

---

#### IV. *Einige Beugungs-Erscheinungen, beobachtet von J. F. W. Herschel.*

---

In dem Artikel: *Light*, welchen Hr. Herschel für die *Encyclopaedia Metropolitana Divis. II Vol. II* geschrieben hat, giebt derselbe, p. 491, als Nachtrag zu den bekannten Fraunhofer'schen Versuchen, von denen ein Auszug im Bd. 74 S. 337 d. Ann. enthalten ist, einige von ihm selbst angestellte Beobachtungen; da sie viel Interesse besitzen, und in dem Werke \*), das im Ganzen nur eine, wiewohl vortreffliche, Zusammenstellung der bis Ende 1827 bekannten Arbeiten über das Licht enthält, leicht übersehen werden könnten, so wird es nicht überflüssig seyn, sie hier in Ausführlichkeit mitzutheilen.

Beobachtet man einen hellen Stern durch ein gutes Fernrohr bei schwacher Vergrößerung, so erscheint er als eine verdichtete Lichtmasse, deren Gestalt sich wegen ihres Glanzes nicht erkennen läßt, welche indess, wie gut auch das Fernrohr seyn mag, selten frei ist von strahlenförmigen Auswüchsen. Wendet man aber eine 200- bis 300- oder 400malige Vergrößerung an, so erblickt man den Stern (unter den günstigen Umständen einer ruhigen Atmosphäre, gleichförmigen Temperatur u. s. w.) als eine vollkommen runde, wohl begränzte planetarische Scheibe, umgeben von zwei, drei oder mehreren abwechselnd dunkeln und hellen Ringen, welche, bei aufmerksamer Betrachtung, sich an ihren Rändern als schwach gefärbt erweisen. Sie folgen einander in fast gleichen Abständen, und sind in Fernröhren regelmässi-

\*) Von dem durch das „*Lehrbuch der mathematischen und physischen Geographie*“ (2 Theile, Göttingen 1829) rühmlichst bekannten Hrn. Dr. J. C. E. Schmidt ist ganz kürzlich eine sehr gute Uebersetzung dieses Werkes erschienen.

ger und vollkommener zu sehen als in Spiegelteleskopen, in denen auch die centrale Scheibe kleiner erscheint als in jenen.

Diese Scheiben wurden zuerst von William Herschel bemerkt, welcher zuerst Fernröhre mit so starker Vergrößerung anwandte, daß sie sichtbar wurden. Sie sind nicht die wirklichen Bilder der Sterne, da diese in viel zu großer Entfernung liegen, um bei irgend einer Vergrößerung einen sichtbaren Durchmesser zu zeigen, sondern *falsche* Bilder, die aus einer, bis jetzt noch etwas dunkeln optischen Ursache entspringen. Aus den Interferenzgesetzen ist klar, daß (sobald der Spiegel oder das Objectiv vollkommen aplanatisch ist) der Brennpunkt in der Axe des Fernrohrs durch die von allen Punkten der Oberfläche dahin gelangenden und in vollkommener Uebereinstimmung stehenden Undulationen erschüttert wird, und daher äußerst glänzend erscheinen muß. Entfernt man sich indess von dem Brennpunkt in irgend einer auf der Axe senkrechten Richtung, so findet diese Uebereinstimmung nicht mehr statt, sondern die Strahlen, welche von der einen Seite des Objectivs kommen, heben die von der andern Seite auf, und in einiger Entfernung so vollkommen, daß daraus ein dunkler Ring entsteht, welchem aus gleichem Grunde ein heller folgt, und so fort. Die Entstehung der centralen Scheibe und der Ringe ist hieraus klar, obgleich es schwierig seyn mag, nach diesen Datis ihre Größe zu berechnen. Indess bekommt man hiedurch keinen Aufschluß über eine der merkwürdigsten Sonderbarkeiten dieser Erscheinung, nämlich, daß die scheinbare Größe der Scheibe bei jedem Sterne eine andere ist, immer desto beträchtlicher, je heller der Stern. Diefes kann keine bloße Täuschung seyn, weil, wenn man gleichzeitig zwei ungleich helle Sterne (z. B. einen Doppelstern) betrachtet, so daß man sie unmittelbar mit einander vergleichen kann, die Ungleichheit ihrer falschen Durchmesser sehr auffallend ist; auch kann die

