



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik**

**Müller, Johann Heinrich Jacob**

**Braunschweig, 1894**

126. Protuberanzen und Corona

---

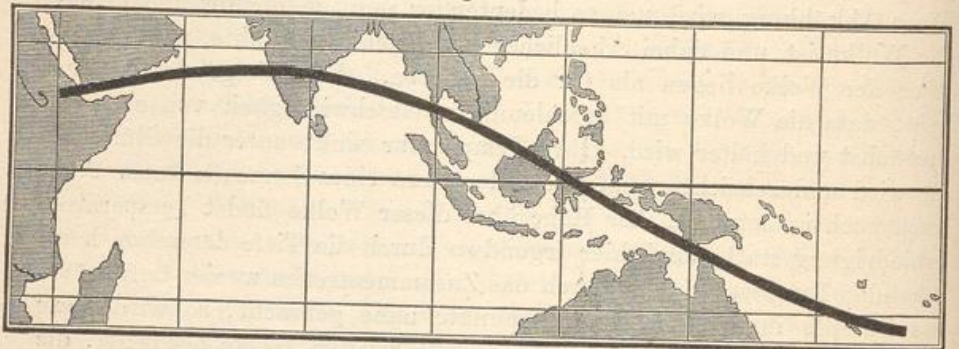
[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

Schlackeninsel als Kernfleck erscheint, während die Wolkenwände die Penumbra bilden.

126 **Protuberanzen und Corona.** Schon seit sehr langer Zeit hat man bemerkt, dass die Sonnenoberfläche bei totalen Sonnenfinsternissen noch ganz besondere Erscheinungen zeigt, die man aber früher wenig genau untersuchen konnte, weil die Totalität der Finsternisse immer nur wenige Minuten dauert, und es dabei von Interesse ist, auf mehr als eine Erscheinung zu achten. Zweierlei Phänomene sind dabei besonders hervortretend, nämlich 1) die Protuberanzen, und 2) die Corona.

Die Protuberanzen erscheinen als rothe flammen- oder wolkenartige Gebilde von höchst verschiedenen Formen. Sie sind namentlich seit dem Jahre 1851 mit grosser Aufmerksamkeit beobachtet, doch gelang es erst im Jahre 1868 mit Hilfe der Spectralanalyse, ihre physische Beschaffenheit festzustellen. Bis zum Jahre 1860 war man sogar im Zweifel, ob

Fig. 191.



die Protuberanzen der Sonne oder dem Monde angehörten; bei der in diesem Jahre stattfindenden Finsterniss fand man aber durch fortgesetzte Messungen ihrer Höhe, dass sie zur Sonne gehörten.

Im Jahre 1868 war das Spectroskop schon in allgemeiner Anwendung, und zur Beobachtung der in diesem Jahre am 18. August im südlichen Theile von Asien stattfindenden Sonnenfinsterniss wurden viele Beobachter, unter Anderen auch von Deutschland, ausgesickt.

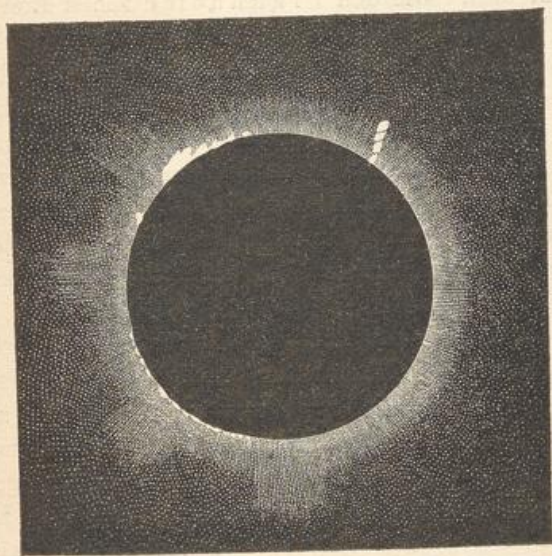
Zur Zeit dieser Finsterniss befand sich die Sonne fast in ihrer Erdferne, der Mond aber in seiner Erdnähe und in Folge dessen war die Dauer der totalen Verfinsterung ungewöhnlich gross. Während die totale Verfinsterung im Jahre 1860 nur  $2\frac{1}{2}$  Minuten gedauert hatte, betrug die Dauer der totalen Verfinsterung im Jahre 1868 auf der Westküste von Vorderindien  $5^m 10^s$ , an der Ostküste  $5^m 45^s$  und erreichte im Golf von Siam ihr Maximum von  $6^m 50^s$ . Das Kärtchen Fig. 191 zeigt die Zone der Totalität, welche bei einer Breite von 30 geographischen Meilen eine Länge von 2000 Meilen hatte.

