

Die Sonne

Autor(en): **Fritz, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Neujahrsblatt herausgegeben von der Naturforschenden Gesellschaft auf das Jahr ...**

Band (Jahr): **87 (1885)**

PDF erstellt am: **23.03.2021**

Persistenter Link: <http://doi.org/10.5169/seals-386827>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

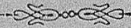
Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Sonne.



Von **H. Fritz**, Professor.



ZÜRICH.

Druck von Zürcher und Furrer.

1884.

Die Sonne, das Herz ihres Systemes, wie Theon von Smyrna, die Beherrscherin der Natur, wie Plinius ebenso sinnig als passend sie benennen, ist der Centralkörper eines nach unserem heutigen Wissen aus acht grossen, theilweise von Monden umkreisten und 243 kleinen Planeten, ferner aus zahlreichen Cometen und denselben verwandten Scharen kleiner, uns als Meteorsteine oder beim Durchziehen der Erdatmosphäre als Sternschnuppen und Feuerkugeln sichtbar werdenden kosmischen Massen bestehenden Systemes. Dieses beansprucht nur für die bekannten Planeten einen Raum von 9000 Millionen Kilometer Durchmesser; für die genauer bestimmten Kometen eine mindestens doppelt so grosse Ausdehnung. Die Sonne führt dieses gewaltige System auf eigener Bahn im Laufe von Millionen Jahren durch den ungeheuren, der Grösse nach nicht vorstellbaren, höchstens zu ahnenden Himmelsraum und ist als Spenderin von Licht und Wärme, wie durch ihren Einfluss auf die chemische, electriche und magnetische Thätigkeit zugleich die Quelle aller Bewegung und alles Lebens auf Erden, wie auf den übrigen Gliedern ihres gewaltigen Reiches.

Zur Vollziehung einer so gewaltigen ihr auferlegten Arbeit muss bei der Sonne eine fast unerschöpfliche Kraftquelle an eine entsprechende Masse gebunden sein. Nach den neuesten Bestimmungen beträgt die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde etwa 148 Millionen Kilometer¹⁾. Da die Sonne in dieser Entfernung einen scheinbaren Durchmesser von 32' 3" hat, so berechnet sich deren wahrer Durchmesser zu 108,7, Erddurchmesser = 1387000 Kilometer. Es übertrifft der Sonnenhalbmesser die Entfernung

¹⁾ Nach den neuesten Annahmen fällt die wahrscheinlichere mittlere Entfernung zwischen 147,8 bis 148,6 Millionen Kilometer, wesshalb wir die abgerundete Zahl 148 Millionen Km. setzen. In Folge der Excentricität der Erdbahn ist die Erde der Sonne in der Sonnennähe um nahe 5 Millionen Km. näher, als in der Sonnenferne.

des Mondes von der Erde um 300 000 Km. Unsere raschesten Schnellzüge hätten etwa $5\frac{1}{2}$, die besten Dampfschiffe 16 Jahre nothwendig, um einen dem Sonnenumfang gleichen Weg zurückzulegen. An Volumen übertrifft die Sonne sämmtliche bekannten Planeten mit ihren Monden um das 600fache, an Masse sogar um das 740fache und unsere Erde um das 324 470 fache. Da die Sonne ein 1 279 300 mal grösseres Volumen als die Erde hat, so ist ihre Dichtigkeit nur 0,253 der letzteren oder, da die Erde blos 6,6 mal so dicht als Wasser ist, so kommt die mittlere Dichtigkeit der Sonne etwa derjenigen der Steinkohle gleich.

Dieser gewaltige Sonnenball, den schon der griechische Philosoph Anaxagoras (500—428 v. Chr.) für eine glühende Erzmasse hielt, strahlt unserer Erde, trotzdem dies seit vielen Millionen Jahren der Fall gewesen sein muss, noch soviel Wärme zu, dass die im Zenithe stehende Sonne fähig wäre, eine Eisschichte von 0,185 mm pro Min. (0,1786 nach Pouillet, 0,1915 nach Herschel) zu schmelzen. Wegen der Absorption der zugestrahlten Wärme durch die Atmosphäre (nach Pouillet 25 %) ist dieser Werth auf 0,23 mm zu erhöhen¹⁾.

Auf einer der Erdprojection gleichen Fläche würden pro Minute über 27 Billionen Kilogramm Eis geschmolzen, welche (27×79) 2136 Billionen Wärmeeinheiten erfordern. Da einer Wärmeeinheit 425 Meterkilogramm Arbeitsleistung entsprechen, so werden $\frac{2136 \cdot 425}{60} = 15130$ Billionen Meterkilogramm oder (1 Maschinenpferd zu 75 Meterkilogramm) über 200 Billionen Pferdekkräfte der pro Sekunde der Erde zugeführten Wärme entsprechen. Sämmtliche 1430 Millionen Menschen der Erde repräsentiren höchstens eine Arbeitskraft von 100 Millionen und sämmtliche Dampfmaschinen einschliesslich aller Locomotiven und Schiffe der Erde kaum 70 Millionen, ja der gewaltige Niagara fall nur 12 Millionen Pferdekkräfte. Tag und Nacht fortarbeitend repräsentiren die 70 Millionen Pferdekkräfte der Dampfmaschinen nur den $\frac{1}{3\,000\,000}$ der Wärmearbeit der Sonne. Zum Heben der als Regen auf der gesammten Erde pro Jahr fallenden Wassermengen genügt $\frac{1}{12000}$ und für die gesammte Vegetation $\frac{1}{38000}$ der der Erde zugestrahlten Sonnenwärme.

Ueber die auf der Sonne herrschende Temperatur einigten sich bis jetzt die Forscher nicht. Während Secchi über 5 Millionen, Wasterton über 9 Mil-

¹⁾ An der Sonnenoberfläche müsste die Wirkung 46 225 mal grösser sein. Von der ausgestrahlten Sonnenwärme empfängt die Erde, entsprechend ihrer Projection am Himmelsraume, nur 1 : 2160 millionsten Theil.

lionen Grade Celsius dafür annehmen, gingen Ericsson auf 724000, Spörer auf 27000, Vicaire, Pouillet und Violle auf 1400 bis 1500 Grade herab. St. Claire Deville nahm 2500°, neuestens (1882) William Siemens 2800°, und ungefähr die Temperatur des starken electrischen Bogenlichtes dafür an.

Die Intensität der Lichtstrahlung der Sonne bestimmte Wollaston gleich jener von 5500 Normalkerzen in 0,3 m Entfernung oder 800000 fachen Helligkeit des Mondlichtes. Zöllner fand dieses Verhältniss wie 620000 : 1. Nach Seidel würden 30000 Millionen Sterne von der Helligkeit der Wega in dem Sternbilde der Leyer oder 20000 Millionen Sterne von der Helligkeit des α Centauri nöthig sein, um das Sonnenlicht zu ersetzen.

Die Sonne ist als Kraftquelle gewaltig; unerschöpflich ist sie nicht. Tritt kein Ersatz für die gewaltige auf Ausstrahlung aufzuwendende Kraft ein, dann muss einstens, wenn auch erst in nach unseren Begriffen sehr ferner Zeit, das Sonnenlicht erlöschen und schliesslich alle Wärmeausstrahlung aufhören. Ob Ersatz möglich ist, werden wir später sehen.

Ueber die Natur, über die Constitution der Sonne wurde sehr frühe gemuthmasst. Wenn, wie schon bemerkt, die Griechen die Sonne für glühendes Erz hielten, dann beliebte man später, zuerst nach dem gelehrten Nicolaus de Cusa (1410—1464), einen „erdhaften“, von einer Lichthülle umgebenen Kern anzunehmen. Während dieser zwischen Kern und Lichthülle Wolken und Luft vermuthete, dachten Dominic Cassini (1671) und La Hire (1700) an einen dunklen von einem leuchtenden Meere umflutheten Sonnenkörper. In der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts entstand die Hypothese von Schülen, Wilson und W. Herschel, welche zur Erklärung der Fleckenerscheinungen mehrere übereinander befindliche Hüllen erforderte. Seiner Erfahrung entsprechend stattet der Mensch das Weltall aus. Bei der Annahme der verschiedenen Hüllen konnte auch die Sonne mit organischen Wesen belebt gedacht werden.

Die Entdeckung von Flecken an der den alten Völkern als Ideal aller Reinheit geltenden Sonnenoberfläche, mindestens seit dem Jahre 28 vor Chr. durch die Chinesen, seit 807 nach Chr. durch die Europäer, ja, nach neuester Forschung, schon durch die Babylonier volle 4000 Jahre vor Chr., wissenschaftlich jedoch zuerst durch J. Fabricius in Osteel im Jahre 1610, führte seit Beginn des 17. Jahrhunderts zunächst zur Beobachtung und dann zur Erforschung der Sonnenoberfläche. Zur Erforschung gaben namentlich Anlass die am 8. Juli 1842 während der Sonnenfinsterniss genauer beobachteten,

wenn auch schon seit 1239 bekannten rothen über den verdunkelten Sonnenrand hervorragenden Gebilde; ermöglicht wurde eine eingehendere Beobachtung indessen erst durch die seit 1860 durch Bunsen und Kirchhoff ausgebildete Spectralanalyse und die Möglichkeit die Erscheinungen an der Sonne zu photographiren.

Beobachtet man die Sonne bei mehr oder weniger starker Vergrösserung durch ein geschwärztes Glas oder durch aufeinandergelegte complementär (blau und gelb, roth und grün) gefärbte Gläser oder durch dünne Wolken- oder Nebelschichten, dann bemerkt man häufig bald mehr, bald weniger, kleinere oder grössere, zeitweise sehr grosse dunkle Stellen an der Sonnenoberfläche, welche Sonnenflecken genannt werden. Bei schwacher Vergrösserung erscheinen sie vollkommen schwarz; bei starker Vergrösserung bräunlich bis röthlich braun. Sie strahlen nach Herschel immer noch 4000 mal mehr Licht aus, als gleich grosse Stücke des Vollmondes. Der Contrast gegenüber dem intensiven Sonnenlichte lässt sie schwarz erscheinen.