Erscheinung nicht von einer wirklichen Verschiedenheit der Sterne herrühren, weil die Dazwischenkunft einer Wolke, welche ihre Helligkeit vermindert, auch ihre scheinbaren Scheiben verkleinert, und zuletzt auf bloße Punkte zurückführt. Auch kann es keiner Irradiation oder Fortpflanzung des Lichts auf der Netzhaut zugeschrieben werden, weil in diesem Fall das Licht der centralen Scheibe sich bis zu den Ringen ausbreiten und sie verwischen würde, falls wir nicht annehmen wollen, daß die Vibrationen der Netzhaut nach gleichen Gesetzen wie die des Aethers geschehen, und fähig seyen, mit diesen zu interferiren, in welchem Falle die Scheibe und die Ringe der Netzhaut aus der Interferenz dieser beiden Arten von Undulationen entspringen würden.

Ohne weiter in diese sehr delicate Aufgabe einzudringen, wollen wir uns begnügen, einige Phänomene anzuführen, welche wir bei Auflegung verschieden geformter Diaphragmen auf die Spiegel oder Objective beobachtet haben, und eine nicht unpassende Ergänzung zu den von Fraunhofer beobachteten Wirkungen sehr kleiner Oeffnungen abgeben.

Wird die ganze Oeffnung des Fernrohrs durch ein kreisrundes Diaphragma begränzt, entweder dicht am Objectiv (oder Spiegel) oder in einiger Entfernung von demselben, so vergrößern sich Scheibe und Ringe, im umgekehrten Verhältniß des Durchmessers der Oeffnung. Wurde die Oeffnung sehr verkleinert (für ein Fernrohr von 7 Fuß Brennweite z. B. bis auf einen Zoll), so vergrößerte sich die Scheibe, daß sie wie ein Planet aussah; sie war gut begränzt und nur von einem Ringe umgeben, der hell genug war, um deutlich geschen zu werden, und von Innen aus folgende Reihe schwacher Farben zeigte: Weiß, sehr schwaches Roth, Schwarz, sehr schwaches Blau, Weiß, ungemein schwaches Roth, Schwarz. Wurde die Oeffnung noch weiter, bis auf einen halben Zoll, verkleinert, so waren die Ringe zu schwach, um sichtbar

zu seyn, und die Scheibe, welche zu einer ansehnlichen Gröfse angewachsen war, erhielt durch die jetzt sichtliche Abstufung des Lichts von ihrer Mitte nach dem Umfang ein nehliges, kometenartiges Ansehen.

Wurden ringförmige Oeffnungen angewandt, so waren die Erscheinungen ungemein auffallend und sehr regelmäfsig. Als der äufsere Durchmesser des Ringes 3 und der innere  $1\frac{1}{4}$  Zoll mafs, erschien Capella als eine Scheibe, umgeben von zwei hellen Ringen, von denen der innere der breitere war, und von der Scheibe durch ein schmäleres Intervall als von dem äufseren Ringe getrennt wurde. Aehnlich war das Ansehen des Doppelsterns Castor; bei jedem seiner Sterne umgaben die kleine weifse Scheibe erst ein dunkler, dann ein heller breiterer, dann wieder ein schmaler dunkler und zuletzt ein breiterer matter Ring; die drei letzten Ringe beider Sterne griffen in einander.

Wurde die Breite des ringförmigen Ausschnitts verringert, so nahm auch die Gröfse der Scheibe und die Breite der Ringe ab (dem entgegen, was bei Fraunhofer's Versuchen mit ungemein schmalen Ringen stattfand, ein Fingerzeig, dafs diese Erscheinungen von anderen Principien abzuleiten), die Zahl derselben aber zu. Mit ringförmigen Oeffnungen von  $5'',5-5'',0$  (d. h. deren äufserer Durchmesser  $=5'',5$  und deren innerer  $=5'',0$ ), von  $0'',7-0'',5$  und von  $2'',2-2'',0$  löste sich Capella in ein rundes Pünktchen auf, umgeben von einer Reihe concentrischer, abwechselnd heller und dunkler Ringe, die, bei Anwendung der schmälisten Apertur so zart und zahlreich waren, dafs man sie kaum zu zählen vermochte, und bei oberflächlicher Betrachtung einen blofsen Lichtleck zu sehen glaubte. Wurde die Breite der letzteren Apertur auf die Hälfte ( $0'',1$ ) reducirt, so konnten die Zwischenräume der Ringe nicht mehr unterschieden werden. Die Durchmesser der Ringe und der Scheibe schienen im Allgemeinen der Gröfse  $\frac{r'-r}{r}$  proportional zu seyn.