Eine norddeutsche Expedition beobachtete zu Mulvar an der Westküste von Vorderindien, während die norddeutsche photo-

graphische Expedition ihre Aufstellung in der Nähe von Aden an der Südspitze von Arabien genommen hatte. In der Nähe von Aden beobachteten auch die Mitglieder der österreichischen Expedition. Englische Beobachter waren an der West- und an der Ostküste von Vorderindien placirt. An der Ostküste von Vorderindien stellte auch der französische Physiker Janssen seine ergebnissreichen Beobachtungen an, während eine andere französische Expedition ihren Standpunkt auf der Halbinsel Malacca gewählt hatte.

Leider ist die Beobachtung dieser vielversprechenden Finsterniss nicht von der Witterung begünstigt gewesen. An der Westküste von

Fig. 192.



Indien, wo die Finsterniss 5 Minuten dauerte, herrschte so trübes Wetter, dass die deutsche Expedition die Sonne nur 5 Secunden lang durch eine Wolkenlücke beobachten konnte, eine Zeit, welche jedoch hinreichte, um die Lage und Dimensionen einiger Protuberanzen zu bestimmen. Auf der Ostküste Vorderindiens klärte sich der Himmel auf und gestattete umfanglichere Beobachtungen. In Aden, wo die Finsterniss um 6<sup>h</sup> 20<sup>m</sup>

Morgens begann, herrschte zwar auch trübes Wetter, es wurde jedoch möglich, die Sonne durch die Wolken zu beobachten und mehrere gute Photographien zu erhalten.

Fig. 192 stellt eine Totalansicht der Finsterniss dar; man erkennt in der Corona deutlich mehrere Protuberanzen, von denen die oben rechts besonders merkwürdig ist. Sie erscheint auf den zu Aden aufgenommenen Photographien und wurde nicht allein 32 Minuten später zu Mulvar, also ungefähr 350 Meilen von Aden entfernt, von der deutschen, sondern auch noch in Hinterindien von der französischen Expedition nahezu in derselben Lage und Gestalt beobachtet, woraus unzweifelhaft hervorging, dass diese Gebilde dem Sonnenkörper selbst angehören. Die scheinbare Höhe dieser Protuberanz ist von Engländern und Franzosen gemessen und gleich drei Minuten gefunden worden, wonach die wahre Höhe dieses Gebildes gegen 20 000 geographische Meilen betragen muss. Weiss (österr. Exped.) beobachtete diese grosse, während der Totalität der Finsterniss selbst mit blossem Auge sichtbare, in lebhaftem Carmin

glänzende Protuberanz noch eine Minute lang nach dem Hervorbrechen der Sonne, bis eine Wolke sie verdeckte.

Die Spectralanalyse der Protuberanzen, welche theils an der Ostküste von Vorderindien, theils auf der Halbinsel Malacca von Rayet, A. Herschel, Tennant, Janssen und Anderen ausgeführt wurden, lieferten den unumstösslichen Beweis, dass diese Gebilde gasförmiger Natur sind. Bei Anwendung des mit Fernrohren verbundenen geradsichtigen Spectroskops (spectroscope à vision directe) ergab sich nämlich, dass das Spectrum der Protuberanzen aus einigen isolirten hellen Linien besteht. Einige Beobachter zählten deren neun, andere fünf oder nur drei. Die den Fraunhofer'schen Linien *C* und *F* entsprechenden hellen Linien wurden von allen Beobachtern wahrgenommen und somit ist also glühendes Wasserstoffgas der wesentlichste Bestandtheil der Protuberanzen; ausser diesen beiden Hauptlinien wurden aber auch von einzelnen Beobachtern eine Linie nahe bei *D* (gewöhnlich mit  $D_3$  bezeichnet), eine Linie nahe bei *G* und mehrere andere gesehen, die mit irdischen Stoffen nicht haben in Uebereinstimmung gebracht werden können. Die sehr auffällige Linie  $D_3$ , welche sich auch im Spectrum der Chromosphäre findet, schreibt man einem Stoffe zu, den man Helium genannt hat.

