig sich bis zu den Ufern fortpflanzten, welche aber, dem Unterzuge folgend, vorzüglich gegen das Ostufer hin eine Schaar lebhafterer Kräuselungen darstellten.

Die Sonne mir gegenüber schien in schräger Richtung auf dieses bewegte Wellengeschwader, die Spiegelbilder trafen meine Augen, und jedes derselben schmückte sich im Augenblicke seines Aufblitzens mit dreien leuchtend-silberweissen Strahlen. Untere Strahlen fehlten durchweg; das heisst mit anderen Worten: das aus dem See aufblitzende Licht traf von Unten mein Auge in solcher Weise, dass es die drei Spiegelpunkte unter meinen oberen Lidern erreichen konnte, nicht aber die beiden Spiegelpunkte über meinen unteren Lidern, welche gewissermaassen im Schatten des vorragenden Lidrandes blieben. Die Leuchtpunkte in gerader Richtung zwischen mir und dem Sonnenstande, etwa der Mitte der ganzen Schaar entsprechend, waren mit den längsten Strahlen gekrönt; nach beiden Seiten nahm die Länge ab, bis zu den äussersten, welche nur mit kaum wahrnehmbaren Krönchen erschienen. Alle diese Halbsterne und Blitzpunkte hüpfen und zitterten in lebhaftem Wechsel. Auch die einzelnen dreispitzigen Krönchen liessen deutlich erkennen, dass je der mittlere, senkrechte, Strahl länger war, als die beiden schräg seitlich auf-fahrenden. Dabei schienen diese Strahlen vor dem bläulich-grünen Ostufer (wohl ohne Zweifel nur durch Wirkung des Gegensatzes) rothgelb gefärbt zu sein. Mitunter blitzten solche in der Weise auf, dass der lange Mittelstrahl nur zwei ganz kurze Hörnchen neben sich hatte, als ob er senkrecht in der Mitte einer wagrechten Sichel stände — aber der rasche Schein und Vorübergang dieses Bildes machte den Eindruck, als ob ein Licht-tropfen ins Wasser fiel und aufspritze. Ja das ganze, in steter Bewegung befindliche Schauspiel machte auf mich den Eindruck, als komme ein Lichtregen auf mich zu. (Taf. XXIV, Fig. 39.)

Später stand ich auf dem etwas höheren Westufer desselben See's so, dass ich das Bild der mir gegenüber am Himmel befindlichen Sonne in voller Grösse und Rundung in der Tiefe vor meinen Füssen erblickte. Da erschauerte durch einen einfallenden Luftstoss der Spiegel auch in einer begrenzten Fläche zwischen dem Spiegelbilde und dem oben beschriebenen östlichen Kräuselgeschwader. Sofort blitzte auch in dieser Fläche eine Schaar von Sternen auf, und diesen mangelten auch die zwei unteren Strahlen nicht (Tafel XXIV, Fig. 39). Der steilere Winkel, unter welchem ich nach dem gespiegelten Sonnenbilde niederwärts geblickt hatte und nun auch in dieses nähere Schauerfeld hineinblickte, liess auch die Spiegelungen am Rande meiner unteren Augenlider zur Wirksamkeit kommen, während, wie oben bemerkt, von dem Widerscheine der Leuchtpunkte des entfernteren nur meine oberen Lider in geeigneter Weise getroffen waren. Aber überraschend wirkte auf mich die Wahrnehmung, dass bei beiden Beobachtungen mein Strahlenstern umgekehrt erschien: die drei Strahlen, welche am oberen Lide ihren Ursprung haben, zeigten sich nach Oben gerichtet, die zwei längeren, am unteren Lide entstehenden nach Unten!

Am Donnerstage, 24. März 1887, ging ich Vormittag 10 Uhr 45 Min. in Frankfurt a. M. längs der „Schönen Aussicht“ zwischen der „Alten Mainbrücke“ und der vor der Stadtbücherei gelegenen „Obermainbrücke“ auf dem nördlichen Hochufer des Mains. Reinster Himmel; hellster Sonnenschein. Schräg von Nordnordwest über den Fluss blickend, hatte ich in Südsüdost den blendenden Sonnenglanz mir gegenüber. Das Auge senkte sich unwillkürlich. Da bot sich ihm ein reizvolles Schauspiel dar.

Zu meinen Füssen hüpfen in den Wellen zahlreiche, aber doch vereinzelte Sonnenbilder und zwar in der Gestalt, wie ich die grössten Fixsterne sehe, nur noch weit prächtiger; doch fanden sich alle in umgekehrter Stellung. Nämlich ich sah leuchtende Punkte, von welchen fünf Strahlen ausgingen; es waren drei nach Oben und zwei nach Unten gerichtet. Dieselben Leuchtpunkte sprühten aber ausserdem noch einen reichen Schwarm von Haarstrahlen aus (Tafel XXV, Fig. 40.), deren ich nur bei Sirius, Wega und anderen Sternen erster Grösse, auch bei den lichtstärksten Planeten Venus und Jupiter einige wenige wahrnehme.

Die Pracht und Fülle, in welcher ich in diesem Falle die Strahlensterne sah, bildete einen bedeutenden Gegensatz zu der dünnlinigen Magerkeit meines gewöhnlichen Strahlensternes. Die fünf Strahlungen erschienen mir in ihrer Pfeilspitzen- oder Lanzenform von mustergültiger Regelmässigkeit und wie aus blankem Silber gebildet. Dieser Schein war sicherlich das Ergebniss der Zusammenwirkung einer zerstreunungsblumigen Mehrfältigkeit des in meinen Augen hervorgerufenen Bildes mit der unablässigen Bewegung — und der uns eingeborenen Neigung zur gleichsam verbessernd nachhelfenden Unterstellung einer Vollkommenheit, welche in Wirklichkeit gar nicht vorhanden ist.

Weiter von meinem Ufer entfernt zeigten sich die Sonnenbilder näher bei einander, aber ohne Haarstrahlen, und, je weiter entfernt, desto mehr an den beiden unteren Sternstrahlen verkürzt, in blendendem Silberlichte. Vollends jenseits der Mitte des Flusses gegen das Sachsenhäuser Ufer waren dieselben, nur mit dreien nach Oben gerichteten Strahlen versehen, drei-blättrigen blitzenden silbernen Zeitlosen gleich, sehr zahlreich und wimmelnd geschaart. Je näher zum Ufer hin, desto länger erschienen die Lichtlinien der Strahlen und zwar besonders der schräg nach Osten, für mich nach Links, aufsteigende, welcher die zwei- und dreifache Länge des Mittelstrahls erreichte, während der nach Rechts gerichtete immer mehr zurückblieb. (Tafel XXV, Fig. 40.) Auch diese Erscheinung ist nur der beständigen Bewegung der spiegelnden Wellen zuzuschreiben, durch welche die gespiegelten Lichtpunkte in ihren Stellungen zu den verschiedenen Spiegelpunkten meiner Lidränder beständig wechselten und dabei ungleich lange Wege zurücklegten.

Die ganze Flur dieser Bilder erinnerte mich bald, wo die Strahlen mehr gleichmässig waren, an einen mit der Wassersiggel (*Stratiotes aloides* L) bewachsenen Teichspiegel, bald, wo die linken Schrägstrahlen so sehr verlängert erschienen, an ein vom Winde geneigtes Schilfgeröhrig — Vergleiche, welche freilich nur in der Anordnung der Grundstriche des Bildes ihren Anhalt haben konnten. Aber noch ein anderer Vergleich drängte sich mir auf: waren es nicht hundert silberne Vogelfüsse, welche das Wasser mit ihren blinkenden Spuren bedeckten? Konnte ich zweifeln, dass eine unsichtbare Schaar von Elfen mit silbernen

Vogelfüssen<sup>1)</sup> dort ihren Weg über den Spiegel des Wassers nahm? —

Schnee und Eis. In besonderer Weise werden von Sonne und Mond Sternstrahlungen erzeugt mittelst Spiegelung und Brechung in Schnee und Eis. Mit der Sternform der Schneekristalle hat diese Erscheinung keine Gemeinschaft. Das Flimmern und Funkeln, welches auf einer beschienenen Schneefläche, sowie in den Eisblumen an unsern Fenstern, sich kundgiebt, rührt einzig von Spiegelbildern der Sonne oder des Mondes her, welche aus den für unser Auge gerade in geeigneter Stellung befindlichen Krystallflächen gleichsam hervorspringen. Nicht immer ist die äussere Fläche die spiegelnde, sondern häufig eine innere, so dass das Licht, welches zurückgespiegelt wird, die Eis-tafel oder -Nadel durchdringt, wobei es, wie aus einem Prisma, in bunter Farbenreihe zum Vorschein kommt. Die geringste Ortsveränderung unseres Auges lässt dann die Farbe des gespiegelten Lichtes wechseln. Betrachtet man solche Schnee- und Fenstereis-Spiegelpunkte genauer, so erkennt man, dass jeder derselben den unserm Auge eigenthümlichen Strahlenstern darstellt. Die von der Sonne hervorgerufenen sind auch wohl mit Haarstrahlen begleitet, aber meistens so blendend, dass man sie nicht genau beobachten mag; desto schöner prangen sie in Roth, Orange, Gelb, Grün und Blau. Das mildere Mondlicht lässt uns die Strahlensterne am befrorenen Fenster, besonders zur Vollmondzeit, recht anschaulich werden. Die Geringfügigkeit der Richtungsabweichung der verschiedenen Lichter ermöglicht es, dass wir gleichzeitig einen rothen, gelben, grünen Lichtpunkt und von jedem einen Strahlenstern erblicken. (Tafel XXII, Fig. 41.) Diese farbigen Bilder decken einander nicht, aber ihre Strahlen greifen in einander über, so dass ich z. B. meinen Strahlenstern wie in Fig. 41 wahrnehme, wobei der eine Stern roth, der zweite orangefarbig oder gelb, der dritte etwa grün zum Vorschein kommt. Diese Vereinigung mehrerer verschiedenfarbiger Bilder zu einem liefert eine willkommene Erläuterung der gefüllteren

<sup>1)</sup> Ἀργυρόπους oder ἀργυρόπεζα heisst die Meergöttin Thetis mit ihren fünfzig Schwestern, den Töchtern des mit Seepflanzenblättern, statt mit Haupthaar und Bart, geschmückten Nereus. Schwanen- oder gänsefüssig sind die Walkyren und Schwanjungfrauen — und auch die sagenhafte Königin Bertha heisst die gänsefüssige: la reine pédaque (d. i. pedibus aucae).

Erscheinungsform, in welcher mir mein magerer Strahlenstern sichtbar wird, wenn der Leuchtpunkt eine erheblichere Lichtstärke besitzt (vergl. S. 92), sowie auch der mustergültigen Form der im Wasser gespiegelten Sonnensterne (vergl. S. 105). Durch solche Verdoppelung oder Vervielfältigung leidet allerdings die Deutlichkeit der Gestalt, bis zu völliger Verschwommenheit.

Nochmals Zeitungen. Im Zeitalter der Fälschungen! — Da man dem Papiere, um es dichter, weisser und schwerer zu machen, jetzt fast immer eine gewisse Menge von Schwerspath-Mehl zusetzt, und es nicht selten ist, dass in diesem Zusatze einzelne Krystallfitterchen sich erhalten haben, deren Grösse, wenn auch dem blossen Auge sich fast entziehend, hinreicht, um einen Leuchtpunkt zurückzuwerfen, so erblickt man gar manchmal einen solchen beim Lesen. Und zwar sieht man ihn als Stern, welcher durch Spiegelung des Lichtes entsteht, bei dessen Scheine wir lesen, sei es, dass dieser Schein von einem Fenster herkomme, welchem wir lesend den Rücken zukehren, oder von einer Lampe, welche hinter uns steht oder über uns hangt. So klein sie sind, erscheinen auch diese Spiegelfünkchen als Strahlensterne, welche zwischen den schwarzen Buchstaben des Druckes hervorblinken. Vielleicht wird man finden, dass diese Sterne doch „sehr“ klein, und wohl gar auch, dass die Erwähnung derselben „kleinlich“ sei. In Wirklichkeit aber sind die Sterne des Himmels keineswegs grösser — den Unterschied schaffen nur wir selber, indem wir ihre Bilder an ein fernes Himmelsgewölbe setzen, während wir die auf der Papierfläche erscheinenden uns ganz nahe denken. Und doch sind sie beiderseits uns gleich nahe und noch viel näher, als vermeintlich die in der Zeitung — nämlich sämmtlich nur in der Dunkelkammer unserer Augen!

Auch diese gespiegelten Zeitungssternchen zeigen uns unser gewöhnliches Strahlensterngebilde in umgekehrter Stellung. Doch auch hier ist diese Umkehrung nicht die Folge der bei der Spiegelung selbstverständlichen Aufdenkopfstellung des gespiegelten Bildes — wie solche z. B. beim Monde im Wasser sehr wohl zu beobachten. Denn ein „Stern“ spiegelt sich nicht, als einzig in unserm Auge. Was sich spiegelt, im Wasser, wie im Krystall, das ist nur der Lichtpunkt. Die Strahlen, welche der Spiegel des Wassers, wie der des Schwerspath-Flinzchens, uns sehen lässt, sind nicht ausser unserm Auge vorhanden. Der Unterschied der Strahlenstellung rührt vielmehr nur von der

Haltung unseres Hauptes und von den Richtungen der Lichtwirkung des Leuchtpunktes gegen unsre Augenlider. Es bedarf nämlich nur äusserst geringer Verschiebungen der Richtung der einfallenden Lichtwirkung auf die Spiegelpunkte unserer Lideränder, um der Bilderreihe in unsern Augen eine andere Richtung zur Netzhaut zu geben. In Folge einer geeigneten Winkelveränderung, wie wir sie durch die Neigung des Kopfes veranlassen, nimmt die Lichtwirkung ihren Weg durch die Mittelaxe des Auges, und der vom oberen Lide kommende gespiegelte Schein trifft auf die untere, der vom unteren Lide kommende dagegen auf die obere Hälfte der Netzhaut. Sofort ist die Stellung des Strahlensternes für uns umgekehrt, und demgemäss werden nun auch durch Zurückziehung des oberen Lides die oberen Strahlen beseitigt, durch Zurückziehung des unteren Lides aber die unteren. (Vergl. S. 104.)

Möglicher Weise ist dieser Unterschied, ohne Verständniss wahrgenommen beim Nachblicke auf versinkende Gestirne von hohen Bergen aus, die Ursache geworden zu der oben (S. 65) erwähnten Unterscheidung „steigender“ und „sinkender“ Sterne.

Künstliche Sterne. Um den Vorwurf einer vermeintlichen Unvollständigkeit zu vermeiden, sei hier der von Herschel<sup>1)</sup> entdeckten sternförmigen Lichterscheinungen gedacht, welche in sehr künstlicher Weise zum Vorscheine gebracht werden, wenn ein Stern durch ein Fernrohr betrachtet wird, dessen Aufnahmelinse (Objektiv) belegt ist mit einer für das Licht undurchdringlichen Decke (z. B. einem dichten Papierblatte) worin sich nur, der Achse des Rohres entsprechend, eine ungleichseitig-dreieckige Öffnung befindet (Taf. XXII, Fig. 42a.). Man erblickt durch diese Vorrichtung, bei genauer Einstellung des Fernrohres auf den sogenannten Brennpunkt, eine kleine Scheibe von grosser Helligkeit, umgeben von einem dunkeln Ringe und, von diesem ausfahrend, sechs sehr regelmässig unter je  $60^{\circ}$  aus einander laufende Lichtstrahlen (Figur 42 b.). Zieht man das Fernrohr aus dem Brennpunkte, so kann man die, allerdings sehr überraschende, Entstehung dieses Sternes erkennen. Man sieht dann Übergangerscheinungen, welche anschaulich machen, dass die drei Seiten der Lichtöffnung jede ein Band von Verviel-

---

<sup>1)</sup> Poggendorff's Annalen. XXIII. 285.

fältigungen mit Fraunhofer'schen Linien liefern, dass aber diese Vervielfältigungen und Linien zu sogenannten Hyperbeln gekrümmt erscheinen, deren Schenkel je unter  $120^\circ$  aus einander fahren. Die Scheitel der drei Hyperbeln legen sich der Mitte zunächst zu einem Hyperbeldreiecke zusammen; ihre Schenkel laufen neben einander her und stellen so drei Lichtlinienzüge dar, während die Scheitel jeder Reihe, von Innen nach Aussen kürzer und kürzer, zunächst als flache Bogenstücke, dann als Linien und schliesslich als Punkte erscheinen. Das Sonderbarste ist nun, dass, indem man die Einstellung des Fernrohres mehr und mehr dem Brennpunkte zuführt, die Hyperbeln sich ihren Asymptoten mehr und mehr nähern, so dass man sie endlich nicht mehr unterscheiden kann, während gleichzeitig die Scheitelbogen der Hyperbeln zu kürzesten Lichtlinien zusammenschwinden, und dass auf diese Weise schliesslich sechs Strahlen zur Ausbildung gelangen, welche das Auge für völlig gleichartig hält und deren Entstehung und Bedeutung doch so sehr verschieden ist. Die einen drei sind Reihen querliegender ganz kurzer Bilder, die anderen, mit ihnen abwechselnden, dagegen sind zusammengelegte oder in einander fallende, linienförmig langgezogene Bilder. Aber was sind „langgezogene Bilder“ anders, als Reihen von Lichtpunkten in nächster Zusammenrückung?

Diese künstlichen Strahlensterne gehören kaum mehr in den Rahmen der Erscheinungen, welchen die vorliegende Darstellung gewidmet ist. Aber sie sind sehr geeignet, als Erläuterungsbeispiel zu dienen und augenscheinlich zu zeigen, wie aus einer Reihe zu ausdehnungslosen Punkten zusammengeschwundener Bilder ein scheinbar in sich völlig einiger Lichtausfluss, eine sogenannte „Lichtlinie“ oder ein „Lichtstrahl“, entstehen kann. Die Lichtlinie, welche die sich zusammenlegenden Hyperbelschenkel ergeben, sind ja schliesslich auch als Bilder von Reihen unzähliger Lichtpunkte der drei Seitenträger der Öffnung zu betrachten!

### b. Die Blinzelstrahlung.

Es verdient bemerkt zu werden, dass eine genauere Untersuchung, welche der Bedeutung der Sternstrahlungen bislang versagt geblieben war, einer anderen, sehr nahe verwandten, aber in weit weniger grossartigen und erhebenden Bildern — als der gestirnte Himmel sie darbietet — zur Wirksamkeit gelangenden

Art von Strahlen in reichem Masse gewidmet worden ist. Die Strahlen, von welchen ich reden will, sind die sogenannten Blinzelstrahlen, welche uns erscheinen, nicht wenn wir unter dem hohen Gewölbe des Himmels wandeln, sondern wenn wir behaglich unter dem schützenden Dache des Hauses beim Kerzen- oder Lampenscheine im Sessel oder gar im Bette rasten, wo sie dann unsern müden, nur halb noch geöffneten Augen höchst auffallende, fast an den Gnadenstrahl (S. 55) erinnernde Lichtbahnen zuführen. Es sind rechte Philisterstrahlen! Von einem Dichter sind sie wohl nie beschrieben, diese Strahlen des Helldunkels und der handgreiflichen Nähe. Alterthum und Mittelalter kennen sie nicht, oder nennen sie wenigstens nicht. Erst die naturforschende Neuzeit hat sie in Betrachtung gezogen. Vieth<sup>1)</sup>, welchem wir hierin das Beste verdanken, nennt sie, seine werthvollen Versuche gleichsam entschuldigend: „doch immer noch zu den Bagatellen „der Physik gehörig.“ Aber ist nicht gerade die Erkenntniss der Kleinigkeiten und Alltäglichkeiten die wichtigste Grundlage für die Wissenschaft überhaupt?

Zu erwähnen sind hier René Descartes (Renatus Cartesius — geb. 1596 zu La Haye in Touraine, † 1650 in Stockholm) der seines Seins durch sein Denken gewisse (Cogito ergo sum!) Befürworter des wissenschaftlichen („Cartesianischen“) Zweifels, welcher in seiner „Dioptrik“, von den Meteoren handelnd, „nach geraden Linien ausgestreckter, grosser Strahlen“ gedenkt, welche „sich gegenseitig durchschneidend um brennende Leuchtflammen (er nennt „Fackeln“, faces) erblickt werden.“ Jedoch nenne ich ihn nur, weil die angeführten Worte auf die hier zu besprechenden Blinzelstrahlen bezogen worden sind.<sup>2)</sup> Nach meiner Ansicht meint er vielmehr die Sternstrahlen, welche oben erörtert worden sind; auch gedenkt er des Blinzeln, welches doch für die danach benannten Strahlen die Hauptbedingung bildet, durchaus nicht. Man dürfte demnach den grossen Denker wohl fortan bei den Blinzelstrahlen unerwähnt lassen.

Sodann soll Rohault in seiner *Philosophia naturalis* I. cap. 35, für diese Strahlen eine Erklärung versucht haben, deren

---

<sup>1)</sup> G. U. A. Vieth in *Gilbert's Annalen der Physik*. XXII. 1806. 112. —

<sup>2)</sup> Vieth: a. a. O. XIX. 1805. 195—197. —

ich nicht gedenken mag, ohne das mir nicht zugängliche Werk selber nachgelesen zu haben. Auch sollen von Grimaldi in seiner Schrift *De lumine, coloribus et iride* die Erklärungen des Descartes und des Rohault widerlegt worden sein. Dies Alles entnehme ich der von Vieth gegebenen Übersicht<sup>1)</sup>, welcher aber wieder Priestley's Geschichte der Optik<sup>2)</sup> zu Grunde liegt.

Sicher ist, dass De la Hire<sup>3)</sup> wirklich über die Blinzelstrahlen geschrieben und dass er für dieselben eine, vielleicht auch zwei verschiedene, Erklärungen geliefert hat. Von den letzteren scheint die eine sogar nichts Unrichtiges zu enthalten, wenn sie auch vielleicht nicht eingehend genug ausgeführt ist. Vieth theilt die eine nach Priestley's Optik, die andere nach Smith's Optik mit; beide kann ich jetzt nicht vergleichen, sowie mir auch die Denkschriften der Pariser Akademie hier nicht zur Hand sind. Ebenso ist es mit einer, nach Smith, von Briggs in seiner Ophthalmographie gegebenen Erklärung, welche derjenigen De la Hire's ähnlich sein soll. Vieth meint, alle erwähnten müssten ungenügend sein, da Smith und Priestley, welche sie kannten, unbefriedigt blieben und eine andere suchten. Derselbe theilt auch die Erklärungsversuche beider mit, welche jedoch jedenfalls viel weiter von der Richtigkeit abweichen, als die von Smith wiedergegebene Ansicht De la Hire's. — Darauf ist dann Vieth gefolgt, indem er jetzt gerade vor hundert Jahren einen anderen Erklärungsversuch machte.<sup>4)</sup> Allein obgleich letzterer Versuch von verschiedenen Seiten Beifall zu empfangen schien,<sup>5)</sup> so konnte es doch nicht fehlen, dass ein so treuer Beobachter, wie Vieth (geb. 1763, †, als Professor und Schulrath in Dessau, 1836) bei fortgesetztem Nachdenken sich von demselben nicht befriedigt fand. Zwölf Jahre später gab er selber, unter begründeter

<sup>1)</sup> Gilbert's Annalen. XIX. 1805. 198.

<sup>2)</sup> Par. 4. Abschn. 4.

<sup>3)</sup> Mémoire sur les différens accidens de la vue in Mémoires de l'Académie. Paris. 1694.

<sup>4)</sup> Vieth: Vermischte Aufsätze für Liebhaber mathematischer Wissenschaften. Berlin. 1792.

<sup>5)</sup> Göttingische Gelehrte Anzeigen. 1792. Nr. 115. Allgem. Litt. Zeitung, 1793. Nr. 4. Neue allg. deutsche Bibl., Bd. III., St. 1.

Widerlegung jener, eine neue Erklärung<sup>1)</sup> und mit dieser traf er den wirklichen Zusammenhang der Erscheinung und wies unzweifelhaft den richtigen Weg zur Erklärung ihrer Ursache bis zu einem gewissen Punkte. Darüber wird weiter unten berichtet werden. Zu der Abhandlung von Vieth gab Ludwig Wilhelm Gilbert, der Herausgeber der Annalen der Physik, dann seinerseits einen Nachtrag.<sup>2)</sup>

Zu derselben Zeit, wo Vieth's Abhandlung entstanden war (im J. 1804), hatte auch der Professor Friedrich Christian Kries (geb. 1768 in Thorn, † in Gotha 1849) eine Veröffentlichung über die beim Blinzeln entstehenden Lichtstrahlen vorbereitet, so dass dieselbe gleichzeitig mit obiger erschien.<sup>3)</sup> Kries kannte also bei Abfassung der seinigen die neueren richtigen Darlegungen Vieth's noch nicht und beschäftigte sich daher noch mit einer Widerlegung von dessen älterem Erklärungsversuche, welchen der Urheber nun schon selber wieder beseitigt hatte; aber er gab auch einen eigenen anderweitigen Erklärungsversuch, welcher die Augenwimpern als Ursache der Erscheinung der Blinzelstrahlen in Anspruch nahm. Gegen diesen Vorschlag, sowie gegen einige andere Bemerkungen von Kries, trat Vieth sofort von Neuem in die Schranken,<sup>4)</sup> indem er jenen schlagend widerlegte und in den vorgebrachten Beanstandungen z. Th. geradezu Bestätigungen seiner neuen Erklärung nachwies.

Auffallen muss es, dass Vieth's treffliche Abhandlung nicht einmal in den Lehrbüchern Aufnahme fand. Sie wurde so vollständig vergessen — und es scheint, dass die dankbare Wiederauffrischung älterer Leistungen sehr Wenigen ein Bedürfniss ist — dass Jahrzehnte vergehen konnten, ohne dass überhaupt ein Buch ihrer Erwähnung that. Wie nothwendig hätten alle Himmelforscher Vieth's Arbeit berücksichtigen sollen, um die Sternstrahlungen zu verstehen und zum allgemeinen Verständnisse

---

<sup>1)</sup> Über die Lichtstrahlen beim Blinzeln, von Gerhard Ulrich Anton Vieth, in Gilbert's Annalen der Physik. XIX. 1805. 187—215. Mit Nachtrag daselbst 371—374.

<sup>2)</sup> A. a. O. 215—219.

<sup>3)</sup> Voigt's Magazin für Naturkunde. X. 1805. Bemerkungen über die beim Blinzeln entstehenden Lichtstrahlen von F. C. Kries. 495—502.

<sup>4)</sup> Gilbert's Annalen der Physik. XXII. 1806. Noch etwas über Lichtstrahlen beim Blinzeln. 102—112.

zu bringen! Aber was will man sagen, wenn ihre Schriften, sowohl die für Fachgelehrte bestimmten, als auch die zur Belehrung weitester Kreise verfassten, selbst der Sternstrahlen nicht einmal mit einem Worte gedenken. Wir haben in dieser Hinsicht bereits beispielsweise auf Mädler's „Fixsternhimmel“ verwiesen!<sup>1)</sup> Aber auch unsre neueste Zeitschrift, die „Urania“,<sup>2)</sup> hat der Strahlen der Sterne, ja der Stern-Erscheinungen überhaupt, in den bisherigen (vier) Jahrgängen ihrer Herausgabe noch nie gedacht.

Auf die Blinzelstrahlen finde ich überhaupt nur zweimal Bezug genommen.

Nach einem Berichte<sup>3)</sup> über die im September 1835 zu Bonn abgehaltene Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte, „entwickelte“ in der Abtheilung für Physik und Chemie (unter dem Vorsitze des Hofrathes Muncke von Heidelberg und dem Schriftführer Dr. Friedrich Mohr) Herr „Professor Schwerd aus Speyer seine Ansichten über die „langen Strahlen, welche man wahrnimmt, wenn man im Dunkeln „mit sehr genäherten Augenlidern ein Licht betrachtet, durch „Wort und Zeichnung. Diese beim Blinzeln sich zeigenden Licht-„streifen entstehen durch Brechung der Lichtstrahlen in dem „Flüssigkeits-Prisma, welches aus der unteren<sup>4)</sup> Fläche des „Augenlides, der Oberfläche des Auges und der äusseren gekrümmten Curve<sup>5)</sup> der Flüssigkeit gebildet wird. Schwerd „fügte seine Versuche bei, und die Erklärung wurde mit

<sup>1)</sup> J. H. Mädler: Der Fixsternhimmel. Eine gemeinfassliche Darstellung der neueren auf ihn sich beziehenden Forschungen. Leipzig. 1858.

<sup>2)</sup> H i m m e l u n d E r d e. Illustrierte naturwissenschaftliche Monatschrift. Herausgegeben von der Gesellschaft Urania durch Dr. Wilh. Meyer. Berlin. 1888 u. s. w.

<sup>3)</sup> O k e n ' s I s i s. 1836. 720.

<sup>4)</sup> Nach dieser Beschränkung muss man vermuthen, dass S c h w e r d die Oberstrahlen ganz übersehen und nur die Unterstrahlen beachtet hat, welche man allerdings „im Dunkeln“, d. h. bei Nachtzeit, wenn man im Bette liegt und etwa ein Nachtlicht brennt, so leicht wahrnimmt.

<sup>5)</sup> Der Ausdruck „gekrümmte Curve“ könnte, falls er nicht ein blosser lapsus linguae und pleonasmus sein sollte, wohl verrathen, dass S c h w e r d auf den von Vieth nicht geltend gemachten, dagegen von mir oben (S. 88.) in seiner Wichtigkeit nachgewiesenen, Umstand geachtet hatte, dass das Flüssigkeits-Prisma der Augenlider nicht bloß eine Hohlfläche besitzt, sondern auch in seiner Länge gekrümmt ist.

„allgemeinem Beifall als entscheidend angenommen.“ — Niemand scheint gewusst zu haben, vorab auch Schwersd selber nicht, dass die hier als neu vorgetragene Erklärung in jedem Worte übereinstimmt mit der von Vieth schon 1805 veröffentlichten! Vieth wird gar nicht erwähnt.

Aber um unser Befremden noch zu erhöhen, folgt weiter die folgende Aufzeichnung:

„Herr von Littrow bemerkte, dass die frühere Erklärung von Vieth, dass diese Lichtstreifen durch Spiegelung (Reflexion) von der unteren<sup>1)</sup> Fläche des Augenlides herrührten, ihm aus eigener Erfahrung als unrichtig erschienen sei, weil diese Fläche viel zu uneben sei, um ein deutliches scharfes Bild zu geben.“

Hier also wird Vieth genannt — aber nur, um ihm einen Irrthum aufzubürden, dessen er sich nie schuldig gemacht hat. Vieth hat vielmehr, ganz wie ich oben (S. 89 ff.) die Entstehung der Sternstrahlen, die Blinzelstrahlung durch die Brechung im Flüssigkeits-Prisma erklärt, und, was die Unebenheit der Randflächen der Augenlider anbetrifft, so hat gerade Vieth zuerst dieselbe hervorgehoben und in ihrer Bedeutung für die Erzeugung vereinzelter Lichtpunkte auf der brechenden Fläche und somit vereinzelter Strahlenlinien (statt einer gemeinsamen breiten Lichtbahn) verwerthet! Nicht ausgedehnter glatter Flächen bedarf es zur Hervorbringung der Lichtspiegelungen in unsern Augen: vielmehr genügt das kleinste glanzflächige Körnchen oder der Kegel der Drüsenflüssigkeit, welche aus einer kaum wahrnehmbaren Drüsenöffnung austritt.

Die einzige weitere Erwähnung der Blinzelstrahlen, welche mir aus dem gesammten Schriftenschatze der Physik bekannt ist, findet sich bei Helmholtz<sup>2)</sup>, welcher, indem er von den Zerstreungsbildern redet, die ich oben (S. 84) als Zerstreungsblumen zu bezeichnen vorgeschlagen habe, bei Erörterung der zweiten Art (c und d) folgende Darlegung anknüpft:

„Diese Figur wird also von Strahlen gebildet, welche die

---

<sup>1)</sup> Auch diese Erwähnung der „unteren Fläche“ passt nur für das obere Augenlid und deutet ebenfalls darauf hin, dass wohl nur von dem Unterstrahle gesprochen wurde.

<sup>2)</sup> Handbuch der Physiologischen Optik. 1. Aufl. 1867. 139. — 2. Aufl. 1890. 171. Die Erwähnung ist in beiden Auflagen gleichlautend.

„Achse des Auges noch nicht geschnitten haben (vergl. oben S. 86).  
 „Wenn sich Thränenflüssigkeit über das Auge verbreitet hat, oder  
 „durch häufiges Blinzeln mit den Lidern Fetttropfchen aus den  
 „Meibom'schen Drüsen auf die Hornhaut gekommen sind, ist  
 „die Strahlenfigur meist grösser, unregelmässiger, wird durch  
 „Blinzeln bedeutend verändert, und wenn man die Pupille von  
 „der Seite her verdeckt, verschwindet dadurch nicht bloß eine  
 „Seite der Strahlenfigur.“

Das Gesagte kann kaum einer Deutung unterzogen werden. Wie vorher die Sternstrahlung von Helmholtz irrig mit der ersten Art der Zerstreungs-Blumen in Vermischung gebracht war (vergl. oben S. 84), so hier die Blinzelstrahlung mit der zweiten Art, sowie mit den weiter unten zu besprechenden verworrenen Brennlinien-Gespinnsten.