Außer den Ringen, welche die Scheibe in unmittelbarer Nähe umgeben, erblickt man noch andere von größerem Durchmesser und schwächerem Licht, die den Höfen um die Himmelskörper ähnlich sind, und, nach Fraunhofer's Sprache, zu den Spectris der andern Klasse gehören. Bei einem einzelnen ringförmigen Ausschnitt sind sie zu schwach, um gehörig untersucht zu werden, wendet man aber eine Diaphragma von zwei concentrischen Ringen an, so sind sie sehr deutlich und auffallend.

Hat die Oeffnung die Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks, so ist die Erscheinung ungemein schön; sie besteht dann aus einem vollkommen regelmäßigen glänzenden, sechsstrahligen Stern, welcher eine gut begrenzte kreisrunde Scheibe von großer Helligkeit umgiebt. Die Strahlen hängen nicht mit der Scheibe zusammen, sondern sind von ihr durch einen dunkeln Ring getrennt. Sie sind sehr schmal, vollkommen gerade, und ausnehmend deutlich, weil alles zerstreute Licht, welches ohne Anwendung des Diaphragma's das Gesichtsfeld füllt, zerstört wird. Fig. 8 Taf. III ist eine Abbildung dieser schönen Erscheinung. Dasselbe findet statt, wenn statt des gleichseitigen Dreiecks die Oeffnung aus dem Zwischenraum zweier concentrischer und ähnlich liegender gleichseitiger Dreiecke besteht.

Da ein Dreieck nur drei Seiten und drei Winkel besitzt, so scheint es sonderbar, daß durch dasselbe ein sechsstrahliger Stern hervorgebracht wird. Nimmt man an, daß drei Strahlen durch die Winkel und drei durch die Seiten entstehen, so steht zu erwarten, daß in den abwechselnden Strahlen ein merklicher Unterschied vorhanden sey, der ihren verschiedenen Ursprung andeute. Ist das Fernrohr genau in den Brennpunkt gestellt, so sind alle Strahlen völlig gleich, zieht man es aber aus dem Brennpunkt, so wird die Verschiedenheit ihres Ursprungs sichtbar. Fig. 9 Taf. III zeigt die dann auftretende Erscheinung; die Zweige bestehen abwechselnd aus

einer Reihe nach der Länge laufender Fransen, die andern aber aus kleinen Bogen, welche in den Scheiteln von Hyperbeln liegen und die Strahlen senkrecht durchkreuzen. Bringt man das Fernrohr besser in den Brennpunkt, so nähern sich die Hyperbeln ihren Asymptoten, bis sie zuletzt von diesen nicht mehr zu unterscheiden sind. Auf diese Weise entstehen drei der Strahlen aus zusammenhängenden Lichtlinien, die drei dazwischenliegenden aber aus einer Unzahl getrennter, unendlich nahe an einander liegender Punkte. Der analytische Ausdruck für die Intensität des Lichts in einem der discontinuirlichen Strahlen würde eine Function von sehr sonderbarer Natur und schwieriger Behandlung erfordern.

Das eben beschriebene Phänomen liefert für gewisse Fälle ein sehr vollkommenes Positions-Mikrometer zum astronomischen Gebrauche dar. Wird das Diaphragma gedreht, drehen sich die Strahlen mit; und wenn ein heller Stern (z. B.  $\alpha$  im Adler) nahe bei sich einen kleineren stehen hat, so kann das Diaphragma so gedreht werden, daß einer der Strahlen durch den kleineren Stern geht, welcher nun wie eine Perle an einem Faden hängt und mit Mufse beobachtet werden kann. Kann dann die Lage des Diaphragma's an einer gehörig eingerichteten Theilung abgelesen werden, so ist dadurch die relative Lage der beiden Sterne bekannt. Wir haben uns durch Versuche von der Ausführbarkeit dieses Verfahrens überzeugt, das durch gehörige Einrichtung in Fällen, die anfangs sehr schwierig scheinen, mit Nutzen angewendet werden kann.