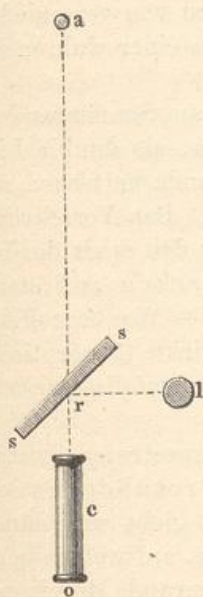
Die grosse Helligkeit der Linien des Protuberanzspectrum erregte bei Janssen die Hoffnung, dieselben auch ausser der Zeit einer totalen Sonnenfinsterniss, also jederzeit mit dem Spectroskop beobachten zu können, wenn nur überhaupt die Sonne am Himmel steht. Der gleich am 19. August, dem Tage nach der totalen Finsterniss, von ihm gemachte Versuch bestätigte seine Hoffnung auf das Vollständigste. Er richtete den Spalt des an einem grossen Fernrohre angebrachten Spectroskops radial auf den Rand der Sonnenscheibe, und zwar nach Stellen, an welchen er Tags zuvor leuchtende Protuberanzen beobachtet hatte. Es zeigten sich zwei Spectra, nämlich das des Sonnenrandes mit den dunklen Linien und das aus hellen Linien bestehende Spectrum der Protuberanzregion. Um den störenden Glanz des Sonnenspectrum zu vermeiden, wurde das Instrument so gestellt, dass das Gelb, Grün und Blau ausserhalb des Gesichtsfeldes fiel und nur das Roth übrig blieb; es zeigte sich jetzt die dunkle Linie *C* im Spectrum des Sonnenrandes und in der Verlängerung desselben eine hellglänzende, rothe Linie. Es zeigte sich ferner ein aus nur wenigen hellen Linien gebildetes Spectrum, wenn der Spalt von dem Sonnenrande ganz entfernt wurde, so dass er nur auf die Protuberanzen gerichtet war.

Der Grund, weshalb die Protuberanzen nicht unter den gewöhnlichen Verhältnissen bei Ablendung des intensiven Sonnenbildes sichtbar sind, liegt einfach in den das Bild der Protuberanz überdeckenden, stark beleuchteten Theilchen unserer Atmosphäre. Bei einer totalen Sonnenfinsterniss wird dieses superponirte Licht so bedeutend abge-

schwächt, dass die intensiv leuchtenden Protuberanzen sammt der Corona sichtbar werden.

Die Möglichkeit, die Protuberanzen bei vollem Tageslicht sichtbar zu machen, beruht nun darauf, dass das Licht der Protuberanzen nur aus drei homogenen Lichtarten besteht, bei prismatischer Zerlegung also drei lichtstarke, isolirte Bilder liefert, während das weisse, superponirte Licht der Atmosphäre zu einem vollständigen Spectrum von verhältnissmässig geringer Lichtstärke ausgebreitet, also an den einzelnen Stellen

Fig. 193.



des Spectrums so abgeschwächt wird, dass es die hier auftretenden lichtstarken Protuberanzbilder nicht mehr unsichtbar machen kann.