Wenn bei den verschiedenen angeführten Schriftstellern sich mancherlei Unklarheiten vorfinden, so beruht diese bedauerliche Thatsache theils auf zu oberflächlicher Behandlung des Gegenstandes, theils aber auf der Vermengung wesentlich verschiedener Erscheinungen. Allerdings ist es erstaunlich, welch' eine Verschiedenartigkeit von Lichterscheinungen, und obendrein von solchen in Strahlengebilden sich darstellenden, in dem menschlichen Auge mit einander abwechselt, theilweise auch gleichzeitig Platz greift. Aber durch sorgfältige Beobachtung lassen sie sich sehr genau von einander trennen und dann auch erklären.

Der Name der Blinzelstrahlen besagt, dass ihr Entstehen auf die eigenthümliche Stellung der Augenlider zu beziehen ist, deren Hervorbringung man „blinzeln“ nennt. Dieses ist ein Sehen bei sehr genäherten Augenlidrändern. Es giebt Menschen, deren Augenlider stets blinzeln, so dass man von Aussen die Farbe ihrer Iris nicht zu erkennen vermag. Solche sind selbstverständlich dem Auftreten von Blinzelstrahlen in höherem Grade ausgesetzt, als Diejenigen, bei welchen das Blinzeln nur in Folge absichtlicher oder bei starker Blendung unwillkürlich eintretender Einengerung der Augen stattfindet.

Die Blinzelstrahlen beschränken sich auf zwei Hauptrichtungen: senkrecht oder doch, mit geringen Abweichungen nach Links und Rechts, steil, aufwärts und ebenso niederwärts. In allem Übrigen zeigen sie grosse Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit, je nachdem die Lichtquelle, von welcher sie scheinbar ausgehen, ein unmessbarer oder unendlich ferner Leucht-

punkt ist, oder aber eine wenig entfernte Leuchtflamme, eine leuchtende Scheibe, wie Sonne und Mond, um von den Planeten nicht zu reden, oder eine beliebige leuchtende Fläche, ja endlich auch eine solche von ungleicher Helligkeit oder von ungleich hellen Gegenständen in einer Breite neben einander. Um ihr Wesen klar zu erfassen, ist es zweckmässig, bei der Beobachtung zunächst einen Leuchtpunkt zu benutzen.

Betrachtet man einen solchen bei hinreichender Versmälnerung der Augenspalte, so fährt von demselben nach Oben, wie nach Unten, und zwar senkrecht zu der Linie der Augenspalte, ein Lichtstrahl aus, welcher entweder als einzelne unmessbar schmale, gerade Lichtlinie erscheint oder aber als ein Pinsel von zweien, dreien und selbst noch mehreren, sehr spitzwinklig an dem Leuchtpunkte verbundenen solchen Linien, welche sich nach Oben beziehungsweise nach Unten ein Wenig von einander trennen und an Länge meistens etwas ungleich sind. (Tafel XX, Figur 43.)

Zieht man das obere Augenlid zurück, so erlischt sofort der nach Unten gerichtete Strahl; ebenso nach Zurückziehung des unteren Lides der nach Oben gerichtete. Es steht demnach fest, dass der auf der obern Netzhaut-Hälfte stattfindende Eindruck, welcher den nach Unten gesehenen Strahl oder Strahlenpinsel erscheinen lässt, an dem oberen Lide entspringt, und umgekehrt der auf der unteren Netzhaut-Hälfte, welcher die scheinbar nach Oben gerichteten Lichtlinien bewirkt, am unteren Lide. Dieses Verhalten ist somit völlig demjenigen entsprechend, welches wir bei den Sternstrahlen (S. 89) bereits kennen gelernt haben.

Weiter ist zu bemerken, dass es ein Mittel giebt, auch ohne ungewöhnliche gegenseitige Annäherung der Augenlider die Blinzelstrahlen zu sehen, jedoch in der Beschränkung, dass auf Anwendung desselben jeweilig nur die Hälfte der Erscheinung, nämlich nur der nach Oben, oder aber nur der nach Unten gerichtete Lichtblitz, zum Vorschein kommt. Neigt man nämlich, indem man eine geeignete Lichtquelle bei gewöhnlicher Sehöffnung der Lider anschaut, das Haupt rückwärts, so dass der von der Lichtquelle abgeleitete Schein, um in die Pupillenöffnung des Auges zu gelangen, den Rand des unteren Augenlides streifen muss, so tritt sofort die nach Oben gerichtete Blinzelstrahlung auf. (Stellt man den Kopf wieder gerade, ohne zu blinzeln, so

verschwindet dieselbe, und blinzelt man, so stellt sich die doppelte Strahlerscheinung ein.) Neigt man dann das Haupt vornüber, bis man, ohne Blinzeln, eben noch den Leuchtpunkt sehen kann, wobei dann auch bereits der Rand des oberen Lides von dem geraden Wege vom Leuchtpunkte in die Pupillenöffnung gestreift wird, so ist augenblicklich die nach Unten gerichtete Blinzelstrahlung zur Stelle.

Giebt man durch Seitwärtsneigung des Kopfes zur Rechten oder zur Linken den Sehnen der Lidränderbögen, statt der gewöhnlichen wagrechten, eine schiefe Lage, so ändert sich entsprechend die Richtung der Blinzelstrahlen, indem sie stets die nämliche senkrechte oder dieser angenäherte steile Stellung zu jenen (gedachten) Linien beibehält. Setzt man eine wagrecht abgewischte Brille auf, so nimmt man, wie oben S. 50 erörtert ist, wohl einen senkrecht das Bild der Lichtquelle überziehenden Lichtschein wahr. Bei richtigem Sitze der Brille, fällt dieser Schein mit den Richtungen der beiden Blinzelstrahlen zusammen und folgt mit ihnen den Seitenneigungen des Kopfes. Giebt man aber der Brille durch Hebung oder Senkung eines Glases einen zur Verbindungslinie beider Augen schiefen Sitz, so macht der Lichtschein der Brille mit den Blinzelstrahlen einen der Abweichung entsprechenden Winkel.

Schiebt man, bei gewöhnlicher Sehöffnung der Augen, den Rand eines der Lider durch Druck des Fingers soweit vor, dass er, wenn auch noch so wenig, vor die Pupillenöffnung gelangt und einen kleinen Abschnitt des Rundes derselben verdeckt, so entspringt sogleich die diesem Lide zugehörige Strahlung. Da nun bei solchem Verfahren der Lidrand leicht in eine von der wagrechten (bei aufrechter Kopfhaltung) beträchtlich abweichende Lage gebracht werden kann, so weicht auch die Richtung des Blinzelstrahles demgemäss ab und lässt sich fast in jede beliebige, nur wohl nicht leicht in eine völlig wagerechte Stellung bringen. Wirke ich indessen mit Daumen und Zeigefinger gleichzeitig, mit dem einen hebend, mit dem andern niederdrückend auf zwei Punkte meines oberen Augenlides, so gelingt mir auch die Erzeugung eines durchaus wagrechten, nun also seitlich von der Druckseite wegführenden Blinzelstrahles.

Das obere Augenlid, als das weit beweglichere, ist zu solchen Versuchen das geeignetste; da es seine Lage so leicht, fast unablässig, verändert, so zeigen sich die scheinbar nach

Unten gerichteten Blinzelstrahlungen bevorzugter, als die von den unteren Lidern abhängigen scheinbar nach Oben gerichteten, und erreichen ausserdem öfter, als diese, eine erstaunliche scheinbare Länge.

Klemmt man sich ein Augenglas in den Nasenwinkel, so tritt leicht eine Verschiebung eines Augenlides ein, und es erfolgen ungewöhnliche Blinzelstrahlen, welche man sorgfältig von den Lichtscheinern unterschieden halten muss, die etwa durch die unvollkommene Putzung des Glases entstehen (vergl. oben S. 50).

Nach allen dargelegten Einzelheiten des Verhaltens der Blinzelstrahlen ist nicht zu bezweifeln, dass dieselben ebenso entstehen, wie die Sternstrahlen. Das den Lidrand überstreichende Licht erleidet in der brechenden Kante des zwischen Lidrand und Augenoberfläche befindlichen Flüssigkeits-Prisma eine Brechung, durch welche es von der Augenachse entfernt und über das obere Lid zur oberen Netzhaut-Hälfte, über das untere Lid zur unteren Netzhaut-Hälfte geführt wird. Ja, es sind die Blinzelstrahlen in Wirklichkeit selber zu den Sternstrahlen zu rechnen und decken sich in ihrem dem Bilde des Leuchtpunktes nächsten Theile geradezu mit dem etwaigen senkrechten oberen oder unteren Strahle. Dass sie auftreten, auch wo dasselbe Auge im Strahlensterne den oberen oder den unteren senkrechten Strahl vermissen lässt, erklärt sich aus den besonderen begünstigenden Umständen, unter welchen allein die Blinzelstrahlen zum Vorschein kommen und welche so geartet sind, dass die Sternstrahlen, welche wir von Fernpunkten her wahrzunehmen glauben, unter denselben Umständen überhaupt un wahrnehmbar oder doch sehr abgeschwächt bleiben. Die meisten Sterne sind so lichtschwach, dass sie nur vor völlig dunklem Hintergrunde wirksam werden. Auch für die Blinzelstrahlen ist ein dunkler Hintergrund günstig. Aber wir beobachten sie meistens nur in einer Entfernung von wenigen Schritten von der Lichtquelle, und dafür reicht die matte Beleuchtung unserer häuslichen Räume vollkommen aus.

Der Punkt, von welchem die Entstehung eines Blinzelstrahles ausgeht, ist der Brennpunkt der gekrümmten Hohlkehle, welche durch die Vorderseite des Flüssigkeits-Prisma dargestellt wird. Man kann sich diese Thatsache durch eine flache spiegelnde Hohlrinne eines blanken Blechstreifens, welchen man den gebogenen Lidrändern entsprechend einkrümmt, vor jedem Lichte unmittelbar zur Anschauung bringen. Die jetzt zur Verzierung der Christ-

bäume so allgemein in Anwendung stehende „Lametta“ dient vortrefflich dazu. (Tafel XXVI, Figur 44.) Je dunkler dabei die Umgebung (durch geeignete Verdeckung der Beleuchtung derselben) um so heller der Erfolg, und je schmaler die Leuchtf Flamme, vor welcher man den Versuch anstellt, desto schärfer der Brennpunkt. Auf letzteren hat übrigens auch die Biegung der spiegelnden Hohlrinne einen gleichsam das Licht zusammendrängenden Einfluss.

Ist die Hohlrinne mit Unebenheiten, z. B. vorspringenden Körnchen oder Kegeln versehen, so werden statt eines Punktes deren mehrere, sehr nahe bei einander befindliche erleuchtet. Die Folge ist, dass die entspringende Blinzelstrahlung nicht als einfache Lichtlinie, sondern als wenig gespreizter Lichtpinsel erscheint; denn der beleuchtete einfache Brennpunkt, oder die statt seiner wirksame Gruppe von zweien oder mehreren Brennpunkten, sendet das Licht durch die brechende Kante und durch das Innere des Auges auf die Netzhaut. Der einzige oder mittelste Punkt erzeugt die senkrechte Lichtlinie, ein rechts einfallender eine links abweichende, ein links einfallender eine rechts abweichende Nebenlinie.

Die Stellung dieser Nebenlinien erleidet bezüglich ihrer Winkel gegen die Mittellinie eine Veränderung je nach der Auf fangung des Lichtes am Brennpunkte. Sind z. B. die Linien des Oberstrahles bei aufrechter Haltung des Kopfes nahezu gleichläufig — sei es nun, dass man sie durch Blinzeln hervorruft oder durch Emporschiebung des unteren Lides mittelst des Fingers veranlasst — so werden sie dagegen gleichsam aus einander gespreizt, falls man sie durch Zurückneigung des Kopfes entstehen lässt. Dies kann nur darin begründet sein, dass die vom Lichte getroffenen Punkte eine kleine Verschiebung erleiden, wie solche ja bei krummen Flächen so leicht stattfindet.

Bringt man mehrere Lichtquellen, etwa Leuchtpunkte, neben einander an, so vervielfältigt sich die Erscheinung, indem jedem Leuchtpunkte ganz das nämliche Blinzelstrahlengebilde entspringt. (Taf. XXVI, Fig. 44.) Liegen diese Punkte nahe bei einander, so durchschneiden sich die genügend seitwärts abweichenden Lichtlinien zweier Pinsel sehr scharf, ohne sich irgend zu stören. Aber wo sie sich kreuzen, entsteht eine Verstärkung: ein Nebenleuchtpunkt, vergleichbar einer Nebensonne (S. 32 ff.). Die gleichbedeutenden Lichtlinien können für gleichläufig (parallel) ange-

sehen werden, wenn man sie aus gleicher Höhe anschaut; aber wenn man von einem höheren oder tieferen Standpunkte beobachtet, so neigen sie sich gegen- oder auseinander, und wenn die Reihe lang genug ist, so verräth sich auf den ersten Blick schon deutlich, dass die Achsen der einzelnen Strahlengebilde von beiden Seiten her sich der Mitte der ganzen Reihe zuneigen oder abneigen. Von einem höheren Punkte aus neigen sich die Oberstrahlen gegen die Mitte, von einem tieferen die Unterstrahlen.

Man kann auch durch künstliches Schielen<sup>1)</sup>, statt eines Bildes des Leuchtpunktes, sich deren zwei neben einander vorbilden, welche dann beide mit ihren Blinzelstrahlen erscheinen. Thut man dies mit aufrechter Kopfhaltung, so stehen beide Gebilde neben einander aufrecht da; neigt man den Kopf nach Hinten über, so nähern sich die Unterstrahlen von beiden Gebilden, während die Oberstrahlen, als ihre geraden Fortsetzungen, sich in gleichem Maasse von einander entfernen. Die beiden Leuchtpunktbilder sind je die Drehpunkte. Neigt man den Kopf vornüber, so nähern sich die Oberstrahlen und fahren die Unterstrahlen auseinander.

Benutzt man als Lichtquelle nicht einen unmessbaren Leuchtpunkt, sondern einen ausgedehnten Lichtschein oder eine beleuchtete Fläche, so zeigt sich folgendes Verhalten. An einer Kerzenflamme macht sich durch die Erscheinung der Blinzelstrahlen schärfer, als es durch unmittelbare Wahrnehmung möglich ist, die Thatsache geltend, dass ein ziemlich beschränkter Theil derselben eine das ganze übrige Flammenbild überblendende Wirksamkeit oder Leuchtkraft besitzt. Dieser Theil, in einiger Entfernung einem Punkte gleich zu erachten, liefert also bei gewöhnlicher Betrachtung die Blinzelstrahlen ungefähr ebenso, wie ein solcher Punkt. Der übrige Schein wird überblendet.

Wenn man nun aber eine geneigte oder vollends wagrechte Flamme schafft — man kann dies mittelst des Löthrohrgebläses erzielen, noch viel einfacher aber durch ein unter  $45^{\circ}$  Neigung angebrachtes Spiegelchen — so tritt der Schein in ganzer Länge der Flamme, die nun als Breite des Leuchtbildes erscheint, in Wirksamkeit: man erblickt, ausser und neben dem, in hellsten

<sup>1)</sup> Gilbert in seinen Annalen. XIX. 1805. 193.

Lichtlinien sich darstellenden, Strahle des Hauptleuchtpunktes, einen schwächeren Strahlschein von der ganzen Breite des Leuchtbildes, also der Länge der Flamme. Diese Erscheinung giebt dem Strahlengebilde eine gewaltige Unterlage; es sind nicht mehr blosse Lichtlinien, sondern Lichtbänder, welche unter solchen Bedingungen sich zeigen. Der Unterstrahl hat in dieser Form die grösste Ähnlichkeit mit dem Gnadenstrahle, doch übertrifft er ihn leicht noch an Breite. Nicht unerwähnt soll auch bleiben, dass die Blinzelstrahlen bei einiger Breite dem aufmerksamen Beobachter oft sehr deutlich die Schleimfäden, Runzeln und Fetttropfen, überhaupt alle Unebenheiten der Hornhaut sichtbar werden lassen. (Vergl. oben S. 61, Tafel XVI, Fig. 21.)

Eine breitdochtige Lampenflamme ergiebt einen entsprechend breiten Strahlschein. Hat man eine Kuppellampe einigermaassen erhöht vor sich stehen, so bemerkt man ein kräftiges Lichtband, der Flamme entsprechend, und, gleichsam als Unterlage von diesem, ein viel breiteres, schwächeres, von der beleuchteten inneren Fläche der Kuppel ausgehendes. Ist am Dochte eine Russanhäufung in's Glühen gerathen — ein sogenannter „Dieb“ — so bildet dieser auf der breiten Strahlenbahn einen besonderen, sich auszeichnenden Strahl oder Strahlenpinsel. (Tafel XXVII, Figur 45.)

Sitzt man in einem Zimmer dem Fenster gegenüber mit angelehntem Haupte, so fällt ein, zwar lichtarmes, aber unter Umständen doch recht wirksames, Lichtband in unser Auge, so breit, wie eine Lichtöffnung des Fensters. Hat das letztere etwa, wie gewöhnlich, zwei Öffnungen neben einander, so erscheinen zwei Bänder, welche durch eine lichtlose (eigentlich blos lichtarme) Bahn getrennt sind, genau so breit, als das die Fensterscheiben trennende Mittelholz. Die eigentliche Lichtquelle bildet übrigens in diesen Fällen der hellere Lichtschein, welchen die wagerechten Stäbe und Rahmenkanten der Fenster schräg in's Zimmer gleiten lassen.

Wie jede Lichtquelle, sei es die Sonne, der Mond, ein grösserer Stern, eine erleuchtete mattgeschliffene oder weisse Glaskugel, zur Entstehung von Blinzelstrahlen in unsern Augen Veranlassung geben und benutzt werden kann, so auch jede hervorstechend helle Fläche z. B. eine in Spiegelschein erglänzende geschliffene Metallplatte, ein vom Lichte beschienener Papierbogen, ja jeder Sonnenscheinfleck an einer dem Fenster

gegenüber befindlichen Wand oder am Fussboden, wenn man ihn vom Fenster abgewandt betrachtet.

Wir wissen, dass eine Kerzenflamme eine einfach kegelförmige Gestalt hat; in einiger Nähe sehen wir sie auch so — und so entgeht es der Aufmerksamkeit der meisten Menschen, dass sie in etwas grösserer Entfernung eigentlich ein Zerstreuungsbild sehen, welches aus einer ganzen Anzahl neben- und übereinander stehender Flammenkegel zusammengehäuft erscheint, eine ganze Artischocke von Kerzenflammenblättern. (Vergl. oben S. 71.) Diese wirft uns nun Lichtbänder zu, welche ihrem ganzen Breitendurchmesser entsprechen, und auf welchen, von den einzelnen Lichtkegeln ausgehend, schmale heller leuchtende Strahl-  
linien entlang laufen oder auch, in spitzen Winkeln aus einander fahrend, schiefe Überschneidungen darstellen.

Hält man vor die Lichtquelle einen schmalen undurchsichtigen Gegenstand, wie z. B. eine Nadel, ein Stäbchen, so kann man dadurch, wie durch die Holzzarge eines doppelflügligen Fensters, eine Trennung des Lichtbandes in zwei seitliche schmalere Bänder hervorbringen.

Fällt der Schein durch einen senkrecht hell und dunkel gestreiften Vorhang, so erscheint auch das fensterbreite Blinzelband gestreift oder richtiger durch dunkle Bahnen zertheilt.

Die Blinzelstrahlen haben allemal die Farbe der Lichtquelle, von welcher sie ausgehen. Eine Lampe z. B. mit innen weisser, aussen grüner Kuppel liefert von Unten gesehen (Tafel XXVII, Fig. 45) gelbweisse Blinzelbänder, von Oben gesehen dagegen grüne.

Was die scheinbare Länge der Strahlen und Lichtbänder anbetrifft, so überbietet sie diejenige der Sternstrahlen beträchtlich. Vieth<sup>1)</sup> hat über dieses Verhältniss eine sehr lichtvolle Darstellung gegeben, welche ich durch keine bessere zu ersetzen vermöchte und also hier vollständig anführe.

„Man schätzt die scheinbare Länge der Strahlen unwillkürlich nach der Entfernung von der Flamme. Denn da die „Erscheinung völlig so ist, als ob die Strahlen von der Flamme „nach unserm Auge zu schiessen, so kommt uns die Länge desto „grösser vor, je weiter wir von der Flamme sind. Wenn man „übrigens die Länge in einer bestimmten Stelle vor dem Auge „mit den Zirkelspitzen fasst, so findet man sie immer gleich,

<sup>1)</sup> Gilbert's Annalen. XIX. 1805. 191.

„soweit es bei einem solchen Versuche gefunden werden kann. Ich rede aber hier von ihrer grössten Länge; denn nach der Lage des Augenlides vor der Pupille ist die Länge grösser oder kleiner. So wie das Augenlid nach und nach einen grösseren Abschnitt der Pupille bedeckt, werden die Strahlen länger, bis auf eine Stelle, wo sie ihr Äusserstes erreichen; und wenn das Augenlid noch weiter geschlossen wird, nimmt die Länge wieder ab.“

Ferner<sup>1)</sup>: „Es sei in Figur 5 (Tafel XI, Fig. 46.) A B die hohle brechende Fläche der anhangenden Feuchtigkeit; F der Rand des (untern) Augenlides, E ein Stück der Iris. — Die Strahlen, welche am Stärksten gebrochen werden, sind die, welche zwischen C und B einfallen, weil hier die brechende Fläche am Schiefsten gegen die einfallenden Strahlen liegt.“

„Bei einer tieferen Lage des Augenlides nun werden diese Strahlen von der Iris aufgefangen und nur die schwächer gebrochenen, die zwischen C und A auffallen, kommen in's Innere des Auges.“

„Bei einer höheren Lage des Augenlides aber werden schon die einfallenden Strahlen selbst, welche auf C B gelangen sollten, vom Rande des Augenlides F aufgefangen und kommen nicht zu der brechenden Fläche; nur die, welche nach dem schwächer brechenden Theile C A gelangen, bleiben ungehindert.“

Die Umstände, unter welchen wir unwillkürlich Gelegenheit haben, die Blinzelstrahlen wahrzunehmen, bringen es mit sich, dass die vom oberen Lide bedingten Unterstrahlen besonders begünstigt erscheinen. Kaum je kann man dieselben augenfälliger empfinden, als wenn man liegend gegen den Ort blickt, wo etwa eine Kerze oder ein Nachtlämpchen brennt. Häufig ist deshalb das Auftreten der Blinzelstrahlen als ein an die nächtliche Abend- oder Morgenzeit geknüpftes erwähnt worden. Diese Auffassung ist nun zwar unbegründet; aber sie streift doch an einer Wahrheit hin, und diese besagt, dass die Erscheinung der Blinzelstrahlen einerseits gebunden ist an einen gewissen Gegensatz der Beleuchtung und andererseits an einen Zustand der Empfindlichkeit unserer Augen. Dem unmittelbaren Sonnenscheine gegenüber ist unser allgemeines hellstes Tageslicht sehr sanft. Ein Blick gegen

<sup>1)</sup> A. a. O. 213.

die Sonne stürzt eine Fluth von Licht in unsre Augen; kaum vermögen wir noch, der mächtigen Blinzelstrahlen uns bewusst zu werden, so rasch sind wir genöthigt, die Augenlider fest zusammenzupressen. Ein milderer Gegensatz herrscht zwischen unserer Nachtbeleuchtung und dem schwachen Scheine von Lampen und Kerzen. Bei letzterem aber, und vollends nach längerem Verweilen im Dunkel oder gar im Schlafe, sind unsre Augen empfänglich für die mattesten Dämmerlichter, und unter solchen Umständen machen die Blinzelstrahlen auf uns einen starken Eindruck. Das Maass der Empfindungen der Augen ist durchaus abhängig von Gegensätzen; was uns jetzt als leuchtende Blendung trifft, macht zu anderer Zeit kaum den Eindruck eines Halbdunkels. (Vergl. oben S. 118.) Daher können wir viele Blinzelstrahlungen nur bei Nachtzeit beobachten. Ein dunkler Hintergrund hinter der Lichtquelle begünstigt ihr Erscheinen sehr. Allerdings aber ist auch die durchaus beschattete Wand eines Zimmers gewissermaassen ein dunkler Hintergrund für die vom allgemeinen Tageslichte beschienenen Zargen eines Fensters, welches uns Blinzelstrahlen spendet.

Ganz schwaches Licht erzeugt in der Nähe gesehen sehr kräftige Blinzelstrahlen; stärkeres Licht aus der Ferne vermag nicht sie zu Stande zu bringen. Die grösseren, d. h. lichtstärkeren Sterne, welche uns deutliche Sternstrahlungen empfinden lassen, sind doch nur unter sehr günstigen Umständen wirksam genug, um Blinzelstrahlen zu erregen; dagegen lässt ihre Entfernung die Sternstrahlen äusserst scharflinig erscheinen. Eine nahe Kerzenflamme andererseits überblendet mit ihren Blinzelstrahlen die, obendrein durch die Vervielfältigung ihrer Bilder etwas ausgebreiteten, gleichsam verwaschenen Sternstrahlen, welche in Wirklichkeit nicht fehlen. Beobachtet man die Kerzenflammen Nachts, nachdem man durch Schlaf das Auge völlig hat ausruhen lassen, so wird man bald erkennen, dass ausser den Blinzelstrahlen auch noch Sternstrahlung vorhanden ist, ja, es zeigen sich dann sogar noch weitere Strahlen-Erscheinungen, deren erst weiter unten zu gedenken sein wird (Wimperstrahlen).

Um nun noch abschliessend zurückzukommen auf die Erklärung der Blinzelstrahlen, muss zunächst darauf hingewiesen werden, dass, bei der engen Verknüpfung und fast beständigen Begleitung dieser Strahlenart und bei der von den meisten (wenn nicht allen bisherigen) Forschern, welche sich mit

denselben beschäftigt haben, begangenen Verwechslung, nicht zu verwundern ist, dass die Versuche so mannigfaltig und zugleich so ungenügend ausfallen konnten. In der That sind Spiegelung, Brechung und Beugung des Lichtes, und zugleich fast sämtliche Theile des Auges, in Anspruch genommen worden. Rohault hat eine Lichtbrechung durch die Ränder (?) der Augenlider behaupten wollen; es verlohnt sich nicht, ein Wort darüber zu verlieren. Vieth hat die Möglichkeit genügend abgewiesen.<sup>1)</sup> Priestley wies auf Beugung durch die Augenwimpern, und auch er ist von Vieth entschieden widerlegt worden.<sup>2)</sup> Doch scheint mir, dass es sich hier wieder um eine Vermengung der später zu besprechenden Wimperstrahlen mit den Blinzelstrahlen handelt, welche auch Vieth nicht völlig hat vermeiden können. Smith wollte die Beugung an die Ränder der Augenlider verlegen. Die Erklärung durch Lichtbrechung hielt er für unzulässig, weil er bei dieser glaubte Farbenerscheinung voraussetzen zu dürfen. Dagegen zeigte Vieth<sup>3)</sup>, dass die Beugung kaum fähig sei, so lange Strahlen zu bilden (?), dass der Mangel der Farben bei Brechung leicht zu erklären, gerade bei Beugung aber weit sicherer zu erwarten sei. Der erste eigene Versuch von Vieth<sup>4)</sup> stützte sich auf die Vermuthung, dass unter gewissen Umständen die Oberfläche der Hornhaut und der fasrigen Krystalllinse feine Runzeln bekommen könne, und glaubte, dass die Blinzelstrahlen etwa so entständen, wie jene Lichtbänder, aus deren gegenseitiger Durchkreuzung bei den Krystallen der sogenannte Asterismus entspringt (vergl. oben S. 39). Wie bereits erwähnt, fand der Urheber jenes Vorschlages 12 Jahre später sich gedrungen, letzteren selber zurückzuziehen.<sup>5)</sup> Gleichzeitig trat Kries mit der Vermuthung hervor, dass die Blinzelstrahlen erzeugt würden durch die Augenwimpern, deren zahlreiche und dicht gestellte Härchen als walzenförmige Spiegelflächen („Cylinderspiegel“) wirkten und also durch Spiegelung jene Lichtstreifen hervorbrächten.<sup>6)</sup> Er hatte wenigstens einen Versuch für sich; freilich

1) Gilbert's Annalen. XIX. 1805. 197. 198.

2) A. a. O. 203.

3) A. a. O. 202. 203.

4) Vermischte Aufsätze für Liebhaber mathematischer Wissenschaften. Berlin. 1792.

5) Gilbert's Annalen. XIX. 1805. 205—210.

6) Voigt's Magazin für Naturkunde. X. 495 ff.

einen nur sehr unvollkommen angestellten und durch weitere Verfolgung selber zur Widerlegung führenden. Dieser Versuch bestand in der Zurückziehung der die Wimperhaare tragenden Lidränder: die Blinzelstrahlen verschwanden dadurch — also hielt Kries sich für berechtigt, die Wimpern als Ursache derselben zu betrachten. Er bemerkte nicht, dass die Beseitigung der Lidränder die nämliche vernichtende Wirkung hat, und der Versuch, die Wimpern allein zurückzuziehen, wollte ihm nicht gelingen; Vieth vollbrachte ihn mit Leichtigkeit, und falls er nur dafür sorgte, dass der Lidrand richtig vor die Pupille gelangte, so erblickte er die Blinzelstrahlen unvermindert. Man braucht nur das untere Lid so herunter zu ziehen, dass sich der Wimpersaum niederwärts kehrt und in dieser Haltung nun das Lid aufwärts zu drücken, bis der von den Wimpern entblösste innere Rand vor die Pupille tritt. Sofort erscheinen die Strahlen; also sind die Wimperhaare unbetheiligt.

Es ist mir nicht klar, wie Kries sich eigentlich die Erzeugung der Blinzelstrahlen durch die Wimpern vorstellte. Die Einwürfe, welche er gegen sich selber erhebt, aber zu widerlegen sucht, machen seine Meinung nicht fasslicher. Die Unregelmässigkeit in der Besetzung der beiden Lidränder und die Ungleichheit zwischen dem oberen und dem unteren, sucht er zu schlagen durch den Hinweis, dass die Härchen an beiden Lidern dicht genug ständen, um ihre Spiegelungen theilweise zusammenfallen zu lassen und einen gemeinsamen Lichtstreifen für jedes Lid zu bewirken; auch liessen sich die Härchen nicht wohl zählen, weshalb es schwierig sei, zu sagen, ob oben oder unten eine grössere Zahl vorhanden sei. Darauf erwidert Vieth<sup>1)</sup> mit Recht: das Zählen sei auch gar nicht nöthig; man könne schätzen, und genau genug. Im Spiegel schon bemerke man am eignen Auge so deutliche Verschiedenheiten, dass deren Einfluss sich in den Strahlen nothwendig zu erkennen geben müsste — gar nicht zu reden von den Ungleichheiten in der Dichtigkeit der Behaarung an verschiedenen Stellen eines und desselben Lides, in ihrer Richtung, Krümmung und Länge. Vieth hatte am inneren Winkel des rechten Auges am oberen Lide eine Wimperlücke; aber selbst durch diese Stelle erschienen ihm die Blinzelstrahlen ungestört „wie gewöhnlich“.

---

<sup>1)</sup> Gilbert's Annalen. XXII. 1806. 104.

Nach Kries's Annahme würden die unteren Wimpern das Licht nach Oben in's Auge werfen, die oberen nach Unten; demnach müsste der vom unteren Lide verursachte Strahl sich auf der oberen Netzhaut-Hälfte bilden und als unterer empfunden werden, der vom oberen Lide verursachte die untere Netzhaut-Hälfte bescheinigen und demnach als oberer zum Bewusstsein kommen. Aber Versuch und Erfahrung ergeben das gerade Gegentheil.<sup>1)</sup> Damit allein schon erscheint Kries genugsam widerlegt. Der Oberstrahl entsteht vom oberen Lide, der Unterstrahl vom unteren. Die von Kries auch bemerkte Ungleichheit des Ober- und Unterstrahles bringt nun auch nur neue Schwierigkeit für ihn; denn der Oberstrahl ist entschieden im Nachtheile gegen den Unterstrahl, trotzdem, dass das untere Lid schwächer bewimpert zu sein pflegt, als das obere.

Wären die Wimpern auch nur betheiligte an der Verursachung der Blinzelstrahlen, so müsste eine Verschiebung ihres Haarbesatzes auch eine Bewegung in den Strahlen veranlassen. Man kann aber, wie Vieth sich überzeigte, mittelst einer Federspule an dem oberen Lide die Wimpern hin und her bewegen, ohne dass der Blinzelstrahl davon berührt wird.<sup>2)</sup>

Es darf auch noch darauf hingewiesen werden — und dies ist bisher noch von keiner Seite geschehen — dass für die vermittelt der walzenförmigen Spiegelflächen der Wimperhaare möglicherweise entstehenden Lichtstreifen keine Richtung unwahrscheinlicher ist, als die von den Blinzelstrahlen, ausschliesslich eingehaltene, in ihrer Mittellinie senkrechte, während die grösste Wahrscheinlichkeit sich ergeben müsste für die wagrechte, welche doch gerade niemals auftritt.

Die von Kries vorgeschlagene Erklärung muss also ein für allemal abgelehnt werden.

Indem wir uns nun der von Vieth mit voller Klarheit entwickelten Wirksamkeit des Feuchtigkeits-Prisma an den Lidrändern zuwenden wollen, haben wir uns vorgängig abermals mit einigen Fehlversuchen abzufinden.

Da begegnet uns zunächst die eine dem Akademiker De la Hire zugeschriebene Ansicht, dass die Hohlspiegelfläche dieses Prisma eine Spiegelung und Zerstreung bewirke. Dagegen erhebt

<sup>1)</sup> Gilbert's Annalen. XXII. 1806. 106. 107.

<sup>2)</sup> A. a. O. 107.