Form und Grösse der Flecken wechseln sehr. Mitunter erscheinen sie selbst bei starker Vergrösserung nur als Punkte, mitunter sind sie dem unbewaffneten Auge erkennbar. Sehr grosse Flecken erscheinen fast in jeder Periode; sie ermöglichten die uralten Beobachtungen der Asiaten und Europäer.¹⁾ Gruppen kleiner Flecken bilden sehr häufig die Vorläufer grosser. Selten sind die Flecken rund oder sehr regelmässig; meist haben sie ein- und ausspringende Stellen. Viele, namentlich grosse Flecken haben ausser dem dunkeln Theile — Kern genannt — einen, namentlich in der Nähe des letzteren helleren Hof — die Penumbra. Ueber den Flecken beobachtet man häufig leuchtende Nebel und im Kerne selbst helle Stellen, Lichtbrücken, welche den Kern völlig theilen oder zu theilen scheinen. Die dunkeln Kerne enthalten häufig noch dunkelere Stellen, die Dawes'schen Flecken. Bald erscheinen die Flecken vereinzelt, bald in Gruppen, wobei die kleineren Flecken meist den grösseren nachfolgen; bald ändern sie, und zwar oft alle sichtbaren gleichzeitig, auffallend rasch Form und Grösse, bald bleiben sie während mehrerer Sonnenrotationen bestehen und kenntlich. Der Hof erscheint nicht

¹⁾ Ein für das blosse Auge sichtbarer Flecken muss etwa $\frac{1}{40}$ des Sonnendurchmessers oder $2\frac{3}{4}$ Erddurchmesser haben. 1828 waren Flecken von 5, 1848 von 22 Erdoberflächen und 1848 Gruppen von 40 Erddurchmessern oder über 500 000 Kilometer Ausdehnung sichtbar.

selten beim Eintritte am östlichen Sonnenrande nach Osten hin breiter, beim Fortrücken gegen die Sonnenmitte hin mehr concentrisch zum Kerne und verbreitert sich dann wieder bei Annäherung an den Westrand an der Westseite, während der nach der Sonnenmitte hin liegende Theil wieder schmaler erscheint. Beim Ein- und Austritte am Sonnenrande erscheinen die Flecken als schmale spaltenförmige Streifen. Da dieses Verhalten des Hofes zu dem Flecken am einfachsten durch die Voraussetzung, es seien die Flecken kraterförmige Vertiefungen, sich erklären lässt, so sah man lange Zeit (nach der Schülen-Wilson-Herschel'schen Theorie) die Flecken als Oeffnungen in den äussersten leuchtenden Hüllen der Sonne an, durch welche man auf den dunkeln Kern derselben sehe. Sowie die grössten Flecken gewöhnlich in den Gruppen vorausgehen, so ist auch nicht selten der Hof am Vorderrande am schärfsten.

In der Nähe der Fleckenränder beobachtet man häufig, scheinbar aus der Sonnenmasse hervorquellende, heller als die Sonnenoberfläche strahlende Gebilde — die schon 1612 von Galilei beobachteten Fackeln, — welche durchweg die Vorläufer von neu entstehenden und häufig auch gewissermassen die Leichensteine verschwundener Flecken bilden. Die Fackeln treten als reihenartige oder nur als gruppenförmige oder vereinzelt stehende leuchtende Theile der Sonnenoberfläche auf. Galilei hielt die grosse Helligkeit der Fackeln nur für scheinbar und noch Huygens fand für einzelne Stellen oder Gebilde eine grössere Helligkeit als die der allgemeinen Sonnenfläche nicht für wahrscheinlich,

Die in mancher Beziehung zu einander stehenden Flecken und Fackeln, wie schon Galilei erkannte und J. D. Cassini bestätigte, sind nicht bloss häufig den mannigfaltigsten Veränderungen und raschem Wechsel in Form und Grösse unterworfen, sondern sie nehmen auch bestimmte Stellen der Sonnenoberfläche ein, bewegen sich in der Länge und Breite, also in der Richtung der Parallelkreise oder von den Polen aus gegen den Aequator hin oder verändern ihre gegenseitigen Abstände.

Die Flecken drehen sich häufig um sich selbst und können sogar, mindestens scheinbar, sich übereinander hinweg bewegen, wie Rasching 1816, Halaschka 1819, Weiss 1864 und Haag 1869 beobachteten.

Die Geschwindigkeiten bei den Veränderungen von Flecken und Höfen sind oft gewaltig. Allerdings kann hier viel Schein walten. Würde ein Flecken, wie dies beobachtet wurde, innerhalb 24 Stunden seine Ausdehnung

um 120 000 Km ändern, dann betrüge die Geschwindigkeit pro Sekunde scheinbar 1,5 Km, trotzdem die Geschwindigkeit eine sehr geringe zu sein brauchte, wenn die Massen zu einer wenig durchsichtigen Hülle emporstiegen oder unter eine solche hinabsanken. Flache Meeresufer werden oft in unglaublich kurzer Zeit auf grosse Breiten von der anlangenden Fluth überdeckt, trotzdem das Wasser nur langsam steigt. Wenn Carrington 1859 einen Lichtfleck beobachtete, der in 5 Minuten 52 000 Km zurücklegte, so ist auch dabei Täuschung nicht ausgeschlossen. Eine Fluthwelle im Ocean legt in der Minute 27,8 Km zurück, trotzdem sich kein Wassertheilchen von der Stelle bewegt. Fast stillestehende Gewölke unserer Atmosphäre können durch wechselnde Beleuchtung die Täuschung einer raschen Bewegung hervorbringen.

Die Flecken so wenig, als die ganze Sonnenoberfläche bestehen aus gleichförmig aussehenden Massen; sie zeigen beide ein geballtes oder körniges Gefüge, das nur in der Nähe der Fleckenränder oder namentlich in den Fleckenhöfen längliche, reis- oder blattförmige, mitunter spiralförmige Gestalt annimmt. Das sein Aussehen stark und oft rasch wechselnde körnige Gefüge der ungefleckten Sonnenoberfläche, welches schon von Scheiner beobachtet, von W. Herschel 1795 zu erklären versucht wurde, nennt man Granulation. Die länglichen Formen werden mit Reiskörnern oder Weidenblättern verglichen. Sind diese Gebilde sehr klein, dann nennt man sie Narben. Die zwischen Narben und Granulationskörnern eingestreuten, bei starken Vergrösserungen sichtbaren dunkeln Punkte, womit die Sonne übersät scheint, heissen Poren. Secchi verglich die hellen Gebilde mit den im Sonnenlichte erglänzenden weissen Cumuligewölken unserer Atmosphäre, welche in den Höfen der Flecken stark in die Länge, gewissermassen an den scheinbaren Abhängen hinabgezogen seien.

Die Flecken befinden sich jedenfalls nahe der uns sichtbaren Sonnenoberfläche, weil sonst in der Nähe des Sonnenrandes die heliocentrischen Längen jener Gebilde die Tiefe verrathen müssten. Faye behauptet eine Tiefenparallaxe von 0,01—0,02 des Sonnenradius. Schwabe's eingehende Beobachtungen führten ihn zu der Ansicht, dass alle Flecken in 7—10 Sekunden Entfernung vom Rande verschwinden und dass selbst Fackeln nur ausnahmsweise am Rande der Sonne noch sichtbar seien. Die Fackelarme werden nach ihm um so lichtschwächer, je mehr sie sich dem Rande nähern. Das scheinbare Vorspringen der Fackeln über den Sonnenrand will man als Refraktionerscheinung angesehen haben. Nach H. Weber liegen die Flecken

in der äussersten Lichthülle und nach Kirchhoff beruht die Tiefenparallaxe auf Täuschung. Warren de la Rue fand aus eingehenden Beobachtungen und Abbildungen, ein Tieferliegen der Flecken als die Penumbra, die Flecken selbst unter der Oberfläche der sog. Photosphäre, das ist unter der reiskörnerartig gewellten Oberfläche der Sonne liegend; die Fackeln erscheinen erhöht.

Die Flecken strahlen entschieden weniger Wärme aus, als die übrigen Theile der Sonnenoberfläche. Darauf deutet schon die dunklere Farbe derselben. Henry und Alexander fanden aus 12 Versuchen für die Flecken 0,8 der Wärme der hellen Sonnenoberfläche. S. P. Langley bestimmte die Strahlung der Kerne der Flecken zu 0,54, diejenige der Penumbra zu 0,80 von der Strahlung der benachbarten hellen Sonnenoberfläche. Dadurch ist keineswegs dargethan, dass viele Flecken eine Abkühlung der Sonnenoberfläche bekunden. Zunächst deuten die sie begleitenden Fackeln auf heissere Gebilde und höhere Temperaturen an den Orten, wo sie sich befinden, so dass sie den Temperaturunterschied der Flecken mindestens auszugleichen vermögen und zudem bilden die Flecken doch stets nur einen sehr kleinen Theil der Sonnenoberfläche.