Von der Anwendbarkeit dieses Princips kann man sich leicht auf folgende Weise überzeugen. Es sei *a*, Fig. 193, die durch Kochsalz gelb gefärbte Flamme eines Bunsen'schen Brenners, welchen man durch ein 3 bis 4 m von *a* aufgestelltes (in einem der folgenden Paragraphen näher zu besprechendes) geradliniges Spectroskop *c* betrachten kann, dessen Spalt gerade so weit geöffnet wird, dass die Flamme *a* ihrer ganzen Breite nach sichtbar ist. Zwischen *a* und *c* wird nun eine unbelegte Platte von geschliffenem Spiegelglas unter einem Winkel von  $45^\circ$  gegen *ac* aufgestellt, welche das Licht einer seitlich bei *l* aufgestellten, hell leuchtenden Argand'schen Lampe in einer Richtung *ro* reflectirt, welche mit *ao* zusammenfällt. Sieht man von *o* aus ohne Spectroskop nach *a* hin, so ist der Glanz des Spiegelbildes von *l* so stark, dass die Natriumflamme bei

*a* vollkommen unsichtbar wird; sieht man aber durch das bei *c* aufgestellte Spectroskop, so erscheint nun die gelbe Flamme *a* hellglänzend auf dem lichtschwachen Spectrum, zu welchem das Bild von *l* ausgebreitet wird.

Durch einen solchen, nur etwas anders arrangirten Versuch hat Zöllner die Richtigkeit dieses Princips erläutert.

Schon im Jahre 1866 hatte Lockyer versucht, auf diesem Wege das Spectrum der Protuberanzen zu beobachten, es gelang ihm aber nicht, weil sein Prismenapparat nicht die hinlängliche zerstreuernde Kraft hatte. Janssen wandte ein stärker zerstreuerndes Prismensystem an, durch welches das Spectrum der hell erleuchteten Luft mehr ausgebreitet und abgeschwächt wurde, während die homogenen Linien des Protuberanzspectrum keine weitere Ausbreitung und Abschwächung erfuhren.

Mit dem besten Erfolge wurden nun nach Janssen's Vorgang die Spectra der Protuberanzen auch in Europa beobachtet, namentlich von Lockyer, Secchi, Tietjen u. s. w. Secchi constatirte im Spectrum

der Protuberanzen ausser den Wasserstofflinien noch das Vorkommen einer hellen Linie nahe bei *B* und einer solchen nahe bei *D* (nicht *B* und *D* selbst), einer hellen Linie zwischen den hellen Magnesiumlinien *b* und einiger Eisenlinien. (Die drei Hauptlinien der Protuberanzen siehe Tab. 10, Fig. 6.)

Die ferneren Beobachtungen des Sonnenrandes mittelst des Spectroskops zeigten alsbald, dass die ganze Sonne rings von einer Hülle desselben Gases umgeben ist, welches die Protuberanzen bildet, so dass also die Protuberanzen nur als locale Anhäufungen dieses Gases erscheinen. Die scheinbare Höhe dieser mit dem Namen der Chromosphäre bezeichneten glühenden Wasserstoffhülle wird von verschiedenen Beobachtern übereinstimmend zu 15'' angegeben, was einer wahren Höhe von 1660 geographischen Meilen entspricht.

Secchi hat ferner bemerkt, dass unmittelbar am Sonnenrande die Wasserstofflinien, und zwar namentlich *C*, aufhören, als dunkle Linien zu erscheinen, dass man sich aber erst etwas vom Rande entfernen muss, wenn man sie als helle Linien wahrnehmen will. Das Verschwinden der dunklen Linie *C* beobachtete Secchi auch, als er den Spalt des Spectroskops auf die in der Umgebung von Sonnenflecken auftretenden Fackeln richtete, ein Beweis, dass hier das Licht des Wasserstoffs hinlänglich intensiv war, um die durch denselben bewirkte Absorption zu compensiren. An der Stelle der Fackeln findet also ebenfalls eine mächtige Anhäufung des glühenden Wasserstoffs statt.

Die sorgfältige Beobachtung des Protuberanzspectrums gestattet aber auch annähernd wenigstens, die Gestalt der Protuberanz selbst zu ermitteln. Die Länge der hellen Spectrallinien giebt uns nämlich Auskunft über die Höhe der Protuberanz an der Stelle, auf welche gerade der Spalt gerichtet ist; zeigt sich eine von dem Sonnenrande durch einen dunklen Zwischenraum getrennte helle Linie, so kann man daraus schliessen, dass man es mit einer isolirt über der Sonne schwebenden Wasserstoffwolke zu thun habe. Man braucht nur den Spalt des Spectroskops nach und nach auf die verschiedenen Partien einer Protuberanz zu richten, überall Länge und Lage der hellen Spectrallinien zu notiren, um alsdann aus der Zusammenstellung dieser Data die Gestalt der ganzen Protuberanz zu construiren, wie dies Janssen in der That mit Erfolg gethan hat.