Gebraucht man drei kreisrunde Oeffnungen, deren Mittelpunkte in den Winkelpunkten eines gleichseitigen Dreiecks liegen; so besteht das Bild aus einer hellen centralen Scheibe, die von sechs matten Scheiben berührt und von einem System sehr schwacher halonenartiger Ringe umgeben wird (Fig. 10 Taf. III). Werden dage-

gen drei gleiche, ringförmige Oeffnungen auf die erwähnte Art geordnet, und steht das Fernrohr genau im Brennpunkt, so ist die Erscheinung genau so, wie wenn zwei der Oeffnungen verschlossen sind, also wie vorhin bei Anwendung eines einzigen ringförmigen Ausschnitts. Zieht man aber das Fernrohr etwas aus dem Brennpunkt, so stellt sich ein Unterschied ein. Die Erscheinung ist dann, wie es Fig. 11 Taf. III zeigt; jede der Oeffnungen erzeugt ihre eigene Scheibe und eigenes Ringsystem, und aus den Durchschnitten dieser drei Systeme entstehen die dort abgebildeten Fransen. Letztere verschwinden, so wie das Fernrohr besser in den Brennpunkt gestellt wird, und die Erscheinung hat dann die in Fig. 12 abgebildete Gestalt; die Mittelpunkte rücken gegenseitig immer näher und die Ringe verlaufen in einander, bis der Punkt des vollständigen Zusammenfallens erreicht ist.

Eine Oeffnung in Gestalt des Zwischenraums zweier concentrischer Quadrate bringt keinen acht-, sondern einen vierstrahligen Stern hervor. Die Strahlen bestehen jedoch nicht wie bei der dreiseitigen Oeffnung aus ununterbrochenen, von der Mitte aus immer dünner werdenden Linien, sondern deutlich und abwechselnd aus dunkeln und hellen Stücken, wie es in Fig. 13 abgebildet ist. Die der kreisrunden Scheibe zunächst liegenden Stücke bestehen aus Streifen, die auf der Richtung der Strahlen senkrecht liegen und prismatische Farben zeigen; und ohne Zweifel sind auch weiterhin auf den Strahlen, welche sich sehr weit erstrecken, ähnliche Querstreifen vorhanden.

Eine Oeffnung, bestehend aus fünfzig Quadraten von einem halben Zoll in Seite und regelmäfsig so geordnet, dafs sie nach den beiden rechtwinkligen Richtungen Räume von gleicher Breite wie ihre Seiten zwischen sich lassen, brachte ein Bild hervor, ganz verschieden von dem, welches Fraunhofer bei der Kreuzung zweier

sehr engen Gitter entstehen sah, wiewohl die Vertheilung und die Gestalt der Oeffnungen in beiden Fällen gleich war. Es bestand, wie es in Fig. 14 Taf. III abgebildet ist, aus einer weissen, runden, centralen Scheibe, umgeben von acht lebhaften Spectris, die in den Umkreis eines Quadrats liegen, ausserhalb dessen noch zwei dreifache Reihen sehr schwacher Spectra ein Kreuz bilden und sich bis in sehr grosse Entfernung erstrecken.

Besteht die Oeffnung aus vielen gleichseitigen Dreiecken in der regelmässigen Anordnung, welche Fig. 15 Taf. III zeigt, so erblickt man die in Fig. 16 abgebildete sehr schöne Erscheinung, nämlich einen sechsseitigen Stern, zusammengesetzt aus rundlichen Scheiben, von denen jede mit einem Ring umgeben ist. Die Scheibe in der Mitte ist farblos und hell; die übrigen sind farbig und in Spectra verlängert, desto stärker, je weiter sie vom Mittelpunkt liegen. Diefs sind nur einige wenige der sonderbaren und schönen Erscheinungen, welche von Fernröhren durch die Gestalt ihrer Oeffnungen hervorgebracht werden; sie bieten der fernern Untersuchung ein weites Feld dar, und sind eben so interessant für den Künstler wie für den Naturforscher.

*Zusatz.* Vorstehende Beobachtungen des Hrn. Herschel erinnern zu sehr an einige verwandte, welche Hr. Arago in den *Annal. de chim. et de phys. T. XXVI p. 435* bekannt gemacht hat, als das ich umhin könnte, sie bei dieser Gelegenheit ebenfalls mitzutheilen.