Die Flecken entstehen und bewegen sich in zwei, je südlich und nördlich vom Aequator und parallel zu demselben gelegenen, die königlichen genannten Zonen. Zur Zeit der Minima der Fleckenhäufigkeit treten die Flecken in höhern Breiten auf, um sich bis zum Maximum und dem folgenden Minimum allmählich dem Aequator zu nähern. In der Nähe desselben kommen selten Flecken vor; vom 7. bis zum 30. Grade sind sie auf beiden Hemisphären am häufigsten; jenseits des 45. Breitengrades sind sie selten und über den 50. Grad hinaus wollte nur Lalande einmal einen Flecken beobachtet haben. Cassini, Maraldi, Sömmering, Thilo u. s. w. fanden, allerdings stets aus kürzeren Beobachtungsreihen, bald auf der nördlichen, bald auf der südlichen Hemisphäre die Flecken etwas reichlicher und stabiler. Des Verfassers Untersuchungen der Carrington'schen Beobachtungen zwischen 1853 bis 1861 ergaben nur ein geringes Mehr für die südliche Halbkugel, wobei die Maxima in $+16$ und -18 Grad heliographischer Breite zu liegen kamen. Die vereinigten Beobachtungen von Carrington, Spörer und Heis für 1851—1871 ergaben, dass die Zonen grösster Fleckenhäufigkeit in $+16$ und -15 Grad zu liegen kämen, so dass wahrscheinlich kein erheblicher Unterschied bezüglich der Lage der Zonen und der Fleckenhäufigkeit auf beiden Hemisphären

besteht. Die in höhern Breiten entstehenden Flecken nähern sich rascher dem Aequator, um in dessen Nähe zu erlöschen, als die grösseren Perioden ablaufen. So bald eine Zone im Erlöschen begriffen ist, entsteht in höhern Breiten eine neue, um den gleichen Weg zurückzulegen und zu erlöschen, wobei das Auftreten neuer Fleckenzonen von dem Minimum ab stets in etwas niedrigeren Zonen erfolgt und weder symmetrisch noch in gleicher Stärke auf den beiden Halbkugeln stattfindet, so dass die Thätigkeit bald auf der einen, bald auf der andern etwas im Ueberschusse zu sein scheint.

Wiederholt glaubten Beobachter auch in den verschiedenen heliocentrischen Längen Gegenden gefunden zu haben, welche fleckenreicher als andere wären oder in welchen sich vorzugsweise Flecken bildeten. Es sind aber weder endgültige Beweise dafür geliefert, noch lässt sich eine derartige Frage definitiv entscheiden, bevor die Rotationszeit der Sonne genau bekannt ist.

Die Photosphäre — die Lichtsphäre — wie man immer noch recht unpassend die äusseren hellleuchtenden Schichten des Sonnenkörpers nennt — unpassend, weil nach heutigem Wissen der gesammte Sonnenkörper in glühendem und leuchtendem Zustande ist —, besteht aus einer dichteren unteren, verhältnissmässig niederen Schichte und einer darüber lagernden röthlich-gelben, Chromosphäre genannten, wohl mehr wolkenartigen Hülle, welche sich besonders bei ringförmigen Finsternissen als rother, mitunter bläulicher Ring um den Mond bemerkbar macht. Diese Hülle strahlt noch erheblich Licht aus und in ihr entstehen die mindestens schon im Jahre 1239 von Muratori (nach Secchi), dann von Keppler und später bei den Finsternissen von 1706, 1733, 1737, 1747, 1820 und 1836 von J. J. Scheuchzer in Zürich, Stannyan, Vassenius, Short, Ferner, Van Swinden, Bessel u. A. wahrgenommenen, aber erst seit der Finsterniss von 1842 näher erforschten, wolken- und flammenartigen Gebilde, — wahrscheinlich Producte gewaltiger Gas-eruptionen —, welche unter dem Namen „Protuberanzen“ bekannt sind und oft zu gewaltiger Höhe über die Schichten, woraus sie entstanden, hinausragen.

Anfangs hielt man die rothen über den dunkeln Mondrand hervorragenden Gebilde für rein optische Erscheinungen. Messungen und Photographien lieferten aber seit der Finsterniss von 1851 den Nachweis, dass diese oft seltsamen Gebilde der Sonne selbst angehören. Dem Zürcher J. J. Scheuchzer gebührt die Ehre, zuerst (1706) darauf aufmerksam gemacht zu haben, dass man zwischen dem Lichte um den Mond bei totalen und bei ringförmigen Sonnen-

finsternissen unterscheiden müsse, indem gewiss wegen des bleichen, in Ferngläsern roth erscheinenden Ringes oder den Ringstücken manche Finsterniss für ringförmig gehalten worden sei, welche eine totale war. Den berührten Unterschied in der Färbung, jenachdem man mit Instrumenten oder blossen Augen beobachtet, erkannte auch Pogson 1868 in Masulipatam, Indien. Zur Täuschung über die Art der Finsterniss, ob ringförmig oder total, kann ausser den Protuberanzen noch die gleich zu besprechende oberste Hülle der Sonne beitragen.

Bis zu der Finsterniss vom 18. August 1868 konnten die Protuberanzen nur während der kurzen Dauer einer totalen Finsterniss beobachtet werden. Wir werden sehen, in welcher Weise sich seit jenem Tage dieselben bei vollem Sonnenscheine beobachten lassen. Die Protuberanzen treten häufig am schönsten in der Nähe der Flecken und Fackeln, niemals über den Fleckenkernen auf; sie bestehen theils mehr aus metallischen, theils und namentlich die höhern mehr aus Wasserstoffmassen. Protuberanzen von 30 000 bis 50 000 Km Höhe sind nicht selten; sie erreichen aber auch 150 000 und mehr Kilometer (nach Bredichini 1872 bis 4, nach Secchi 1871 bis $4\frac{1}{2}$ Minuten) Höhe über dem Sonnenrande.

Grosse Protuberanzen fehlen den Polarzonen; ein Minimum der Erscheinungen derselben liegt in den Breiten vom 50. bis 70. Grade zu beiden Seiten des Aequators, die Maxima, wie bei den Fackeln in ± 10 bis ± 30 Grad mit zeitweisem Wechsel der Positionen.

Ueber der Chromosphäre ruht noch eine unter günstigen Verhältnissen bei Finsternissen jedenfalls schon sehr früh beobachtete, wenn schon erst seit 1618 von Keppler, dann 1706, 1715 u. s. w. beschriebene, weit über den Sonnenrand, bei Finsternissen weit über den Mondrand hinaus hofartig helle oder strahlende, wie es scheint, nur theilweise selbstleuchtende Gasatmosphäre, Corona genannt. Diese, obwohl meist strahlenförmig mehr oder minder ausgedehnt, die Sonne ringförmig umgebend, zeigt oft merkwürdige, bis jetzt nicht erklärbare Formen. Die Corona erscheint an den Sonnenpolen am niedersten; am stärksten, mindestens zeitweise, entwickelt sie sich in der Nähe des 25. Breitengrades zu beiden Seiten des Aequators. Am Aequator selbst erscheint sie etwas niedriger. Die grösste Helligkeit scheint sie da zu erreichen, wo die Flecken und Fackeln am häufigsten sind. Während jedoch die Flecken gewöhnlich nur bis zum 30. Grade reichen, geht die hellere Partie der Corona bis zum 65. Grade zu beiden Seiten des Aequators. Secchi

wollte in den Breiten vom 60 bis 75°, da wo die Granulation ziemlich aufhört, ein zweites Maximum beobachtet haben.

Die Höhe der Corona zeigt sich bald sehr bedeutend, bald gering; bald wird sie zu mehr als einem Sonnenhalbmesser, bald geringer angegeben, während einzelne Strahlen viel weiter reichen und nach Newcomb und Cleveland Abbe am 19. Juli 1868 entlang der Ekliptik bis zu 6° Länge wahrnehmbar gewesen sein sollen. Die Angaben über die Form derselben gehen ebenfalls sehr weit auseinander. Bald soll die grössere Ausdehnung in der Richtung des Sonnenäquators, bald in anderer gefunden werden; bald ist sie hell und starkstrahlend, bald beides wenig; bald sind einzelne Strahlenbüschel schmal, zahlreich, lang, radial, bald kurz, breit, vereinzelt, excentrisch gegen die Sonnenmitte gerichtet u. s. w.

Ausser wirklichen und periodischen Veränderungen scheinen, nach ältern wie nach neuern Beobachtungen zu folgern, die Beschaffenheit der Erdatmosphäre, die Höhe des Standpunktes der Beobachter u. s. w. von bedeutendem Einflusse auf das Ansehen der Corona zu sein.

Während der Finsterniss vom 29. Juli 1878 wurden auf der Linie Old Baldy Mountain, Montana (+ 44° 57' und 111° 0' W. Gr.) und Havana auf Cuba (+ 23° 9' und 82° 22' W. Gr.) zwischen 5 Uhr und 6 Min. und 5 Uhr 58 Min. Washingtoner Zeit eine grosse Anzahl von Coronazeichnungen verfertigt. 28 publicirte Bilder, von ebenso vielen Beobachtern stammend, zeigen die merkwürdigsten Abweichungen und oft gar keine Uebereinstimmung, wie folgende kleine Zusammenstellung und die drei auf der beiliegenden Tafel wiedergegebenen Abbildungen zeigen.

Beobachtungsstationen	Breite	Länge	Zeit, mittl. v. Washington	Höhe der Corona in scheinbaren Monddurchmessern	Zahl und Form der Strahlen	Richtung der Strahlen. Von oben nach links gezählte Grade	Länge der Strahlen in scheinbaren Monddurchmessern
Old Baldy Mountain Mont.	44° 57'	111° 1'	5h 6'	1/6	Vier schmale	60, 240, 300 u. 330	alle 1
Virginia City, Mont.	45° 0'	111° 3'	5h 6'	1/3	Zwei breite	60, 240	1 u. 3/4
Camp No. 4. Little Sandy Wy.	42° 8'	109° 10'	5h 14'	1/2	Rings herum, bei 45° und 225° am stärksten	—	alle 1/2
Denver, Colo	39° 44'	105° —	5h 22'	1—2	Rings herum, bei 45, 120, 210, 320° am weitesten	—	1—2
Manito, Colo	38° 52'	104° 54'	5h 24'	2/5	Vier: 1 schmal, gebogen, 1 breit, gebogen, 1 breit, nach aussen zunehmend, 1 schmal	60, 95, 250 u. 290	3—3 1/2
Pilot Point, Tex.	33° 22'	96° 55'	5h 39'	sehr nieder	Zwei breite	45, 255	1 u. 2
Havana, Cuba	23° 9'	82° 22'	5h 58'	1/8	Zwei breite, ein mittelbreiter u. ein schmaler	45, 145, 220 u. 310	1/4—1 1/4

Die schmalen Strahlen schienen zu scintiliren, die breiten zu flackern; zugleich machten die schmalen Strahlen in der Nähe der Sonnenoberfläche den Eindruck lebhafter Bewegung.