Vieth<sup>1)</sup> sofort den schlagenden Einwand, dass der Spiegelstrahl vom unteren Prisma auf die obere Netzhaut-Hälfte gelangen müsste und somit den Unterstrahl veranlassen würde, während er doch den Oberstrahl liefert, und umgekehrt.

„Dass übrigens Brechung vor der Hornhaut unstreitig sein müsse“ — sagt Vieth<sup>2)</sup> mit Recht — „sieht man, wenn das „Auge eines Andern, der gegen eine Lichtflamme blinzet, oder „auch das eigene vor einem Spiegel genau betrachtet. Man wird „nämlich, am Besten am unteren Augenlide, in der feinen Rinne, „die dessen innerer Rand in Berührung mit der Hornhaut bildet, „einen Lichtpunkt gewahr, der von einer daselbst befindlichen „Feuchtigkeit zeugt, von welcher Licht zurückgeworfen, aber „natürlich, da sie durchsichtig ist, auch in's Auge hinein gebrochen „wird.“

De la Hire's zweite Meinung<sup>3)</sup> scheint schon vollkommen das Richtige getroffen zu haben; sie nimmt die Brechung in dem Feuchtigkeits-Prisma als Ursache. Gegen diese Meinung hat Smith das oben bereits berührte Bedenken erhoben, es müssten, wenn sie richtig sein sollte, die äussersten Theile der Blinzelstrahlen Farben zeigen. Mit Recht lehnt Vieth<sup>4)</sup> dieses Bedenken ab, indem er geltend macht, dass nicht überall, wo Farben erwartet werden könnten, solche auch wirklich zum Vorscheine kommen, indem sie bei geringer Stärke des Lichtes nicht empfunden werden. Aber ich werde weiter unten zeigen, dass die Voraussetzung von Smith selber auf einem Irrthume beruhte, nämlich auf einer vollkommen unrichtigen Auffassung der Lichtstrahlen.

Die von Vieth im Jahre 1804 gegebene und zu Anfang des Jahres 1805 veröffentlichte Erklärung ist wohl die nämliche, wie obige zweite De la Hire's. Est ist diejenige, welche ich oben (S. 87 ff.) ausführlich dargestellt habe. (Taf. XXVIII, Fig. 47.) Ich fand dieselbe unabhängig von einer Vorgängerschaft und selbstständig. Aber als erster Ermittler wird wohl De la Hire zu gelten haben — welchen ich auch anderweit als treuen Erforscher vorurtheilumschleyerter Naturverhältnisse hochpreise. Als erster Verkünder der richtigen Lehre in neuerer Zeit, und

<sup>1)</sup> Gilbert's Annalen. XIX. 1805. 199. 200.

<sup>2)</sup> Gilbert's Annalen. XXII. 1805. 107.

<sup>3)</sup> A. a. O. XIX. 200. 201.

<sup>4)</sup> A. a. O. 202.

insbesondere in der Deutschen Wissenschaft, ist dagegen Vieth anzuerkennen. Für mich nehme ich nur das Verdienst in Anspruch, den von der Wissenschaft so lange vergessenen Namen Vieth's wieder ausgegraben zu haben. Dies ist nicht ohne Mühe geschehen. Ich hatte keine Ahnung von ihm. Schon erschien es mir als ein Grosses, dass ich in Oken's Isis — deren zahlreiche Bände wohl nicht leicht ein Zweiter, wie ich, Blatt für Blatt durchgesehen haben mag — Schwerd's einzige Erwähnung der Blinzelstrahlen aufgefunden hatte. Ohne die, Vieth's wahre Leistung so gröblich entstellende, Bemerkung v. Littrow's, hätte ich auch vermeint, damit am Ziele zu sein. Nun suchte ich nach Vieth's Schriften, und in diesen, zu welchen mehrere auswärtige Büchereien mir verhalfen, nach einer Erwähnung der Strahlen. Vergeblich. Der Güte der Herzoglichen Hofbücherei in Dessau und ihres zur Förderung wissenschaftlicher Zwecke unverdrossen bereitwilligen Vorstandes, des Herrn Geh. Hofrathes Hosäus verdanke ich die Mittheilung des Anhaltischen Schriftsteller-Nachschlagebuches<sup>1)</sup> und fand darin das Verzeichniss aller Arbeiten von Vieth. Dass ich ein Jahrhundert rückwärts zu suchen habe, hatte ich freilich nicht geahnet. Aber wie reich ward ich belohnt, durch meine Nachforschungen überhaupt Vieth's vortreffliche Schriften erst kennen zu lernen. Die Sorgfalt, mit welcher dieser gründliche Gelehrte seinen Vorgängern auf dem Wege zur Erforschung der Blinzelstrahlen nachgegangen war und sie Alle zu würdigen gesucht hatte, liess mich zugleich empfinden, wie sehr er Selber verdiente, durch mich wieder der Vergessenheit entrissen zu werden.

Am Besten hätte ich vielleicht gethan, Vieth's bezügliche Arbeiten hier vollständig wieder abdrucken zu lassen. Fast alle meine Beobachtungen hätte ich mit seinen Sätzen decken können; nur Geringfügiges blieb mir hinzuzufügen oder gar zu berichtigen. Deshalb will ich hier doch nur meine eigene oben gegebene Darstellung vertreten. In derselben ist Vieth oft genug genannt. Aber eine Nachweisung muss ich noch ausdrücklich auf seinen Namen stellen. Es ist die, welche er sein „experimentum crucis“

---

<sup>1)</sup> A. G. Schmidt: Anhaltisches Schriftsteller-Lexikon. Bernburg. 1830. —

nannte<sup>1)</sup>, nämlich die künstliche Nachahmung der Blinzelstrahlen. Er berichtet darüber folgendermaassen:

„Ich mache an dem Convexglase der Camera obscura ein „künstliches Augenlid von gelbem Wachse mit etwas vorstehendem „Rande, der etwa die Hälfte des Glases, oder weniger, von Unten „her bedeckt. In die Vertiefung zwischen dem Rande und dem „Glase giesse ich Wasser und bringe es durch eine Federspule „zum Anhängen an Glas und Wachs, so dass es eine solche hohle „Fläche ungefähr bildet, wie die Feuchtigkeit am Auge. Nun „stelle ich die Lichtflamme einige Schritte weit vor das Glas — „so zeigt sich deutlich auf dem Boden der Camera obscura ein „Lichtschweif nach Unten vom Flammenbilde.“

Der Versuch mit einer entsprechenden Nachahmung des oberen Augenlides stiess auf die Schwierigkeit, dass das Wasser abfließt. Glycerin oder ein dickflüssiges Öl würde die Durchführung ohne Zweifel gestatten.

Zwei Verhältnisse sind es, die ich bei Vieth's so gründlicher Untersuchung vermissee.

Zunächst die richtige Erklärung der Ursache, welche aus dem Lichtpunkte oder der wagrechten Lichtlinie, welche auf die brechende gebogene Hohlkehlenfläche des Feuchtigkeits-Prisma fällt, im Auge auf der Netzhaut eine senkrechte Lichtlinie oder ein Lichtband erzeugt. Offenbar nimmt Vieth an, und auch kein Anderer hat einen andern Gedanken gehabt, als diesen, dass die Brechung im Prisma ein verlängertes Bild erzeuge, gleich dem bekannten sogenannten „Spektrum“. Vieth selber sagt darüber<sup>2)</sup>: „Dass die Strahlen nichts Anderes, als „Verlängerungen des Bildes der Lichtflamme, oder allgemein der „leuchtenden Fläche auf der Netzhaut sind, zeigt sich am Deut- „lichsten, wenn man gegen eine breite leuchtende Fläche blinzet, „z. B. aus dem Hintergrunde des Zimmers gegen ein Fenster, wo „das Tageslicht hereinfällt. Man sieht hier den Schein als eine „schwache Fortsetzung des Fensters selbst mit den senkrechten „Sprossen ganz deutlich. So auch bei einem stark erleuchteten „Blatte weissen Papiere und dergleichen. (Auch bei der Flamme „sieht man in einer Nähe von etwa sechs bis zwölf Zoll keine ab-

<sup>1)</sup> Gilbert's Annalen. XIX. 1805. 214. — Vergl. auch XXII. 1806. 111. 112.

<sup>2)</sup> A. a. O. XXII. 1806. 110.

„gesonderten Strahlen, sondern einen zusammenhängenden breiten „Schein, der nur deshalb in grösserer Entfernung zum Strahle „wird, weil seine Breite sich mit der Breite des Flammenbildes „auf der Netzhaut vermindert, seine Länge aber ungefähr dieselbe „bleibt.“)

Der hier von mir in Klammern geschlossene Zusatz beruht auf Ungenauigkeit, indem die von den hellsten Leuchtpunkten einer nicht ausdehnungslosen Lichtquelle erzeugten linienförmigen Strahlen, welche auf dem breiteren Bande des minderkräftigen Scheines der ganzen Breite der Lichtquelle sichtbar zu werden pflegen, von diesen zu wenig scharf unterschieden sind. Dass die Breite des Flammenbildes sich auf der Netzhaut vermindere, ist auch nicht richtig. Wir deuten nur das auf der Netzhaut in völlig gleichmässiger Breite sich darstellende Bild als eine Lichtbahn, welche vom fernen Leuchtpunkte bis in unser Auge führe und schätzen danach den für fern gehaltenen und in die Nähe der Lichtquelle versetzten Theil für breiter, als den scheinbar in unserm Auge endigenden.

Bei der obigen Auffassung, nach welcher der Strahl gleichsam ein Ausfluss von Licht aus der Lichtquelle oder dem Leuchtpunkte wäre, dürfte man allerdings erwarten, dass derselbe eine Farbenreihe oder wenigstens ein dem Bilde der Lichtquelle zunächst befindliches rothes und ein entgegengesetztes grünes oder gar veilchenblaues Ende aufweisen werde. Dazu bemerkt Vieth zwar<sup>1)</sup>, „dass bei den Strahlen keine Farben merkbar sind, rührt, „wie ich glaube, von der Schwäche des Scheins her. Dass die „Strahlen nur auf dunklem Grunde deutlich erscheinen, beweiset „schon ihre Schwäche; so auch der Versuch mit der Camera obscura. „Auch bei anderen Lichtschein, die unleugbar von Brechung „herrühren, z. B. wenn eine Thräne oder Wasser zwischen den „Augenlidern ist, werden ebenso wenig Farben gesehen.“

Alle diese Betrachtungen beruhen auf irriger Auffassung, indem die Lichtbahn nicht ein Ausfluss der Lichtquelle, einem Pfeilschusse oder einem Ergüsse vergleichbar, sondern eine unzählbare Wiederholung des Spiegelbildes der Lichtquelle in Folge der Nichtvereinigung der vervielfältigten Bilder des Brechungspunktes selber und der in ihm erzeugten Lichtwirkung ist. Der Brechungspunkt liegt dem Auge viel zu nahe, als dass alles

<sup>1)</sup> Gilbert's Annalen. XXII. 1806. 107.

augeneinwärts von demselben in das Prisma tretende Licht auf der Netzhaut in einem „Spektrum“ sich darstellen könnte. Vielmehr ist es so, als ob unzählbare Prismen über einander sich befänden, auf deren jedem ein besonderes Bild der Lichtquelle im Brennpunkte des Hohlspiegels sich bilde. Jedes dieser Bilder erleidet in seinem Prisma (wie es uns erscheinen muss) die Brechung und erzeugt auf der Netzhaut ein besonderes Spektrum d. h. Bild mit Farbenreihe. Diese Bilder geben in ihrer Gesamtreihe die Erscheinung des Strahles; jedes derselben ist sehr schmal und liefert somit nur einen sehr geringen Abschnitt der Länge des Lichtstreifens. Geschieden sind die einzelnen Bilder durch die Fraunhoferschen Linien. Viele, und je länger ein feines Auge beobachtet, desto mehrere, der zarten linienförmigen Bilder, zeigen sehr deutlich die Brechungsfarben. Wo solche nicht gleich zu erkennen sind, ist oft nur die innige Zusammendrängung das Hinderniss der für unsre Netzhaut zu feinen Erscheinung. In anderen Fällen, und nebenbei wohl immer, wirkt trübend die von schleimigen fadenähnlichen Verdichtungen durchzogene Flüssigkeit des Prisma.

Ich sehe die Farben stets! Die Fraunhoferschen Linien, wenigstens die gröberen, hat auch Vieth gesehen<sup>1)</sup>, aber freilich nicht gedeutet und erkannt. Allerdings ist es ganz irrig, wenn er die schmalen Lichtbänder, in welche sich der von einer breiten Flamme ausgehende breite Blinzelstrahl theilen lässt, indem man den in das Auge fallenden Schein mittelst eines vorgehaltenen schmalen Körpers, z. B. einer Zirkelspitze, theilweise deckt, als besondere Lichtlinien betrachtet und bezeichnet. Es handelt sich dabei nur um einen ziemlich groben Versuch, welcher in der nächsten Nähe der Lichtquelle, wo also der Blinzelstrahl in der vollen Breite der letzteren aufgefasst wird, eine recht deutliche Erscheinung gewährt. Aber unter den nämlichen Umständen treten auch die stärkeren Fraunhoferschen Linien sehr grob und deutlich hervor, so dass Vieth sagen konnte: „Sodann „bemerkt man in einer so geringen Entfernung auch deutlich „feine Querlinien durch die Strahlenbüschel, wie die Fäden „eines sehr feinen Gewebes, welche ohne Zweifel von der Struktur „der Hornhaut herrühren.“

---

<sup>1)</sup> Gilbert's Annalen. XIX. 1805. 189. 190.

Dieser letzte Zusatz ist entschieden unrichtig; denn wenn man den Blinzelstrahl, was sehr leicht ausführbar ist, mittelst eines Glas-Prisma erzeugt, so kann man die Querlinien mit dem Prisma aus der gewöhnlichen wagerechten Lage in jede beliebige schräge und selbst senkrechte Lage bringen, so dass diese also von der Hornhaut völlig unabhängig erscheint. Bei diesem Versuche erblickt man auch die Farben der einzelnen durch die Querlinien getrennten linienförmigen Bilder sehr glänzend.

Der Querlinien erwähnt Vieth<sup>1)</sup> nochmals bei den breiten Blinzelstrahlenscheinern, welche man vom Hintergrunde eines Zimmers aus vom Fenster hereinfallen sieht. Hier freilich ist das Licht so schwach, dass man nicht leicht Farben wahrnehmen wird.

Das andere Vermissten, welches mich bei Vieth's Erörterung der Blinzelstrahlen unbefriedigt lässt, ist begründet in der gewiss auffallenden Nichterwähnung der Sternstrahlen überhaupt, sowohl derjenigen, welche neben den Blinzelstrahlen von einer Kerzenflamme vor dunkelm Hintergrunde ausgehend gesehen werden, als auch derjenigen der Gestirne selbst. Mit dieser doch wohl grossartigsten und eindrucksvollsten, wenn auch sehr zarten, Erscheinung hat auch Vieth sich gar nicht beschäftigt; er nennt sie nie. Und doch ist es zur richtigen Auffassung beider Strahlen-Gebilde durchaus nothwendig, sie in ihrer engen Verwandtschaft und in ihren Besonderheiten zu würdigen. Der ganze hiermit beendigte Abschnitt, welcher von den Blinzelstrahlen handelt, ist doch eigentlich nur eine besondere Ausführung zur Ergänzung des von der Sternstrahlung handelnden Abschnittes.



---

<sup>1)</sup> A. a. O. 192. 193.

### 3. Wimperstrahlen.

Es ist im vorigen Abschnitte dargelegt worden, dass Kries die Blinzelstrahlen als eine Wirkung der Augenwimpern auffassen wollte, zugleich aber auch nachgewiesen, dass dieser Erklärungs-Versuch durchaus unzulässig ist. Vielleicht hatte jedoch eine beiläufige Beobachtung den genannten Forscher in seinen Irrthum geführt.

Betrachtet man bei Nacht eine Kerzenflamme, so erscheint dieselbe umspielt von einer Anzahl verschiedener Licht- und Farbenbilder, welche erst in Folge einiger Übung und Überlegung von einander zu scheiden sind. Nur durch scharfe Trennung kann man ihre Bedeutung verstehen.

Die augenfälligste Rolle spielen dabei die Blinzelstrahlen, deren Auftreten ein etwas derb zudringliches ist. Daneben werden schon die Vervielfältigungen des Flammenbildes leicht übersehen; noch mehr die Sternstrahlungen, welche nur mit schwachem Lichte sich geltend machen; vollends die zarten Strahlen, welche durch Wirkung der Augenwimpern tatsächlich entstehen.

Diese Strahlen sind mir nie zur bewussten Empfindung gekommen, als bei Kerzenlicht. Um sie sicher zu beobachten, bedarf es eines sorgfältigen Verfahrens.

Man stelle eine brennende Kerze vor sich auf den Tisch vor einem dunkeln Hintergrunde, so nahe und so fern, dass man ihre Flamme ganz scharf umgränzt und einfach sieht. Dann lehne man sich bequem zurück, so dass der Oberstrahl der Blinzelung eben verschwindet. Sofort erblickt man seitwärts und etwas höher, als der letzte Lichtpunkt jenes Strahles zu verglimmen

schien, je nach Rechts und nach Links einen schräg aufsteigenden und sich ausbreitenden oberbogigen<sup>1)</sup> Lichtbüschel, welcher an einen nickenden Reiherbusch erinnert. (Tafel XXII, Fig. 48.) In den Winkel, welchen diese beiden Büschel zwischen sich lassen, schießt von Oben her eine Anzahl im Ganzen steil fächerförmig niederwärts zusammenlaufender, längerer und kürzerer Lichtlinien herein, welche bei der geringsten Bewegung des Kopfes wechseln, indem sie ihre Länge ändern oder völlig verschwinden, um durch andere ersetzt zu werden.

Man überzeugt sich leicht, dass diese zusammengehörige Erscheinung aus Lichtlinien besteht, welche durch Spiegelung und Beugung des zwischen den Wimperhaaren hindurchgleitenden Scheines gebildet werden. In ihrer Stellung giebt sich die Wirkung der Stellung der Härchen zu erkennen, sowie die Krümmung der letzteren in den nickenden Reiherbüscheln sich geltend macht. (Tafel XXIX, Fig. 49.)

Das Licht dieser Lichtlinien ist, bei äusserster Zartheit derselben, doch recht hell, und wird leicht für farblos gehalten. Die des mittleren Fächers sind wohl einigermaassen gelblich; dagegen in den beiden Reiherbüschen, wo sie sehr dicht zusammengedrängt liegen, ist es wahrhaft weisslich. Man muss sich nicht wundern, wenn das an den Härchen vorübergeglittene Licht trotz der Beugung nicht mit Farben ausgestattet erscheint. Allein sehr häufig habe ich von solchen nichts wahrgenommen — vermuthlich weil die Linien sich zu dicht überdeckten. Die des Fächers sind vereinzelter, und vielleicht wird es eher gelingen, in ihnen die Wirkung der Beugung zu erkennen. Nach längerer Einübung sehe ich jetzt die Farben stets, wobei die oberbogigen Büschel mir besonders deutlich Roth und Grün zeigen, die gerade verlaufenden des Mittelfächers dagegen mehr Gelb und Orange.

Die hier geschilderten Strahlen bilden eine wenig zur Geltung kommende, untergeordnete Erscheinung. Sie sind übrigens schon anderweitig beachtet und beschrieben worden. So von Gilbert in seiner Nachschrift<sup>2)</sup> zu Vieth's Hauptarbeit über die Blinzelstrahlen. Hier liefert derselbe folgende Beschreibung:

---

<sup>1)</sup> Oberbogig ist eine gekrümmte Erstreckung, welche den Rücken ihres Bogens nach oben wendet, wie z. B. die Zweigkrümmungen der Trauerweide, des Birnbaumes u. s. w. Der Gegensatz des Unterbogigen versteht sich danach von selber.

<sup>2)</sup> Gilbert's Annalen. XIX. 1805. 215. 216.

„Habe ich ein reines Bild der Flamme, und fange ich an, „die Augenlider zusammen zu ziehen<sup>1)</sup>, so erscheinen zuerst an den oberen Theilen der beiden Seiten der Flamme matt-weiße, nur wenig gegen den Horizont geneigte Strahlen. Sie treten bei „stärkerem Blinzeln weiter herab, nehmen die ganze Breite der „Flamme ein und divergiren weiter, von den Flammen ab, jede<sup>2)</sup> wohl „unter einem Winkel von 60 Grad; auch zeigen sie sich hier „häufig herabwärts gekrümmt. Sie gleichen ganz dem Licht- „scheine der sogenannten Höfe; auch bemerke ich in ihnen „mehrere Farbenfolgen grün und roth, gerade so, als wären es „Stücke von Farbenringen um das Licht. Dass ich mich hierin „nicht täusche, davon bin ich gewiss. — Während dessen er- „scheinen auch über der Flamme divergirende Strahlen, doch von „einer ganz eigenthümlichen Art. Sie sind fast weiss, äusserst „fein und zart, und in der Regel nur weiter vom Lichte ab recht „sichtbar, wo sie wieder vereinzelt erscheinen. Ich möchte sie „mit feinkieligen Federn aus weissem Lichte vergleichen, die „senkrecht über der Flamme stehen.“

Diese Beschreibung lässt keinen Zweifel, dass Gilbert die Wimperstrahlen beobachtet hat, welche begreiflicher Weise sich bereits zeigen, bevor die Blinzelstrahlen eintreten, nämlich wenn die gegenseitige Annäherung der Augenlider erst beginnt, wodurch zunächst die Wimpern einen Theil der Pupille überschatten.

In Betreff der Farben, welche Gilbert wahrnahm, ist es mir zweifelhaft, ob ihm wirklich die nickenden Theile der Reiherbüsche Beugungsfarben lieferten, oder ob solche etwa dem wirklich um die Flamme sich zeigenden Farbenhofe angehören mochten, welcher, als nicht zu den Strahlen-Erscheinungen zählend, hier keiner näheren Besprechung unterzogen werden kann. Sehr wohl wäre es möglich, dass die bei den Menschen so ungleiche Dichtigkeit und Länge der Bewimperung dem Einen vergönnte, was dem Andern versagt bleibt. Übrigens verdient auch erwähnt zu werden, dass Gilbert seine Beobachtungen, weil starke Kurzsichtigkeit ihm mit blossen Augen kein reines Bild sehen liess, mittelst eines Augenglases ausführte.

Ich will aber noch auf einen Umstand aufmerksam machen.

<sup>1)</sup> Sollte besser heissen: „einander zu nähern“.

<sup>2)</sup> Wohl „jeder“ zu lesen?

Man erblickt, bei genügend dunkelm Hintergrunde, zu beiden Seiten der Flamme mehr oder weniger zahlreiche schwache Bilder derselben, welche Farben zeigen, und zwar sind sie an der Seite, welche der Flamme zugekehrt ist, grün, an der entgegengesetzten roth. Demnach sind sie durch Beugung entstanden. Ich wüsste nicht, ihren Ursprung anders zu erklären, als indem ich sie der beugenden Wirkung von Wimperhaaren zuschreibe, welche zu dieser durch ihre Länge und Stellung besonders geeignet sein mögen. Dann ist anzunehmen, dass sich die von Gilbert an den „herabwärts gekrümmten“ Theilen der beiden Reiherbüschel in mehrfachen „Farbenfolgen grün und roth“ beobachteten Beugungsfarben geradezu jenen Nebenbildern der Flamme anschliessen, so zu sagen in sie verlaufen und dass das Erscheinen dieser ihrer Gestalt nach sehr wohl erkennbaren Bilder nur eine Folge ihrer grösseren Vereinzelung ist.

In Betreff des Ursprunges der hier in Rede stehenden Strahlen fügt Gilbert dann noch Folgendes bei<sup>1)</sup>: „Woher „kommen die feinen, weissen federartigen Strahlen über der „Flamme? Haben etwa die Augenwimpern an ihnen Antheil? „Und warum erscheinen sie dann nur über, nie unter der „Flamme? Fragen, die freilich leichter gemacht als beantwortet „sind, über die aber doch, wie es mir scheint, ohne grosse „Schwierigkeiten müsste Auskunft zu erhalten sein durch eine „sorgfältigere Beachtung der Abänderungen dieser Erscheinungen „in liegenden Stellungen des Körpers und bei verschiedenen Arten „die Augen zu öffnen und zu schliessen, besonders wenn man „damit entsprechende Versuche in der Camera obscura oder „clara, nach Art des scharfsinnigen Herrn Vieth, zusammen- „hielte.“

Die Frage, weshalb die obigen Lichter nur über, nicht auch unter, der Flamme sich zeigen, beantwortet sich wohl durch die nahe liegende Hinweisung auf die so verschiedene Stellung der Wimperhaare an beiden Lidern. So sehr durch diese die oberen Lider geeignet sind, die beschriebenen Strahlen hervorzurufen, so sehr sind die unteren durch die ihrige ungeeignet. Jedoch werde ich weiter unten zeigen, dass die Vermissung von Wimperstrahlen, welche den unteren Wimpern entsprechen, wohl nur der Schwierigkeit der Wahrnehmung zuzuschreiben ist.

---

<sup>1)</sup> A. a. O. 219.

Vieth<sup>1)</sup> gab, veranlasst durch Gilbert's Schilderung, die folgende Beschreibung seiner eigenen bezüglich Beobachtungen:

„Die hofartigen, meist herabwärts gekrümmten Strahlen an den Seiten des Lichtes fehlen nie, so oft ich die Augenlider zusammenziehe<sup>2)</sup>, und durch eine Lorgnette erscheinen mir darin immer farbige Bogen zunächst um die Flamme; auch fehlen nie die feinen divergirenden Strahlen über der Flamme. — Dass die Augenwimpern an der letztern Erscheinung den grössten Antheil haben, und dass daher ihre verschiedene Gestalt und Lage der Grund der Verschiedenheit in dieser Erscheinung sind, wird mir immer wahrscheinlicher, je öfter ich die Beobachtung unter abgeänderten Umständen wiederhole.“

Vieth fand auch, dass einige seiner Freunde die beschriebenen Wahrnehmungen gerade so, wie er sie sah, bestätigten; fügt aber hinzu: „Es ist sonderbar, dass die Erscheinungen so merkliche Abweichungen für verschiedene Augen zeigen. Als ich die in meinen vermischten Aufsätzen abgedruckte Untersuchung schrieb, sprach ich mit unserm als Künstler und Gelehrter gleich achtungswerthen Freunde Kolbe<sup>3)</sup> darüber. Seine Augen sind von sehr ungleicher Beschaffenheit; mit dem kurzsichtigen sah er die Sache gerade so, wie ich sie ihm beschrieb; mit dem weitsichtigen Auge aber sah er beim Blinzeln eine Menge feiner gekrümmter Strahlen. Er zeichnete mir die Erscheinung wie eine Feuergarbe und ich liess die Figur zu diesem Aufsätze hinzufügen.“ (Tafel XIX, Fig. 50.)

Die in Gilberts Annalen nachgestochene und auch hier von mir wiedergegebene Zeichnung erscheint mir sehr verständlich. Kolbe beobachtete in demselben Augenblicke, als vor seinem Auge der senkrechte Mittelfächer aufblitzte, zu beiden Seiten desselben die Bogen der Wimperstrahlen-Büschel, freilich in ungewöhnlicher Wiederholung über einander. Allerdings muss die Stellung der Wimperhaare an dem in Rede stehenden Auge Kolbe's eine eigenartige Anordnung gehabt haben, und insbesondere

<sup>1)</sup> Gilbert's Annalen. XIX. 1805. 372. Anm.

<sup>2)</sup> Sollte wohl besser lauten: „einander nähern“.

V.

<sup>3)</sup> Gemeint ist Karl Wilhelm Kolbe, geb. in Berlin 1757, zuerst Lehrer am „Philanthropin“ in Dessau, seit 1793 der Kunst gewidmet und in Berlin ausgebildet, seit 1796 Zeichenlehrer in Dessau; † daselbst 1835. Er ist verewigt durch mehrere von ihm ausgeführte Ölbildnisse Goethe's.

wohl in der Mitte sehr lang gestreckt gewesen sein. Mir gelingt die Hervorrufung einer so langen Reihe von Reiherbüscheln nicht.

Nicht unerwähnt darf ich lassen, dass Gilbert seine vortreffliche Schilderung der „Federbusch-Strahlen“, da Vieth ihrer bei seiner Besprechung der Blinzelstrahlen nicht erwähnt hatte, mit dem folgenden Ausspruche begleitet<sup>1)</sup>:

„Dass Herr Vieth diese nicht wahrnimmt, scheint mir ein Zeichen, dass es dabei auf die Stellung der Augenwimpern gegen einander ankommt; und daraus möchte ich, wie aus den farbigen Fransen, die sie unter Umständen zeigen, schliessen, dass Beugung des Lichtes zwischen den Augenwimpern<sup>2)</sup> an dem Ursprunge dieser Strahlen mehr Antheil habe, als Spiegelung („Reflexion“).“

An der Richtigkeit dieser Annahme scheint wohl nicht gezweifelt werden zu können. Übrigens liefert die obige Zusammenstellung meiner Beobachtungen mit denjenigen von Gilbert, Vieth und Kolbe einen bestätigenden Beweis der Nothwendigkeit, zwischen den verschiedenen Strahlen-Gebilden strengstens zu unterscheiden.

Ich will nunmehr noch einige Ergebnisse meiner eigenen, mit vieler Übung und scharfer Aufmerksamkeit angestellten Beobachtungen anführen; dieselben sind durchaus zuverlässig.

Wenn ich den Leuchtpunkt auf gleicher Höhe mit meinen Augen mir gegenüber sehe, so erkenne ich allemal sowohl nach Oben, wie nach Unten jederseits bogenförmig auslaufende Wimperstrahlen.

Diese Bogen erscheinen um so grösser, je ferner vom Auge sich der Leuchtpunkt befindet. An sich zwar bleiben dieselben ohne Zweifel an Grösse unverändert, aber die Lichtquelle, z. B. Kerzenflamme, ist in der Ferne kleiner; die Bogen aber sind nicht bei der Lichtquelle, sondern stets an unsern Wimpern.

Bediene ich mich beider Augen gleichzeitig und halte den Kopf senkrecht, so erscheint mir das Kreuz der vier Bogenbüschel fast rechtwinklig (Tafel XXVI, Fig. 51 a.) Hebe ich das Angesicht bis zu schwacher Rücklehnung, so wird der obere und der untere Winkel spitz (b). Neige ich den Kopf vorwärts, so werden jene Winkel stumpf und der rechte und linke dagegen sehr spitz (c).

<sup>1)</sup> *Annalen*. XXII. 1806. 103. Anm.

<sup>2)</sup> Sollte genauer lauten: „zwischen den Wimperhärcchen der Augen“.

Hebe ich den Kopf soweit rückwärts, dass das untere Augenlid einen Blinzelstrahl erzeugt, so steigt dieser von dem Leuchtpunkte empor und theilt den Winkel zwischen den oberen Bogenbüscheln, während die unteren unsichtbar werden. Zugleich aber zeigt sich über dem Blinzelstrahle, ihm gleichsam entgegenkommend, der Fächer der gradlinigen, mittleren Wimperstrahlen. (Tafel XXX, Fig. 52.)

Befindet sich der Leuchtpunkt tiefer, als mein Auge, so erblicke ich nur obere Bogenbüschel und den Mittelfächer — welcher freilich diesen Namen nicht eigentlich verdient, da seine Strahlen keineswegs in einem Punkte zusammenlaufen, sondern vielmehr gleichläufig sind und nur durch die von beiden Seiten gegen die Mitte zunehmende Länge einen fächerähnlichen Umriss füllen.

Bediene ich mich nur des einen oder des anderen Auges allein, so zeigt mir das rechte den oberen nach rechts aufsteigenden und den unteren nach links absinkenden Bogenbüschel stärker ausgebildet oder hervortretend, als die beiden anderen und als ich dieselben Büschel mit beiden Augen zugleich wahrzunehmen glaube; das linke Auge zeigt, ebenfalls in stärker geneigter Stellung eine Begünstigung der beiden anderen Bogen. Auch der Mittelfächer nimmt ihn beiden Fällen eine etwas schiefe Stellung an, wie dies ja die Blinzelstrahlen auch thun (vergl. oben S. 116). Dass bei beidäugigem Beobachten die beiden Gruppen sich steiler zu stellen scheinen, verdient gleichfalls mit dem (S. 116) in Betreff der Blinzelstrahlen erwähnten Verhalten verglichen zu werden. Es scheint sich auch darin ein unbewusstes, ja selbst unserer richtigeren Verstandesannahme überlegen widerstehendes, Streben nach Ausgleich der Gegensätze zwischen beiden Augenwahrnehmungen geltend zu machen.

Die Zahl und Stellung der einzelnen Bogenstrahlen oder der Büschel von solchen ist übrigens sehr wechselnd, kommt auch gelegentlich in Verwirrung, wenn man etwa die Wimpern berührt oder gar mit den Fingern gerieben hat.

Wenn man den Kopf, während scharfer Betrachtung der Wimperstrahlen, schüttelt, so sieht man deutlich das Wirbeln der Wimperhaare und der durch sie bewirkten Strahlenlinien.

Dass der Mittelfächer von den gerade abwärts in senkrechte Ebenen fallenden Bogen der mittleren Wimperhaare erzeugt wird — wie die Bogenbüschel von den schiefen seitlichen Haargruppen abhängen — und dass ersterer nicht etwa den Augenbrauen zu-

geschrieben werden darf, beweist sich leicht durch den Versuch, die Braue mit der Hand zu decken, wodurch das Erscheinen der Strahllinien des Mittelfächers durchaus nicht gestört wird.