Wenn man, sagt dieser Physiker, eine kreisrunde Oeffnung von gewissem Durchmesser, z. B. von einem Zoll, vor das Objectiv eines astronomischen Fernrohrs stellt, so erscheinen die Bilder der Sterne im Brennpunkt wohl begrenzt, und mit einer Reihe sehr zarter, dicht zusammenliegender Lichtringe umgeben. Der Glanz  
der



der Ringe schwankt unaufhörlich an verschiedenen Stellen des Umfangs, und oft sind einige Punkte gänzlich verschwunden.

Wenn man nun das Ocular ein wenig einschiebt, so sieht man das Bild des Sternes gröfser werden, und bald darauf entsteht in der Mitte ein schwarzer, runder, scharf begränzter Fleck, ein wahres dunkles Loch. Der Abstand vom Brennpunkt, bei dem man diesen Fleck erblickt, ist verschieden nach der Oeffnung des Diaphragma.

Eine weitere Einschiebung des Oculars bewirkt zunächst eine Vergrößerung des dunkeln Flecks, und dann die Entstehung einer kleinen Lichtscheibe, welche die Mitte einnimmt. Vom Mittelpunkt nach dem Umfang gerechnet, besteht alsdann der Stern aus einer Lichtscheibe, einem breiten dunkeln Ring, einem breiten hellen Ring u. s. w. Bei einer dritten, dem Objectiv noch mehr genäherten Lage des Oculars, ist die Mitte des Bildes wiederum dunkel, und auf einen breiten hellen Ring, der sie umgiebt, folgt erst ein dunkler, dann ein heller Ring u. s. w.

Allgemein bekannt war es, dafs man durch eine Verschiebung des Oculars im Fernrohre dem verworrenen Bilde eines Sternes immer gröfsere Dimensionen geben kann; allein ich weifs nicht, ob man schon bemerkt hat, dafs bei dieser Verschiebung die Mitte des Bildes eine kreisrunde und wohl begränzte, abwechselnd helle und dunkle Scheibe darbietet.

Diese Erscheinung steht nicht nur mit dem Funkeln der Sterne in Beziehung, sondern kann selbst ein Mittel zur Messung derselben abgeben.

Gesetzt das Ocular eines Fernrohrs befinde sich in einer der Lagen, wo die noch ganz dunkle Mitte des Bildes eines Sterns nahe daran ist, hell zu werden. Wenn der Stern nicht funkelt, wird die Gestalt seines Bildes constant bleiben; funkelt aber der Stern ein wenig, so

erscheint mitten im schwarzen Fleck von Zeit zu Zeit ein kleiner Lichtpunkt, gleich als wenn man in diesem Augenblick das Ocular ein wenig weiter eingeschoben hätte. Ist das Funkeln anhaltend, so dauert diese Erscheinung unaufhörlich fort.

Alle diese Umstände ergeben sich sehr einfach aus der von Hrn. Arago gegebenen Erklärung von dem Funkeln, vermöge welcher diese Erscheinung eine Wirkung der Interferenz der Strahlen ist; denn man braucht nur in den Schichten der Atmosphäre, welche der Strahl auf seinem Wege zum Auge durchläuft, äußerst geringe Unterschiede in der Dichte oder der Temperatur anzunehmen.

Es war hier nur von der Einschiebung des Oculars die Rede; zieht man dasselbe aus, entfernt man dasselbe vom Objectiv, so nimmt man zwar ähnliche Erscheinungen wahr, allein sie sind weniger scharf, und, weil zugleich Färbungen auftreten, weniger einfach.

*P.*

---

V. *Eine Bemerkung über Gase und Dämpfe;*  
*von H. W. Dove;*

---

Vergleicht man die Versuche von Davy und Faraday über die Compression der Gase zu Flüssigkeiten mit denen von Dulong und Arago über die Elasticität der Wasserdämpfe, so erhält man, wenn mit  $e$  die Elasticität der Dämpfe, welche bei der Temperatur  $t$  C. über der Flüssigkeit stehen, oder anders gesagt, mit  $t$  der Kochpunkt derselben unter dem Druck  $e$  bezeichnet wird, folgende Resultate: