



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

125. Die physische Beschaffenheit der Sonnenflecken

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

Die Zahl der Sonnenflecken wechselt sehr bedeutend. In manchen Jahren giebt es sehr viele, in anderen äusserst wenige, und genaue Untersuchungen, welche namentlich von R. Wolf in Zürich mit grosser Ausdauer ausgeführt sind, haben gezeigt, dass eine deutliche Periodicität von ungefähr 11 Jahren stattfindet, deren Ursache allerdings noch nicht bekannt ist.

Man hat vermuthet, dass die grössere oder geringere Häufigkeit der Sonnenflecken einen Einfluss auf unsere Witterungsverhältnisse ausüben müsse, dass fleckenreichere Jahre kühler sein müssten; die Erfahrung scheint eine solche Annahme nicht zu bestätigen, dagegen findet ein auffallender Zusammenhang zwischen den Sonnenflecken und den magnetischen Variationen statt, indem sich die magnetischen Variationen am stärksten zeigen, wenn zahlreiche Sonnenflecken vorhanden sind, während das Minimum der Sonnenflecken auch mit dem Minimum der magnetischen Variationen zusammenfällt.

Die Sonnenflecken wurden zum ersten Male von Johann Fabricius im Jahre 1610 beobachtet; Galilei entdeckte sie im Jahre 1612. Scheiner wandte zu ihrer Beobachtung zuerst die bereits von Apian empfohlenen Blendgläser an, deren Nichtgebrauch wohl vorzugsweise Galilei's Erblindung veranlasste.

125 Die physische Beschaffenheit der Sonnenflecken. Bei genauerer Betrachtung der Sonnenflecken erkennt man, dass der dunkle Kern derselben gleichsam mit einem Halbschatten umgeben ist, welcher den Namen der *Penumbra* führt.

Die Contouren des Kerns sowohl wie der *Penumbra* sind unregelmässig gestaltet und meist liegen mehrere Kerne in einer gemeinschaftlichen *Penumbra*, wie Fig. 184 zeigt, welche eine getreue Darstellung wirklich beobachteter Sonnenflecken ist. Die Kerne sind übrigens keineswegs ganz dunkel, sie erscheinen nur so in Folge des Contrastes. Langley hat durch photometrische Untersuchungen gefunden, dass ein Kernfleck doch immer noch 500 mal so viel Licht ausstrahlt, als eine gleich grosse Fläche des Vollmondes.

Die *Penumbra* der Sonnenflecken kann man bereits mit einem kleineren Fernrohre erkennen; ferner sieht man mit einem solchen die sogenannten Sonnenfackeln, d. h. besonders hell leuchtende Flecken und Ädern, welche sich vielfach in der Nähe der Sonnenflecken und besonders am Rande der Sonne befinden. Im Uebrigen erscheint die Oberfläche der Sonne von gleichförmigem Aussehen.

Richten wir aber ein kräftiges Fernrohr auf die Sonne, so finden wir, dass dieses gleichförmige Aussehen in Wirklichkeit nicht vorhanden, sondern dass die ganze Oberfläche in eigenthümlicher Weise granulirt ist. Man hat diese Granulation mit Reiskörnern verglichen, welche in einer Flüssigkeit schwimmen. Die einzelnen Knötchen oder Körner zeigen sich bei genauer Betrachtung noch wieder zusammengesetzt aus

vielen kleinen Lichtpunkten, deren Durchmesser etwa $\frac{1}{3}$ " beträgt, was einer räumlichen Ausdehnung im Betrage von 200 km nahezu gleichkommt. In manchen Gegenden der Sonnenoberfläche tritt diese Granulation mit grosser Schärfe, in anderen mehr verwaschen auf, auch kommen vielfache und rasche Aenderungen in der Form und Grösse vor.

In dem Hofe der Flecken macht diese Granulation den Eindruck, als wären (nach Nasmyth's Vergleich) leuchtende Weidenblätter ausgestreut, wie man dies in Fig. 185 und Fig. 186 (a. f. S.) erkennt, welche nach Secchi's Zeichnungen Sonnenflecken darstellen, welche er

Fig. 184.



sorgfältig beobachtet hat. Bisweilen ist das Innere der Flecken mit einem rosenrothen Schleier durchzogen, wie Fig. 187 und Fig. 188 (a. S. 335) zeigen. Bisweilen zeigen die grösseren Flecken in ihrem Inneren eine drehende oder wirbelnde Bewegung, wie dies z. B. bei einem am 5. Mai 1854 von Secchi beobachteten Fleck, Fig. 189 (a. S. 336), der Fall war, dessen spiralförmige Windungen nach zwei Stunden vollständig verschwanden.