Wenn ich den Kopf zurücklehne und gleichzeitig das obere Augenlid hochziehe, so verschwindet, ausser dem unteren Blinzelstrahle, der Mittelfächer nebst den beiden oberen Bogenbüscheln; dann aber erscheint der obere Blinzelstrahl sehr kräftig, und unter ihm folgt, von den mit-vorgezogenen unteren Wimperhaaren veranlasst, eine Gruppe von unteren Mittelstrahlenlinien von ziemlich unbestimmter Anordnung.

Andererseits lassen sich die Strahlenlinien des oberen Mittelfächers durch zunehmendes Niedersenken des oberen Lides und somit seines Wimpersaumes bis weit über den Leuchtpunkt (das Flammenbild) herablocken, wobei sie den unteren Blinzelstrahl deutlich in spitzen Winkeln durchkreuzen.

Die Federbusch-Strahlen schliessen sich übrigens den Blinzelstrahlen in sofern innig an, als die theilweise Überschattung der Pupille durch die Wimperhaare gleichsam die erste Stufe der Blinzelungs-Stellung der Augen darstellt.

Zum Beschlusse des Abschnittes von den Wimperstrahlen sei noch hingewiesen auf den bogenförmigen Verlauf der sich zu kreuz- oder sternähnlichen Erscheinungen durchschneidenden Bogenlinien der Lichtscheine, welche man erblickt, wenn man durch einen aufgespannten Schirm gegen die Sonne oder gegen eine Strassenlaterne blickt (vergl. oben S. 48). Auch diese Ähnlichkeit deutet auf die Abhängigkeit der Bogenbüschel der Wimperstrahlen mit den gekrümmten Wimperhaaren hin.

**Augenbrauen.** Nachdem wir uns überzeugt haben, dass die verschiedenen äusseren Umrandungen und Decken unserer Augen an der Erzeugung von Strahlengebilden innerhalb der letzteren betheiligte sind, drängt sich die Frage auf, ob diese Betheiligung sich auch auf die Augenbrauen erstreckt. Ich kann nur sagen, dass es mir zu Zeiten, unter hohem Beleuchtungswinkel, wohl gelungen ist, eine schimmernde Spiegelung über meinem Auge zu beobachten, welcher nur von den Brauenhaaren verursacht sein konnte, dass aber ein solcher Schimmer stets vereinzelt stand und nie die Vorstellung seiner Theilnahme an den regelmässigen Strahlungen des Auges erregte.

**Hornhaut. Zerrbilder.** Der Übergang zur Betrachtung der durch das Innere des Auges bewirkten Strahlen-Erscheinungen

bildet wohl zweckmässig ein Blick auf die äusserste Lage des lichtdurchlässigen Sehwerkzeuges, die Hornhaut. Diese ist mit einer Schleimhaut bekleidet, und der Schleim zieht sich auf derselben in unregelmässigen Fäden und Schlieren auf und nieder und seitwärts hin und her, sowie die Lider sich öffnen und schliessen und die Augäpfel ihre Stellung verändern. Staubtheilchen aus der Luft mögen vielfach hinzukommen. Derartige Anhängsel veranlassen im Gesichtsfelde die Erscheinung verwirrter dunkler Linien mit helleren Einfassungen, oder umgekehrt heller Linien mit dunkeln Einfassungen, je nachdem das Auge auf einen näheren oder auf einen ferneren Gegenstand blickt. (Vergl. S. 61, Tafel XVI, Fig. 21.)

Daneben gelangen auch auf die Hornhaut gelegentlich Tröpfchen von Thränenflüssigkeit, sowie Fetttröpfchen. Diese verursachen die Erscheinung dunkler Scheibchen mit heller Umrandung oder heller Scheibchen mit dunkler Umrandung. Alle derartigen Zufälligkeiten können, bei sorgfältiger Prüfung des Gesichtsfeldes, wohl wahrgenommen werden; bleiben aber nicht dauernd an ihrem Orte, sondern verschieben sich und werden bald wieder beseitigt. (Vergl. Tafel XVII, Fig. 28.)

Anders verhalten sich die auf oder in der Hornhaut vorhandenen Störungen der Gleichmässigkeit ihrer gewölbten Oberfläche. Es kommen stellenweise geringe Verdickungen vor, welche entweder kreisförmig umgränzt sind oder eine gestreckte Gestalt besitzen. Erstere wirken wie kleine eingefügte Linsen, bewirken eine Störung der inneren Beleuchtung und demnach entweder unbestimmte Scheine oder Trübungen, oder Lichtflecke oder Dunkelflecke. Die gestreckten Verdickungen aber, welche auch wohl als Runzeln der Schleimhaut oder der Hornhaut betrachtet werden können, ergeben statt Brennpunkten vielmehr Brennlinien und deren Gegentheil.

Durch derartige Störungen wird es verursacht, dass eine Lichtquelle aus der Ferne gesehen ein höchst unregelmässiges Gewirre von Lichtflächen und Lichtlinien mit dunklen Zwischenräumen darstellt. Die sogenannte Zerstreung will uns eine Zerstreungs-Blume von dem Bilde der Lichtquelle erscheinen lassen, welche, um einen Mittelpunkt geordnet und sich theilweise überdeckend, eine scheibenförmige Fläche erfüllen würde, wie den meisten Menschen eine solche vom Monde vorgebildet wird (vergl. Tafel XVI, Fig. 31). In Folge der dauernden Fehler der

Hornhaut ist jedem Auge eine mehr oder minder verzerrte derartige Zerstreuungs-Blume eigen, welche in ihren Hauptzügen durch das Leben hindurch bestehen bleibt. Herr Professor Dr. Adolf Fick in Zürich hat das Bild einer solchen Zerrblume entworfen.<sup>1)</sup> Er versichert zugleich<sup>2)</sup>, dass in seinen Augen überhaupt kein solcher ständiger Kern enthalten sei, wie Helmholtz (vergl. oben S. 70) ihn in seinen Augen fand und abbildete. Nur der allgemeinste Grundriss bleibe bei ihm erkennbar, während alle Einzelheiten veränderlich seien. Ich beobachtete bei Betrachtung eines fernen Leuchtpunktes ohne Brille ungefähr das Bild Taf. XVII, Fig. 28, wo ich durch die Brille meinen eigenthümlichen Stern wahrnehme. Dieses Bild scheint mir in untergeordneten Kleinigkeiten wohl Veränderungen zu erleiden, und erleidet zeitweilig ganz entschieden starke Beeinträchtigung, wenn durch einen Reiz das Auge thränt. Nach erfolgter Abwischung aber stellt sich das alte dauernde Bild sehr bestimmt wieder her, und ich erkenne in demselben mehr oder weniger deutliche Spuren der meinem Auge eigenthümlichen Zerstreuungs-Blume, sowie auch der Hauptstrahlen meines Sternes. Das Ganze hat etwas Spinnennetzähnliches.

Schon Des Cartes hat von derartigen Zerstreuungsbildern und deren Entstehung durch Hautfalten der Hornhaut gesprochen. Es ist die Stelle, welche von Vieth mit Andern offenbar irriger Weise auf die Blinzelstrahlen bezogen wurde<sup>3)</sup>, deren Eingriffe Cartesius wenigstens nicht klar von den Brennlinien unterschied.

Vieth selber<sup>4)</sup> hat auch die „verwirrten Lichtscheine“ bemerkt, welche man sieht, „wenn Wasser, Thränen oder dergleichen sich vor der Hornhaut befinden“, welche aber mit „regelmässig erscheinenden Lichtstrahlen“ (er meint die Blinzelstrahlen) „nicht leicht verwechselt werden können.“ Auf den breiteren Blinzelstrahlen erblickt man, bei aufmerksamer Beschauung eine erstaunliche Menge von Fasern, Flocken und Ringelchen.

Weitere Beschreibungen und Erklärungen für die Zerrblumen habe ich nicht gefunden, mit einziger Ausnahme der bereits angeführten, vollständig genügenden von Fick. Die Erscheinung

<sup>1)</sup> A. Fick: Die medicinische Physik. Braunschweig. 1858. 333. Fig. 107.

<sup>2)</sup> A. a. O. 336. Anm.

<sup>3)</sup> Gilbert's Annalen. XIX. 1805. 196. 197.

<sup>4)</sup> Dasselbst. 194.

steht auf der Gränze der Strahlen - Gebilde. Sie musste im An-  
schlusse an die Strahlen - Erscheinungen hier Erwähnung - finden.  
Zugleich steht sie, durch ihre theilweise Abhängigkeit von fehler-  
hafter Beschaffenheit der Hornhaut auf der Gränze der von den  
äusseren und der von den inneren Theilen des Auges abhängigen  
Strahlungen.

Ihre Abhängigkeit von der Beschaffenheit eines dem eigent-  
lichen Sehwerkzeuge angehörigen Theiles des Auges giebt die  
Zerrblume dadurch zu erkennen, dass dieselbe nicht ver-  
schwindet, wenn man auch beide Augenlider nebst den Wimpern  
einerseits und dem Flüssigkeits - Prisma andererseits völlig  
zurückzieht.





## 4. Regenbogenhaut-Strahlen.

Auch die Regenbogenhaut oder Iris kann in den Fall kommen, ein Strahlengebilde zu verursachen, jedoch, wie es scheint, nur unter ganz besonders begünstigenden Umständen.

Wenn das Auge durch nächtliches Dunkel und völlige Ruhe einen hohen Grad von Empfindlichkeit erreicht hat und man dasselbe dann plötzlich gegen eine ganz kleine, die Umgebung nur sehr schwach erleuchtende Flamme richtet, — wie z. B. bei der Entzündung einer Kerze — so erblickt man eine feurige Scheibe, welche im nächsten Augenblicke eine Anzahl von dunkeln radspeichenartig erscheinenden Trennungen zeigt. Die Lichtfelder oder Scheibenausschnitte bestehen aus Lichtlinien, welche durch dunkle Bahnen getrennt sind, und stellen sich als Bogenstücke von Kreisen dar, welche mit dem Umfange des Gesamtbildes den Mittelpunkt gemeinsam haben. Jedes einzelne Lichtfeld besteht aus einer Reihe linienartiger Bogenstücke, deren äusserstes dem Umfangsabschnitte zwischen zweien dunkeln Radspeichen entspricht, während die folgenden immer kürzer und kürzer sind bis zum Mittelpunkte. Ich nenne dieses Gebilde das „Feuerrad“ (Tafel XXX, Fig. 53). Dasselbe ist von kurzer Dauer; denn sowie sich das Auge einigermaassen an das Licht gewöhnt, verschwindet es. So glänzend es auch im ersten Augenblicke strahlt, so muss sein Licht doch sehr schwach sein. Es wird wahrgenommen, während das Auge sich noch kaum zu öffnen wagt und sobald der erste kleinste Lichtschein sich zwischen den Wimpern oder durch die Lider hindurch stiehlt, um im nächsten Augenblicke schon völlig überblendet zu werden durch die derben Blinzelstrahlen, mit deren Derbheit es übrigens in der kurzen Zeit seiner Wahrnehmbarkeit wohl zu vergleichen ist.

Mir scheint kein Zweifel zu bleiben, dass der mitten auf die Hornhaut treffende Lichtschein an dem Innenrande der Regenbogenhaut eine Spiegelung, oder richtiger an den vorragendsten Theilen dieses Randes eine Anzahl von Spiegelungen, erleidet, welche sich in der Augennachse gegenseitig durchkreuzen und in Spiegelstellung auf der Netzhaut abbilden. Nur so wüsste ich zu erklären, dass bei diesem Strahlengebilde die Bilderreihe oder Lichtlinien-Reihe der einzelnen Strahlen sich gegen den Mittelpunkt verschmälert, so dass nicht ein schmal- oder spitzstrahliges Sterngebilde, sondern ein dunkles Rad mit feurigen Füllungen der Zwischenräume zwischen je zweien Speichen gesehen wird.

Nachschrift bei der Durchsicht der Druckprobe. Dass nicht vollständige, zusammenhängende Lichtringe, sondern nur Bogenstücke bei obiger Erscheinung wahrgenommen werden, scheint mir, nach weiteren Beobachtungen eine Folge des oben (S. 83) geschilderten Baues der Linse zu sein (vergl. Tafel XXI, Fig. 33). Die Lichtbogen der verschiedenen Felder des Feuerrades gehören bisweilen sehr bestimmt erkennbar Kreisen verschiedener Mittelpunkte an, greifen daher gelegentlich, wenn sie in genügender Länge zum Vorschein kommen, in flachen Zickzacklinien in einander, und zeigen auch bisweilen deutliche Mehrfarbigkeit.

Man nimmt das Feuerrad, bei plötzlicher Wendung gegen eine, wenn auch selbst sehr schwache Lichtquelle, auch schon bei noch geschlossenen Lidern wahr. Die Lider sind weit durchlässiger für Lichtwirkungen, als man wohl anzunehmen pflegt.<sup>1)</sup> Jedermann weiss, dass gewissen Thieren — Katzen, Füchsen, Eulen u. s. w. — sehr schwaches Licht zum Sehen genügt. Auch bei Menschen kommt mitunter, in krankhafter Reizbarkeit, eine ähnliche Empfindlichkeit zu. In einer Zeit allzu eifriger Beschäftigung mit Versuchen über die Lichtstrahlen fand ich mich einst, in dunkler Nacht erwachend, mit dem gleichen Vermögen ausgestattet, indem ich alle Gegenstände um mich her wie in einem Kupferstiche erkannte, und zwar nicht etwa bloß augenblicklich und vorübergehend, sondern anhaltend, so dass ich

<sup>1)</sup> Bei diesem Anlasse sei erwähnt, dass ich glaube, mich bestimmt überzeugt zu haben von einem Sehvermögen der neugeborenen Hunde, deren Lider sich bekanntlich erst am 9. oder 11. Tage nach der Geburt öffnen, und welche gegen Licht äusserst empfindlich sind.

darüber Untersuchungen anstellen und mich vergewissern konnte. Die Wahrnehmung machte auf mich einen unheimlich-befremdenden Eindruck.

Man könnte vermuthen, das Feuerrad sei eine jener bereits in der Einleitung (S. 4) erwähnten Lichterscheinungen, welche nicht von einer äusseren Lichtquelle, sondern durch innere Erregung im Auge erzeugt werden. Dieser Meinung muss ich mit Festigkeit entgegentreten. Seit mein linkes Auge in Folge zu angestrenzter Beobachtungsversuche fast in seiner ganzen Sehfläche erblindet ist, erscheint mir das Feuerrad nur noch im rechten Auge; blos ein ganz kleines, obendrein leider sehr ungünstig gelegenes Feldchen der Sehfläche des linken ist noch schwacher und undeutlicher Gesichtsempfindungen fähig — und schon mehrfach habe ich mich überzeugen können, dass, wenn ich im rechten Auge das Feuerrad erblickte, im linken ein jenem Feldchen entsprechender Bruchtheil eines solchen gleichzeitig erschien.

Die Feuerräder beider Augen vereinigen sich keineswegs völlig zu einem Bilde, sondern bewahren eine gewisse Selbstständigkeit, in Folge deren sie sich einigermassen stören.

Während die bei sehr schwachem Lichte — „im Dunkeln“ — erscheinenden Feuerräder einen sehr ausgeprägten Eindruck machen, ist man in Gefahr ihr Auftreten bei starker Beleuchtung gänzlich zu verkennen. In sehr kräftigem Lichte nämlich, beim Blicke auf die Sonne und auf „Elektrisches“ Licht, treten sie als Einflechtungen in die Haarstrahlen-Scheine auf, und wir werden uns mit ihnen daher im folgenden Abschnitte, welcher sich mit den, nur bei hellsten Lichtwirkungen zum Vorschein kommenden, Linsen-Strahlen befasst, noch mehrfach wieder zu beschäftigen haben.



## 5. Linsen-Strahlen.

Die strahlendste aller Strahlen-Erscheinungen ist die, welche durch die Linse in unseren Augen bewirkt wird. Es muss auffallen, dass dieselbe wissenschaftlich bislang fast gar nicht untersucht, ja, dass sie überhaupt noch kaum andeutungsweise beschrieben, auch nur beiläufig erwähnt worden ist.

Erzeugt wird sie vor Allem durch die stärksten der uns bekannten Lichtquellen: durch die Sonne und durch das Elektrische Licht, für gewöhnlich kaum spurenweise auch durch die glänzendsten Fixsterne und durch die Planeten Jupiter und Venus. Jedoch können selbst viel schwächere Lichtquellen Linsenstrahlungen bewirken, wenn die umgebende Dunkelheit eine sehr tiefe und wenn das Auge ausgeruht, von keiner Seite geblendet und sehr empfindlich ist.

### a. Haarstrahlen.

Die Haarstrahlen der Sonne. Die Strahlung der Sonne lässt sich unmittelbar nicht beobachten; der Versuch würde unsre Augen erblinden machen. Fängt man aber das Bild der Sonne durch einen verkleinernden Spiegel auf, wie z. B. durch den flachen Hohlspiegel eines Vergrößerungsrohres oder durch eine Bergkrystall-Kugel — wie die wunderbar klaren Japanischen „Götterkugeln“, deren ich zwei sehr ausgezeichnete besitze — ferner durch eine quecksilbergefüllte Thermometerkugel, durch ein innen geschwärztes Uhrglas, oder auch durch einen, freilich den grössten Theil der Erscheinung verdeckt

lassenden Nadelstich in einem Kartenblatte, so kann man dasselbe gefahrlos betrachten.<sup>1)</sup> Man erkennt nun, dass es nach allen Richtungen hinaus gleichsam starrt von unzählbaren, äusserst feinen, scheinbar nadelspitz auslaufenden, blendenden Lichtlinien, welche ringelweise mit den schönsten Regenbogenfarben geschmückt sind: stets ein dunkelstes Veilchenblau und Indigoblau, dann ein prächtiges Smaragdgrün dem Mittelpunkte, also dem Spiegelbildchen der Sonne, zunächst (Tafel XXXI, Fig. 54). Dann folgen nach Aussen Gelb, Orange und Roth — immer getrennt durch blendend weisse Strecken. Das sind die Haarstrahlen, wie Helmholtz<sup>2)</sup> sie genannt hat. Ich behalte, des Urhebers wegen, diese Benennung bei, obwohl mir der Vergleich mit feinsten (Näh-)Nadeln oft treffender zu sein scheint. An „Haare“ darf man wenigstens nur in dem Sinne eines feinen Malerpinsels denken, welche man etwa durch festes Aufdrücken auf eine Unterlage nöthigt, sich sonnenhaft zu spreizen.

Es sind dieselben Strahlen, welche im Alterthume aufgefasst wurden als die schön gekämmten Haupthaare, aber auch als die tödtlichen Pfeile des „fernhin treffenden Phoibos-Apollon“.

Wissenschaftlich finde ich sie zum ersten Male unterschieden und beschrieben bei Vieth<sup>3)</sup>. Derselbe bezeichnet in seiner Untersuchung über die Blinzelstrahlen, als „leicht“ von diesen „zu unterscheiden“, diejenigen, welche zum Vorscheine kommen, „wenn man durch ein Loch, in ein dunkles Papier mit der Nadel „gestochen, die Sonne sieht, oder vielmehr das Papier oder „Kartenblatt in einiger Entfernung vom Auge gegen die Sonne „hält.“ Es erscheint dann „die kleine Öffnung rings herum mit Strahlen umgeben“ (vergl. Tafel XIX, Fig. 29).

An einer anderen Stelle schildert Vieth<sup>4)</sup> „das Bild der

---

<sup>1)</sup> Bei diesem Versuche, wo die Verkleinerung nicht bis zur Unmessbarkeit getrieben wird, erblicke ich von dem Sonnenbilde eine Zerstreungsblume, welche den von Helmholtz aus seinen Augen dargestellten (vergl. oben Taf. XX, Fig. 30. 34) äusserst ähnlich erscheint. Diese sternähnliche Blume hat nicht den zehnten Theil des Durchmessers des umgebenden Haarstrahlenkranzes.

<sup>2)</sup> Handbuch der Physiologischen Optik. 1. Aufl. 1856 („1867“). 138. — 2. Aufl. 1889. 170. —

<sup>3)</sup> Gilbert's Annalen der Physik. XIX. 1805. 194.

<sup>4)</sup> A. a. O. 372. 373. Anm.

„hell scheinenden Sonne in einem ruhigen Wasserspiegel“, welches „mit völlig silberweissem Lichte“ erglänze und dessen „feine Strahlen sich mit lauter Regenbogenfarben, und zwar in „senkrechten Strichen, ohne genau wahrzunehmende Regel in „der Farbenfolge, zeigen.“ Er vergleicht und verwechselt dieselben mit den von Gilbert<sup>1)</sup> beschriebenen Federbusch-Strahlen (vergl. oben S. 136), welche er, in richtiger Vermuthung, einer Wirkung der Augenwimperhaare zuschreibt und übrigens als Beugungs-Erscheinungen auffasst. Einen Namen giebt er ihnen nicht. Es fällt ihm auf, dass ihre „Farben nicht, wie in den hofartigen Scheinen, dem Sonnenbilde concentrisch sind“ — eine Bemerkung, welche auf Unvollständigkeit seiner bezüglichen Beobachtungen beruht.

Seitdem keinerlei weitere Erwähnung bis auf Helmholtz 1856<sup>2)</sup>, welcher der Erscheinung den Namen des „Haarstrahlenkranzes“ beilegte. Dieser Forscher beschreibt die Haarstrahlen nur als „unzählige, äusserst feine und bunt gefärbte Linien“, spricht ferner aus, dass dieselben durch „sehr intensives Licht erregt“ werden, und bietet, zu ihrer Unterscheidung von der Zerstreungs-Blume (vergl. oben S. 68) noch die folgende Mittheilung über ihr Verhalten gegen Verdeckungs-Versuche. „Wenn man die Pupille von unten her verdeckt, so verschwindet „keineswegs der untere Theil dieses Kranzes, sondern nur der „untere Theil des centralen hellen Sterns. Die Erscheinung wird „aber dadurch gestört und verändert, dass sehr lebhaftes „Diffractionsbilder sich entwickeln, welche von der verengerten „und veränderten Gestalt der Pupille bedingt sind.“

Mit diesen wenigen Zeilen ist Alles vorgelegt, was bislang — denn auch die neue Auflage des Helmholtz'schen Werkes giebt keinen Buchstaben weiter — über die Haarstrahlen in der Wissenschaft aufzuweisen war.

Bei dem Verdeckungs-Versuche hat sich der Verfasser des für die „Physiologische Optik“ seit 30 Jahren maassgebenden Handbuches offenbar durch die blendenden Beugungs-Strahlen („Diffractions-Bilder“) der Sonne zurückschrecken lassen. Sonst könnte ihm das überaus überraschende Verhalten der Haarstrahlen nicht entgangen sein.

<sup>1)</sup> A. a. O. 216 (unter 4.)

<sup>2)</sup> Handbuch d. Physiolog. Optik. 1 Aufl. 1856 („1867“). 138 ff. — 2. Aufl. 1889. 170.

Die Sonne bietet das maassgebende Beispiel. In den verkleinerten Spiegelbildern kann man sich sehr bequem und gefahrlos überzeugen, dass die Haarstrahlen nicht der „Sonne“, oder dem „Bilde“ angehören, sondern dass sie ein Erzeugniss unserer Augen sind. Neigen wir bei der Betrachtung den Kopf gegen die eine oder andere Seite, so drehen sich die Haarstrahlen um den Mittelpunkt wie die Zeiger der Uhr rechtläufig einer-, rückläufig andererseits.

Jeder kleinste Punkt des Sonnen-Bildes liefert einen Haarstrahlenkranz. Geht mir die Sonne hinter dem durch die Forstwirtschaft sehr gelichteten Hornauer Walde unter, wo dann die Fichtenstämme und Zweige die Scheibe vielfach überdecken und nur vereinzelte kleine Leuchtpunkte zur Wirkung gelangen lassen, so erblicke ich um jeden Lichtfunken einen besonderen Haarstrahlenkranz.

Wenn man durch Verschiebung einer Deckung einen Theil des Sonnen-Bildes am Himmel unsichtbar macht, so erlöschen sofort in unserm Auge — d. h. scheinbar am Himmel selbst — die sämtlichen Strahlen nicht etwa der gedeckten Seite, sondern die der entgegengesetzten. Hoch am Himmel wird man diesen augenzerstörenden Versuch nicht wohl vornehmen. Allein wenn die Sonne auf- oder untergeht, lässt er sich ausführen.

Wenn die Sonne beginnt, sich über das Erdenrund zu erheben, so erscheint sie aufwärts und seitwärts völlig strahlenlos, soweit sie zum Vorscheine kommt; dagegen breitet sich abwärts, d. h. für unsern Blick auf dem Erdboden vor ihrem Körper, ein prachtvoller, so lange der sichtbar gewordene Theil der Sonne noch gering ist, blos theilweise geöffneter, wenn aber die Sonne bis zur Hälfte aufgegangen ist, vollständig geöffneter, nun also halbkreisförmig umgränzter, bunter, hauptsächlich Grün und Roth darbietender, doch auch das Violett und Blau einerseits, sowie andererseits Orange und Gelb nicht entbehrender Strahlenfächer aus. Dieser schliesst sich allmählig wieder, während die untere Sonnen-Hälfte hervorsteigt und verlischt völlig, sobald sie gänzlich zum Vorscheine gekommen ist. — Umgekehrt, wenn die Sonne den Erdrand niedersinkend berührt, blitzen die ersten, mittelsten Fächerstrahlen dem Beobachter über den Erdboden ausgestreckt mit Farbenpracht entgegen. Der Fächer wächst zur vollen Entfaltung während und bis die Sonne halb verschwindet; dann zieht er sich wieder zusammen und ist mit dem letzten

Funken des Sonnen-Bildes spurlos verschwunden (Taf. XIX, Fig. 56). Freilich zeigen sich diese herrlichen Vorgänge nur bei genügend klarer Luft. Bei solcher ist die Blendung, welche die Sonne verursacht, selbst wenn nur ein kleiner Abschnitt ihrer Scheibe ungedeckt erscheint, so mächtig, dass man nur gleichsam gestohlene Blicke ihres Bildes erhaschen kann. Daher giebt es bis heute noch gar keine Beschreibung des soeben geschilderten Schauspieles. Nur erinnere ich mich, gelegentlich aus Verhandlungen der Pariser Akademie die völlig unverständliche Erwähnung eines unvollständig beobachteten und unbegriffenen Auftretens grüner und rother Farben am Sonnenuntergangspunkte gelesen zu haben.

Man kann sich den gefahrlosen Anblick des Sonnen-Auf- und Unterganges aber ganz wohl im Freien und selbst noch bequemer im Zimmer verschaffen. Zu diesem Zwecke benutze man eine Deckung, wie sie etwa ein wagrechter Baumzweig, ein in solcher Richtung vor die Augen gehaltenes Brett, oder in vielen Häusern die breite Zarge darbietet, welche die oberen Fensterflügel von den unteren trennt. Nach dem Sonnenscheine an der gegenüber befindlichen Wand findet man, ohne zur Sonne hinblicken zu müssen, leicht die beschattete Höhe, in welcher man wagen darf, sich dem Fenster zuzuwenden. Man stelle sich nun so, dass eben ein Lichtpunkt des oberen Sonnenrandes über dem oberen Rande der Deckung zum Vorscheine kommt. Sofort blitzen die von diesem Theile der Sonne kommenden Haarstrahlen mit leuchtenden Farben hervor, aber nicht etwa aufwärts, sondern niederwärts, so, dass ihr Fächer erscheint, wie wenn er auf die Zarge niedergeklappt wäre. (Tafel XXXII, Fig. 57, links.) Man meint, den Strahlenkranz der verdeckten, unteren Hälfte der Sonne zu sehen. Und verfährt man umgekehrt so, dass man den ersten Lichtpunkt des unteren Sonnenrandes unter dem unteren Rande der Deckung durch zum Auge gelangen lässt, so fährt der Farbfächer dort heraus und klappt sich aufwärts gegen die Zarge. (Tafel XXXII, Fig. 57, rechts.)

Fährt man bei nicht zu hohem Sonnenstande im Eisenbahnwagen, so bietet sich eine sehr bequeme Gelegenheit zur Beobachtung. Man deckt sich auf der Sonnenseite durch Vorziehung der Fenstervorhänge, lässt jedoch das mittelste Fenster frei. Dann neigt man den Kopf soweit vor, dass der Sonnenrand eben vor den inneren Rand des Rahmens tritt — augenblicklich

fährt der farbenprächtige Strahlenfächer dem Auge entgegen und legt sich scheinbar auf die innere Fläche der Seitenwand. (Tafel XXXIII, Fig. 58.)

Die Haarstrahlen des verkleinerten Sonnen-Bildes sehen sich an, wie silberne, hochpolirte feinste Nadeln, welche gürtelweise mit Farben bemalt wären, und zwar beginnt die Farbenreihe stets von dem Sonnen-Bilde her mit herrlichem Smaragdgrün, welchem nach Aussen Gelb und dann ein schönes Purpurroth sich anschliesst. Von Violett und Blau erkenne ich nicht viel. Es scheint, dass diese Farben überblendet werden von einem leuchtenden farblosen Gürtel, über welchem die frühere Farbenfolge in etwas anderem Tone sich wiederholt; dann wieder ein Blendlicht und abermals eine Farbenfolge; ein Blendlicht bildet den Beschluss der Reihe und die scheinbare Spitze der Nadel.

Die geschilderte Wahrnehmung ist übrigens einigermaassen eine unsichere; denn das Bild steht nicht still, sondern scheint fortwährend zu wechseln und zu wirbeln. Dieser Schein ist die Folge einer Einflechtung von Lichtbogen, welche von den in stetem Kampfe mit dem Lichte sich abwechselnd erweiternden und verengernden Rändern der Regenbogenhaut verursacht werden — wirbelnden Bogen, in welchen wir die Lichtbogen der Feueräder (Seite 147—149) wieder erkennen. Man glaubt die Farbengürtel an den Nadelstrahlen sich verschieben und in einer, stets vom Mittelpunkte aus dem Sonnen-Bilde, sich erneuernden, Folge gegen die Spitzen laufen zu sehen. Da allemal der hellere Theil der Farbenfolge den Spitzen zunächst zustrebt, so entsteht leicht der Schein, als sähe man die Spitzen deutlicher, und unwillkürlich knüpft sich an diese Täuschung die weitere, dass man den Strahlen eine Krümmung zuschreiben möchte, durch welche die äussersten Theile der Strahlen gegen das Auge herwärts gebogen seien.

Da die Strahlen nicht in einer Scheibenebene, sondern vielmehr vom Mittelpunkte gegen unser Auge gerichtet zu denken sind, so begreift sich, dass uns die Farbengürtel derselben ganz unabhängig von einander und in ungleichen Abständen vom Mittelpunkte erscheinen. Es entsteht uns übrigens die Vorstellung, als ob die Strahlen von der Sonne aus nach allen Richtungen des Raumes hinausfahren. Dies ist eine grosse Täuschung. Vielmehr ist es, als ob wir in einen mit Nadelstrahlen, welche gegen unser Auge gerichtet seien, gefüllten

Trichter, also gegen einen kegelförmigen Büschel von Nadeln oder Pinselhaaren blickten.

Fangen wir, durch Verdeckung des grössten Theiles des Sonnen-Bildes, die Mehrzahl der Strahlen ab, so dass uns nur ein kleiner Theil der Randstrahlen verbleibt, so scheinen die Nadeln sich fächerförmig auszubreiten und zwar in der Weise, dass jede derselben von ihrem scheinbaren Ursprungspunkte am Sonnen-Bilde gegen die Spitze hin breiter und breiter wird. Zugleich sind die einzelnen Fächerstreifen von einander durch mehr oder minder dunkle Gränzlinien getrennt, während doch die Haarstrahlen als solche eine deutliche Seitenlinie nicht zeigen, sondern vielmehr als reine Lichtlinien erscheinen. Dabei kommen die in Flächen verwandelten Farbengürtel der verschiedenen Strahlen zu einander in grössere Übereinstimmung, so dass sie in dem ganzen Fächer sich bogenartig zusammenordnen, nur dass die Bogenstücke der einzelnen Strahlen je näher zum Mittelpunkte desto mehr, gegen den Umfang hin aber immer weniger, verschoben, zurückgeblieben oder vorgeschossen, erscheinen. Man erkennt leicht, dass sie einer ringförmigen Anordnung gleichsam zustreben und dass solche, wenn sie zur Vollendung gelangen würde, einen sogenannten Beugungs-Hof um das Sonnen-Bild darstellen müsste. Es sind sogenannte Frauenhofer'sche Ringe, mit welchen wir es hier zu thun haben. Einen wirklichen solchen Hof sehen wir nun freilich nicht zu Stande kommen. Die Farben laufen unablässig vom Sonnen-Bilde hinweg zu den Endigungen der Strahlen hin und zwar anscheinend in einer gewissen Reihenfolge, so nämlich, dass die Farben der mittleren Strahlen eines jeden Fächers gleichsam voreilen und ihre Bewegung in bogenförmiger Nachfolge zu beiden Seiten hin fortpflanzen: man sieht beiderseits von der senkrechten Mittellinie ab bis zur Grundlinie des Fächers einen Wirbel laufen — abermals eine Mitwirkung der Regenbogenhautstrahlen oder der Feuerräder (vergl. den Schluss des vorigen Abschnittes, S. 149).

Die Blendlinien der Haarstrahlen können nur in abgeschwächter Spiegelung oder anderweitiger Dämpfung ertragen werden. Ohne solche Minderung fliessen sie vor unserm Blicke in einen unerträglichen gemeinsamen Blendschein zusammen. Aber dieser Blendschein der Sonne ist doch nur die höchste Steigerung der Lichtwirkung, welche in den Haarstrahlen zum Ausdrucke kommt.

Die Lichtstärke des Sonnenbildrandes beträgt gegen die der inneren Scheibenfläche etwa  $\frac{7}{10}$  gegen  $\frac{10}{10}$  oder 1.<sup>1)</sup> Es ist also verständlich, dass ein geringer Theil jenes Bildrandes unserm Auge nicht so sinnverwirrend blendend entgegenfunkelt, wie selbst ein unmessbar kleiner Theil der Scheibenmitte. Ausserdem, je tiefer die Sonne steht, um so mehr wird ihr Schein gedämpft durch die Trübung in der Lufthülle der Erde. Denn der Weg, welchen der Schein durch diese Hülle zurückzulegen hat, ist bei Sonnen-Auf- und -Untergang 36 mal länger, als wenn die Sonne scheinrecht über der Erde steht, bei 10° Sonnenhöhe nur noch 6 mal, bei 30° nur noch 2 mal länger.<sup>1)</sup> Streift aber vollends der den Erdrand berührende Schein die unebene und bewachsene Oberfläche, Baumzweige, Büsche oder auch nur Gräser und Kräuter, so tritt dieselbe Wirkung ein, wie wenn wir durch einen Schleyer sehen.

Ist die Luft reich an Wassergas und scheidet sich demnach in derselben viel Wasserdampf aus, sobald die Sonne in schräger und flacher Richtung scheint, so erleidet das Licht vollends eine dermaassen dämpfende Trübung, dass man die Sonne ohne zu grosse Belästigung anschauen kann. Sie zeigt sich dann als granatrothe Scheibe, ohne Strahlen. Bei reinerer Luft erscheint uns dagegen die Scheibe der dem Erdrande genäherten Sonne selbst in blendend weisslicher Lilafarbe<sup>1)</sup>, umgeben zunächst von weissem, in einigem Abstände buttergelbem Scheine, der mit einem zinnoberrothen Kranze umfungen ist. Letzterer läuft in verschwindend feinem Strahlensaume aus, d. h. ist bereits genügend abgeschwächt, um die Strahlen zur Wahrnehmung gelangen zu lassen. Dieses ganze Bild entspricht nämlich dem Haarstrahlenkranze, welcher hier zwar noch nicht hinreichend ge-

<sup>1)</sup> Himmel und Erde. Zeitschrift. 1890. 384.

<sup>2)</sup> J. Hann. Warum es auf hohen Bergen kalt ist. Vergl. Das Wetter, herausgegeben von Dr. R. Assmann. 1890. S. 260.

<sup>3)</sup> Ich halte diese, mir wenigstens stets sofort bemerkbare, Farbe für eine sogenannte „physiologische“, nämlich für die Gegenfarbe der eigentlichen Farbe, welche durch die Lichtwirkung der Scheibe selbst in meinem Auge hervorgerufen wird und welche auch der nächsten blendendsten Umgebung gegenüber sich so augenblicklich und übermächtig geltend macht, dass ihre Gegenfarbe schon hervortritt, während die Umgebung noch weissgelblich wirkt. Durch diese Gegenwirkung allein ist es möglich, die Scheibe des Sonnenbildes als inmitten des blendenden Scheines funkelnd überhaupt wahrzunehmen.

dämpft ist, um die einzelnen Blendnadeln zur Empfindung kommen zu lassen, aber doch schon so weit, dass nicht ein gemeinsamer unerträglicher Schein alle Beobachtung unmöglich macht. Schwerd, der hochverdienstvolle Erforscher der Beugungserscheinungen, erkannte bereits, dass die Wirkungsstärke („Intensität“) der „im Sonnenlichte (vergl. Fraunhofer's Spektrum) „enthaltenen Farben sich ändere mit dem Stande der Sonne und „mit der Beschaffenheit der Luft. Bei dem Auf- und Untergange „der Sonne z. B. verschwinden alle violetten und blauen Farben „gänzlich, und das Farbenbild (Spektrum) beschränkt sich nahezu „auf die Hälfte seiner Länge. Auch kommen alsdann dunkle „Linien zum Vorschein, welche zu einer anderen Zeit ganz fehlen.“<sup>1)</sup> In Betreff der dunkeln Linien vergl. die oben (S. 157) gegebene Beschreibung der Farbenfächerstreifen. — Die breite weissgelbe und buttergelbe Umgebung des Sonnen-Bildes entspricht in den Haarstrahlen und Fächern dem Theile, welcher das schöne Smaragdgrün und Gelbgrün, Gelb und Orangegelb zu zeigen pflegt. Die Wirkung des Wasserdampfes in der Luft hebt das Grün auf. Es folgt das Roth, ungestört, sogar noch verstärkt, aber ohne jede Beimischung von Blau, daher nicht purpurroth, sondern zinnoberroth. Weiter hinaus liegende Wiederholungen der Farbenfolge sind für gewöhnlich nicht sichtbar. Es gehört aber zu ihnen der aus den Jahren 1883—85 bekannte Beugungs-Ring<sup>2)</sup>, welchen wir zu Ehren des ersten Beobachters, des Missionars Bishop zu Honolulu, als „Bishop'schen Ring“ zu bezeichnen pflegen. (Tafel XXXIV, Fig. 59.)

Zeigt sich die Sonne in der beschriebenen Umgebung und verdeckt man nun einen Theil derselben, so prangt sofort der Strahlenfächer auf der Deckung — aber nun ist er nicht grün und roth gebändert, sondern der ganze innere Theil erscheint weissgelb und buttergelb, der Randsaum aber zinnoberroth,

<sup>1)</sup> F. M. Schwerd: Die Beugungserscheinungen aus den Fundamentalgesetzen der Undulationstheorie analytisch entwickelt. Mannheim. 1835. 129.

<sup>2)</sup> Herr Dr. Pernter, welcher in der Zeitschrift der Meteorologischen Gesellschaft den Bishop'schen Ring richtig als Beugungs-Erscheinung auffasste, hat denselben, nach der Bezeichnungsweise der sogenannten Fraunhofer'schen Ringe, als erstes Roth gedeutet, weil er den oben beschriebenen, engeren, zinnoberrothen Ring gar nicht beobachtet hatte. Vergl. Meteorologische Zeitschrift. 1889. 401 ff. —

übrigens strahlig und von Feuerrädern wirbelnd, wie der gewöhnlichere Farbenfächer.

Wir fragen nun billigerweise: wie und wo entspringen alle hier geschilderten Erscheinungen? — und wie kommt es, dass der Lichtschein, welchen das Sonnen-Bild am Himmel erregt, sich in jene gesonderten nadelähnlichen Linien zertheilt, welche wir als Strahlen empfinden? — Sendet wirklich die Sonne Säulen, Spiesse, Pfeile oder Nadeln von Licht und Farben durch den Weltraum zu uns? — Wir erblicken freilich viele Lichtvorgänge „am Himmel“. Aber der Himmel, das „Hemd<sup>1)</sup> der Erde“, ist uns unvergleichlich viel näher, als die, 20 Millionen Meilen entfernte, Sonne. Der „Schein“ der letzteren überfluthet die ganze zugewandte Hälfte der Erde. Aber weit näher glauben wir den Ort zu sehen, wo der bunte Fächer der Haarstrahlen den Boden berührt. Er scheint uns gleich hinter der nächsten Boden-erhebung, allfällig auf einer den Blick begränzenden Hügelkette zu liegen. Wo befindet sich der Trichterraum, welcher die unzählbaren Haarstrahlen umfasst?

Für Alles dieses hat die Antwort zu lauten: in unserm Auge! Und hier ist es die Linse, durch welche allein der Weg von der Pupillen-Öffnung unserer Regenbogenhaut zur lichtempfindlichen Netzhaut führt. Selbst der engste Theil dieses Weges genügt, um die grossartigsten, weltumfassendsten Erscheinungen in unserm Auge sich darstellen zu lassen.

Die Haarstrahlen sind Lichterstreckungen mit den Farbenfolgen, wie solche sich zeigen, wo Licht durch beschränkte Öffnungen, insbesondere auch durch eine Vielheit von Öffnungen oder durch eng benachbarte Lichtwege dringt, die durch Scheidewände von einander getrennt sind und die man im Allgemeinen als „Gitter“ zu bezeichnen pflegt. Solche Gitter darf man sich nicht etwa, nach dem Vorbilde hölzerner oder eiserner Fenster-Geräme oder drahtener Käfig-Gitter, allzu derb vorstellen. Je feiner, je zarter, nur kräftigen Vergrösserungen zugänglich, sie sind, desto glanzvoller ihre Lichtwirkung: die sogenannte Beugung. Selbst geordnet vertheilte blosser Ungleichheiten in der Dichtigkeit eines Gewebes genügen schon, um Gitterwirkungen hervorzubringen. Die Linse in unserm Auge besteht aus derartigem Gewebe. In

---

<sup>1)</sup> *Τὸ ἱμάτιον.*

ihrer Beschreibung folge ich dem Meisterwerke von Helmholtz<sup>1)</sup>, beschränke mich aber selbstverständlicherweise auf das Nothwendige.

So weit man dem Wesen der Linse mit Hülfe der Vergrösserung beizukommen vermag, besteht sie aus Fasern von sechsseitigem Querschnitte (Tafel XIX, Fig. 60.) von 0,0056 bis 0,0112 mm Breite und 0,02 bis 0,0038 mm Dicke. Diese liegen schichtenweise um einen mittleren Kern und sind in diesem fester und schmaler, in den äusseren Schichten lockerer und breiter. In jeder Schicht haben sie im Allgemeinen die Richtung von der Achse zum Umfange. (Tafel XXVIII, Fig. 61.) Nur in den der Achse näheren Theilen bilden sie, indem sie umbiegen, eigenthümliche sternförmige Figuren; in den äusseren Schichten sechsstrahlige mit gegabelten Enden, in den Kernschichten blos dreistrahlige. Die Strahlen der ersteren bilden mit einander Winkel von je  $60^{\circ}$ , die der letzteren von  $120^{\circ}$ . Die dreistrahligen der hinteren (dem Innern des Auges zugewandten) Schichten sind gegen die der vorderen um  $60^{\circ}$  gedreht. In den äusseren Schichten sind diese drei Hauptstrahlen vielfach in Nebenstrahlen gespalten, wodurch verwickelte unregelmässigere Figuren entstehen. Nach Thomas<sup>2)</sup> stellen die Enden der Fasern auf Durchschnittsflächen getrockneter Linsen zwei Anordnungen in kreisförmigen Linien dar, welche um zwei Mittelpunkte laufen.

Dieser Bau der Linse lässt dieselbe geradezu als ein Gitter erscheinen. Das durch ihr Gewebe hindurch dringende Licht muss nothwendig in farbigen Lichtlinien, den Beugungs-Strahlen, auf die Netzhaut gelangen. Das ist die Entstehung der Haarstrahlen. Es begreift sich hieraus von selber, dass die Lichtwirkung von der Sonne her sich geltend macht in einer, scheinbar kegelförmig (nach einem Trichterraume) angeordneten, unzählbaren Menge von äusserst feinen Lichtlinien, deren Länge in einer den Gesetzen der Beugung entsprechenden Farbenfolge erstrahlt.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Handbuch der Physiolog. Optik. — 1. Aufl. 23; — 2. Aufl. 38.

<sup>2)</sup> Prager medicin. Vierteljahrsschrift. I. 1854. Ausserord. Beilage 1.

<sup>3)</sup> Dem Zustande der Wissenschaft vor 90 Jahren gemäss, konnte Vieth eine solche Erklärung noch nicht geben; doch fügt er zu seiner Erwähnung der besonderen Art von Strahlen, welche um den Nadelstich eines gegen die Sonne gehaltenen Kartenblattes erscheinen, die Meinung hinzu, dass

Läge die Wirkung nicht in den Haarstrahlen offen vor unsern Blicken, so müsste man, auf Grund des Gefüges der Linse, sie suchen. Die Feinheit der Fasern macht die unerfassbare Menge der Haarstrahlen begreiflich. So klein die Pupillenöffnung ist, besonders wenn das Auge sich gegen die Sonnennähe richtet, so ist doch nicht zu bezweifeln, dass das durch sie eindringende Licht Hunderttausende von Fasern zu durchlaufen vorfindet.

Unsre Linse verhält sich demnach ähnlich, wie ein über's Hirn der Faserung geschliffenes „Katzenauge“ (vergl. oben S. 39, Tafel XI, Fig. 11 b).

Der Gewinn, welcher wir aus dieser Nachweisung ziehen, ist die Erkenntniss, dass die ganze Sonnen-Pracht nicht am Himmel, sondern in unserm Auge ihren Sitz hat!

Dieses Ergebniss erstreckt sich nicht allein auf die Haarstrahlen des Sonnen-Bildes und die Farbenfächer des Auf- und Unterganges, sondern auch auf die Beugungs-Ringe, welche nur unter günstigen Umständen sichtbar werden, wie jener oben (S. 159, Taf. XXXIV, Fig. 59) erwähnte Bishop'sche Ring, in welchem ich am 18. November 1885 den Verlauf der Haarstrahlen in schärfster Weise (an manchen anderen Tagen 1884 und 1885 nur andeutungsweise) erkennen konnte.

Das Sichtbarwerden des Bishop'schen Ringes ist, bei unbedecktem Himmel, nur abhängig von der Stärke der Beleuchtung. Diese ihrerseits aber hängt ab von dem Vorhandensein beleuchtungsfähiger Körper in den höheren Lufträumen. Sind derartige Körper sehr zahlreich, so kann die Beleuchtung diejenige Stärke erreichen, welche erforderlich ist, um die Haarlinien erkennbar zu machen. Am ausgezeichneten habe ich diese gesehen am 18. November 1885 vom Dorfe Mammolshain aus im Taunus, wo mir die Sonne nebst ihrem Gelbscheine, ihrem Rothstrahlenringe und einem Theile der umgebenden farblosen Lichtfläche, durch Wald verdeckt war. Da erschien der Bishop'sche Ring in der Farbe reifer Haselnüsse und durch und durch haarstrahlig, wie etwa der ausgebreitete Haarsaum

---

solche theils von der Erschütterung herrühren, die sich von dem lebhaften Lichtpunkte auf der Netzhaut verbreite, „theils vermuthlich von einigem Lichte, welches durch die Iris selbst hindurchdringt“ (Gilbert's Ann. XIX. 1805. 194.) Letztere Vermuthung ist unbegründet; aber dass nur das lebhafteste Licht die Haarstrahlen erzeugt, ist richtige Thatsache.

eines steil aufgesetzten und fest niedergedrückten Pinsels (si parva licet componere magnis!).

Herr Dr. Flögel in Bramstedt (Holstein) erklärte schon im Jahre 1885 auf Grund der von ihm im Jahre 1884 angestellten Beobachtungen, dass aus der Länge des Fortbestandes dieses Ringes (oder vielmehr Ringabschnittes — denn der nicht gesehene Theil ist auch nicht vorhanden! — V.) nach Sonnenuntergange zu berechnen sei, dass die Höhe, in welcher die denselben bedingenden Körper schweben, diejenige der höchsten Cirrus-Wolken noch übertreffe. Ob diese Körper aus Wasser- oder Staubtheilchen bestehen, darüber sagt die Erscheinung des Ringes nichts aus. Flögel fügt hinzu: „Am 6., 7. und 8. August 1884 war hier, bei ganz wolkenlosem oder mit wenigen Haufenwolken besetzten Himmel, der Ring ausserordentlich deutlich. Am 7. nahm ich eine Messung mit dem Sextanten vor. Die kräftigste Röthe liegt in einem Abstände von  $13^{\circ}$  bis  $17^{\circ}$  von der Sonne; schwache Spuren lassen sich bis  $24^{\circ}$  Abstand verfolgen. Innerhalb  $10^{\circ}$  Abstand, oder wohl noch etwas mehr, herrscht für mein Auge blendendes Weiss. Wird das Maximum des Roth hienach auf  $15^{\circ}$  gesetzt und angenommen, es entspreche der Auslöschung der hellsten Theile des Spektrums (Wellenlänge =  $0,00055$  mm), so müssten die den Ring hervorrufenden Theilchen =  $0,00106$  mm gross sein; man könnte sie also bei 200 maliger Vergrösserung eben als Punkte erkennen.“<sup>1)</sup>

Pernter berechnete den Durchmesser der Körperchen, unter Zugrundelegung zweier etwas verschiedener Beobachtungen über den Durchmesser des Ringes, im Mittel zu =  $0,00185$  mm. Wegen des Näheren muss ich auf die verdienstvolle, aber, wie oben (S. 159) nachgewiesen, von einer unrichtigen Annahme ausgegangene Pernter'schen Abhandlung<sup>2)</sup> selbst verweisen.

Jenseit des Bishop'schen Ringes ist eine weitere Fortsetzung der Beugungs-Erscheinungen noch nicht beobachtet worden. Am Himmel lässt derselbe uns eine ungeheure Weite ahnen; aber in unserm Auge ist er im engsten Rahmen umschlossen!

<sup>1)</sup> J. H. L. Flögel: Ueber blaue Dunstnebel im Winter 1884. In den Schriften des naturwiss. Vereins f. Schleswig-Holstein. Bd. V. Kiel 1884. Heft 2. 128 ff. —

<sup>2)</sup> „Zur Theorie des Bishop'schen Ringes.“ A. a. O.

Besässe unser Auge eine vollkommen farblos brechende Glaslinse, so würde die ganze Pracht der Haarstrahlen der Sonne nicht in der „Welt“ sein.

Haarstrahlen der Sterne. Es begreift sich, dass das Licht der Sonne allein unter allen Gestirnen lebhaft genug ist, um die Erscheinung eines eigentlichen Haarstrahlenkegels in unserm Auge zu bewirken. Indessen besitzen doch einige der hellsten Fixsterne, sowie auch Venus und Jupiter unter den Planeten, eine hinreichende Lichtstärke, um uns mit einer kleinen Anzahl solcher Strahlen geschmückt zu erscheinen. Die Beschränkung dieser Zahl hat ihre Ursache in dem Vorhandensein nicht etwa so weniger bevorzugter Leuchtstellen jener Gestirne, sondern vielmehr begünstigter Durchlichtungsstellen in unserer Linse. Demnach ist ihre Wahrnehmung auch von der Eigenthümlichkeit jedes einzelnen Beobachters abhängig.

Haarstrahlen der Leuchtflammen. Unter günstigen Umständen, wie oben (S. 151) bereits angedeutet, kommen auch um Gasflammen, Petroleumflammen und selbst um Kerzenflammen Haarstrahlen zum Vorschein. Aber es bedarf stets besonderer Aufmerksamkeit, um sie zu bemerken. Bei ihrer Schwäche werden sie weniger als Lichtstrahlen erkannt, sondern hauptsächlich als zerstreute in Beugungsfarben schimmernde Nebenbilder der Flamme. In Bezug auf diese Erscheinungsweise sollen dieselben unten nochmals Erwähnung finden.

Haarstrahlen der „Elektrischen“ Beleuchtung. Nächst dem Lichte der Sonne kennen wir keine ruhige Lichtwirkung von grösserer Kraft, als die des elektrischen Bogenlichtes (Tafel XXXV, Figur 62). Wohl war seit mehr als hundert Jahren die augenblickliche Erscheinung gleichsam sprühender Funken bekannt, welche bei kräftigeren elektrischen Entladungen und zwischen den Pol-Enden der Leitungsdrähte sich bemerklich machen. Es sind Strahlen, welche plötzlich in die Erscheinung treten, wo ein elektrischer Leuchtpunkt sich geltend macht. Niemand aber hat diesen Strahlen wissenschaftliche Aufmerksamkeit gewidmet. Mit dem unklaren Begriffe des „Sprühens“ der elektrischen „Funken“ hat man dieselben unerörtert gelassen. Auch eine ruhige Haarstrahlenkrone war wohl bekannt. Ernst Gottl. Bose, (geb. 1723, † 1788), Professor in Leipzig, bemerkte sie zuerst. Wenn Jemand, mit einem Helme mit metallischen Spitzen bekleidet und auf einem Pechkasten stehend,

von einer Elektrisirmaschine aus stark elektrisirt wird, so zeigt sich um ihn eine Strahlenkrone — die sogenannte „Beatification“. Aber der Versuch ist in Vergessenheit gefallen, ohne dass je die Entstehung und das Wesen jener Strahlen erörtert wäre. Es war eben „elektrisch“ — und dabei beruhigte man sich.

Auch das Licht der nun seit einigen Jahren von Stadt zu Stadt in Anwendung kommenden Bogenbeleuchtung ist „elektrisch“ — und damit ein Noli me tangere für unsre Augen und unser Nachdenken. Es ist in der That hoch erstaunlich, dass noch keiner der vielen ausgezeichneten Forscher, welche sich jetzt der Untersuchung und Anwendung der „Elektricität“ zumal zu Beleuchtungszwecken widmen, und, trotz, dem Glanzscheine der zahlreichen Lichtsonnen der „Internationalen Elektrotechnischen Ausstellung“ in Frankfurt (1891 Mai bis Oktober), wo alle Meister der neu in den Dienst der Menschheit gestellten Kraft sich zusammenfanden, überhaupt Niemand — die Haarstrahlenkrone der Bogenlampen beachtet und erörtert hat. Aber bis heute hat noch gar Keiner auf die Thatsache aufmerksam gemacht, dass wir in der nunmehr überall sich einführenden Elektrischen Beleuchtung Lichtquellen auf unserm Wohnsitze geschaffen haben, welche, wenigstens in den geringen Entfernungen, die hier in Anwendung kommen, sich als schwache Nachbilder der Sonne mit Haarstrahlen umgeben. Weder die Naturforscher, noch die Ärzte, noch die Beleuchtungsfachmänner, sind sich des Umstandes inne geworden, dass zwischen allen bisherigen Beleuchtungsweisen und der nunmehr in Übung gelangenden eine Grundverschiedenheit besteht: alle anderen Leuchtflammen erzeugen blos Spiegelbilderreihen-Strahlen (bei welchen Beugungs-Erscheinungen nur als ganz untergeordnete Begleitung auftreten); das Elektrische Licht dagegen erstrahlt in so überwiegenden Beugungs-Strahlen, dass alle anderen Strahlengebilde daneben fast gänzlich zurückstehen.

Das Wesen dieses Gegensatzes besteht darin, dass die ausserordentliche Wirksamkeit der elektrischen Beleuchtung, ähnlich wie die der Sonne, unsre Linse im Auge dermaassen durchleuchtet, dass wir einen vollkommenen Kegel von Beugungsstrahlen, eine herrliche Haarstrahlenkrone, wahrnehmen, deren Blendung unserm Auge jeden anderen gleichzeitigen Lichtreiz unwahrnehmbar macht.

Der Anblick, welchen eine Bogenlicht-Kugel — jetzt meistens neben hohen Masten schwebend angebracht — dem Auge darbietet, hat grosse Vergleichbarkeit mit demjenigen der in einem Hohlspiegel oder Uhrglase gespiegelten Sonne. Man erkennt in den bunten Ringeln der Haarstrahlen mehr Veilchenfarbe, Lila und Blau, als in denen des Sonnenbildes. Doch laufen in den bezüglichen Urtheilen leicht Täuschungen unter. Übrigens kann man an einem Bogenlichte gefahrloser alle die Versuche anstellen, welche uns die Sonne so sehr erschwert.

Wie um die Sonne bei recht reiner Beschaffenheit der Luft und somit sehr schwachen Lichtwirkungen in letzterer, als einzige Spur der Beugung ein heller Schein sich zeigt, den z. B. Wilh. von Bezold sehr wohl beachtete<sup>1)</sup>, und zwar ohne dass eine Spur des Bishop'schen Ringes vor dem 1. December 1883 von ihm wahrgenommen wurde, so erkennt ein aufmerksames und geübtes Auge sehr wohl um die Elektrischen Sonnen z. B. des Hauptbahnhofes zu Frankfurt a. M. einen ähnlichen Leuchtschein. Aber am 7. December 1889 konnte ich noch eine weitere Beobachtung machen. Bei gelindem Froste war die Luft durch Wasserdampf bemerkbar getrübt. Um jede weisse Leuchte zeigte sich nun eine gelbe Lichthülle, und diese war, etwa in einem Abstände, welcher das doppelte Maass des Durchmessers der leuchtenden Kugel betrug, umgeben von einem fast granatrothen Ringe — in Betreff dessen ich mir freilich bei der Betrachtung selber sagte, dass ausser meinem, auf die zartesten Lichtempfindungen eingeübten Auge schwerlich ein anderes anwesend sei, welches meine Beobachtung würde haben bestätigen können. (Tafel XXX, Fig. 63.)

### b. Beugungsscheine.

Beugungsscheine. Oben ward bereits angedeutet, dass die Haarstrahlen der Leuchtflammen sich oftmals weniger als eigentliche Lichtlinien bemerkbar machen, sondern als zerstreute Nebenbilder der Flamme oder auch wohl als lockere Reihen von solchen, welche mehr oder weniger deutlich grün (nach Innen) und roth (nach Aussen) erscheinen. Ohne Brille erblicke ich wohl eine prächtige Zerstreungsblume oder „Artischocke“ (vergl. oben S. 122) der Flamme und rings um diese strahlig

<sup>1)</sup> Das Wetter. 1884. 178.

geordnet die bunten Nebenbilder (Tafel XXIX, Fig. 64). Durch meine Brille sehe ich dann die Flamme einfach, aber um so klarer und strahlenreicher zugleich das Haarstrahlenbild. In diesem Falle empfinde ich auch ein beständiges Wirbeln in den Strahlen in der Nähe der Flamme, durchaus demjenigen vergleichbar, welches in den Farbenfächerstrahlen der aufgehenden und der versinkenden Sonne waltet (vergl. S. 157) und welches von den Feuerrädern der Regenbogenhaut-Ränder herrührt.

Beschlägt, wenn man aus kalter Luft in einen wärmeren Raum tritt, die Brille mit zartem Wasserdampfe, so tritt die Erscheinung der Beugungsfarben verstärkt und vervollständigt ein. Noch gestern, am 29. Januar 1892, konnte ich diese Beobachtung in ausgezeichneter Weise machen (Tafel XXIX, Fig. 65). Um die Petroleumflamme meiner Hausflurbeleuchtung bildete sich, sogleich nach meinem Eintritte bei der Rückkehr von einem Ausgange, ein prächtiges Pfauenauge, indem die nächste Umgebung der sich gelbröthlich darstellenden Flamme schwarzviolett erschien, nach Aussen in dunkelstes Blau übergehend; dann folgte ein mindestens eben so breiter smaragdgrüner Ring; dann ein gelber und auf diesen ein etwa doppelt so breiter braunrother, welcher sich in's Dunkel der Nacht verlor. Zugleich ward dieses Farbenauge durch und durch von dichtester, scharfer Haarstrahligkeit beherrscht.

Bei schwachem Lichte bleiben die Haarstrahlen aus und geben sich blos die Farbenringe zu erkennen. So oft ich bei Dunkelheit im Bahnwagen an einem mit Laternen beleuchteten Bahnhofs halte, gewährt es mir unerschöpflichen Genuss, durch die absichtlich angehauchten Fenster die Leuchtflammen zu betrachten, deren Farbenringe bei Verstärkung des Anhauches von Innen nach Aussen wachsen und in immer neuen Reihenfolgen aus dem dunkeln Mittelfelde um jede Flamme neu geboren werden. Am 19. April 1886 erblickte ich vor dem Bahnhofsgebäude zu Höchst a. M. bei einer solchen Beobachtung deutliche Haarstrahlenlinien in den Beugungsfarben. Jenes Wachsen und jene Reihenfolge der Farbenringe erinnert wiederum an das Verhalten der Feuerräder-Erscheinungen.

Aber auch um die bescheidene Kerzenflamme im Kämmerlein zeigen sich, freilich völlig strahlenlos, die Beugungsfarben, hier aber nicht in Scheibenform, sondern, im Anschlusse an die Umrisse der Flamme, zu Innerst beiderseits flach sichelförmig, zu

Äusserst mehr rund. Und auch hier, wo der geringe Dunst in der Zimmerluft genügen muss, um in der Beleuchtung der Flamme den farbigen Schein zu bewirken, empfinde ich das feuer-rad-ähnliche wirbelnde Laufen in der Farbenfolge — wie bei den Sonnenfächerstrahlen (vergl. S. 157) und bei dem soeben (S. 166) geschilderten von bunten Nebenbildern erfüllten Haarstrahlenkranze einer genügend fernen Gasflamme (die Ferne ist erforderlich, um die durch die Flamme drohende Blendung unschädlich zu machen).

Dieses Wirbeln glaube ich mit Entschiedenheit einem Kampfe der Regenbogenhaut gegen die Lichtwirkung zuschreiben zu dürfen: einem, bekanntlich unwillkürlich erfolgenden, Sich-zusammenziehen der Schliessmuskelfasern dieses Schutzes des Augeninnern bei belästigendem Lichtreize, und einem, unter dem Einflusse der Sehbestrebung erfolgenden, damit abwechselnden Sicherweitem der Sehöffnung.

Bei Betrachtung der Sonne durch den feinsten Nadelstich sieht man einen Büschel von bunten Haarstrahlen hervorspringen (vergl. oben S. 68 und Tafel XIX, Fig. 29). Ist die angeschaute Lichtquelle eine gewöhnliche Flamme, so nimmt man nur einen Beugungsschein, ein „Pfaunauge“, aber ohne Spur von Haarstrahlung, wahr. Der Unterschied liegt einzig in der Stärke der Lichtwirkung, welche in letzterem Falle wohl hinreicht, um durch die Linse die Farben einer Gitter-Erscheinung hervorzurufen, nicht aber den Faserbau der Linse mit deutlich geschiedenen Haarstrahlen zu durchleuchten.

Als ein Beispiel für diese matteste Form des Linsenstrahlenscheines füge ich eine vortreffliche Beobachtung von Arthur Stentzel<sup>1)</sup> hier ein.

„Bringt man inmitten einer etwa fussgrossen Tafel (Brett, „Blech etc.) eine ca. 5 mm weite kreisrunde Öffnung an und hält „die Scheibe derart vor ein helles Licht, dass man die Flamme „durch die Öffnung erblickt, mit dem Auge jedoch 30cm von der „Scheibe entfernt ist, so bemerkt man folgende Erscheinung. Um „die Öffnung selbst befindet sich ein dunkler Kreis von 20,25 mm „Durchmesser.“

„Weiter nach Aussen zeigen sich bis zum Durchmesser von „37,5 mm die Spektralfarben, also in einem konzentrischen Ringe

---

<sup>1)</sup> A. Stentzel: Eine interessante optische Erscheinung im Auge. In der Gaea herausgegeben von Herm. J. Klein. 19. 1883. 500.

„von 17,25 mm Breite. Ausserhalb dieses Ringes ist wieder „Dunkelheit.“

„Die Spektralfarben sind von Aussen nach Innen gruppirt, „also Roth aussen und Blau innen (Violett ist unsichtbar). Dagegen nimmt Grün fast die ganze Ringbreite ein.“

„Die Intensität und der Durchmesser hängen von der Nähe „des Auges zu der Öffnung ab, und zwar ist die Intensität bei „grösserer Nähe, der Durchmesser bei grösserer Entfernung, am „Bedeutendsten. Bei 20 cm Augenentfernung beträgt der innere „und äussere Ringdurchmesser 13,5 und 25 mm, bei 30 cm 20,25 „und 37,5 mm, bei 40 cm 27 und 50 mm, endlich bei 50 cm 40,5 „und 75 mm. —“

„Die Erscheinung ist am Auffallendsten bei Petroleum-, „Gas- und ähnlichen Flammen, schwerer zu beobachten bei der „Sonne. Durch bunte Gläser gefärbtes Licht bringt einen Ring „oder einen Kreis von eben derselben Farbe hervor, also nicht „Komplementär- oder Spektralfarben. Bringt man in der Tafel „zwei naheliegende gleiche Öffnungen an, so entsteht ein „elliptisches Farbenbild unter denselben Verhältnissen.“

„Dass die Erscheinung eine Eigenthümlichkeit des Auges „ist, erhellt daraus, dass 1) der durch die Öffnung gegangene „Lichtstrahl sich auf einem Auffangschirm unverändert projicirt; „2) die Farben auch dann ebenso erscheinen, wenn man dicht „vor dem Auge noch eine Tafel mit derselben 5 mm grossen „Öffnung (also eine Blende) einschaltet. —“

„Das Phänomen ist übrigens, wenn auch äusserst schwach, „schon bei jedem offenen Lichte (am besten Stearinlicht) als eine „Art Glorienschein zu beobachten.“

Diese Beobachtung und ihre Deutung bedarf keines Zusatzes, sondern kann nur dankbarste Anerkennung fordern. Sie bietet aber zugleich, als Beleg zu der Wirkung einer schwachen Lichtquelle unter begünstigenden Umständen, ein Seitenstück zu der oben (S. 101) mitgetheilten Beobachtung des „Tagsternes“ aus dem Schachte in dem fast finstern Zechenhause.

### c. Der Linsen-Stern.

Einen Strahlenstern nach den Gesetzen zu erzeugen, welche dieses zaubervolle Blendwerk aus den unmessbar fernen und unmessbar kleinen Gestirnen und Leuchtpunkten hervorlocken, ist die Sonne, wie sie am Himmel steht, nicht fähig. Wie ihr zum

Fixstern-Bilde zusammengeschwundenes Spiegelbild seine Sternstrahlungen schafft, ist oben (S. 101) nachgewiesen worden.

Aber die Sonne am Himmel selber bringt eine eigene Art von Sternstrahlung hervor. Im Hinblick auf den Faserbau der Linse und seine sternstrahlige Anordnung könnte man an einer solchen Wirkung nicht zweifeln, auch wenn noch keine bezügliche Beobachtung vorläge. Erwähnt ist nirgends eine dahin zu deutende Erscheinung. Ich habe solche vielfach wahrgenommen und unmittelbar in der Anschauung aufgezeichnet. Ein Beispiel stehe für die Gesamtbeschreibung.

Am 10. Januar 1889 Nachmittag zwischen 3 und 4 Uhr sah ich folgendes lehrreiche Bild. (Tafel XXXVI, Fig. 66.) Ein gleichmässig grauer Hochnebel, in welchem keine Wolkenformen zu erkennen waren, bedeckte den ganzen Himmel. Nur in Südwesten befand sich eine Öffnung, welche wie ein klaffender, gegen Südost und Nordwest sich verschmälernder und verlierender Riss in der trüben Decke erschien. An der breitesten Stelle war der untere Saum dieses Risses noch hinter dem scheinbaren Erdrande verborgen. Gerade hier stand die Sonnenscheibe, nur ihrem mittleren Gürtel nach sichtbar, zwischen dem oberen Wolkensaume des Risses und dem Erdrande, oben durch jenen, unten durch diesen je etwa zu einem Drittel ihres senkrechten Durchmessers verdeckt, auf feuerscheinigem Himmelsgrunde, welcher durch den Riss sich sehen liess. Von dem unverdeckten, feuerig roth glühenden Mittelstücke der Sonnen-Scheibe entsprangen keine dem Auge erfassbaren Strahlen. Dagegen breiteten sich zwei prachtvolle Farben-Strahlen-Fächer nach Oben vor der Wolkendecke und nach Unten über den Erdboden aus, der letztere noch grösser als der erstere. Die grünen und rothen Farbenbänder waren glänzend entwickelt, in rastlosem Vorwärtsgleiten begriffen und in jedem Fächer von der Mittellinie nach beiden Flügeln hin wirbelnd. Die Sonnenblendung war so stark, dass ich sie nur durch möglichst engen Schluss der Lider bis zur Erträglichkeit abschwächen konnte; trotz dieser Vorkehrung kamen aber keine Blinzelstrahlen zur Geltung — eben in Folge der das Auge für so schwache Lichter unempfindlich machenden Blendung. Ausser der Strahligkeit, welche sich in beiden Fächern durch die seitlichen Begränzungen der einzelnen Farbenfolgen zu erkennen gab, erschien nun ein sehr kräftiges, granatrothes Strahlengebilde, dessen Arme nur auf den Fächern und bis über deren empfindbare

Gränze hinaus gegen Oben und gegen Unten sich zeigten, während das Mittelstück des Sternes fehlte, welches mit dem sichtbaren Theile des Sonnen-Bildes zusammenfallen musste. Auf dem oberen Fächer waren drei Strahlen sehr deutlich, ein senkrechter und zwei, unter etwa  $45^{\circ}$  schräg gegen Links und Rechts aufsteigende, Seitenstrahlen. Der untere Fächer war von fünf Armen überstrahlt, deren drei, ein senkrechter und die zwei äussersten seitlichen, sich als geradlinige Fortsetzungen oder vielmehr Gegenstücke der drei oberen Strahlen erkennen liessen, während die Winkel jederseits durch einen kürzeren und schwächeren Arm nochmals getheilt waren.

Dieses bisher auch noch nie beachtete Sterngebilde darf zweifellos als ein Erzeugniss des Gefüges der Linse gedeutet werden. Es entspricht den Linien, welche in letzterem so bestimmt sich zu erkennen geben, wenn, durch das Trocknen, der Linsenkörper in keilförmige Linsenausschnitte zerreisst. Diese Linien müssen ein lockereres Gewebe besitzen, als die Kernstücke jener Keile. Sie lassen daher linienförmige Lichtscheine durch, welche ihrem Wesen nach von den Sternstrahlungen gänzlich verschieden sind, wenn sie denselben auch in der Erscheinung sehr ähneln.

Die Strahlen des Linsensternes zeigen eine verschiedene Anordnung je nach der Augenstellung bei jeder einzelnen Beobachtung.



## 6. Netzhaut-Strahlen.

Zum Beschlusse sind auch noch die Strahlerscheinungen zu erwähnen, welche durch die Wirksamkeit der Netzhaut entstehen. Zwar ist nicht zweifelhaft, dass alle Strahlen-Bilder sich auf der Netzhaut erzeugen und durch ihre Vermittlung zur Empfindung gelangen. Aber in den nun bloß andeutungsweise zu besprechenden Fällen wirkt die Netzhaut selber zur Erzeugung des Bildes mit, indem sie den Lichteindruck, welchen ein sich rasch bewegender Leuchtpunkt auf ihr erregt, lange genug festhält, um die sämtlichen durchlaufenen örtlichen Eindrücke noch zu einem gemeinsamen Eindrucke zusammenzufassen.

**Funkenwege.** Ein geschwungener Funke am Zunder glimmend, eine geschwungene Fackel sind allbekannte Beispiele.

**Drachenschwänze.** Diesen zur Seite stellen sich die Leuchtlinien oder angeblichen sprühenden Schwänze, welche hinter den sogenannten feuerigen Drachen oder Meteoren eine kürzere oder längere Weile sichtbar zu bleiben pflegen.

**Blitz.** Die grossartigste derartige Erscheinung ist der „Strahl“ im drohendsten Sinne: der Blitz.

Mir irgend Genügendes über diese Erscheinungen darzubieten, bin ich leider nicht im Stande, da mir zu eigenen prüfenden Beobachtungen bislang keine Gelegenheit zu Theil wurde. Was Andere „gesehen“ haben, ist auch wohl vor meine Augen gekommen. Aber das Sehen allein giebt keinen Aufschluss. So begnüge ich mich, hier nur hinzudeuten auf eine unerfreuliche Lücke unseres Wissens.



## Verzeichniss der Bilder.

Der Kostenersparniss wegen wurde dem Steinzeichner die Vereinigung mehrerer Bilder auf einer Tafel gestattet. Dadurch ist leider eine weitgehende Abweichung von der Reihenfolge veranlasst worden. Der Leser wird sich die Mühe machen müssen, jedes Bild auf seiner Tafel besonders aufzusuchen. Um aber die Übersicht einigermassen wiederherzustellen, ist im Folgenden zu jedem Bilde die Tafel angegeben worden, auf welcher es gesucht werden muss, sowie die Seite, zu welcher es gehört und wo demnach die Erörterung desselben zu finden ist.

Bild	1	findet sich auf	Tafel	I.	und gehört zu	Seite	14.
"	2	"	"	"	"	II.	" " " " 19. 20.
"	3	"	"	"	"	III.	" " " " 19.
"	4	"	"	"	"	IV.	" " " " 22.
"	5	"	"	"	"	V.	" " " " 23.
"	6	"	"	"	"	VI.	" " " " 28.
"	7	"	"	"	"	VII.	" " " " 30.
"	8	"	"	"	"	VIII.	" " " " 31.
"	9	"	"	"	"	IX.	" " " " 33.
"	10	"	"	"	"	X.	" " " " 38.
"	11, a. u. b.	"	"	"	"	XI.	" " " " 38. 39. 162.
"	12	"	"	"	"	XII.	" " " " 39. 47.
"	13	"	"	"	"	XI.	" " " " 39. 40. 45.
"	14	"	"	"	"	XI.	" " " " 44.
"	15	"	"	"	"	XI	" " " " 46.
"	16	"	"	"	"	XIII.	" " " " 51.
"	17	"	"	"	"	XIV.	" " " " 55.
"	18	"	"	"	"	XV.	" " " " 58.

Bild	19	findet	sich	auf	Tafel	XVI.	und	gehört	zu	Seite	59.	90.
„	20	„	„	„	„	XVII.	„	„	„	„	60.	61. 90.
„	21	„	„	„	„	XVI.	„	„	„	„	61.	90. 121.
„	22	„	„	„	„	XVII.	„	„	„	„	64.	[143.
„	23	„	„	„	„	XI.	„	„	„	„	65.	
„	24	„	„	„	„	XVI.	„	„	„	„	65.	
„	25	„	„	„	„	XVIII.	„	„	„	„	66.	
„	26	„	„	„	„	XIX.	„	„	„	„	67.	
„	27	„	„	„	„	XVII.	„	„	„	„	67.	[144.
„	28	„	„	„	„	XVII.	„	„	„	„	65.	67. 143.
„	29	„	„	„	„	XIX.	„	„	„	„	68.	168.
„	30	„	„	„	„	XX.	„	„	„	„	70.	82.
„	31	„	„	„	„	XVI.	„	„	„	„	70.	87. 95. [143.
„	32	„	„	„	„	XVI.	„	„	„	„	70.	87. 95.
„	33	„	„	„	„	XXI.	„	„	„	„	83.	
„	34	„	„	„	„	XX.	„	„	„	„	70.	82.
„	35	„	„	„	„	XXI.	„	„	„	„	90.	
„	36	„	„	„	„	XV.	„	„	„	„	90.	
„	37	„	„	„	„	XXII.	„	„	„	„	92.	
„	38	„	„	„	„	XXIII.	„	„	„	„	92.	
„	39	„	„	„	„	XXIV.	„	„	„	„	103.	104.
„	40	„	„	„	„	XXV.	„	„	„	„	104.	105.
„	41	„	„	„	„	XXII.	„	„	„	„	106.	
„	42	„	„	„	„	XXII.	„	„	„	„	108.	
„	43	„	„	„	„	XX.	„	„	„	„	116.	
„	44	„	„	„	„	XXVI.	„	„	„	„	119.	
„	45	„	„	„	„	XXVII.	„	„	„	„	121.	122.
„	46	„	„	„	„	XI.	„	„	„	„	123.	
„	47	„	„	„	„	XXVIII.	„	„	„	„	128.	
„	48	„	„	„	„	XXII.	„	„	„	„	136.	
„	49	„	„	„	„	XXIX.	„	„	„	„	136.	
„	50	„	„	„	„	XIX.	„	„	„	„	139.	
„	51	„	„	„	„	XXVI.	„	„	„	„	140.	
„	52	„	„	„	„	XXX.	„	„	„	„	141.	
„	53	„	„	„	„	XXX.	„	„	„	„	147.	
„	54	„	„	„	„	XXXI.	„	„	„	„	152.	
„	55	„	„	„	„	XIX.	als	Bild	29	„	„	152.
„	56	„	„	„	„	XIX.	und	gehört	„	„	„	155.
„	57	„	„	„	„	XXXII.	„	„	„	„	„	155.

Bild 58	findet sich auf	Tafel	XXXIII.	und gehört zu	Seite	156.
„ 59	„	„	„	„	XXXIV.	„ „ „ „ 159. 162.
„ 60	„	„	„	„	XIX.	„ „ „ „ 161.
„ 61	„	„	„	„	XXVIII.	„ „ „ „ 161.
„ 62	„	„	„	„	XXXV.	„ „ „ „ 164.
„ 63	„	„	„	„	XXX.	„ „ „ „ 166.
„ 64	„	„	„	„	XXIX.	„ „ „ „ 167.
„ 65	„	„	„	„	XXIX.	„ „ „ „ 167.
„ 66	„	„	„	„	XXXVI.	„ „ „ „ 170.



Fig. 1.

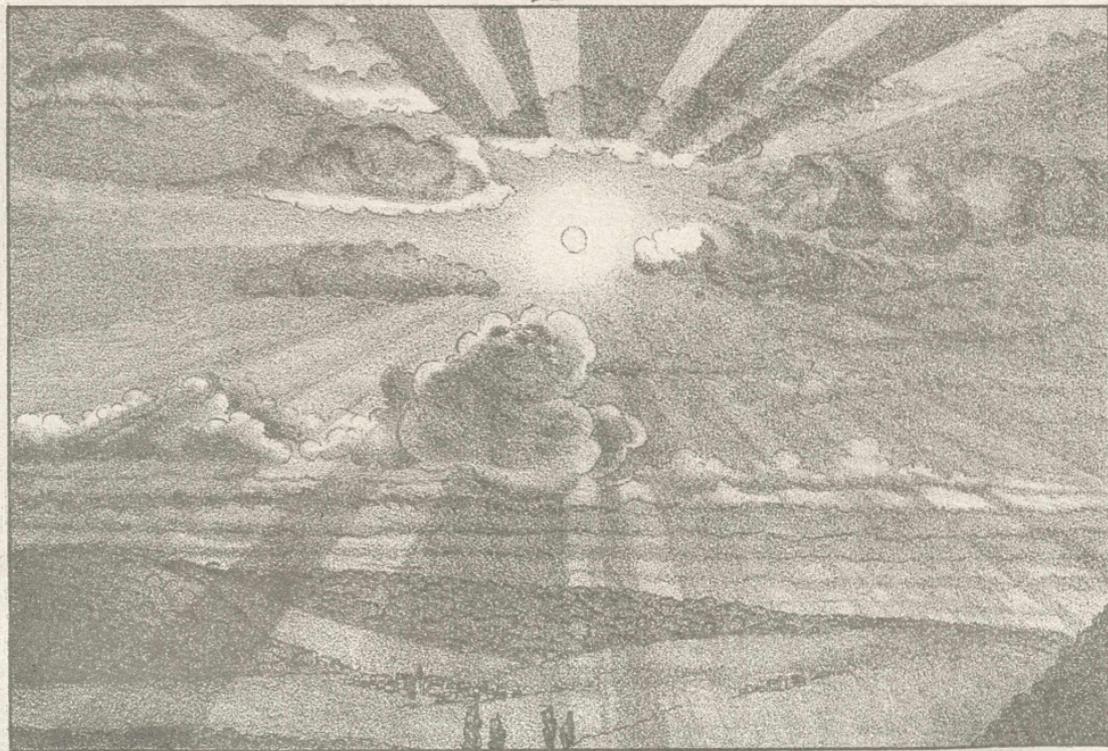


Die Sonne mit ihrem Scheine am Himmel. (Scheinbild der Sonne in der irdischen Dunsthülle)

Nach Handzeichnung von Dr. Otto Volger:

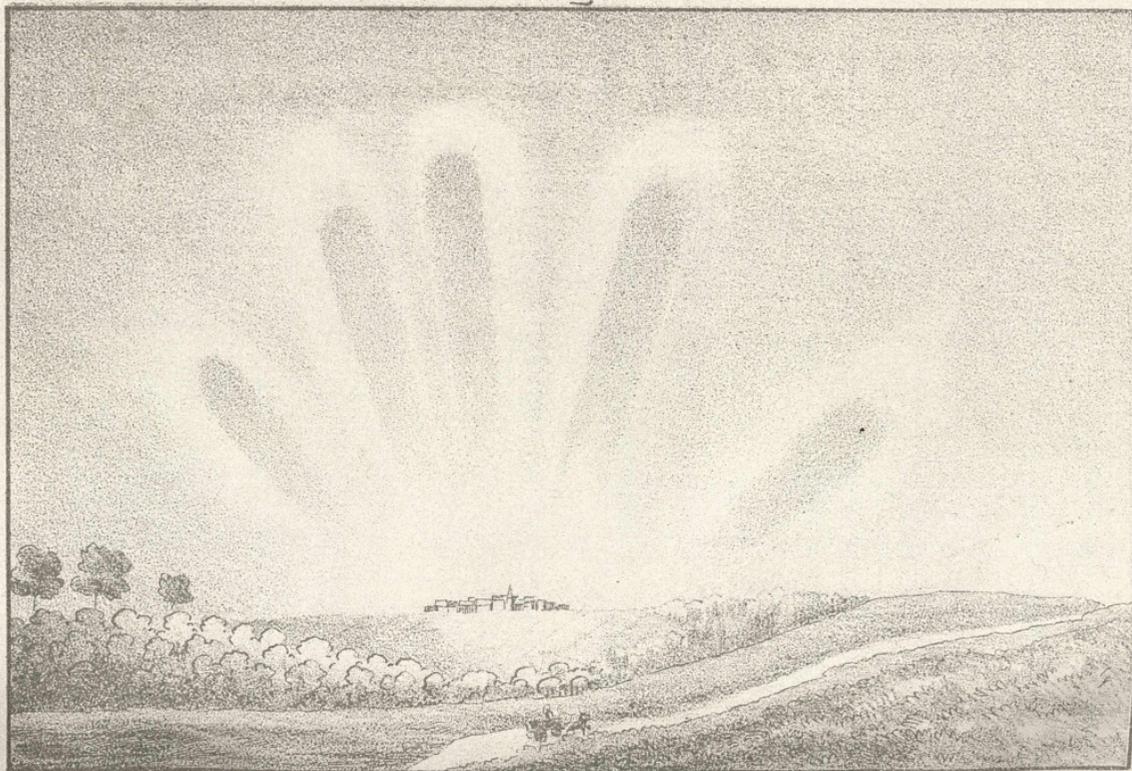
Litho-Druck von W. Schwalbe, Emden.

Fig. 2.



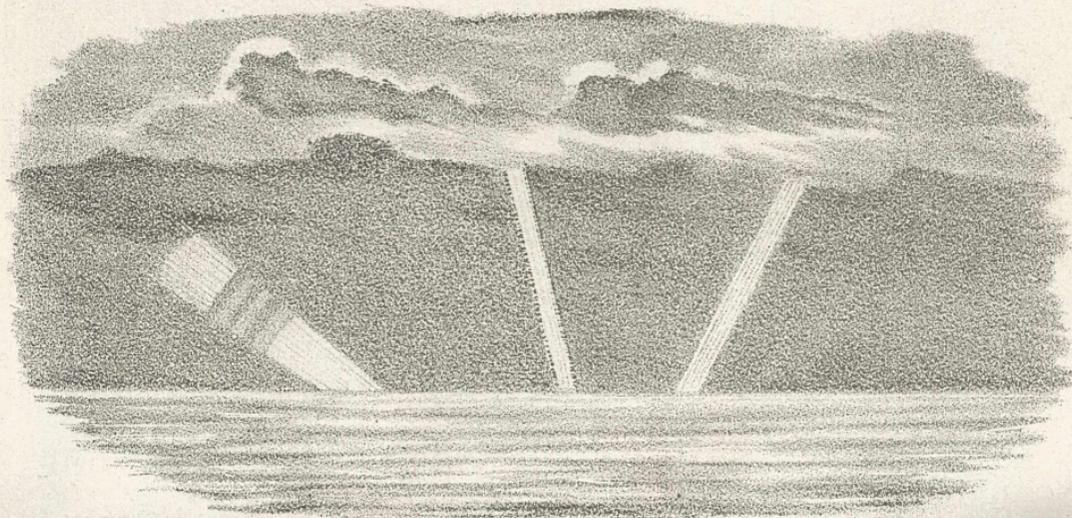
Sonnenscheinbahnen und Wolkenschatten.

Fig 3.



Die Rosenfinger der Eos.

Fig. 4.



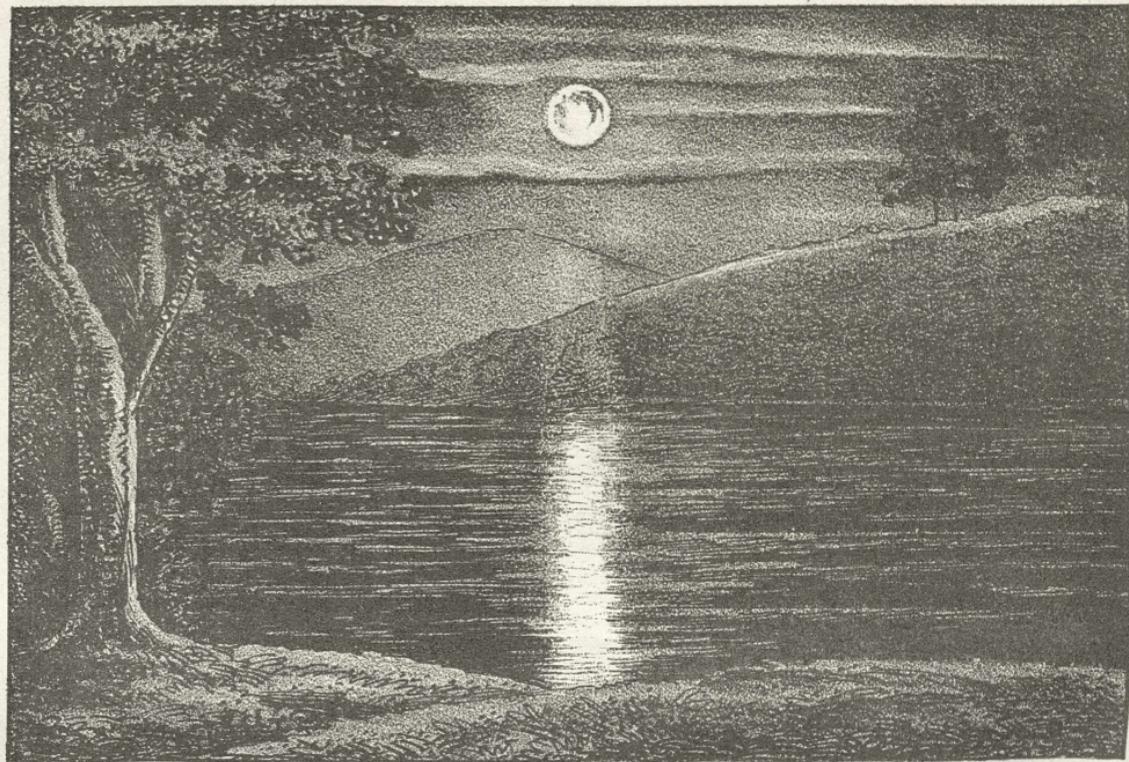
Sonnenscheinbahnen ausgehend von einem Spiegelbilde  
der Sonne im Meere.

Fig. 5.



Grossmutter spinnt.

Fig. 6.

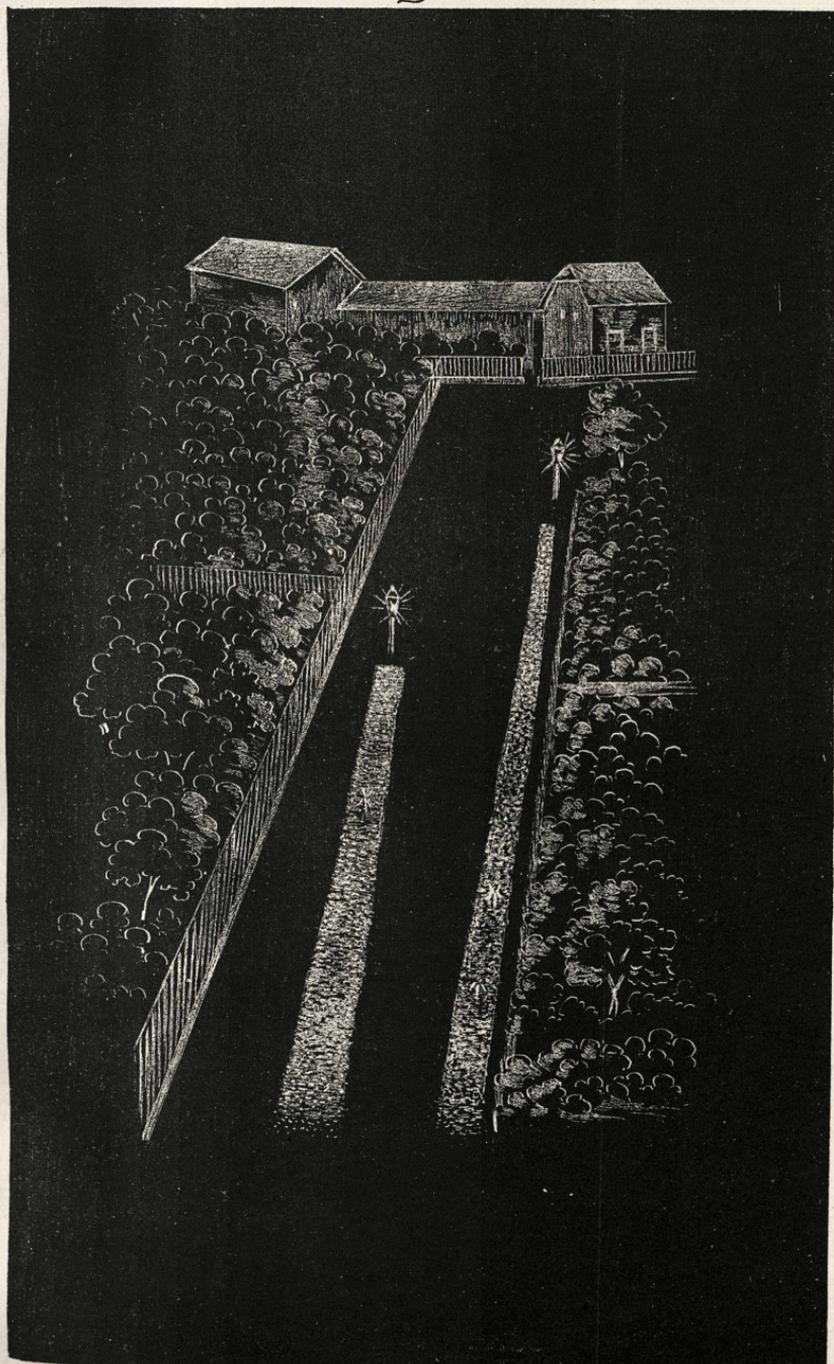


Die Silberstrasse des Mondes.

Nach Handzeichnung von Dr. Otto Volger.

Lith. u. Druck von W. Schwalbe, Emden.

Fig. 7.



Nach Handzeichnung von Dr. Otto Volger

Lithu. Druck von W. Schwalbe, Emden.

Lichtstrassen auf regennassem Wege.  
Wiesenweg in Soden b. Fft. a/M. am 10. XI. 1889 Abends 6 Uhr.

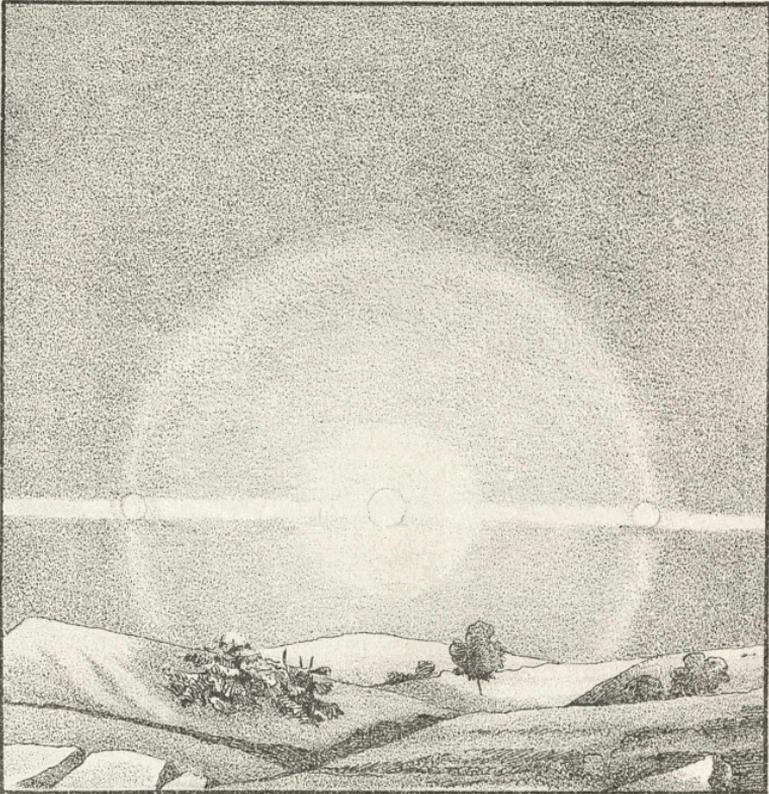
Fig.8.



Sonnenschweif (Heliokomet)

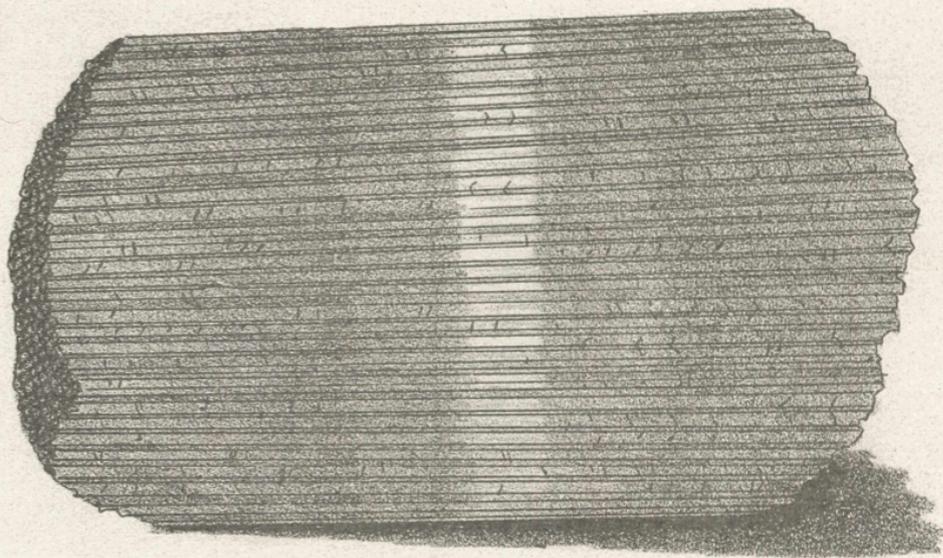
am 31. Decbr. 1886 Nachm. 3<sup>u</sup>.40<sup>m</sup>.

Fig. 9.



Nebensonnenkreis.

Fig. 10.



Grobfaseriger Strahltein mit Schillerlichtschein.



## Tafel XI.

Fig. 11. Katzenaugenstein;

- a) mugelig über die Faserung geschliffen;
- b) haubenförmig über's Hirn geschliffen.

Fig. 13. Sternsaphir, über die Hauptaxe haubenförmig geschliffen.

Fig. 14. Kalzit (Kalkspath);

- a) Grundrhomboeder (isländischer Doppelspath) mit Andeutung der einen Zwillingblätterlage;
- b) dasselbe ohne äusserlich sichtbare Zwillingstreifen, mit Andeutung der den drei Zwillingblätterlagen entsprechenden Schillerbänder;
- c) Tafel mit Andeutung der drei Zwillingblätterlagen und der denselben entsprechenden drei Schillerbänder.

Fig. 15. Pennin;

- a) Zwilling im Grossen, durch und durch aus Zwillingstafeln bestehend, welche ihrerseits Drillinge sind;
- b) Querschnitt (Spaltungs - Tafel) mit smaragdgrünen Schillerbändern, welche dem Drillingsgefüge entsprechend, einen sechsstrahligen Stern bilden;
- c) Längsschnitt mit hyacinthrothem Schillerbände.

Fig. 23. Wappensterne;

a b sechsstrahlig, c d fünfstrahlig. a c steigend, b d sinkend.

Fig. 46. Gang des „obern“ Blinzelstrahles über das untere Lid.

Nach Vieth (Gilbert's Annalen XIX 1805, Tafel IV Fig. 5).

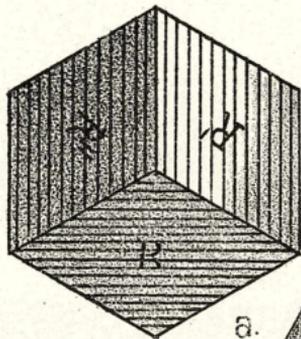
L Lichtrichtung vom Leuchtpunkte;

C Auftreffen auf das Prisma über dem Lidrande;

A Vorderfläche des Auges;

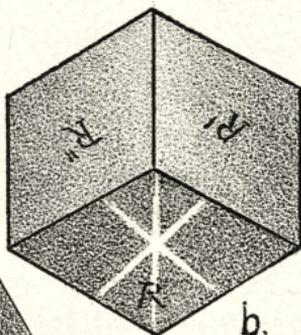
E Durchschnitt des unteren Theiles der Regenbogenhaut (Iris);

D Richtung des Lichtes im Auge gegen die Netzhaut.

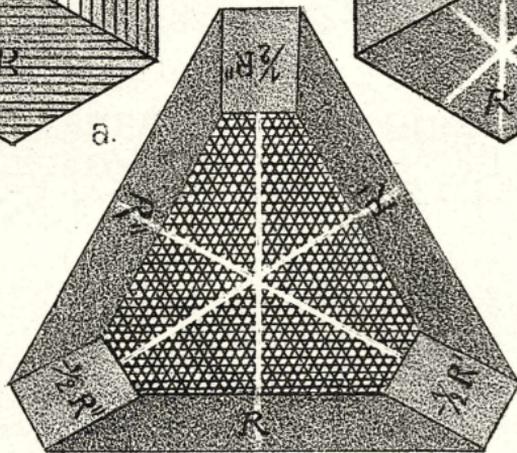


a.

Fig 14



b.



c.

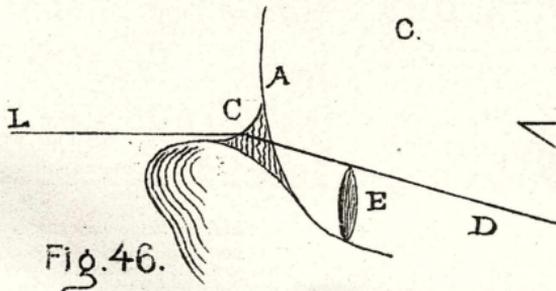
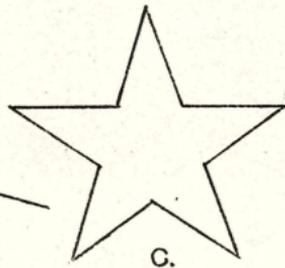
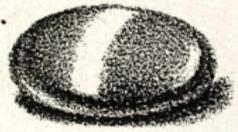


Fig. 46.



c.