Die vollkommenste Methode zur Beobachtung der Protuberanzen hat aber Zöllner ausgemittelt; sie besteht einfach darin, dass man den Spalt des am Fernrohr angebrachten und auf die Protuberanz gerichteten Spectroskops weit genug öffnet, um die ganze Protuberanz übersehen zu können, so dass statt der getrennten hellen Spectrallinien ungetrennte farbige Bilder der ganzen Protuberanz im Gesichtsfelde erscheinen, und zwar beobachtete Zöllner deren drei, ein rothes (*C*) und ein blaues (*F*), und zwischen ihnen ein gelbes, welches sich aber von den beiden anderen dadurch unterscheidet, dass es nur für die unteren Partien der Protuberanz sichtbar ist. Es rührt das gelbe Bild also offenbar von

einem schweren glühenden Gase her, welches nicht bis zu der Höhe des glühenden Wasserstoffgases aufsteigt.

Tab. XXX und XXXI des Atlas stellt eine Reihe der von Zöllner beobachteten Protuberanzen dar. Bei einem Theil der hier dargestellten Protuberanzen ist die scheinbare Höhe beigeschrieben. Die 120'' hohe Protuberanz, Fig. 2, zeigte eine züngelnde Bewegung, und zwar betrug die Zeit, welche eine solche Flammenwelle brauchte, um sich von der Basis bis zur Spitze des Gebildes fortzupflanzen, 2 bis 3 Secunden. Trotz eifrigen und andauernden Suchens ist es Zöllner nicht gelungen, eine ähnliche Erscheinung wieder zu beobachten.

Von der grossen Schnelligkeit jedoch, mit welcher sich die Protuberanzen ihrer Form und Intensität nach verändern, geben die übrigen Abbildungen der Tab. XXX interessante Beispiele. Fig. 3 stellt sechs rasch auf einander folgende Phasen einer und derselben, am 1. Juli beobachteten Protuberanz dar, wie sie zu den unten beigesetzten Zeiten erschienen. Tab. XXXI stellt eine von Zöllner und Tab. XXXII stellt einige von Secchi beobachtete Protuberanzen in grösserem Maassstabe dar.

Man unterscheidet zweierlei Arten von Protuberanzen, nämlich die wolkenförmigen und die eruptiven. Die ersteren haben eine grosse Aehnlichkeit mit unseren irdischen Wolken oder mit den Rauchmassen, wie sie sich über den feuerspeienden Bergen zur Zeit der Ausbrüche bilden. Sie bestehen, wie das Spectroskop zeigt, hauptsächlich aus Wasserstoffgas und dem bereits genannten Helium, und verändern ihre Form verhältnissmässig langsam. Die eruptiven Protuberanzen brechen an Stellen, die vorher nichts Auffallendes zeigten, plötzlich in Säulenform, wie der Wasserstrahl eines Springbrunnens, zu ungeheuren Höhen empor, die zum Theil die Hälfte der Entfernung des Mondes von der Erde erreichen, und mit einer Geschwindigkeit, welche bisweilen über 40 geographische Meilen in der Secunde beträgt. Hier finden sich ausser dem Wasserstoff und dem Helium noch manche andere Stoffe, wie Eisen, Magnesium, Natrium, Baryum und Titan, die wohl durch die Gewalt der Eruption aus grösseren Tiefen emporgeschleudert werden.

Weit räthselhafter als die Protuberanzen ist die sogenannte Corona, ein bei totalen Sonnenfinsternissen auftretender weisslicher Hof um die Sonne von häufig sehr unregelmässiger Form, die zum Theil einem raschen Wechsel unterworfen ist. Die Ausdehnung dieses Hofes ist zum Theil überaus gross, weit grösser als der Durchmesser der Sonne. Bei Gelegenheit mehrerer Sonnenfinsternisse, namentlich denjenigen der Jahre 1878 und 1889, welche in Nordamerika sichtbar waren, wurde die Corona genau untersucht und von vielen Stationen aus gezeichnet, doch zeigen die Zeichnungen theilweise sehr wesentliche Unterschiede. Die spectroscopische Untersuchung zeigte, dass die Corona ein schwaches continuirliches Spectrum ergiebt mit einer hellen, grünen Linie (1474 der Kirchhoff'schen Scala), die sich auch im Spectrum der Protuberanzen findet, dagegen nicht in dem Spectrum der Sonne selbst, auch hat sie mit keiner

Linie eines irdischen Stoffes bisher identificirt werden können. Ausser dieser Linie, welche man die Coronalinie nennt, haben einige Beobachter noch andere Linien gesehen, z. B. die bereits erwähnte Linie  $D_3$  des Helium.

Es ist nun die Vermuthung ausgesprochen worden, dass das Wasserstoffgas möglicherweise in der Sonnenatmosphäre theilweise dissociirt vorkommt, und dass es ein zusammengesetztes Gas ist, dessen einzelne Bestandtheile die Linie  $D_3$  und die Coronalinie ergeben. Einzelne Beobachter wollen ausser diesen hellen Linien noch dunkle Linien gesehen haben, und es würde dies ein Zeichen davon sein, dass das Licht der Corona theilweise reflectirtes Sonnenlicht ist. Hierüber müssen fortgesetzte Untersuchungen Aufklärung geben. Leider kann man die Corona nur zur Zeit der totalen Sonnenfinsternisse wahrnehmen. Der Engländer Huggins war zwar eine Zeit lang der Ansicht, dass die Strahlen der Corona auch zu anderen Zeiten chemisch wirksam sind und sich auf Photographien zeigen, indessen hat sich diese Vermuthung nicht bestätigt.

Wie bei der Frequenz der Sonnenflecken, so hat man auch bezüglich der Ausdehnung und Form der Corona eine elfjährige Periode vermuthet, indessen ist hier das Beobachtungsmaterial so spärlich, dass es wohl zu früh erscheint, eine derartige Hypothese aufzustellen.

127 **Physische Constitution der Sonne.** Frankland hat die interessante Entdeckung gemacht, dass eine Wasserstoffflamme, in Sauerstoff von hohem Druck brennend, mit hellem Lichte leuchtet und ein ganz continuirliches Spectrum liefert, wie glühende feste oder flüssige Körper. Dies veranlasste Wüllner (Pogg. Ann. CXXXVII), das Licht des Inductionsfunken spectroscopisch zu untersuchen, wenn derselbe nicht durch verdünnte, sondern durch verdichtete Gase hindurchgeht.

Wüllner hat gefunden, dass das Wasserstoffspectrum ein continuirliches wird, wenn das Gas in der Spectralröhre eine grosse Dichtigkeit hat und man dasselbe durch einen grossen Ruhmkorff'schen Apparat mit eingeschalteter Leydener Flasche ins Glühen bringt.

Geht der Funke, welchen der Apparat bei eingeschalteter Flasche liefert, durch eine Röhre, in welcher das Wasserstoffgas nur dem Druck einer Quecksilbersäule von 23 mm Höhe ausgesetzt ist, so besteht das Spectrum noch aus den bekannten drei hellen Linien  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$  und  $H_\gamma$ , von denen die blaue und violette schon verwaschen sind. Der Hintergrund ist noch dunkel und nur zwischen  $D$  und  $F$  schwach erleuchtet.

Bei zunehmendem Druck dehnen sich  $H_\beta$  und  $H_\gamma$  immer mehr aus, so dass sie bald nur noch als Helligkeitsmaxima auf einem immer heller werdenden, continuirlich erleuchteten Grunde erscheinen; gleichzeitig wird allmählich auch  $H_\alpha$  weniger scharf und verbreitert sich, so dass diese rothe Linie bei einem Druck von 300 mm als ein breites, rothes Band erscheint, welches von dem in Orange beginnenden continuirlichen Spectrum nicht