Wilson hat zuerst die Beobachtung gemacht, dass die Penumbra der Sonnenflecken beim Fortrücken gegen den westlichen Sonnenrand auf der Ostseite des Fleckens rascher verschwindet, dass hier der Kern schärfer begrenzt erscheint, als auf der Westseite, wie dies durch Fig. 190 (a. S. 336) erläutert wird, welche die scheinbaren Veränderungen darstellt,

Fig. 185.

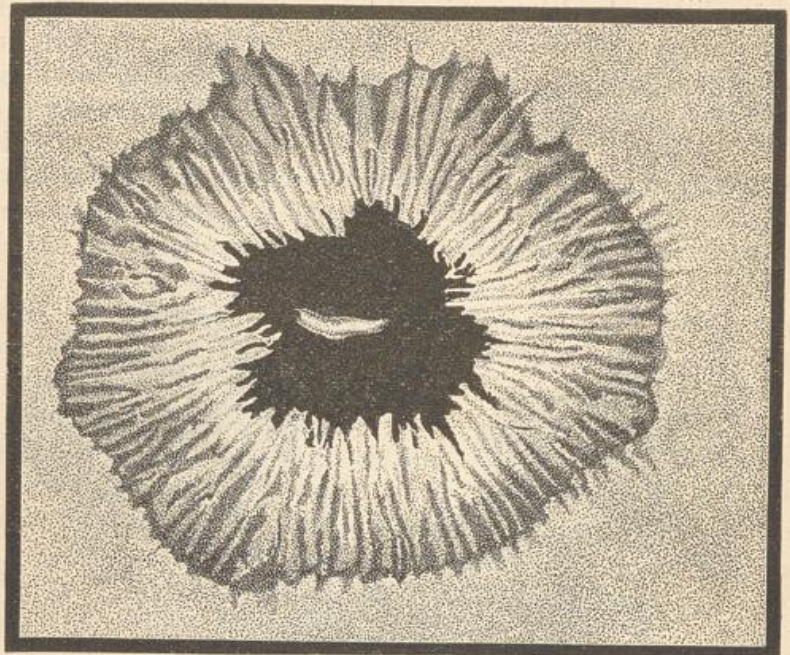
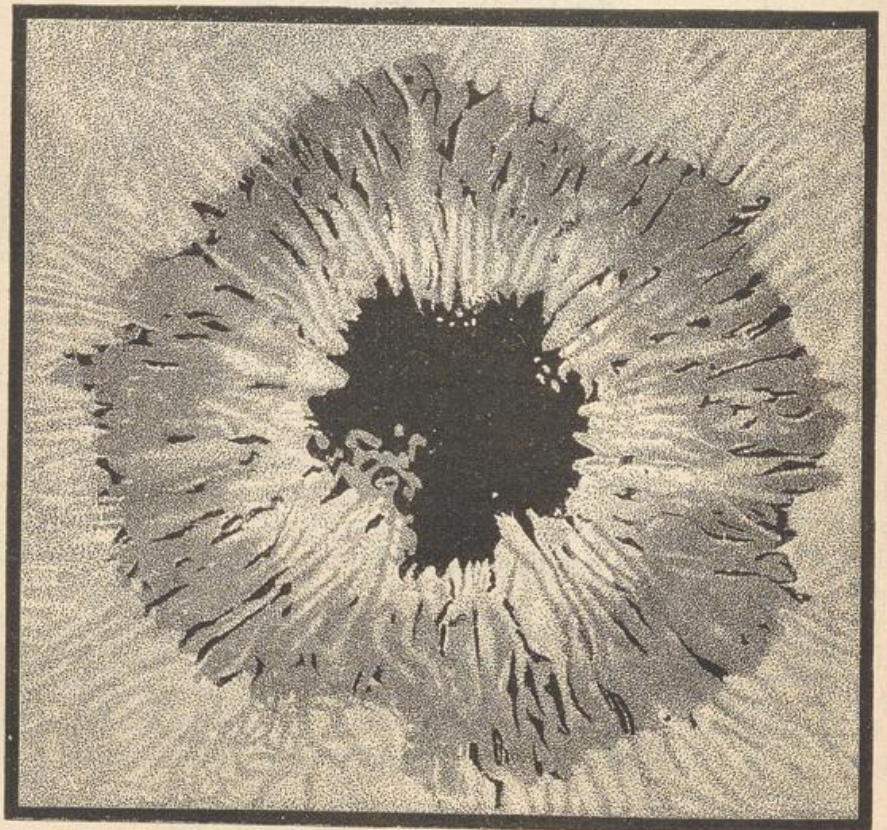