Fig.11.



a.

b.

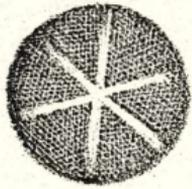
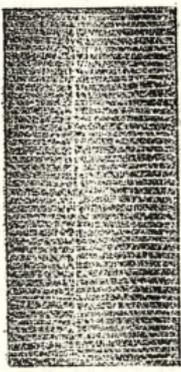


Fig. 13.

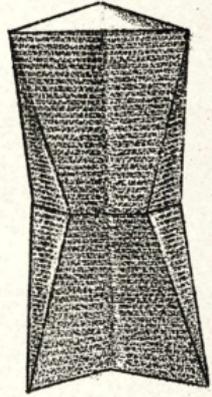


c.

Fig.15.

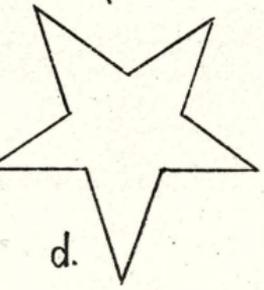


b.

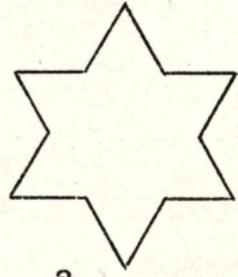


a.

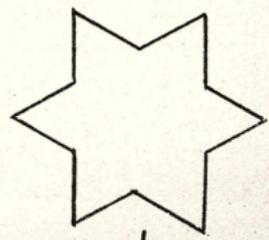
Fig.23.



d.

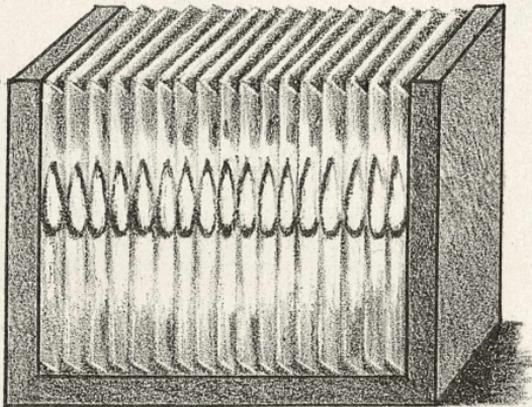


a.



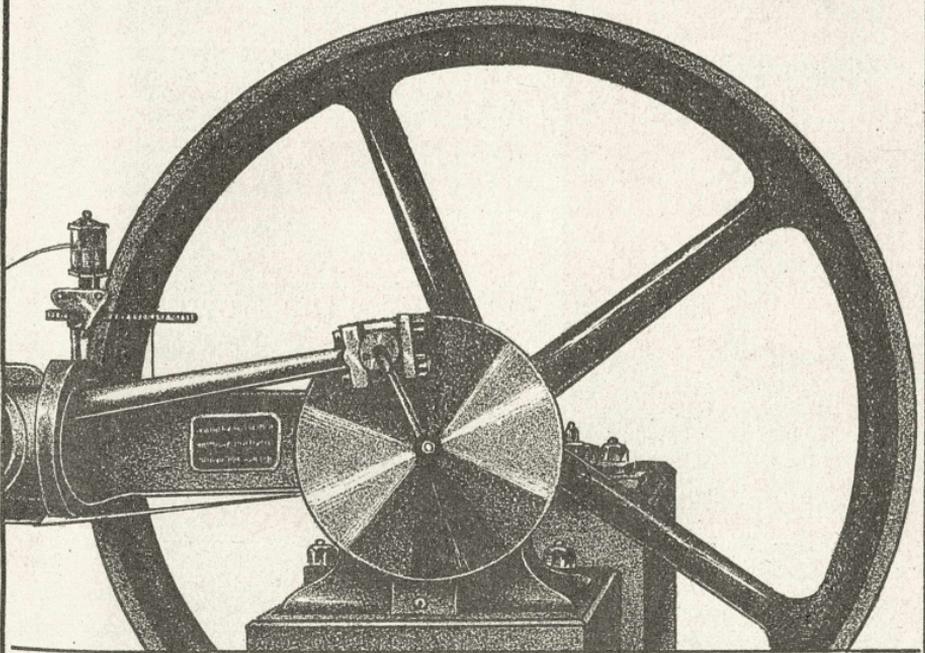
b.

Fig. 12.



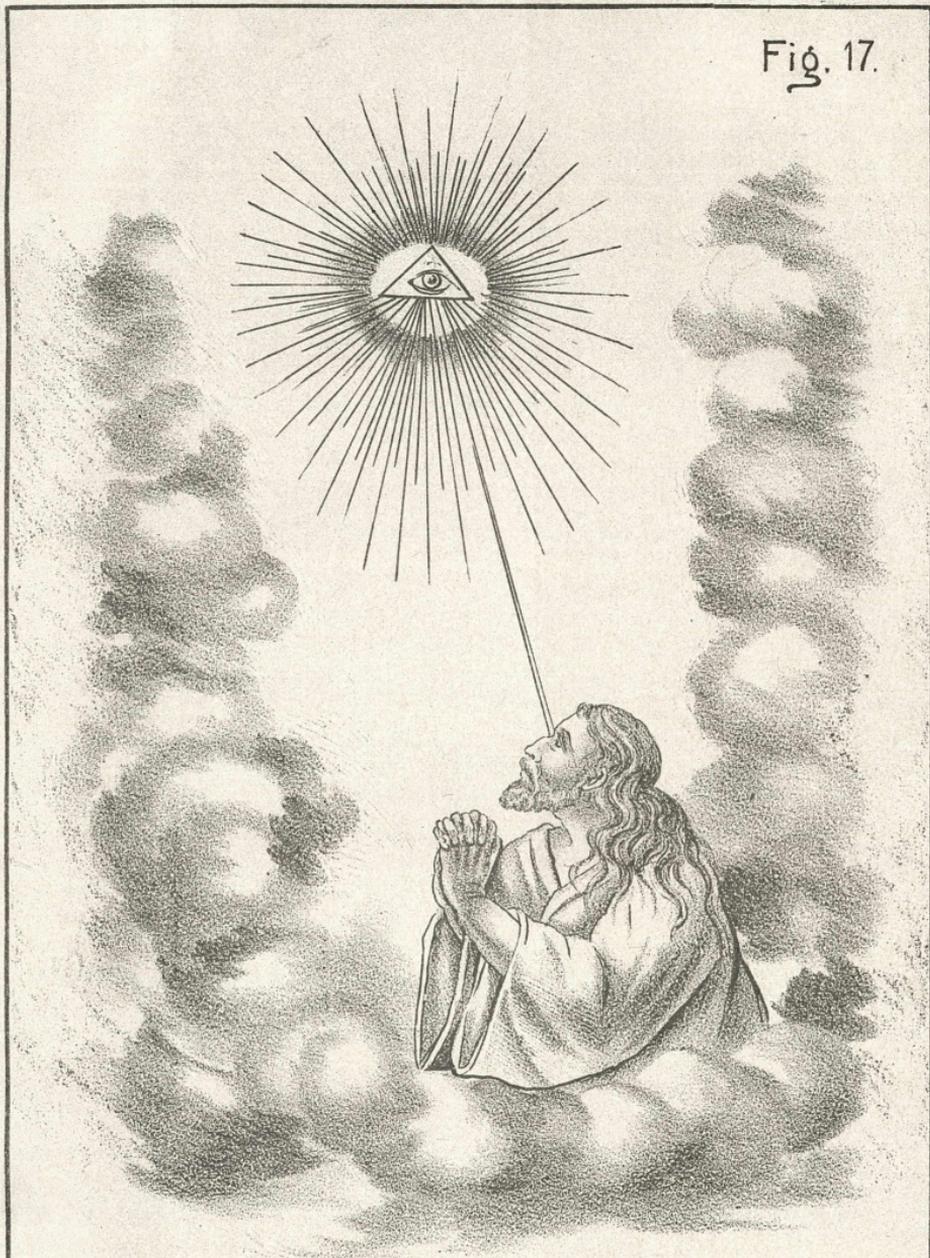
Reihe von Spiegelbildern  
einer Leuchtflamme, gesehen  
durch eine Zusammenstellung  
von Glasplatten zwischen dunkler  
Umrahmung.

Fig. 16.



Putzlichter

Fig. 17.



Thränenstrahl. (Strahl der Gnade.)

## Tafel XV.

Fig. 18. Vergrösserte Seitenansicht des Auges mit Thräne (mit Andeutung der innern Theile im Durchschnitte) und Gang der Lichtwirkung des Thränenstrahles.

Br Augenbraue ;	L Linse ;
oW obere Wimper ;	G Glaskörper (innere Augenflüssigkeit ;
oLd oberes Lid ;	oN obere Nerven ausbreitung (Netzhaut) ;
H Hornhaut (cornea)	uN untere Nerven ausbreitung (Netzhaut) ;
T Thräne ;	A Sehnerv ;
uW untere Wimper ;	H Harte Hülle des Augapfels (Sklerotika) ;
uLd unteres Lid ;	<i>lichtw</i> Gang der Lichtwirkung, welche den Thränenstrahl hervorruft.
Wa Wange ;	
S Schläfe ;	
R oberer Querschnitt der Regenbogenhaut (Iris) ;	
R' unterer desgl. ;	
P Schöffnung (Pupille) ;	

Fig. 36. Kerzenflamme, nach sechs Richtungen auf jede Flammenlänge vierfach gespiegelt, zur Versinnlichung der Entstehung von Strahlen aus Lichtbilderreihen.

---

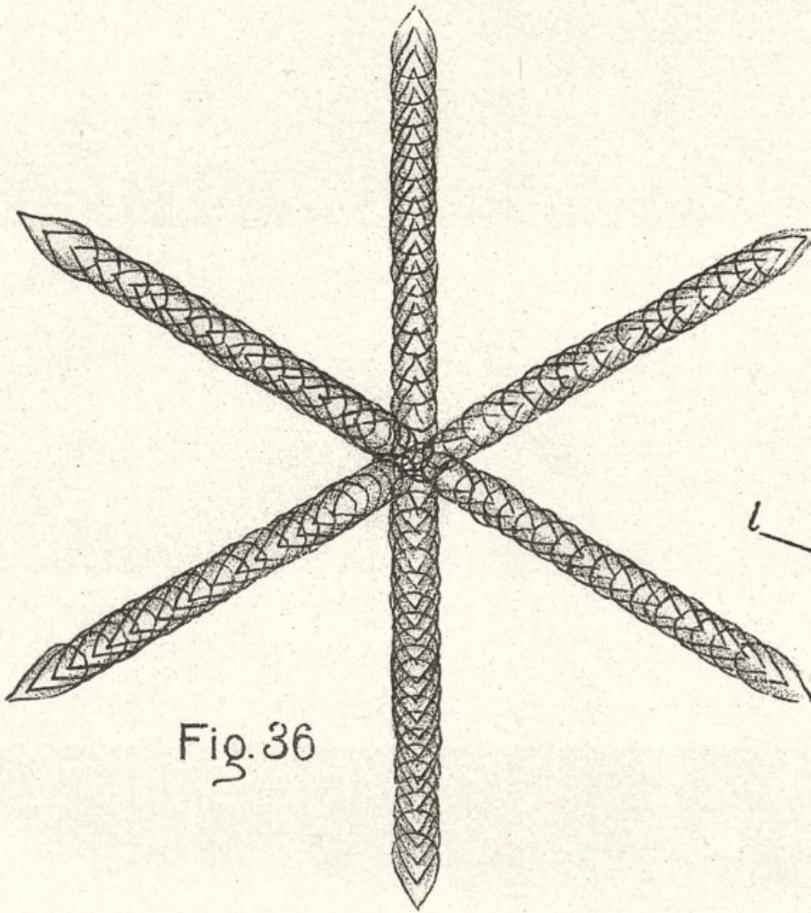
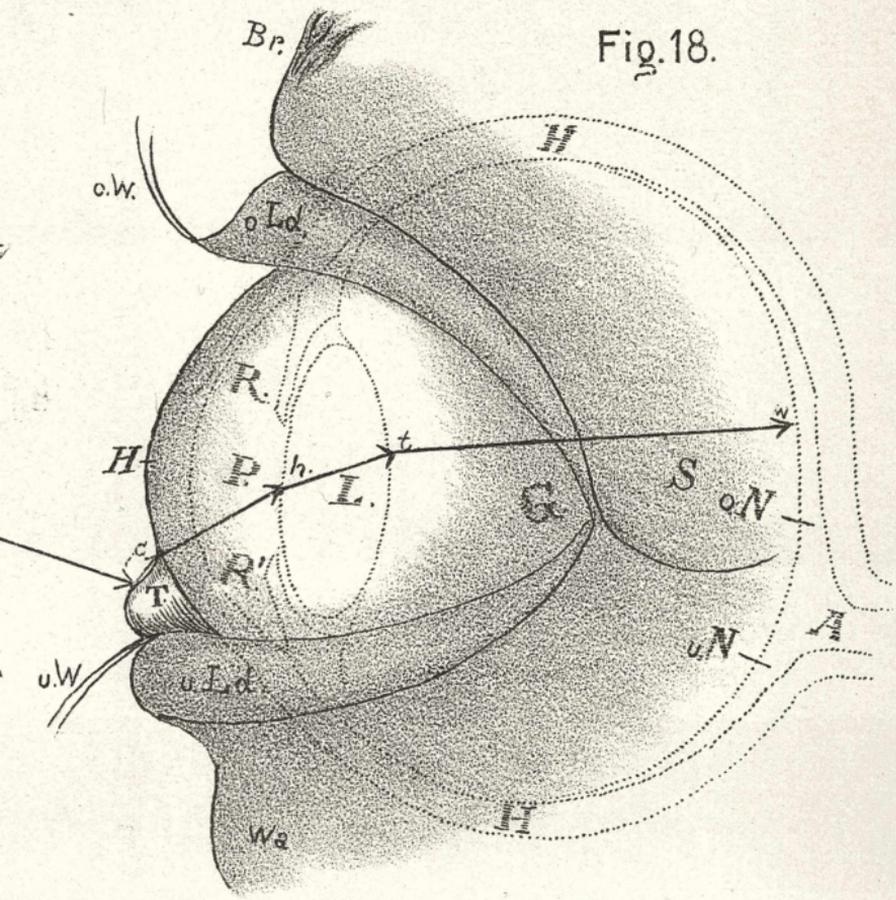


Fig. 36

Nach Handzeichnung von Dr. Otto Volger.

Fig.18.



## Tafel XVI.

Fig. 19. Vervielfältigung der Spiegelbilder einer Lichtflamme auf dem Fingernagel. Je näher zum Auge, je grösser an Zahl und desto länger der Strahl.

Fig. 21. Lichtstrahl mit sichtbaren Unebenheiten (Brennlinien) der Hornhautoberfläche.

Fig. 24. Mein Stern. V.

Fig. 31. Der Vollmond (Zerstreuungsblume) mit kurzsichtigem Auge gesehen.

Fig. 32. Die Mondsichel (Zerstreuungsblume) mit kurzsichtigem Auge gesehen. („Gefüllter Mond“.)

---

Fig. 24.



Fig. 19.

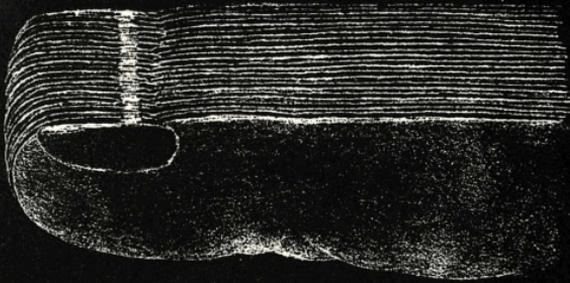


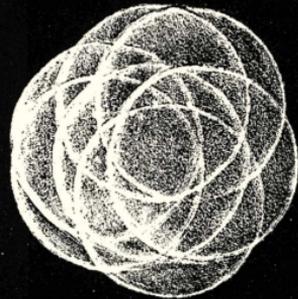
Fig. 21



Fig. 32.



Fig. 31





## Tafel XVII.

Fig. 20. Spiegelbilderreihe

*a* in zahlloser Vervielfältigung zum Lichtstrahle zusammengedrängt, so dass die Bilder bloß als Linien zum Vorschein kommen und sich decken;

*b* die Leuchtflamme und 4 getrennte Spiegelbilder, zur Veranschaulichung.

Fig. 22. Schneesterne.

Fig. 27. Venus, wie ich sie durch meine Brille sehe. V.

Fig. 28. Venus, wie ich sie mit blossen Augen sehe. (Zerstreuungsblume mit Tropfenringen.) V.

---

Fig. 22.



b



a

Fig. 28.



Fig. 27.



Fig. 20.



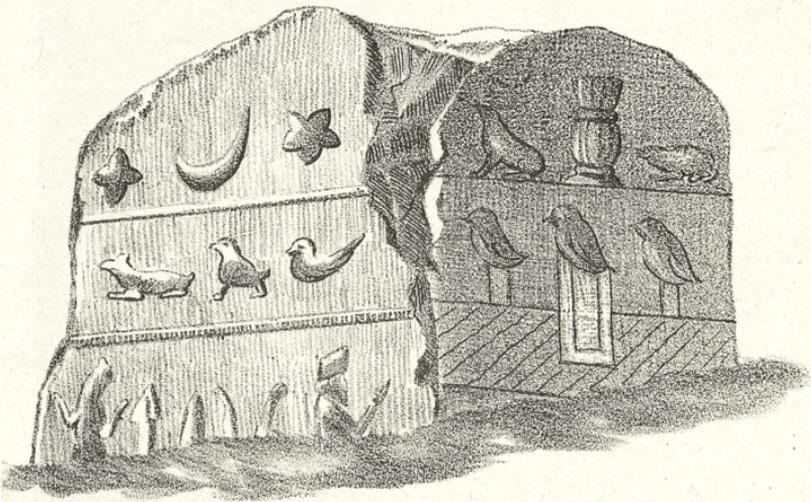
a



b



Fig. 25.



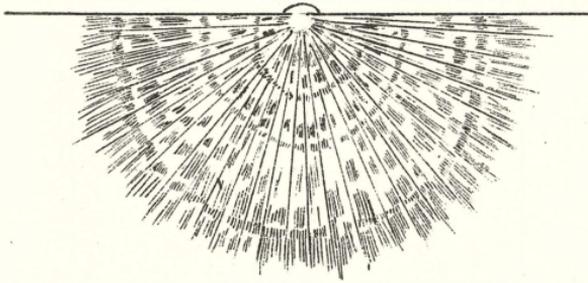
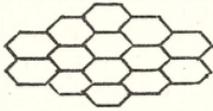
Der „schwarze Stein von Susa“,  
oberer Theil.



## Tafel XIX.

- Fig. 26. Übliche Bezeichnung der Sterne nach ihrer „Grösse“ (Lichtstärke).
- Fig. 29. Starker Lichtschein durch einen Nadelstich gesehen. Der Nadelstich ist von einer Zerstreungsblume umgeben; die bunt geringelten Haarstrahlen bilden den ausgebreiteten Schein.
- Fig. 50. Die Wimperstrahlen in dem weitsichtigen Auge des Malers Kolbe, nach seiner eigenen Zeichnung (Gilbert's Annalen XIX 1805, Taf. VII, Fig. 2). Die obersten Büschellinien sind vermuthlich zur vermeintlichen Vervollständigung gezeichnet, und würden wohl richtiger fehlen. V.
- Fig. 56. Die Sonne am scheinbaren Erdrande mit ihrem Haarstrahlenfächer.
- Fig. 60. Querschnitt des Faserbaues der Linse.
-

Fig. 60.



A.

Fig. 56.

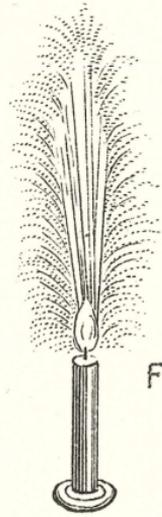
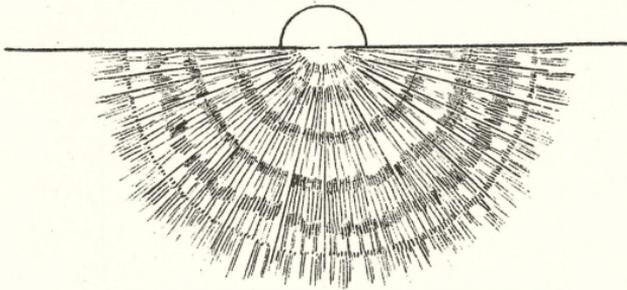


Fig. 50.

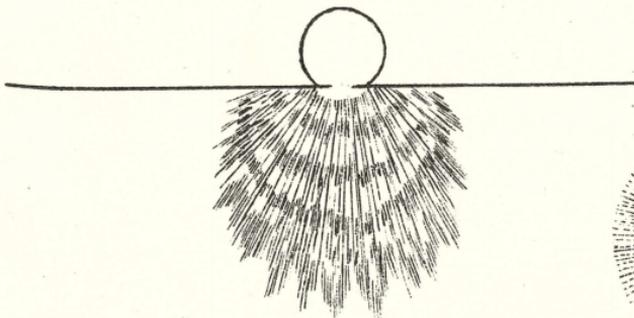


B.

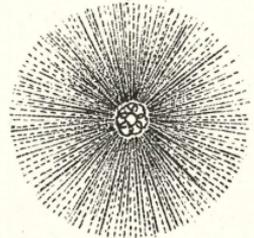
Fig. 26.



Fig. 29.



C.



## Tafel XX.

Fig. 30. Ferngesehene Zerstreuungsblume in Helmholtz's Augen  
(Licht durch einen Nadelstich gesehen);

*a* vom rechten Auge;

*b* vom linken Auge.

Fig. 34. Nahe gesehene Zerstreuungsblume in Helmholtz's Augen  
(Licht durch einen Nadelstich gesehen);

*c* vom rechten Auge;

*d* vom linken Auge.

Fig. 43. Blinzelstrahlen meiner Augen. V.

*l* Leuchtflamme;

*a* linkes Auge einzeln;

*b* rechtes Auge einzeln;

*c* beide Augen gemeinsam;

*d* Anbequemungsform.

---

Fig. 43.

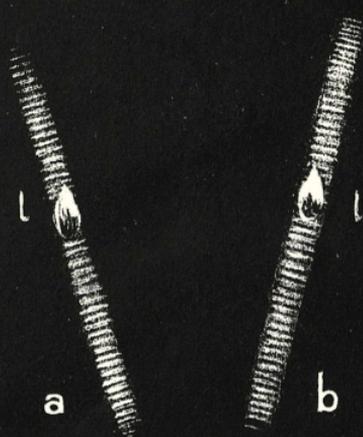


Fig. 34.

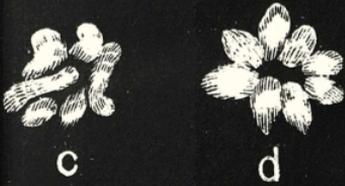
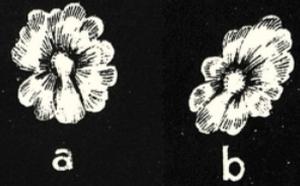


Fig. 30.



## THE TITLE

## Tafel XXI.

Fig. 33. Erprobung der Ungleichartigkeit im Gefüge der Linse.

- a* vollkommen regelmässig um einen Mittelpunkt geordnete Kreise;
- b* Kreisabschnitte von mehreren (3) nahe bei einander liegenden Mittelpunkten;
- c* Verzerrungen, welche sich an den innersten Kreisen kundgeben.

Fig. 35. Durchschnitt durch die äussern und innern Theile des Auges. Gang der Sternstrahlung.

- |   |   |
|---|---|
| Br Augenbraue;                                  | G Glaskörper (innere Augenflüssigkeit);   |
| oLd oberes Lid,                                 | oN obere Nervenverbreitung (Netzhaut);    |
| oW obere Wimper,                                | uN untere Nervenverbreitung (Netzhaut);   |
| md Meibom'sche Drüse;                           | A Sehnerv;                                |
| p Flüssigkeits-Prisma;                          | H harte Hülle des Augapfels (Sklerotika); |
| H Hornhaut (Cornea);                            | <i>licht</i> Gang der von einem unendlich |
| uW untere Wimper;                               | fernen, oder unmessbar kleinen,           |
| uLd unteres Lid;                                | Leuchtpunkte kommenden Licht-             |
| Wa Wange;                                       | wirkung.                                  |
| R oberer Querschnitt der Regenbogenhaut (Iris); |   |
| R' unterer desgl.                               |   |
| P Sehöffnung (Pupille);                         |   |
| L Linse;  |   |

Fig. 33.

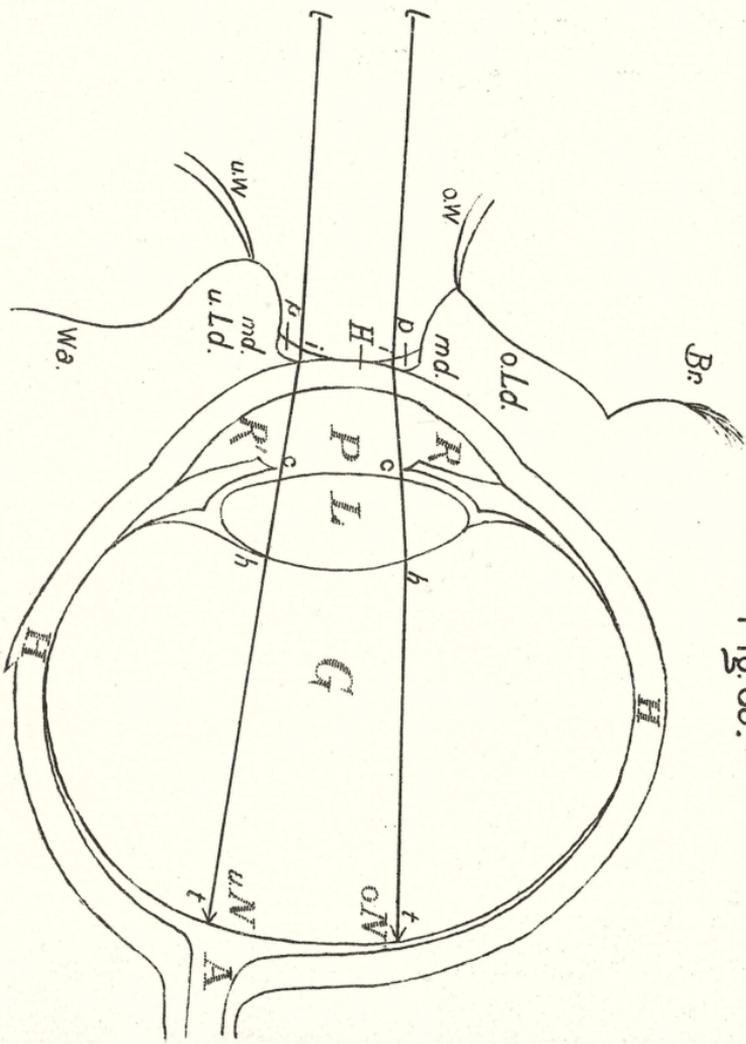
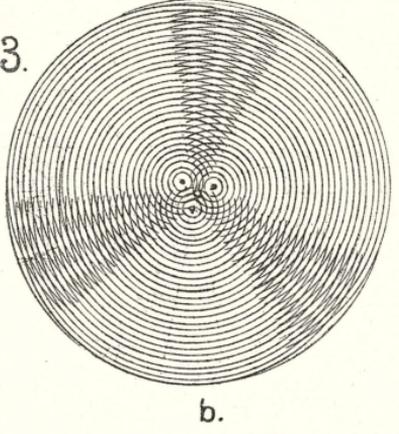
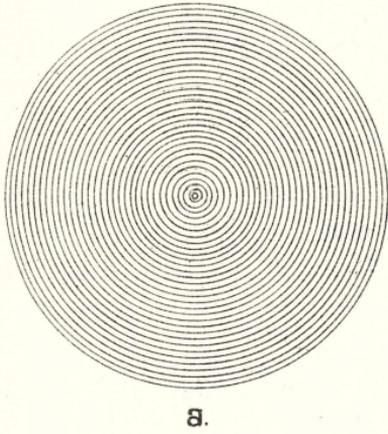


Fig. 35.

## Tafel XXII.

Fig. 37. Die Entstehung des Strahlsternes in meinem Auge von zweien unteren, je drei Lichtpunkte spiegelnden, und dreien oberen, je einen Lichtpunkt spiegelnden Drüsenhervorragungen. In der Vorstellung werden die unteren Spiegelungsreihen (Strahlen) als obere, die oberen als untere empfunden. (Vergl. Bild 24 auf Taf. XVI.) V.

Fig. 41. Mein Stern, durch Brechung eines Lichtpunktes in einem Eiskrystalle des befirenen Fensters roth, gelb und grün vervielfältigt. V.

Fig. 42. Erzeugung künstlicher Sterne (nach Herschel, S. Poggendorff's Annalen XXIII. 282) durch Deckung der Aufnahme-linse eines Fernrohres mittelst einer Blende, welche eine gleichseitig-dreieckige Öffnung besitzt:

- a* Bild, welches sich darbietet, wenn das Fernrohr nicht auf seinen Brennpunkt eingestellt ist. Bau der Strahlen abwechselnd deutlich verschieden.
- b* beim Stande des Fernrohres genau im Brennpunkte. Hier erscheinen alle sechs Strahlen vollkommen gleich.

Fig. 48. Wimperstrahlen.

Fig. 48.

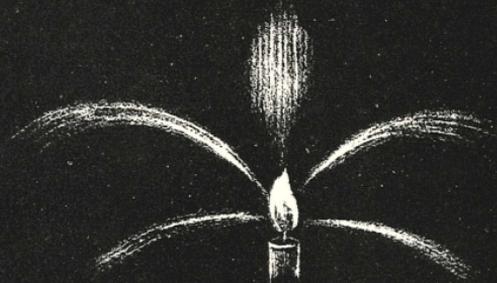


Fig. 42.

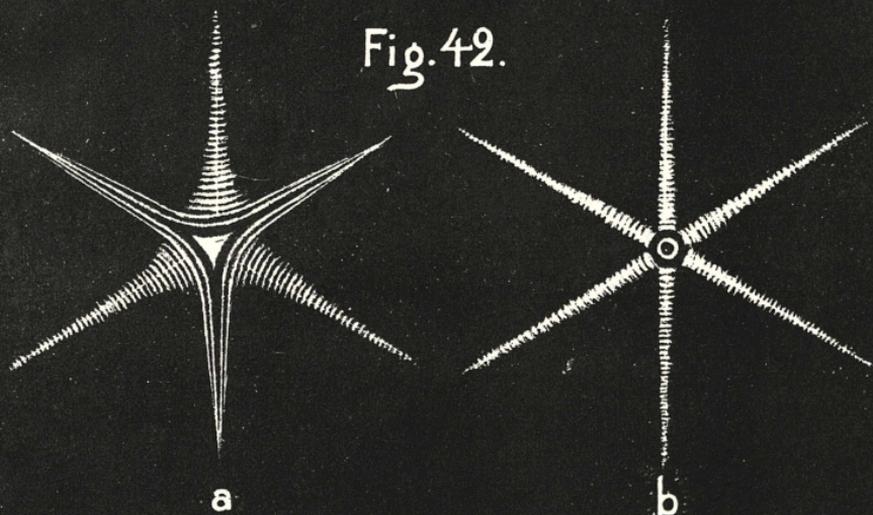


Fig. 41.



Fig. 37.

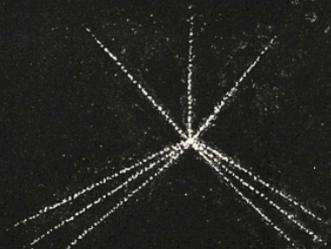
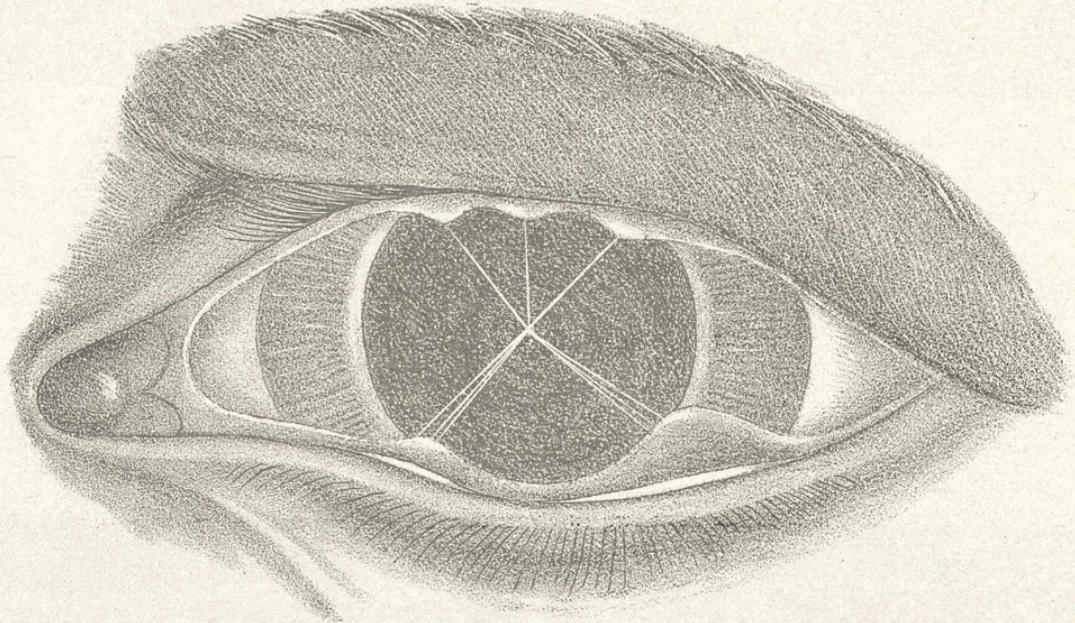
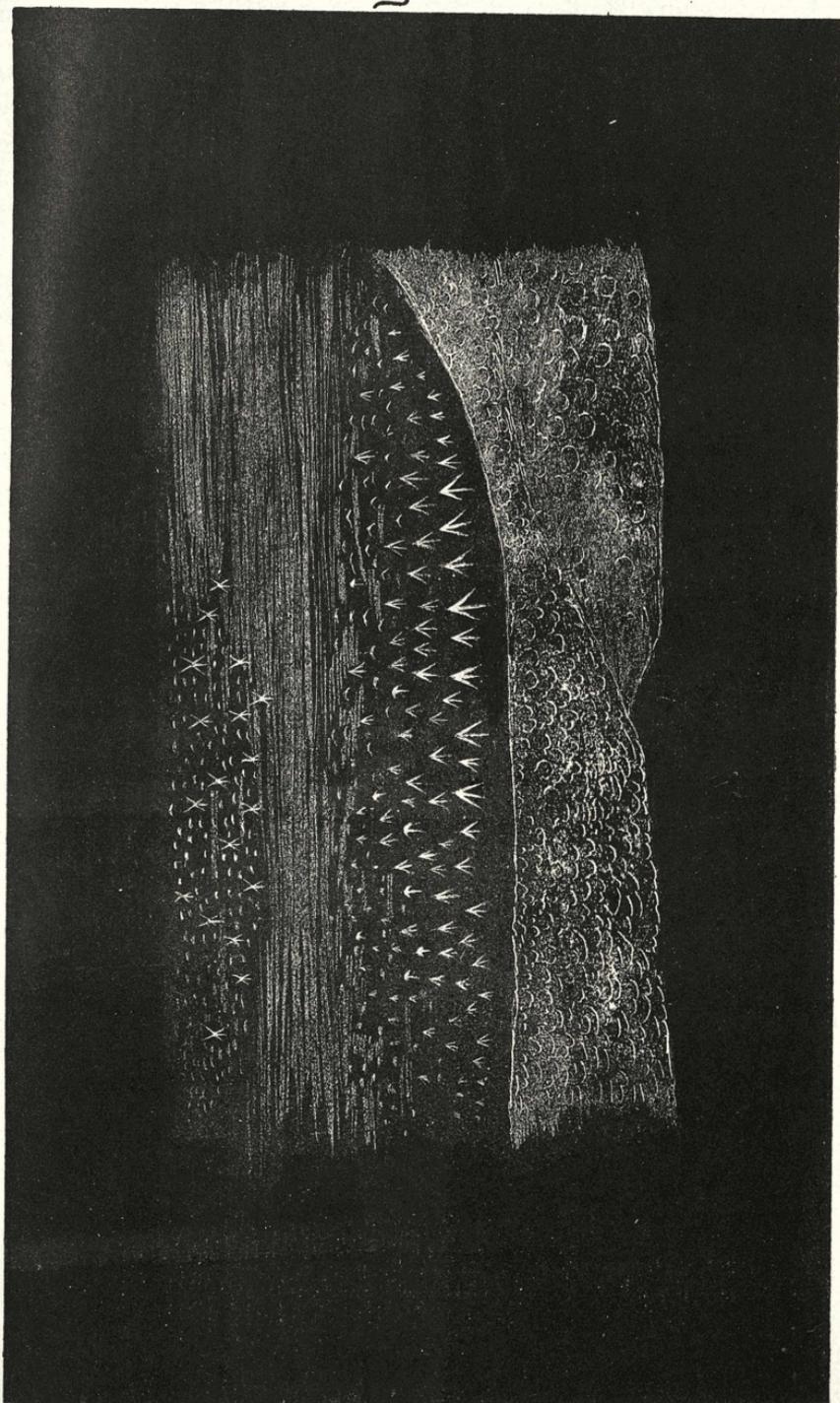


Fig. 38.



Entstehung meines Strahlensterns.  
Empfunden wird der Stern in umgekehrter Stellung

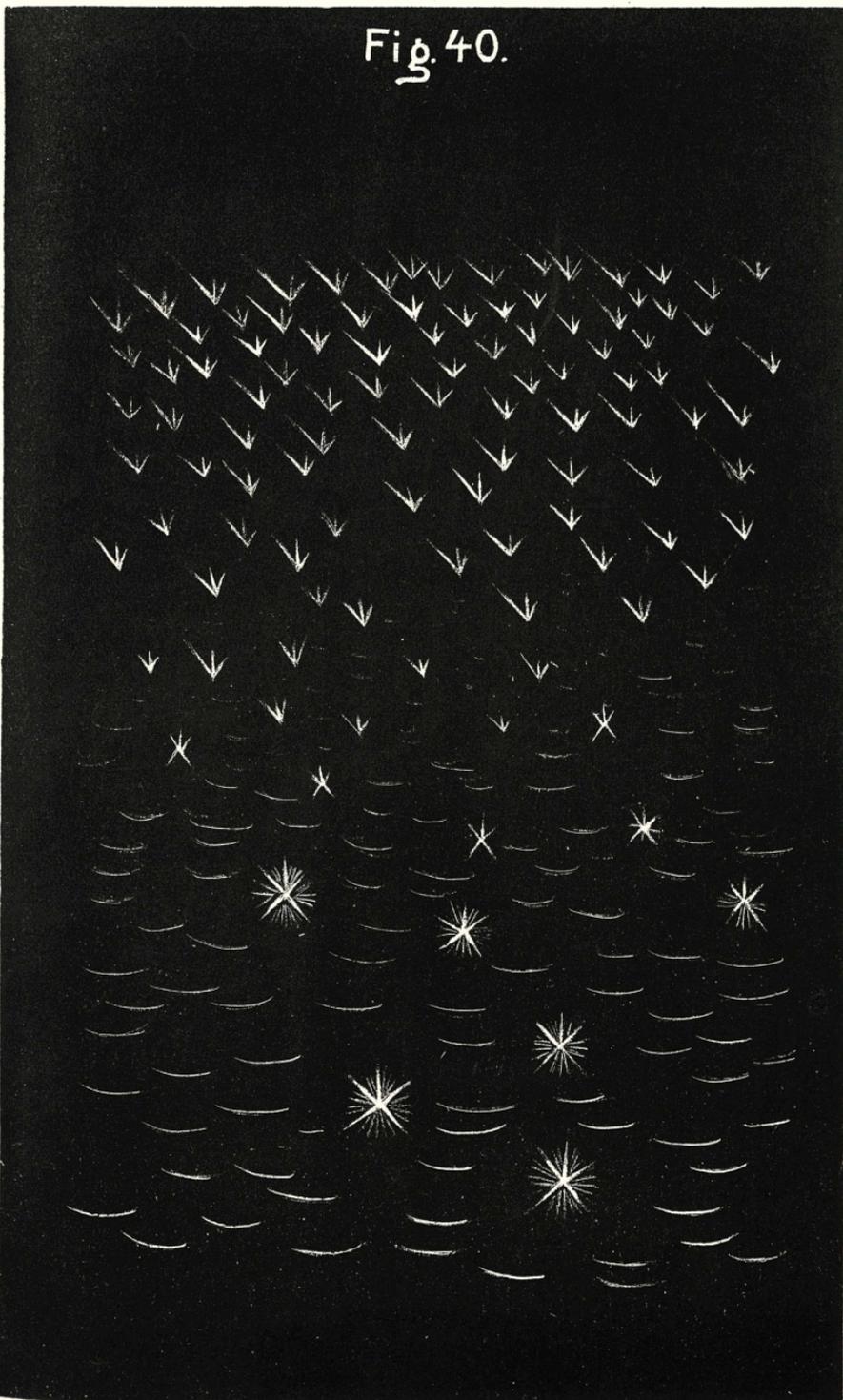


Nach Handzeichnung von Dr. Otto Volger

Lithu. Druck von W. Schwalbe, Emden.

Schauerflächen mit Sonnensternen.  
auf dem Salzunger See. 7. Mai 1886. Morg. 8 u. 45 m.

Fig. 40.



Nach Handzeichnung von Dr. Otto Volger.

Lith. Druck von W. G. Schmidt, Elm.

Sonnensterne auf dem Main  
Frankfurt a/M. 24. März 1887.

## Tafel XXVI.

Fig. 44. Blinzelstrahlen von Lametta-Streifchen am Christbaume,  
am heiligen Abende vom Lehnssessel aus gesehen.

Fig. 51. Wimperstrahlen;  
*a* bei gerader Kopfhaltung;  
*b* bei rückwärts geneigtem Kopfe;  
*c* bei vorwärts geneigtem Kopfe.

---

Fig. 51.

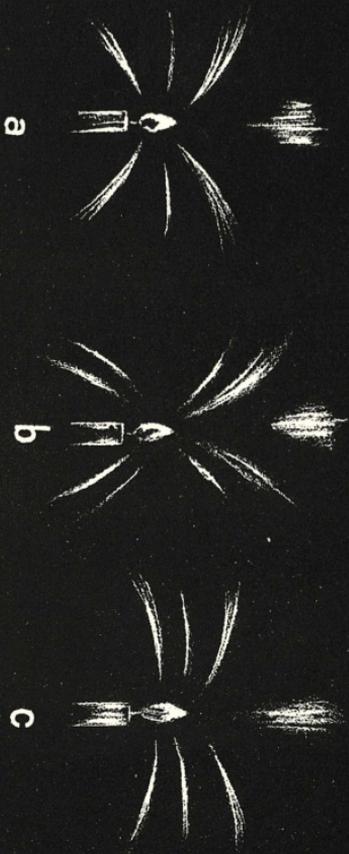
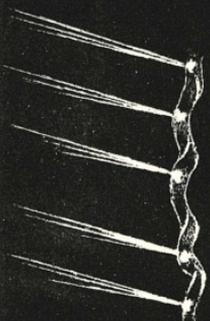


Fig. 44.

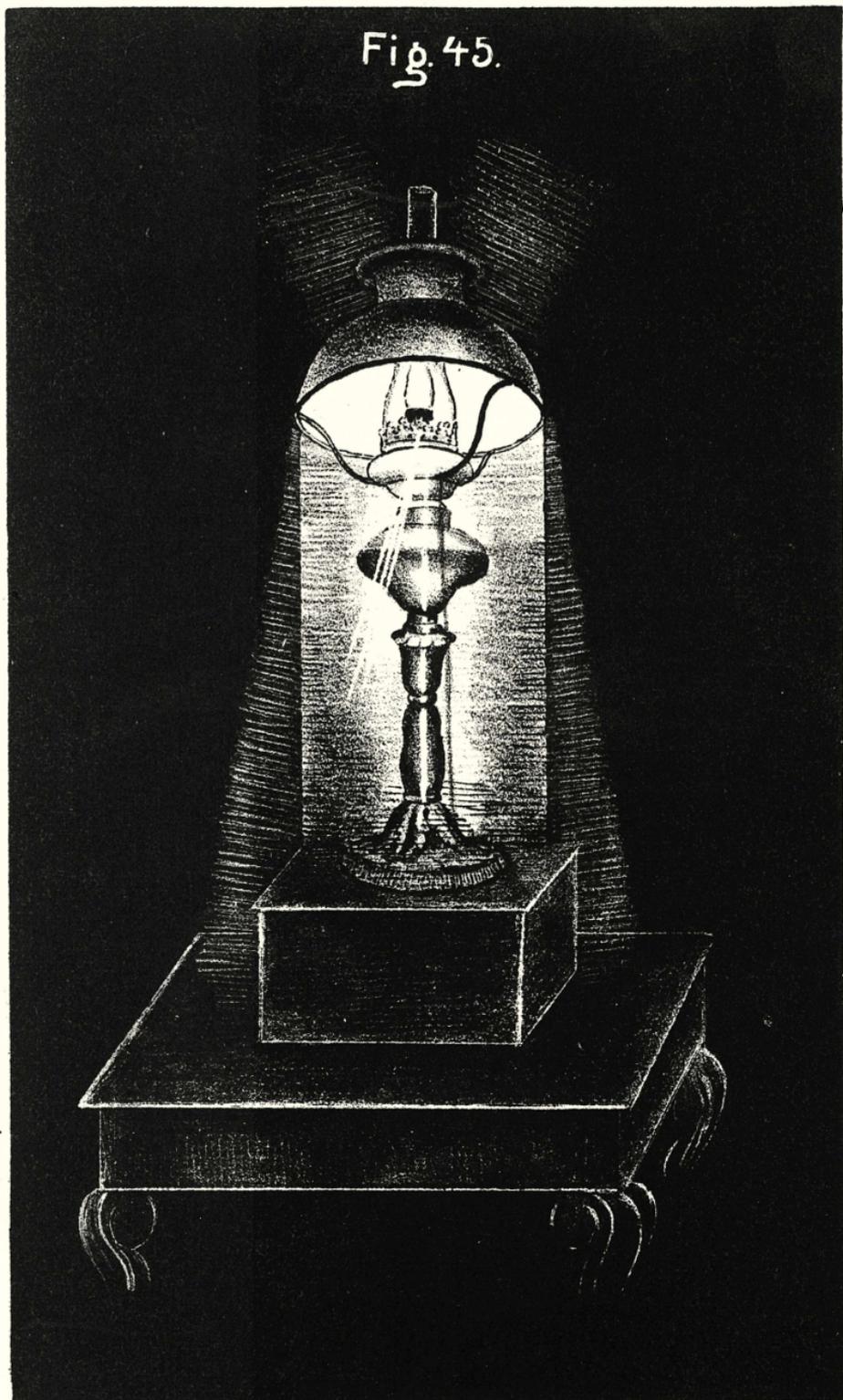


## Tafel XXVII.

Fig. 45. Die Lampe, bei deren Lichte ich dieses schrieb, mit ihren breiteren und schmalen Blinzelstrahlen. Die Lampe steht erhöht; der Beschauer sitzt ausruhend, zurückgelehnt, wenige Schritte entfernt. V.

---

Fig. 45.



Nach Handzeichnung von Dr. Otto Volger.

Lith.u. Druck von W.Schwalbe, Emden.

## Tafel XXVIII.

Fig. 47. Gang der Lichtwirkung von der Leuchtflamme zum Auge. Nach Vieth (Gilbert's Annalen XIX. 1805. Tafel IV, Figur 3.)

L Leuchtflamme;

LN oberer Lichtstrahl; *ln* „Strahlen“ von der Leuchtflamme, welche die untere Netzhauthälfte treffen, und also als „oberer“ Blinzelstrahl empfunden werden;

LM unterer Blinzelstrahl; *lm* „Strahlen“ von der Leuchtflamme, welche die obere Netzhauthälfte treffen, und also als „unterer“ Blinzelstrahl empfunden werden;

*a* oberes Lid;

*b* unteres Lid.

Fig. 61. Sternfaseriger Bau der Linse aus einer der äusseren Schichten (nach Helmholtz).

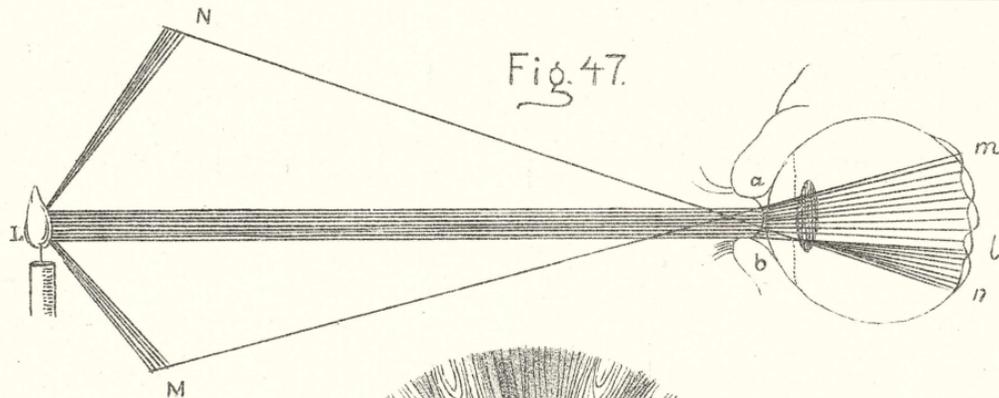
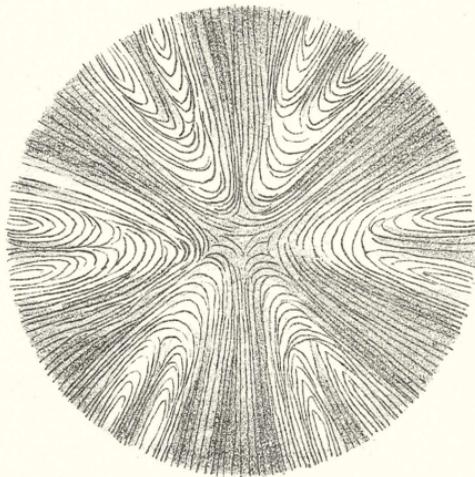


Fig. 61.



## Tafel XXIX.

Fig. 49. Gesenkte Wimpern.

Fig. 64. Leuchtflamme, von Beugungsfarbenschein umgeben;  
*a* mit kurzsichtigem Auge gesehen: Flammen-Artischocke und  
strahlig geordnete kleine farbige Nebenbilder;  
*b* mit Brille gesehen: einfache Flamme, umgeben von Haar-  
strahlen.

Fig. 65. Petroleumflamme, durch die beschlagene Brille ge-  
sehen, mit „Pfaunauge“ und „Haarstrahlen“ umgeben.

---

Fig. 49.

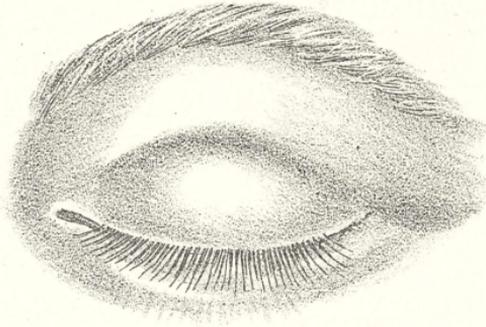
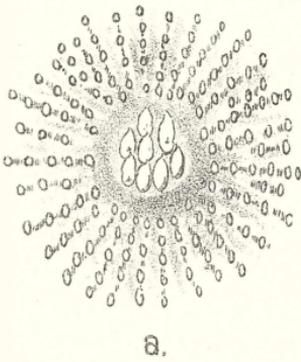
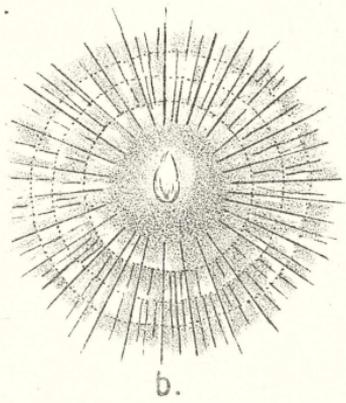


Fig. 64.

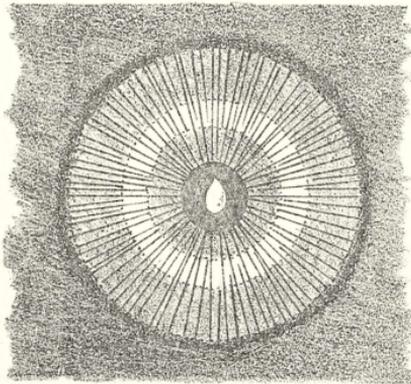


a.



b.

Fig. 65.



### **Tafel XXX.**

Fig. 52. Der obere Blinzelstrahl nebst den oberen Wimperstrahlen.

Fig. 53. „Feuerrad“.

Fig. 63. Elektrisches Bogenlicht in schwach nebliger Luft, umgeben von Gelbschein und granatrothem Ringe.

---

Fig. 63.

Tafel XXX

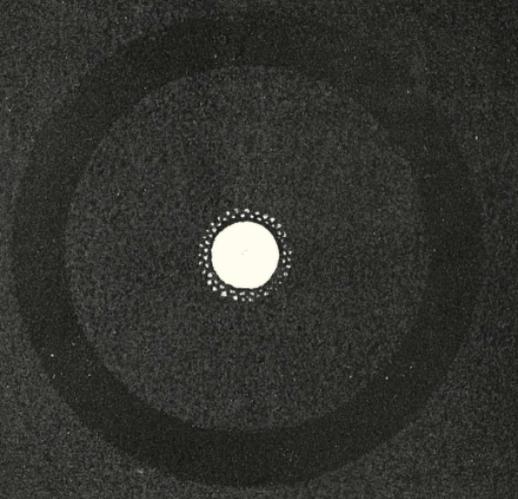


Fig. 52.



Fig. 53.

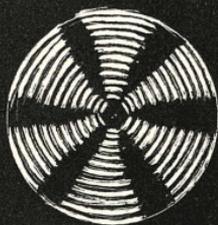
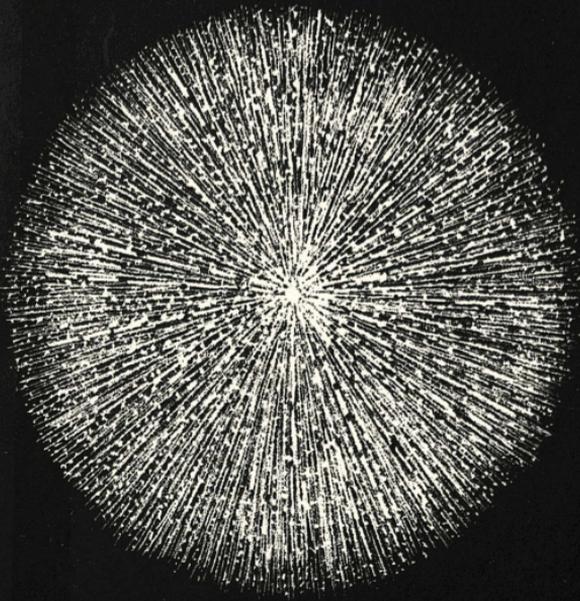


Fig. 54

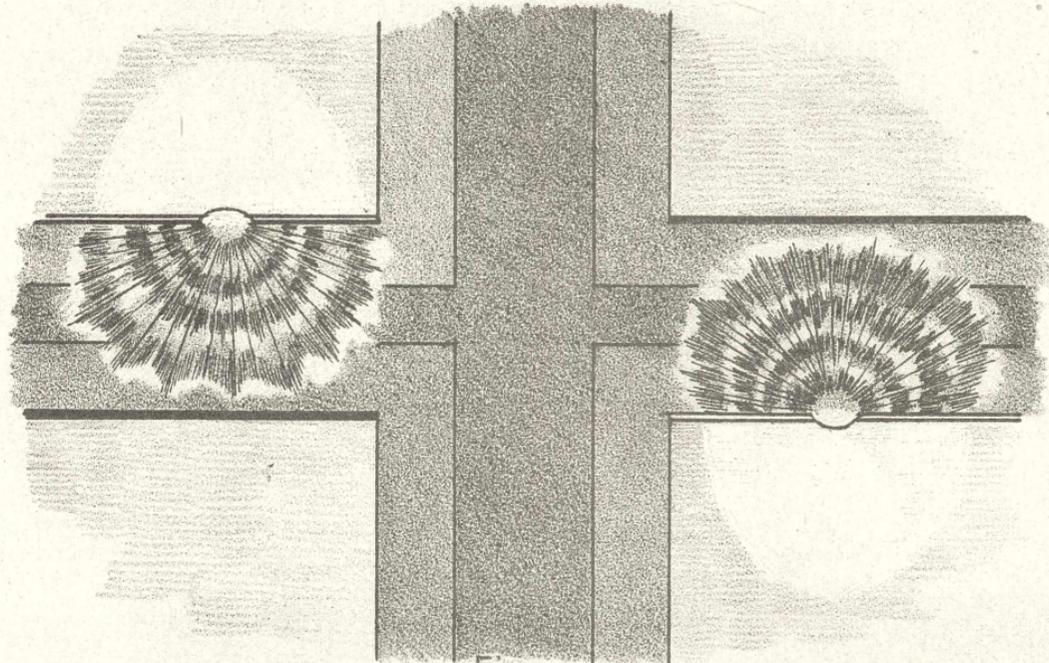


Nachhandzeichnung von Dr. Otto Volger.

Lith. u. Druck von W. Schwalbe, Ermden.

Haarstrahlen der Sonne  
im verkleinerten Spiegel.

Fig. 57.



oberes

Ein Fünkchen

unteres

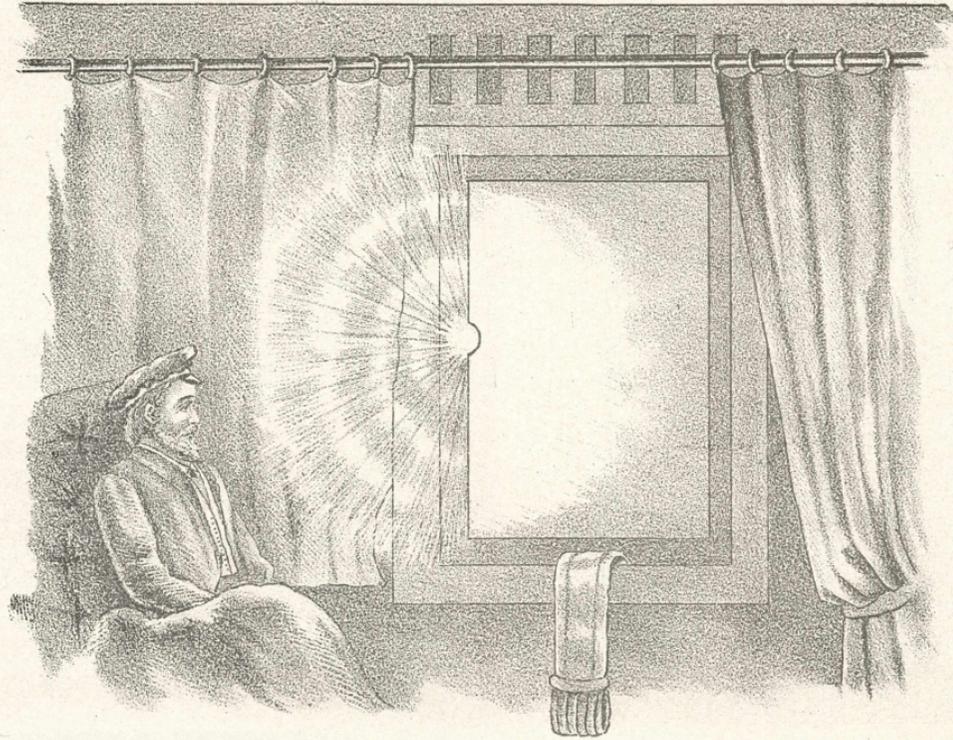
der hinter der Fensterzarge gedeckt stehenden Sonne

Nach Handzeichnung von Dr. Otto Volger.

scheint ins Zimmer.

Lith. u. Druck von W. Schwalbe, Emden.

Fig 58.



Nach Handzeichnung von Dr. Otto Volger.

Sonnenblick im Eisenbahnwagen  
gedeckt durch Fensterrahmen und Vorhang.

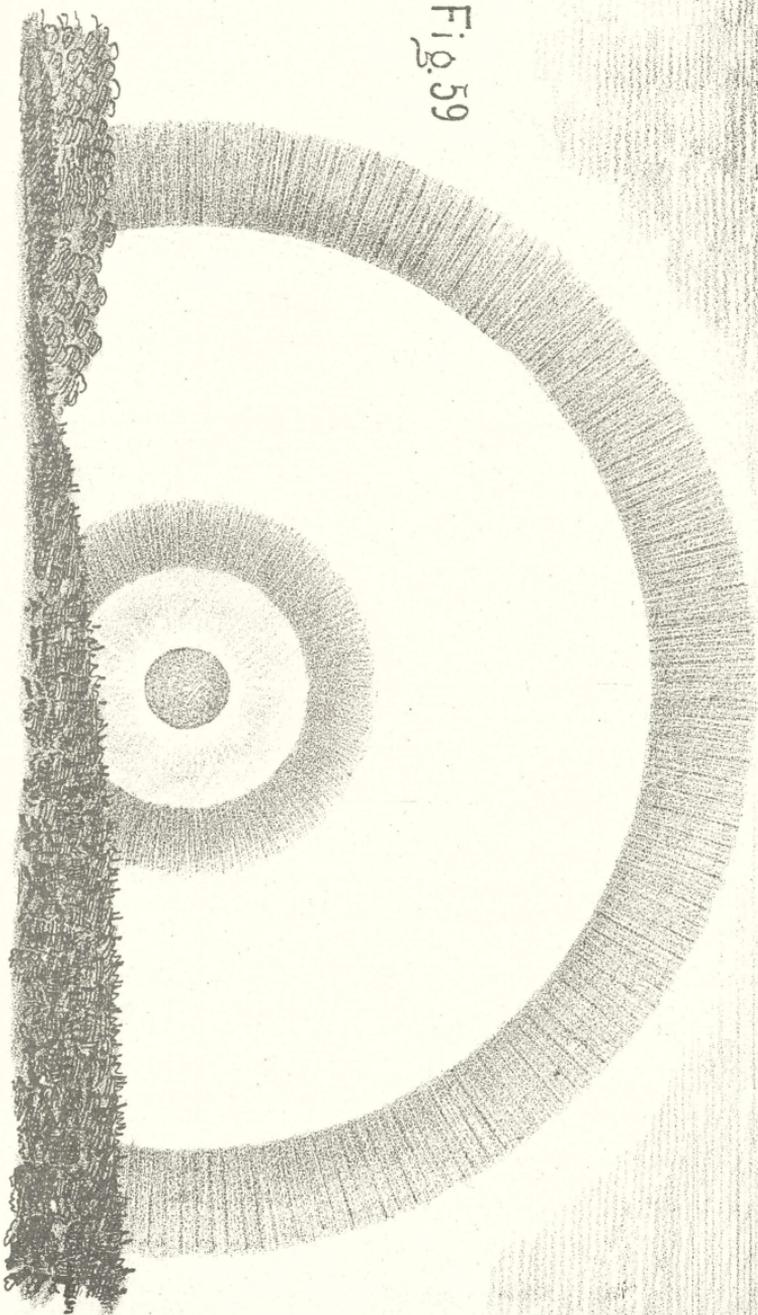
Lith. u. Druck von W. Schwalbe, Emden.

## **Tafel XXXIV.**

Fig. 59. Die Sonne mit ihrem Gelbscheine, dem zinnoberrothen Ringe, dem Leuchtscheine und dem Bishop'schen Ringe am 18. November 1885. Taunus.

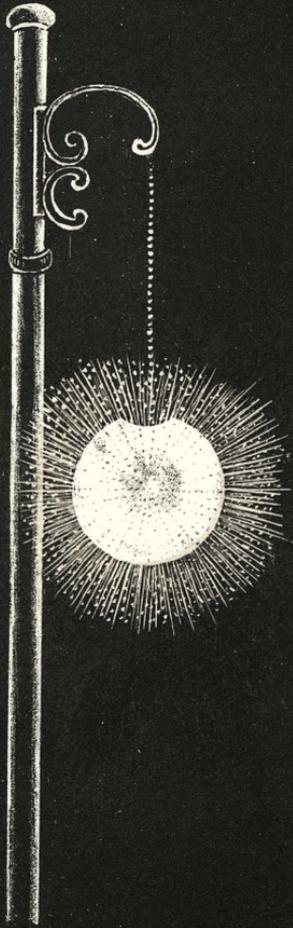
---

Fig. 59



Nach Handzeichnung von Dr. Otto Volger

Lith. Druck von W. Schwalbe, Emden.

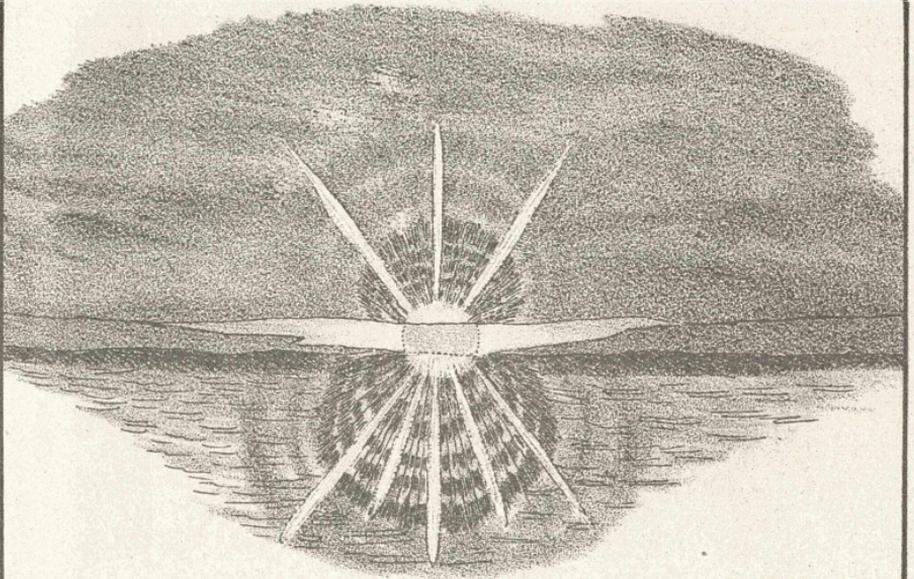


Nach Handzeichnung von Dr. Otto Volger.

Lith. u. Druck von W. Schwalbe, Emmett.

Elektrisches Bogenlicht  
in reiner Luft.

Fig. 66.



Linsenstern  
10. Januar 1889.