Fig. 186.



welche ein Sonnenfleck durch sein Vorrücken gegen den Westrand der Sonne erleidet, bei 3 und 4 ist bereits der Ostrand der Penumbra, bei 5 ist der Kern des Fleckes selbst verschwunden. Auf diese Erscheinung

Fig. 187.

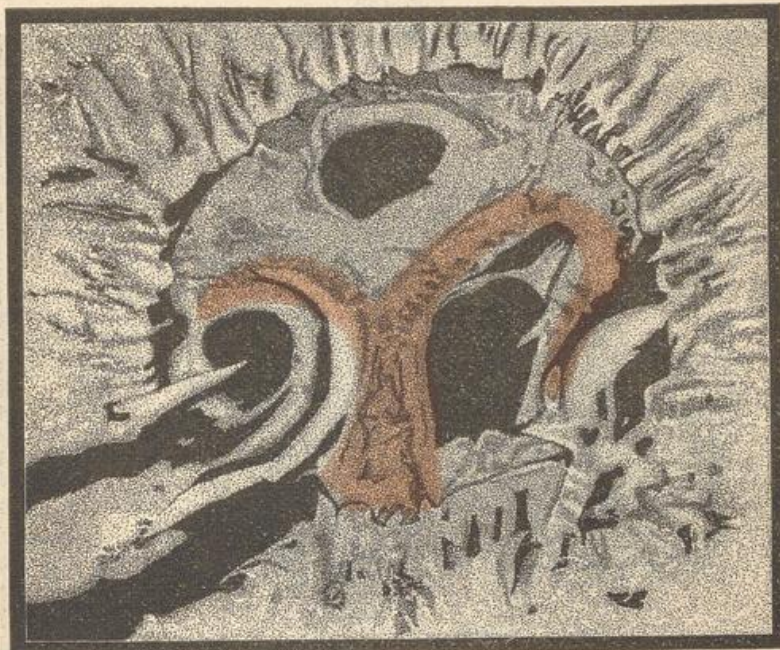


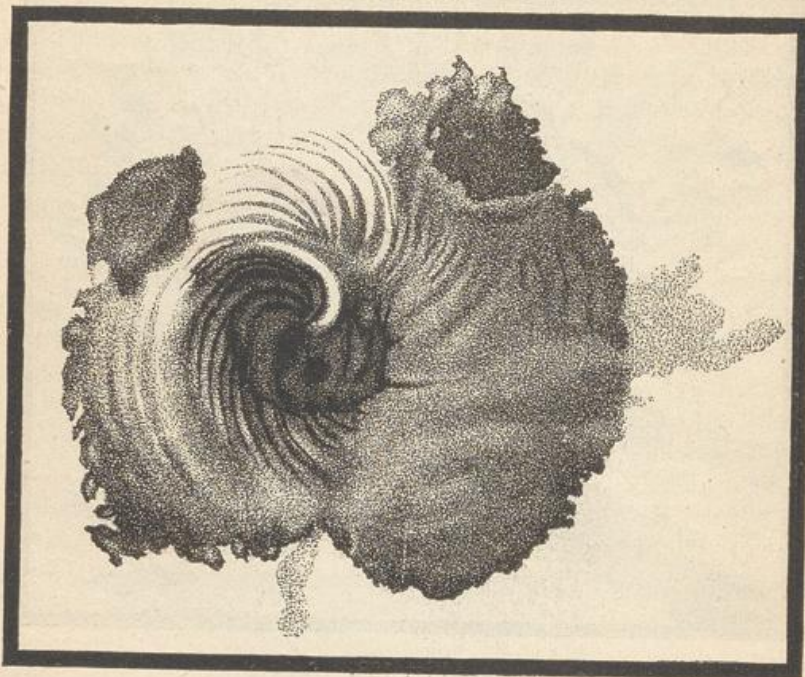
Fig. 188.



gründete Herschel die folgende, auch von Arago vertretene Hypothese über die Constitution der Sonne.

Der eigentliche Kern der Sonne sei eine dunkle Kugel, welche ringsum von einer Gasatmosphäre umgeben ist. In dieser Atmosphäre

Fig. 189.



schweben nun zwei wolkenartige Schichten, von denen die äussere, stark leuchtende die Photosphäre genannt wird. Die innere Wolkenschicht dagegen ist entweder nur schwach leuchtend oder vielleicht auch nur durch die äussere erleuchtet.

Fig. 190.



Es erscheinen nun Sonnenflecken, so oft die Photosphäre und die untere Wolkenschicht durch irgend eine unbekannte Ursache durchbrochen werden und man durch eine grössere Oeffnung in der Photosphäre und eine kleinere der unteren Wolkenschicht auf den dunklen Kern der Sonne hinabsehen kann.

Diese Vorstellung von der Beschaffenheit der Sonne steht aber im Widerspruch mit anerkannten Gesetzen der Physik und Geologie.

Wenn irgend ein glühendflüssiger Körper durch Ausstrahlen erkaltet, so kann die Erkaltung nur von aussen nach innen fortschreiten; die äussere Hülle wird zuerst erkalten und erstarren, während der von ihr eingeschlossene Kern sich noch lange in feurigflüssigem Zustande befinden kann.

Es ist demnach nicht wohl möglich, dass der innere Kern der Sonne schon zu einer dunklen Masse erkaltet sein soll, während er von einer glühenden Atmosphäre umgeben ist. Ja, nehmen wir sogar an, dass ein solcher Zustand wirklich stattfände, so könnte er kein dauernder sein, weil der dunkle, kalte Kern, fortwährend Wärmestrahlen von der Photosphäre erhaltend, ohne sie nach irgend einer Seite hin frei ausstrahlen zu können, sich rasch erwärmen würde, während die Photosphäre, nach beiden Seiten Wärme ausstrahlend, bald erkalten müsste. Kurz, ein solcher Zustand könnte nur ein vorübergehender sein, während doch die Sonne schon Jahrtausende hindurch als glühender Körper ihre Strahlen in den Himmelsraum aussendet. Eine solche Beständigkeit ist nur durch die Annahme einer weissglühenden Masse von den enormen Dimensionen des gesammten Sonnenkörpers erklärlich. Eine glühende Photosphäre würde bei ihrer geringen Masse bald ihre gesammte Wärme an den ungeheuren kalten Kern abgeben müssen.

Die ohnehin schon höchst unwahrscheinliche Herschel-Arago'sche Hypothese eines dunklen Sonnenkörpers mit glühender Photosphäre ist aber durch die Spectraluntersuchungen Kirchhoff's vollkommen unhaltbar geworden.

Ein weissglühender fester oder flüssiger Körper liefert ein vollkommen continuirliches Spectrum, während ein im Gaszustande glühender Stoff, abgesehen von einer weiter unten (§. 127) zu erwähnenden Ausnahme, ein aus isolirten hellen Linien bestehendes Spectrum liefert. So besteht z. B. das Spectrum des glühenden Natriumdampfes aus zwei einzelnen gelben, das Spectrum des glühenden Strontiumdampfes aus mehreren rothen, einer orangefarbenen und einer blauen Linie u. s. w. Das in Dampfform glühende Eisen liefert ein aus über 100 hellen Linien fast aller Farben bestehendes Spectrum.

Nun hat Kirchhoff die wichtige Entdeckung gemacht, dass die prismatische Zerlegung des Lichtes, welches, von einem stark weissglühenden Körper ausgehend, durch einen im Gaszustande glühenden Stoff hindurchgegangen ist, ein Spectrum liefert, welches gerade an der Stelle durch dunkle Linien unterbrochen ist, an welcher das glühende Gas für sich selbst helle Linien liefert. So liefert z. B. das Drummond'sche Kalklicht ein continuirliches Spectrum; wenn man es aber durch eine mittelst Kochsalz intensiv gefärbte (für sich selbst farblose und schwach leuchtende) Gasflamme gehen lässt, so zeigt sich eine dunkle Linie gerade da, wo die Natriumflamme für sich allein, d. h. ohne den weissglühenden Hintergrund, eine helle, gelbe Linie erzeugt hätte.

Kurz, alle hellen Spectrallinien, welche durch gasförmig glühende Stoffe erzeugt werden, werden in dunkle Linien verwandelt, wenn sich

hinter dem gasförmig glühenden Stoffe ein weissglühender Körper befindet, dessen continuirliches Spectrum dann durch jene dunklen Linien unterbrochen erscheint.

Nun aber liefert uns die prismatische Zerlegung des Sonnenlichtes keineswegs ein continuirliches Spectrum, sondern es erscheint uns von zahlreichen dunklen Linien durchschnitten, welche unter dem Namen der Fraunhofer'schen Linien bekannt sind. Sehr viele dieser Fraunhofer'schen Linien fallen nun aber genau mit den hellen Linien zusammen, aus denen das Spectrum verschieden gefärbter Flammen besteht.

So fällt z. B. die Fraunhofer'sche Linie *D* genau mit der hellen, gelben Linie zusammen, welche das Spectrum einer durch Kochsalz gefärbten Flamme bildet. Sämmtliche helle Linien des Eisenspectrums fallen genau mit der gleichen Anzahl dunkler Linien des Sonnenspectrums zusammen u. s. w.

Nach diesen Thatfachen liegt es nahe, die Fraunhofer'schen Linien aus einer Umkehrung der Flammenspectren zu erklären, wie dies Kirchhoff in der That gethan hat. Die Fraunhofer'schen Linien zu erklären, kann man annehmen, dass der Kern der Sonne, in festem oder flüssigem Zustande befindlich, weissglühend, dass aber dieser weissglühende Kern von einer gleichfalls glühenden Gasatmosphäre umgeben sei, in welcher verschiedene Stoffe in gasförmigem Zustande verbreitet sind. Wir müssen alle Stoffe als gasförmig in der Sonnenatmosphäre vorhanden annehmen, deren Flammenspectra aus hellen Linien bestehen, welche genau mit Fraunhofer'schen Linien zusammenfallen, wie dies, wie wir gesehen haben, für das Natrium und für das Eisen der Fall ist. In gleicher Weise ergiebt sich, dass die Sonnenatmosphäre ausser Natrium und Eisen auch noch Magnesium, Calcium, Chrom, Nickel, Kobalt, Mangan, Titanium u. s. w. enthält, während die Existenz von Silicium, Thallium, Chlor, Brom, Jod u. s. w. in der Sonnenatmosphäre nicht nachgewiesen ist, weil die diesen Stoffen entsprechenden dunklen Linien im Sonnenspectrum nicht vorkommen. (Das Sonnenspectrum mit den wichtigsten Fraunhofer'schen Linien s. Tab. 10, Fig. 1.)

Es bleibt nun noch übrig, das Wilson'sche Phänomen, welches die Aufstellung der Hypothese vom dunklen Sonnenkern veranlasst hat, auch nach der Annahme eines glühenden Sonnenkörpers zu erklären. Schon Galilei erklärte die Sonnenflecken für Wolken, welche in der gasförmigen Atmosphäre der Sonne schweben und als dunkle Flecken auf dem glänzenden Sonnenkörper erscheinen. Er sagt: „Wenn die Erde ein selbstleuchtender Körper wäre, so würde sie, von fern gesehen, dieselben Erscheinungen darbieten wie die Sonne. Je nachdem die eine oder die andere Gegend sich hinter einer Wolke befände, würde man bald an der einen, bald an der anderen Stelle der scheinbaren Erdscheibe Flecken wahrnehmen; dabei würde die grössere oder geringere Undurchsichtigkeit der Wolken eine grössere oder geringere Schwächung des Erdlichtes

herbeiführen. Zu gewissen Zeiten würde es wenig Flecken geben, zu anderen würde eine grosse Zahl sichtbar sein; einige würden sich zusammenziehen, andere dagegen sich weiter ausdehnen u. s. w.“

Galilei's Ansicht über das Wesen der Sonnenflecken bedarf nur einiger Modificationen, um das Wilson'sche Phänomen vollständiger und ungezwungener zu erklären, als es durch die Herschel-Arago'sche Hypothese vom dunklen Sonnenkörper geschieht. Kirchhoff giebt diese Erklärung in folgender Weise:

„In der Atmosphäre der Sonne müssen ähnliche Vorgänge stattfinden, wie in der unserigen; locale Temperaturerniedrigungen müssen dort wie hier die Veranlassung zur Bildung von Wolken geben; nur werden die Sonnenwolken ihrer chemischen Beschaffenheit nach von den unserigen verschieden sein. Wenn eine Wolke dort sich gebildet hat, so werden alle über derselben liegenden Theile der Atmosphäre abgekühlt werden, weil ihnen ein Theil der Wärmestrahlen, welche der glühende Körper der Sonne ihnen zusendet, durch die Wolken entzogen wird. Diese Abkühlung wird um so bedeutender sein, je dichter und grösser die Wolke ist, und dabei erheblicher für diejenigen Punkte, welche nahe über der Wolke liegen als für die höheren. Eine Folge davon muss sein, dass die Wolke mit beschleunigter Geschwindigkeit von oben her anwächst und kälter wird. Ihre Temperatur sinkt unter die Glühhitze, sie wird undurchsichtig und bildet den Kern eines Sonnenfleckens. Aber auch noch in beträchtlicher Höhe über dieser Wolke findet Temperaturerniedrigung statt; sind hier irgendwo durch die Tiefe der schon herrschenden Temperatur oder durch das Zusammentreffen zweier Luftströme die Dämpfe ihrem Condensationspunkte nahe gebracht, so wird diese Temperaturerniedrigung die Bildung einer zweiten Wolke bewirken, die weniger dicht ist als jene, weil in der Höhe der geringeren Temperatur wegen die Dichte der vorhandenen Dämpfe kleiner ist als in der Tiefe, und die, theilweise durchsichtig, den Halbschatten bildet, wenn sie eine hinreichende Ausdehnung gewonnen hat. — — —

Jene beiden Wolkenschichten spielen bei der Theorie der Sonnenflecken, die ich vertheidige, dieselbe Rolle, wie die beiden Oeffnungen der wolkigen Atmosphäre und der Photosphäre bei derjenigen, welche ich angreife. Denkt man sich die beiden Wolken von denselben Dimensionen und an denselben Orten als die beiden Oeffnungen, so erklärt sich das Wilson'sche Phänomen nach beiden Theorien in genau gleicher Weise.“

Uebrigens ist noch zu bemerken, dass das Wilson'sche Phänomen keineswegs bei allen Sonnenflecken auftritt.

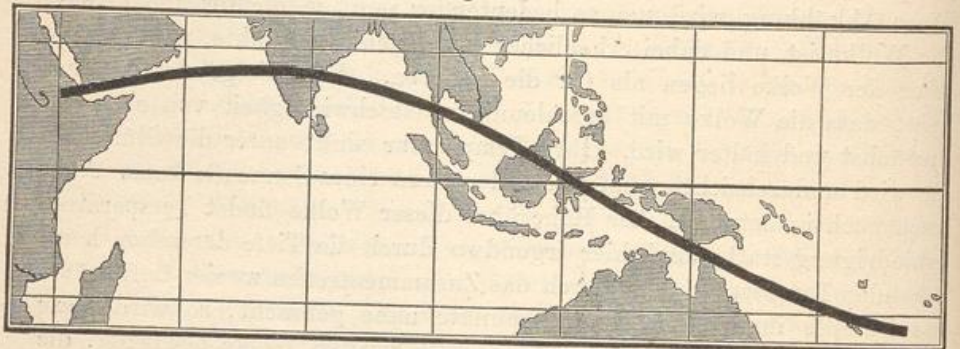
Nach Zöllner sind die Sonnenflecken ungeheure Schlackenmassen, welche auf der feurigflüssigen Sonnenoberfläche schwimmen. In den über der Schlackenmasse befindlichen Theilen der Sonnenatmosphäre müssen sich aber wegen der geringeren Strahlung an dieser Stelle wolkenartige Condensationsproducte bilden, durch welche hindurch die

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 Hülfe 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-