Was an diesen auffallenden Erscheinungen der Corona, namentlich bei den Strahlen reell, was auf optische Wirkung in Folge der Verschiebung des Mondes gegenüber der Sonne, was auf die Erdatmosphäre oder was gar rein subjectiv ist, lässt sich jetzt noch nicht ausscheiden. Das Bestehen der Corona kann nicht zweifelhaft sein; in wiefern dieselbe aber ganz oder theilweise aus Materielllem besteht, etwa ähnlich wie bei der Erscheinung des Regenbogens, der Mond- und Sonnenhöfe oder vielleicht selbst des Polarlichtes, lässt sich noch nicht bestimmen.

Das Licht der Corona ist theilweise eigenes, theilweise polarisirtes, also reflectirtes. Die Polarisation nimmt vom Sonnenrande an bis zu wenigen Minuten Entfernung davon zu, alsdann rasch ab. Diese Erscheinung lässt sich durch zur Sonne niederfallende feste oder flüssige, das Sonnenlicht reflectirende Massen erklären. In Folge ihrer Annäherung an die heisse Sonne lösen sie sich rasch auf und hören auf zu reflectiren.

Die Höhe des dichteren, silberweiss glänzenden, daher auch Leukosphäre genannten Theiles schätzen Beobachter, wie Cleveland Abbe, auf etwa 5 Minuten oder 200 000 Km. Da in der Erdatmosphäre Meteoriten mit 30 bis 60 Km Geschwindigkeit in einer Höhe von 160 Km, woselbst die Dichtigkeit der Luft etwa $\frac{1}{333\,000\,000}$ derjenigen am Meere bei 10° Wärme beträgt, noch aufleuchten und da in einer Höhe über die Sonne von 200 000 Km die Meteoriten, welchen man den beobachteten Lichtwechsel in der Corona zuschreibt, mit mehr als 500 Km oder einer 8—16 mal grösseren Geschwindigkeit als in die Erdatmosphäre, also mit einer 64 bis 256 mal grösseren lebendigen Kraft eintreten, so könnte die Dichtigkeit in der genannten Höhe der Corona noch 100 mal geringer sein, als diejenige der Erdatmosphäre in 160 Km Höhe, um die Meteoriten noch aufleuchten zu lassen. Diese dünne Atmosphäre scheint indessen aller Wahrscheinlichkeit nach die Höhe von 450 000 Km über der hellleuchtenden Sonnenoberfläche noch weit zu überschreiten.

Die Flecken wurden zunächst die Mittel zur Bestimmung der Rotationszeit und der Lage der Rotationsachse der Sonne. Da die Flecken Eigenbewegung besitzen, ähnlich den Wolken unserer Atmosphäre, so dass z. B. die Abstände zweier Flecken nicht constant bleiben, und da deren Geschwindigkeiten in den einzelnen Parallelkreisen verschiedene Rotationszeiten ergeben und zwar in der Nähe des Aequators 24,91, in $\pm 20^\circ$ Breite 25,86, in $\pm 40^\circ$

Breite 27,24 Tage, also aus Beobachtungen in der Nähe des Aequators die kürzesten, so wird die genaue Bestimmung der wahren Rotationszeit der Sonne wohl eine niemals zu lösende Aufgabe sein. Laugier nahm 25,34, Carrington 25,38, Spörer 25,23, J. Wilsing (1882) 25,172 Tage für die wahrscheinlich richtigere Rotationszeit der Sonne an.

Unter der Voraussetzung eines Aufsteigens der die Flecken erzeugenden Strömungen aus dem Innern des Sonnenkörpers parallel zu der Ebene des Aequators berechnete der Verfasser (1866), dass dieselben, um die von Carrington beobachteten Geschwindigkeitsunterschiede darzustellen, in 10° Breite aus einer Tiefe von 0,9854, in 20° Breite aus einer solchen von 0,9676 und in 40° Breite aus einer solchen von 0,9508 des Sonnenradius aufsteigen müssten. Die entsprechenden Rotationszeiten wären alsdann 25,28, 25,86 und 27,24 Tage, welche wenig von den vorhin nach Carrington's Beobachtungen gegebenen abweichen¹⁾. Spörer kam in neuerer Zeit zu dem Resultate, dass die Ausgangspunkte für 10° Breite in einer Tiefe von 0,99, bei 30° in 0,94 und bei 40° in 0,90 des Sonnenradius sich befinden müssten.

Die Neigung der Sonnenachse gegen die Erdbahnebene (Ekliptik) fanden

für 1840 Laugier	$7^\circ 9'$
„ 1850 Carrington	$7^\circ 15'$
„ 1858 John Herschel	$7^\circ 20'$

Den aufsteigenden Karten der Sonnenäquatorialebene — den Ort in welchem der Sonnenäquator über die Ebene der Erdbahn aufsteigt — fanden

für 1840 Laugier	$75^\circ 8'$
„ 1850 Carrington	$73^\circ 40'$
„ 1858 John Herschel	$80^\circ 21'$
„ 1866 Spörer	$74^\circ 37'$

Ein jeder rotirende flüssige oder gasförmige Körper muss, wenn nicht innere oder äussere Kräfte örtliche Aenderungen hervorbringen, die Gestalt eines an den Polen der Rotationsachse abgeplatteten Sphäroids annehmen, wie wir dies bei den Planeten Jupiter und Saturn deutlich wahrnehmen und wie für die Erde aus zahlreichen Messungen ebenfalls nachgewiesen ist. Für die Sonne wurden die Unterschiede der Hauptdurchmesser sehr gering gefunden;

¹⁾ Nimmt man an, dass die Ströme einer Kugeloberfläche entsteigen, dann müsste, wenn der Radius der zugehörigen Kugel 0,9854 desjenigen des Sonnenradius gesetzt wird, sein

Breite des Sichtbarwerdens der Flecken	$\pm 10^\circ 20'$	40°
Ort der Strombildung	$\pm 10^\circ 23'$	$48' 44'' 42'$

ja zahlreiche ältere Messungen ergaben das unwahrscheinliche Resultat eines grösseren Polardurchmessers. Zugleich zeigte der Aequator in der Richtung gegen den 86. Grad der Ekliptik einen etwas grössern Durchmesser, als senkrecht dazu. Da die Abplattung des Aequators nicht Theil an der Rotation zu nehmen schien, so wären in Anbetracht der jetzigen Forschungen und der Ergründung etwaiger von aussen auf die Sonne wirkender Ursachen bezüglich der Veränderlichkeit der Sonnenthätigkeit, genaue Untersuchungen mit verbesserten Messungsmethoden sehr wünschbar.

Trotzdem man sehr frühe erkannte, dass die Sonne bald wenige oder keine, bald sehr viele Flecken zeigt, vermuthete doch erst Horrebow in Kopenhagen (1718 bis 1776) und dann W. Herschel in Slough (1738—1822) einen periodischen Wechsel. S. H. Schwabe in Dessau sprach sich 1842 für eine zehnjährige Periode aus. Genauer wurde die Länge der Perioden bestimmt von dem Director der Zürcher Sternwarte, R. Wolf, im Jahre 1852 zu $11\frac{1}{9}$ Jahren. Diese Zahl wird jetzt allgemein angenommen; sie ist nur ein Mittelwerth, da die einzelnen Perioden sehr verschiedene Längen haben. Die Maxima der Häufigkeit der Flecken traten ein:

1615,5	1685,0	1750,3	1816,4
1626,0	1693,0	1761,5	1829,9
1639,5	1705,5	1769,7	1837,2
1649,0	1718,2	1778,4	1848,1
1660,0	1727,5	1788,1	1860,1
1675,0	1738,7	1804,2	1870,6

Das letzte Maximum wird erwartet oder ist vielleicht schon vorüber.

Diese kleineren Perioden schliessen sich wieder zu grösseren, etwa 56-jährigen ($5 \cdot 11\frac{1}{9}$) und dann mehrere Jahrhunderte umfassenden zusammen, während welchen die Flecken zeitweise sehr zahlreich und gross, zeitweise selten, ja sogar für grosse Teleskope unauffindbar werden.

Es seien hier einige Beobachtungszahlen zusammengestellt, um die Regelmässigkeit zu zeigen, mit welcher der Wechsel der Fleckenhäufigkeit sich in den einzelnen Perioden vollzieht. In der letzten Columne geben wir eine Reihe theoretisch bestimmter Werthe, auf welche wir später zurückkommen. In grösserer Ausdehnung sind die Zahlen der ersten und letzten Columne auf beiliegender Tafel graphisch dargestellt. Die Jahre sind als Abscissen, die entsprechenden Relativwerthe als Ordinaten aufgetragen.

Jahre	Relativzahlen der Fleckenhäufigkeit nach Wolf	Fleckenfläche in Milliontel der Sonnenoberfläche nach Warren de la Rue	Theoretisch berechnete Relativzahlen	Jahre	Relativzahlen der Fleckenhäufigkeit nach Wolf	Fleckenfläche in Milliontel der Sonnenoberfläche nach Warren de la Rue	Theoretisch berechnete Relativzahlen
1828	63	—	55	1856	4	40	3
29	67	—	37	57	23	227	28
1830	71	—	5	58	55	763	70
31	48	—	0	59	94	1390	100
32	28	196	-17	1860	96	1343	101
33	9	73	-44	61	77	1310	88
34	13	142	-12	62	59	1165	13
35	57	837	57	63	44	749	-33
36	122	1407	95	64	47	815	-24
37	138	1336	114	65	31	542	-1
38	103	876	111	66	16	199	1
39	86	817	49	67	7	188	26
1840	63	575	9	68	37	499	51
41	37	340	0	69	74	—	36
42	24	209	-20	1870	139	—	38
43	11	108	-49	71	111	—	77
44	15	197	-32	72	102	—	72
45	40	396	3	73	66	678	34
46	62	599	30	74	45	583	21
47	98	1127	88	75	17	255	15
48	124	1112	147	76	11	132	2
49	96	755	123	77	12	94	29
1850	67	583	60	78	3	25	50
51	65	658	20	79	6	44	23
52	54	522	-19	1880	32	308	3
53	39	350	-47	81	54	764	11
54	21	198	-29	82	60	1002	13
55	7	82	0	83	64	—	32

Für die Fackeln bestehen ähnliche gesetzmässige Aenderungen. Sie nehmen an Zahl und Grösse zu und ab nahe übereinstimmend mit den Flecken, wie schon aus Stark's Beobachtungen von 1813 bis 1837 hervorgeht. Bis zu dem Fleckenmaximum von 1816 stieg die beobachtete Zahl pro Jahr auf 132, sank bis zum Minimum von 1822 auf 4, stieg 1829 wieder auf 815, um bis zum Minimum von 1833 auf 25 zu sinken. Gegen das kommende Maximum stieg die Zahl wieder auf 355. Die Wendepunkte der Perioden scheinen bei den Fackeln etwas früher einzutreten, als bei den Flecken. Nach Weber ändern sich die Breiten der Regionen, in welchen Fackeln auftreten, ähnlich jenen der Flecken.

Die Chromosphäre scheint zur Zeit der Fleckenminima ruhiger und wohl in Folge davon auch niedriger als sonst. Sie war mindestens zur Zeit des Fleckenmaximums von 1870 höher, als vor 1880.

S. J. Perry fand die Höhen

1880	1881	1882
7,93	8,04	8,24

Sekunden,

also mit der Fleckenhäufigkeit an Höhe zunehmend, wie schon früher Tacchini behauptete. Ueber den Flecken soll sie stets bemerkbare Depressionen zeigen.

Die Protuberanzen erreichten Mitte 1871 ein Maximum. Von da nahmen sie bis 1870 ab und zwar an Grösse, Zahl und Ausdehnung. Gewaltig breiteten sich dieselben, die nur zur Zeit der Maxima über $\pm 70^\circ$ hinaus bis zum Pole vorkamen, 1871 auf beiden Seiten des Aequators bis $\pm 80^\circ$, 1874 nur bis zum $\pm 30^\circ$ aus. Tacchini beobachtete

1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877
229	111	129	119	9	15	1

Protuberanzen.

S. J. Perry fand

	Mittlere Ausdehnung der Protuberanzen	Mittlere Höhe im Allgemeinen	Mittlere Höhe der höchsten Protuberanzen
1880	$23\frac{1}{3}^\circ$	23,4"	64,4"
1881	$33\frac{1}{3}^\circ$	24,6"	71,9"
1882	50 °	24,6"	74,1"

Die Corona ist gleichfalls allem Anscheine nach dem Fleckenwechsel entsprechenden periodischen Veränderungen unterworfen. 1868 fanden Rziha, Pogson und Tennant das Spectrum der Corona continuirlich, ohne helle oder dunkle Linien. 1869, 1870 und 1871 beobachteten verschiedene Forscher helle Linien von Wasserstoff und dem 1474 K-Stoffe im Coronaspectrum. 1878 war das Spectrum wieder blasser und konnten helle Linien darin nur von wenigen Beobachtern wahrgenommen werden. Young fand dies besonders beachtenswerth. 1882 hatte die Corona wieder, wie 1871 die grösste Ausdehnung ausserhalb der Aequatorialgegenden (1867 und 1878 dagegen in denselben), und die genannten charakteristischen Wasserstoff- und Helium (1474 K)-Linien waren sehr bestimmt sichtbar.

Nach Smith's Beobachtungen in Virginia City, Mont. 1878, war die Corona $7\frac{1}{4}$ bis 8 mal weniger hell, als am 22. December 1870. Am ersteren Tage war die Helligkeit 0,072 einer Normalkerze in der Distanz von 0,3 Meter oder 3,8 derjenigen des Vollmondes. 1869 soll die Corona weniger licht gewesen sein, als 1878; im ersteren Jahre hatte sie röthliches, im letzteren weisses Licht.

Schon die älteren Beobachtungen der Corona seit Beginn des vorigen Jahrhunderts deuten auf starke und wohl auch periodische Aenderungen des Ansehens der Corona. Sie scheint namentlich hell, ausgedehnt und weitstrahlend gewesen zu sein 1706, 1778 und 1806, stets in der Nähe der Zeit der Fleckenmaxima.

Der Sonnendurchmesser selbst scheint gleichfalls etwelcher Veränderlichkeit unterworfen zu sein. Nach den neuesten Untersuchungen würde zur Zeit der Sonnenfleckmaxima der Sonnendurchmesser sich etwas vermindern; ein Resultat, das allerdings wenig zu der grösseren Unruhe an der Sonnenoberfläche und zu der höheren Chromosphäre zur Zeit grösserer Fleckenthätigkeit stimmen würde. Von einzelnen Beobachtern wird indessen an der Realität der Schwankungen des Sonnendurchmessers gezweifelt. Sie werden möglicherweise durch ungleiche Brechbarkeit der Coronahülle hervorgerufen.

Nach Allem, was jetzt beobachtet wurde, ist die ganze Thätigkeit auf der Sonne starkem periodischen Wechsel unterworfen; die Veränderlichkeit der Fleckenthätigkeit scheint nicht einmal die hervorragendste Rolle dabei zu spielen, während sie das bequemste Mittel bildet, um durch Beobachtung ein Bild des Wechsels der Thätigkeit der auf dem Centalkörper des Sonnensystemes waltenden Kräfte zu erhalten.

Wird das weisse Sonnenlicht durch eine feine Spalte und dann durch ein mit den Kanten parallel zu derselben gestelltes Prisma geleitet, dann zeigt sich das Spectrum, ein farbiges Band, welches der Quere nach, also parallel zu den Farbengränzen von einer grossen Anzahl dunkeler Linien durchsetzt ist. Die Zahl und das Aussehen derselben hängen wesentlich von der Brechbarkeit des Prismas, wie von der Kraft des zum Erkennen derselben benutzten Fernrohres ab. Die Erfahrung lehrte:

Dass feste und flüssige, bis zum Selbstleuchten erhitzte Körper ununterbrochene Spectren mit einzelnen linien- und bänderartigen, in den einzelnen Farbenabschnitten hervortretenden Stellen geben; dass glühende Gase mit wenigen Ausnahmen gebrochene, durch helle Linien oder Bänder unterbrochene Spectren geben und dass, wenn die Strahlen glühender Körper, bevor sie zu der Spalte des Apparates gelangen, ein Gas oder einen Dampf passiren, anstatt der hellen Linien oder Bänder dunkle Linien oder Bänder erscheinen. In letzterem Falle absorbirt das die Strahlen durchlassende Gas oder der Dampf dieselben Lichtstrahlen, welche der leuchtende Körper ausstrahlen würde, wenn er in gasförmigem Zustande zum Glühen gelangte. „Für

jede Strahlengattung ist das Verhältniss zwischen dem Emissions- und Absorptionsvermögen für alle Körper bei derselben Temperatur das gleiche“, lautet Kirchhoff's Gesetz. Jede Linie und jedes Band gehört einem bestimmten Stoffe an und es können durch diese Linien äusserst geringe Mengen — in der Flamme des Bunsen'schen Brenners $\frac{1}{14\,000\,000}$ Milligramm Natrium, mittelst des Inductionsfunken $\frac{1}{100\,000\,000}$ Strontium — nachgewiesen werden. Die Methode der Untersuchung nennt man die Spectralanalyse. Wollaston machte 1802 auf die dunkelen Linien des Sonnenspectrums aufmerksam und Frauenhofer hatte 1814 schon etwa 600 dieser nach ihm benannten Linien untersucht.

Göthe ahnte nicht, als er spottete: „Der Frauenhofer'sche Versuch, wobei Querlinien im Spectrum erscheinen, ist ein Kunststück, wozu den Bedingungen, um den Newton'schen Versuch zu machen — aufzudröseln den Sonnenstrahl, als ob's ein Stricklein wär, — noch ein paar hinzugefügt werden, wodurch der Hocuspocus sich noch mehr entwickelt“, dass mittelst dieser Methode, die allerdings zur weitem Ausbildung Bunsen und Kirchhoff bedurfte, einst als Bestandtheile der Sonne nachgewiesen würden: Eisen, Mangan, Chrom, Kobalt, Nickel, Uran, Zink, Barium, Rubidium, Strontium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Cerium, Didym, Erbium, Lanthan, Yttrium; Wasserstoff; Schwefel. Sauerstoff glaubte Draper (seit 1877) ebenfalls nachweisen zu können. Kohlenstoff wird vermuthet. Ueber 50 bestimmte, nebst Scharen schwierig festzustellender Linien entsprechen keinem der bekannten Elemente oder harren der Bestimmung.

Abweichend von dem Spectrum der Sonnenoberfläche im Allgemeinen, wie es zuerst von Frauenhofer genauer untersucht wurde, verhalten sich die Spectren der verschiedenen Gebilde und Hüllen.

Die Flecken zeigen die Linien der Dämpfe von Natrium, Magnesium, Barium, Eisen, Calcium, Chrom, Titan, Nickel, Wasserstoff u. dgl. breiter und dunkeler als die entsprechenden Frauenhofer'schen Linien, was als Folge abwärts gerichteter Strömungen gedeutet wird. Dabei nehmen Breite und Schwärze mit dem dunkeleren Aussehen der Flecken zu. Das Auftreten der Flecken, welche dem allgemeinen Spectrum der Sonne fehlen oder nur unter günstigen Verhältnissen darin beobachtet werden, sowie die beobachteten einseitigen Verbreiterungen deutet Vogel auf vorübergehende unter niedriger Temperatur erfolgende Stoffverbindungen. Auffallend ändert sich mitunter in einzelnen Theilen des Spectrums die Lichtintensität. Alles deutet auf eine kräftigere Absorption in den Fleckengebieten hin.

Im Fleckenhofe (Penumbra) beobachtete Secchi, mindestens zeitweise, die Abwesenheit der Wasserstofflinien, welche sich in den Fackeln hell zeigen. Im Allgemeinen sind die Fackelspectren jenen der Sonnenoberfläche gleich, nur intensiver. Die hellen Metalllinien desselben sind schmaler als die entsprechenden Frauenhofer'schen, was der unter vermindertem Drucke stattfindenden Strömung heisser Massen zugeschrieben wird. Aus der in der Nähe der Flecken oft plötzlich auftretenden grösseren Anzahl von nebelichen Linien schloss Secchi auf Anwesenheit von Wasserdampf. Die zeitweise bei der Penumbra auftretenden hellen Linien gehören offenbar darüber liegenden Gebilden, etwa Fackeln an.

Trotz der sehr complicirten Resultate der spectroscopischen Untersuchungen scheinen die Spectren der Flecken sich von jenen der übrigen Sonnenoberfläche nur zu unterscheiden, wie die Spectren der Sonnenmitte von jenen des Sonnenrandes; nur sind im ersteren Falle die Unterschiede grösser.

Die Chromosphäre zeigt ganz besonders die Wasserstofflinien. Aus ihrer Breite schliesst Lockyer auf einen in der Chromosphäre herrschenden geringen Druck. Es muss derselbe indessen immer noch eine ziemlich bedeutende Grösse haben, da die Anziehung an der Sonnenoberfläche 28,5 mal grösser ist, als an der Erdoberfläche.

Young zeigte schon 1872, dass die äusseren leuchtenden Hüllen der Sonne unter günstigen Verhältnissen der Erdatmosphäre über 273 Frauenhofer'sche Linien hell erscheinen lassen und dadurch etwa 20 bekannte Elemente darin nachweisbar sind. Die Umkehrung der Linien werde wahrscheinlich durch die unteren Schichten jener Hüllen, der Schichten unter der Chromosphäre verursacht.

Die Protuberanzen zeigen, wenn sie zu den metallischen gehören, die entsprechenden hellen Linien vom Natrium, Magnesium u. s. w., wenn zu den meistens höheren Wasserstoff-Protuberanzen, ausser den charakteristischen Wasserstofflinien — eine mit der Frauenhofer'schen C-Linie genau, die andern mit der F-Linie nahe zusammenfallend — noch eine mit D_3 bezeichnete Linie mit der Wellenlänge 587,471 Milliontel Millimeter und ferner eine nach Kirchhoff's Scala mit 1474 K bezeichnete Linie. Die D_3 Linie erklärte man bald als einem besonderen Stoffe — Helium genannt — angehörend, bald für eine durch besondere Verhältnisse erzeugte Wasserstofflinie, während die 1474 K-Linie einer Eisenlinie sehr nahe liegt oder damit zusammenfällt. Da die Protuberanzen über der absorbirenden Hülle sich entwickeln, so sind deren Spectrallinien hell. Auf der Mitte der Sonnenscheibe lassen sich desshalb die

Protuberanzen durch Verschwinden der C-Linie nachweisen, da bei Anwesenheit von Wasserstoff in der Nähe der Flecken die dunklen Wasserstofflinien heller werden und scheinbar ganz verschwinden können. Die F-Linie gehört nicht dem Wasserstoffe allein an, wesshalb sie nicht verschwindet. Norman Lockyer zeigt, dass die in Flecken und Protuberanzen vorkommenden Linien den gleichen Stoffen entstammen, dass die Temperaturen in den ersten niedriger sein müssen, als in den letzteren, dass die Linien des Sonnenspectrums die Resultanten verschiedener Absorptionsgebiete sein und dass im Sonnenkörper die Stoffe in vollkommen dissociertem Zustande vorkommen müssen.

Wie oben bemerkt konnte man vor dem 18. August 1868 die Protuberanzen nur während den totalen Sonnenfinsternissen wahrnehmen und beobachten. An jenem Tage befand sich der französische Physiker Janssen zur Beobachtung der Finsterniss in Gunttoor in Indien. In dem Augenblicke des Verschwindens der Protuberanzen hinter dem Mondrande erblickte er im Spectrum nicht dunkle, sondern auffallend helle und scharf bestimmte Linien, so dass er unwillkürlich ausrief: „Euch sehe ich wieder“! In der That wurde die dabei gehegte Erwartung, die Protuberanzen des Contrastes der hellen Linien gegenüber den dunkeln des allgemeinen Sonnenspectrums halber auch bei vollem Sonnenschein zu erkennen, schon am folgenden Morgen erfüllt. Bald darauf gelang es N. Lockyer nach schon vor der Finsterniss von 1868 vorgeschlagener Methode und darauf auch andern Physikern, die Protuberanzen bei vollem Sonnenscheine zu beobachten.

In der Corona beobachteten Rziha in Aden, N. Pogson in Masulipatam und Tennant in Gunttoor am 18. August 1868 ein continuirliches Spectrum ohne helle oder dunkle Linien. Young fand 1869 die Wasserstofflinien, die D₃- und die 1474 K-Linien. Letztere gehört nach Janssen ganz der Corona an. Er fand zu Sholvar 1871 in der Corona ausser den hellen Wasserstofflinien noch schwierig wahrnehmbare dunkle Linien des Sonnenspectrums, welche von reflectirtem Sonnenlichte herzurühren scheinen; auch 1882 am 17. Mai erschien die 1474 K-Linie wieder im Grün und ebenso bestimmt die Wasserstoff- und D₃-Linien.

Nach dem heutigen Stande menschlicher Erkenntniss darf man den Sonnenball als aus einem weissglühenden festen oder flüssigen Kerne bestehend annehmen, dessen continuirliches Spectrum in Folge der ihn atmosphärenartig umgebenden Hüllen die dunkeln Fraunhofer-Linien zeigt. Die hauptsächlich die Umkehrung bewirkende Schichte, welche wahrscheinlich nicht ganz scharf

von dem innern Kerne und der darüber liegenden Hülle getrennt, desshalb nur unter günstigen Verhältnissen beobachtbar wird, dürfte ihr Dasein wesentlich nur dem geringeren Gewichte der sie bildenden Dämpfe gegenüber den Dichten der darunter liegenden Massen verdanken. Sie enthält die Dämpfe von Calcium, Eisen, Kalium, Kupfer, Magnesium, Natrium, Nickel, Wasserstoff u. s. w. Ihre Höhe wird auf etwa 1500 Km geschätzt. Ueber dieser Schichte ruht, in einer scheinbaren Höhe von 8 bis 10 Secunden, also von mindestens 5700 bis 7200 (nach Anderen selbst 15000) Km. die sog. Chromosphäre, welche hauptsächlich aus dem leichteren Wasserstoffe zu bestehen scheint. Sie enthält auch das erwähnte Helium, wenn die D₃-Linie nicht dem Wasserstoffe angehört.

Aus dieser stets bewegten, zeitweise sehr aufgeregten Schichte scheinen sich vorab die Protuberanzen zu entwickeln, deren Form auf mächtige Strömungen an der Sonnenoberfläche vom Aequator nach den Polen hindeutet.

Ueber diesen dichteren, äusseren starkleuchtenden Hüllen lagert noch eine dünnere, weniger heisse und verhältnissmässig schwach leuchtende Schichte, die Corona. Sie besteht höchst wahrscheinlich aus gasigen Bestandtheilen. Da sie bei den Finsternissen von 1870 und wieder in den letzten Jahren die Wasserstoff- und Heliumslinien zeigte, während später gegen das Fleckenminimum von 1879 hin die entsprechenden Linien nur schwach oder gar nicht sichtbar waren und sie theilweise im eigenen, theilweise in reflectirtem Lichte erglänzt, wobei die Polarisation von dem Sonnenrande bis zu gewisser Höhe zunimmt, so ist die Annahme zu rechtfertigen, dass zur Zeit grösserer Sonnen-thätigkeit, also zur Zeit der Fleckenmaxima, mehr Dämpfe aus der Chromosphäre in die Coronaschichte gelangen und sich mit derselben vermischen als zu andern Zeiten und dass zahlreiche kleinere glühende Massen in ihr niedersinken, welche sich bei der Annäherung an die heisse Sonnenoberfläche allmählich auflösen und dadurch unfähig werden, das Sonnenlicht zu reflectiren. Die niedersinkenden Massen können aus dem Weltraum auf die Sonne stürzende Massen — Meteoriten —, ebenso wohl aber auch nur Condensationsproducte der aus der Sonne selbst hoch aufgeschleuderten Dämpfe sein.

Für die Gestaltung der Granulation, Flecken, Fackeln, Protuberanzen u. dgl. scheinen die dichteren Schichten wesentlich zu sein; der Coronahülle fällt in Folge der gewaltigen Temperaturunterschiede, welche an den untern auf der heissen Chromosphäre aufruhenden und an den obern mit dem mindestens —65, vielleicht aber auch bis zu —150 Grad kalten Weltraume in Berührung stehenden Schichten herrschen, wie in Folge grösserer Beweglichkeit

bei geringerer Dichte sehr wahrscheinlich eine Hauptrolle bei der Erzeugung des periodischen Wechsels der Sonnenthätigkeit zu. Die stark veränderliche Form und die wechselnden Lagen der Corona müssen von grossem Einflusse auf die Ausstrahlung der Sonne sein.

Obschon die directen optischen, wie spectralanalytischen Beobachtungen bis jetzt schon äusserst complicirte Resultate ergaben, scheint doch die Annahme gerechtfertigt, dass bei fortgeschritteneren Beobachtungen die Erscheinungen an der Sonne sich auf einfachere Ursachen zurückführen lassen. Sehr vereinfacht wird jede Hypothese dafür, durch die bereits angeführte Beobachtung, dass das Spectrum der Flecken sich von demjenigen der übrigen Sonnenoberfläche verschieden zeigt, wie das Spectrum des Sonnenrandes von jenem der Mitte, wobei im ersteren Falle die Unterschiede schärfer hervortreten.

Die äussere, die Corona-Hülle ruht unten auf einer mindestens 2000° heissen Sonnenschichte, auf der Chromosphäre, und reicht oben in den vielleicht bis zu -150° kalten Weltraum, so dass trotz aller Wärmeausstrahlung und Wärmezuführung durch Strömung von unten her die obern Schichten so kalt sein müssen, dass ein Gleichgewichtszustand nicht annehmbar ist, sondern beständig Strömungen stattfinden müssen. Entstehen nun schon in unserer Erdatmosphäre, trotz der an der Erdoberfläche selten über 20 bis 30, nur ausnahmsweise über 40 Grade steigenden Temperatur, sehr heftige Bewegungen in Form von Winden, Stürmen und Orkanen, so müssen in der äussersten Sonnenhülle Strömungen von einer Heftigkeit auftreten, welche wir nur ahnen können. Dabei müssen die vertical auf- und absteigenden Ströme vorwiegend sein. Durch jeden aufsteigenden Strom entsteht in den untern Schichten der Hülle Druckverminderung und damit Entlastung der darunter liegenden heisseren Schichten. Dadurch entwickeln sich auch in diesen aufwärts gerichtete Ströme und veranlassen auf gleiche Weise solche in noch grösseren Tiefen. In Folge der bei diesen Vorgängen bedingten Druckverminderung und des Aufsteigens der tiefern Massen in Regionen mit geringerem Drucke findet Ausdehnung der Dämpfe und Gase und dadurch wie durch die Berührung mit kälteren Schichten Abkühlung statt, wodurch die Massen dunkeler, namentlich aber lichtabsorbirender werden und sich als dunklere Gebiete gegenüber dem hellen Sonnenkörper zeigen müssen.

Sind die Ausdehnungen der aufsteigenden Ströme gering, so können auch die zur Ausgleichung des Druckunterschiedes nothwendigen abwärts gerichteten,

die kühleren Massen mit sich führenden Ströme nur eine geringe Ausdehnung haben. Es entsteht dadurch die Granulation mit den hellen kuppenförmigen Stellen der aufwärts steigenden Schichtenmassen und den dunklen Stellen, den Poren, erzeugt durch die abwärts gerichteten Strömungen dazwischen.

Nehmen die Ströme ausgedehntere Räume ein, dann werden die Verhältnisse complicirter. Zunächst sind die Geschwindigkeiten nicht in allen Querschnitten der Ströme gleich und dann müssen in Folge der Strömungen aus Schichten von verschiedener Dichte und Temperatur, wie durch Gegenströmungen Unregelmässigkeiten in der Bewegung entstehen, wodurch der jeweilige Druck nicht immer genau der an betreffender Stelle herrschenden Temperatur entspricht, so dass, wenn letztere zu hoch ist, eine raschere Verdampfung und in Folge dessen ein Spritzen und Schleudern der über jenen Stellen befindlichen Massen eintreten muss. Die emporquellenden heissen Massen leuchten in Folge höherer Temperatur und geringeren Absorptionsvermögens stärker als die Umgebung und bilden die Fackeln. Zunächst erscheinen diese da, wo der Flecken sich in Folge der aufsteigenden Ströme zu bilden beginnt, dann an dessen Rändern und wieder als letzte Nachzügler nach seinem Verschwinden.

Da das Emporquellen und Schleudern im Allgemeinen schichtenweise vor sich gehen muss, so werden die vorzugsweise wasserstoffhaltigen Massen der Chromosphäre am höchsten, die schwereren metallischen Massen der tiefer gelegenen Schichten weniger hoch in die Coronahülle hineingeschleudert werden und so die helle Linien gebenden Protuberanzen bilden.

Ist die Ausdehnung der aufsteigenden Ströme sehr bedeutend oder liegen zahlreiche Herde solcher neben oder nahe bei einander, dann werden bei der Rückströmung grössere Gebiete der Sonnenoberfläche mit kühleren Massen überlagert, die weder fest noch tropfbar flüssig zu sein brauchen; es genügt ein verhältnissmässig erheblicher Unterschied der Temperaturdifferenzen, um allein schon durch Lichtabsorption sichtbar zu werden. Sieht ja eine schwachleuchtende Flamme von möglichst niederer Temperatur auf einer solchen von höherer Temperatur, wenn auch diese nicht sehr starkleuchtend ist, schon fast schwarz aus. Die kühlestn Massen zeigen sich als Flecken, die weniger kühle Umgebung als Fleckenhöfe. Aehnlich wie auf Erden schmelzende Eis- und Schneemassen oder verdunstendes Wasser die Umgebung abkühlen und dabei Wasser-, namentlich aber Luftströmungen bis auf bedeutende Entfernungen hin erzeugen, so müssen auch in der Nähe der Flecken kühlere Stellen entstehen und meist nach dem Fleckencentrum gerichtete Strömungen

sich bemerkbar machen; diese erzeugen das strahlenförmige Gefüge der Höfe und die zungenförmigen Ströme von scheinbar $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ Sekunden oder etwa 180—230 Km Breite, ja selbst jene gewaltigen Strömungen, welche die Fleckenhöfe, ja mitunter die Flecken in überraschend kurzer Zeit auflösen. Dass die einbrechenden Ströme im Innern des Fleckenhofes heller als aussen erscheinen, ist theils in dem Contraste gegenüber dem dunkeln Kerne, theils aber wohl auch dadurch begründet, dass die hellen Massen nicht bloss durch den Hof fliessen, sondern auch unter demselben hervorquellen, ähnlich wie das Wasser von den Kanten aus über eine in Eismassen schwimmende untertauchende Eistafel hinüberzüngelt. In Folge der höheren Temperatur lösen diese Massen die Flecken im Innern rascher auf und sind weniger lichtabsorbirend, somit auch dadurch zu dem helleren Aussehen des Hofes beiträgend. Je nach den Umständen werden die Höfe einfach strahlenförmig oder spiralförmig von den heissen Strömen durchsetzt und müssen die mannigfaltigsten Combinationen von Flecken- und Hofformen vorkommen, wie wir Aehnliches bei Gewölken in unserer Atmosphäre oder bei Eistreiben auf der Meeresoberfläche der Erde wahrnehmen können.

Vorgänge obiger Art erklären das Entstehen grosser Flecken aus vorausgehenden Gruppen kleiner, sie erklären die Flecken ohne oder mit Höfen und warum die Flecken häufig wie Vertiefungen sich darstellen, während in den meisten Fällen man keinerlei Vertiefung in dem Strömungsgebiete wahrnehmen kann. Versinken die dunkeln Massen rasch, dann erscheint die Trichterform, geht das Versinken sehr langsam vor sich, dann nimmt man sie nicht wahr.

Da die Flecken stets im absteigenden Strome sichtbar werden, so können über denselben keine Protuberanzen entstehen, wohl aber an dem Rande der Fleckenhöfe oder in deren Nähe.

Das Uebereinanderschieben zweier Flecken muss bei obiger Annahme der Bildung derselben als auf Schein beruhend angesehen werden. Es bewegen sich vielmehr zwei mit verschiedener horizontaler Geschwindigkeit auftretende benachbarte Ströme wie zwei Fluthwellen oder zwei Flüssigkeitswirbel durch einander oder es finden durch eigenthümliche Strömungen der in die Fleckenregion eindringenden heissen Ströme Umgestaltungen der Fleckenformen statt, welche den Eindruck physischer Vereinigungen und Trennungen machen, ohne es in Wirklichkeit zu sein.

Entstehen die Flecken in der angeführten oder doch in ähnlicher Weise, dann müssen in Folge der mannigfachen Zustände, der Geschwindigkeiten,

der Druckänderungen, der verschiedenen Temperaturen, der verschiedenen Dichtigkeiten, der auftretenden chemischen Verbindungen und der Dissociation die Spectrallinien und -Bänder die verschiedenartigsten Veränderungen erfahren und nur in wenigen Fällen werden annähernd die gleichen Erscheinungen sich wiederholen. Sie werden sich gerade so selten in gleicher Weise wiederholen, als auf unserer Erde die meteorologischen Verhältnisse. Dadurch erklären sich die verschiedenartigen oft sich widersprechenden Beobachtungsergebnisse, ohne dass man zu complicirten Hypothesen oder zu einem Labyrinth von Kohlenstoff-, Silicium- oder andern Sonnenhüllen die Zuflucht nehmen muss. N. Lockyer sagt treffend: „Die Elemente, welche wir auf Erden kennen, existiren auf der Sonne nicht, wenn die Existenz derselben auf ausserirdischen Weltkörpern, inclusive der Sonne von der vollkommenen Uebereinstimmung der Fraunhofer'schen und Metalllinien nach Wellenlänge und Intensität abhängig gemacht wird.“

Die Ursache für das Fehlen der Flecken in höheren Breiten und vorab in den Polargegenden der Sonne liesse sich suchen in der stärkeren Abkühlung daselbst, so dass hier die hohen kühleren Schichten von innen heraus nicht mehr durchbrochen werden können, wie in der Nähe des Aequators, woselbst in Folge der durch Abplattung grösseren Höhe und Dichte der die Ausstrahlung vermindernden Hüllen, die zu durchbrechenden Schichten dünner sind.

Die Sonne gehört in Folge ihrer periodisch veränderlichen Thätigkeit, deren Resultate wir theilweise in den Vorgängen an ihrer Oberfläche beobachten können, zu den veränderlichen Sternen. Ist auch die Abkühlung noch nicht so weit fortgeschritten, dass die Unterschiede der Licht- und Wärmestrahlung in den einzelnen Abschnitten der Perioden sehr auffallend werden, so zeigt doch die Fleckencurve — die Darstellung des Wechsels der Fleckenhäufigkeit, wovon wir auf der beigegebenen Tafel für die Zeit von 1770 bis 1883 eine Darstellung geben — grosse Aehnlichkeit mit manchen Lichtcurven veränderlicher Sterne, namentlich mit η Aquilae.

Sind mit den angegebenen periodischen oder doch zeitweisen Aenderungen in den Vorgängen an der Sonnenoberfläche Aenderungen in den Strahlungsverhältnissen verbunden, dann muss davon das ganze Sonnensystem beeinflusst werden. Wie in dem Neujahrsblatte der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich für 1875 gezeigt wurde, sind in der That Beziehungen zwischen Erdmagnetismus und Polarlicht und der durch die Fleckenwechsel bekundeten Veränderlichkeit der Sonnenthätigkeit in auffallender Weise vorhanden und

bestimmt nachgewiesen. Bei den complicirteren meteorologischen Verhältnissen unserer Erde treten in einzelnen Fällen, wie bei Stürmen, Hagel, Weinerträgen, theilweise auch bei den Niederschlägen von Regen und Schnee periodische Aenderungen auf, deren Veränderlichkeit unverkennbar in der veränderten Sonnenthätigkeit zu suchen ist. Der parallele Gang tritt namentlich in jenen Perioden bestimmt auf, in welchen die Unterschiede der Sonnenthätigkeit bei den Maxima und Minima sich am grössten zeigen. Bei anderen Erscheinungen, wie namentlich in den Temperaturänderungen, Windrichtungen u. dgl. tritt eine derartige Beziehung weniger klar hervor. Bei keiner der meteorologischen Erscheinungen kann sie sich gleichförmig über der ganzen Erdoberfläche zeigen. Sie wird desshalb entweder geleugnet oder für unbedeutender gehalten, als dass sie sich bemerkbar machen könnte. Letzteres ist theilweise richtig; enthält aber viel Falsches.

Zunächst ist die Energie der Strahlung durch durchsichtige Körper um so grösser, je höher die Temperatur der Quelle ist; somit können bei an sich schon sehr hohen Temperaturen verhältnissmässig unbedeutende Wechsel der Sonnenstrahlung sich in unserer Atmosphäre nicht besonders stark kund geben. Weiter ist zu beachten, dass wir ja nur das Resultat der Temperaturänderungen am Boden des Luftmeeres nach Abzug der bei der Bewegung von Wasser und Luft in Arbeit umgesetzten und nach Abzug der bei den Niederschlägen wieder frei gewordenen Wärmemenge, welche direct in den Welt-raum ausstrahlte, beobachten. Je mehr Wärme unserer Atmosphäre (und den Meeren) von der Sonne herzugeführt wird, um so mehr Arbeit wird in derselben in der verschiedenartigsten Weise vollzogen und somit Wärme aufgebraucht, (zur Erzeugung von Wind und Wetter, von Regen, Schnee, Hagel, Gewitter u. s. w.), wodurch gerade die Atmosphäre einen Regulator der Temperatur und des Witterungswechsels zum Wohle aller auf Erden lebenden organischen Wesen bildet.

Den Einfluss etwaiger wärmerer oder kühlerer Stellen an der Sonnenoberfläche untersuchten Nervander und Buys-Ballot. Ersterer fand für eine ihm von der Sonnenrotation abhängig scheinende Periode 27,26, letzterer dafür 27,682 Tage. In den Relativzahlen Wolf's findet sich eine ähnliche Periode, welche der Verfasser zu 27,687 Tagen bestimmte. Unter der Annahme bestimmter heisserer Punkte an der Sonnenoberfläche, welche keine Verschiebung erleiden, so dass sie alle 27,68 Tage wieder der Erde gegenüberstehen, müsste die wahre Sonnenrotationszeit 25,74 Tage betragen, was mit den früher dafür angegebenen Werthen übereinstimmt. Aus dem Einflusse

der Sonnenrotation auf den Druck der Erdatmosphäre schloss Hornstein auf eine Rotationszeit der Sonne von nur 24,12, Broun auf 24,13 Tage, während er aus den magnetischen Schwankungen eine nur unbedeutend grössere Zahl erhielt. Diese gegen die gewöhnlich angenommenen zu kleinen Werthe würden mit der synodischen Umdrehungszeit der Sonne gegenüber Jupiter in Einklang zu bringen sein, wenn letztere 25,74 Tage betrüge. In jenen kleineren Werthen würde sich alsdann ein Einfluss Jupiters abspiegeln, worauf wir zurückkommen.

Inwiefern die oben erwähnte Abplattung des Sonnenäquators, falls sie wirklich besteht, einen Einfluss zeigt, lässt sich schwierig nachweisen, da die Erde jedes Jahr wieder in den gleichen Jahreszeiten den gleichen Stellen gegenüber tritt.

Die Licht-, Wärme- und chemische Strahlung der Sonne, deren Unterschied nur in der Verschiedenartigkeit der Wirkung der gleichen Strahlung liegen dürfte, zeigt im Sonnenspectrum ein Maximum für die Wärme bei dem rothen Theile, für das Licht bei dem gelben Theile und für die chemische Strahlung bei dem violetten Theile.

Ob bei den Polen der Sonne beträchtlich weniger Wärme ausgestrahlt wird, als in der Nähe des Aequators, ist durch zukünftige Beobachtung festzustellen.

Die Grösse der Strahlung wurde auf S. 4 besprochen. Directe Beobachtungen, wie photographische Aufnahmen ergeben eine bedeutende Abnahme der Licht- und Wärmestrahlung der Sonne gegen den Rand hin.

Es fanden für

L i c h t						W ä r m e			
Secchi		Liais		Langley		Secchi		Ericsson	
Entfernung von der Sonnenmitte	Stärke	Entfernung von der Sonnenmitte	Stärke	Entfernung von der Sonnenmitte	Stärke	Entfernung von der Sonnenmitte	Stärke	Entfernung von der Sonnenmitte	Stärke
0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0,562	0,89	0,625	0,998	0,50	0,950	0,25	0,99	0	—
0,934	0,80	0,938	0,945	0,75	0,850	0,50	0,97	—	—
0,988	0,52	0,969	0,912	0,96	0,634	0,75	0,84	—	—
		1	0,529	0,98	0,500	1,00	0,40	1	0,638

Chacornac bestimmte die Helligkeit des Sonnenrandes zu etwa 0,5 derjenigen der Sonnenmitte und hielt für ebenso hell die Penumbra der Flecken.

Für die chemisch wirkenden Strahlen müssen ähnliche Unterschiede bestehen; Messungen liegen uns, ausser den Photographiebildern von der Sonne, deren Ränder stets dunkler sind, keine vor.

Die ungleiche Strahlung ist bedingt durch die äusseren Hüllen der Sonne. Liais hält eine absorbierende Schichte von 3000 Km Höhe, welche im Ganzen nur 6 % des gesammten Lichtes absorbirt, für genügend, um die Lichtabnahme zu erklären. Laplace und Bouguer hatten berechnet, dass die Sonne ohne Atmosphäre 12 mal heller scheinen würde. Nach Vogel's Beobachtungen wächst die Absorption durch die Sonnenatmosphäre für Strahlen mit grösserer Brechbarkeit oder geringerer Wellenlänge, so dass ohne die Atmosphäre violettes Licht 3 mal, rothes Licht 1,5 mal heller erscheinen würde. Ericsson schätzt die Absorption der Wärme nicht höher als 0,144 derjenigen der Lichthülle entstrahlenden.

Vielfach suchte man die Ursache für die sehr langsame Abnahme der Temperatur der Sonne aufzufinden, trotzdem diejenige des Weltraumes jedenfalls tief unter dem Gefrierpunkte des Wassers liegt, — nach Fourier -60° , nach Pouillet -142° , nach neuester Bestimmung Fröhlich's -127 bis 131° C. Nähme man die Abkühlungsfähigkeit der Sonne gleich derjenigen des Wassers an, dann müsste die ganze Sonnenmasse jährlich fast um 2 Grade oder in tausend Jahren um 2000 Grade abgekühlt werden. Da dies nicht der Fall ist — es müsste die Sonne längst zu leuchten und zu wärmen aufgehört haben —, so müssen Ursachen bestehen, welche die Energie der Sonnenthätigkeit entweder constant oder doch möglichst lange erhalten. Die Ursachen können physikalische, mechanische oder chemische sein.

Verbrennt Wasserstoff, dann werden 34460, bei Kohlenstoff 8080, bei Steinkohlen 7500, bei Schwefel 2700 u. s. w. Wärmeeinheiten, deren jede ein Kilogramm Wasser um einen Grad zu erwärmen vermag, frei. Weit gewaltiger kann die Erzeugung von Wärme durch mechanische Arbeit werden. Einer Wärmeeinheit entspricht eine Leistung von 425 Meterkilogramm, somit einer Leistung von 1 Mkg eine Wärmemenge von 0,00236 einer Wärmeeinheit oder pro 1 Kg Gewicht eine Wärmemenge von $0,000120 v^2$ Einheiten, wenn eine Masse mit der Geschwindigkeit v auf eine andere trifft. Es lässt sich berechnen, dass die auf die Sonne fallenden Körper, je nach der Entfernung, aus welcher sie kommen, mit 446 bis 630 Km. Geschwindigkeit anlangen und somit (nach $0,000120 v^2$ berechnet) 24 bis 48 Millionen Wärmeeinheiten pro Kg oder 3200 bis 6400 mal mehr Wärme entwickeln, als Steinkohlen beim Verbrennen. Trotzdem müssten bei der angenommenen Ausstrahlung doch mindestens 1600 Billionen Kg Stoff pro Secunde zur Sonne fallen, um deren Temperatur constant zu erhalten. Dadurch wäre eine erhebliche Massenvermehrung der

Sonne bedingt. In der Vergrößerung des Sonnendurchmessers würde sich die Massenvermehrung trotz der gewaltigen Zunahme nicht so bald zeigen, da erst nach mehr als 30000 Jahren der Durchmesser um 1 Secunde oder etwa den $\frac{1}{2000}$ Theil vergrößert würde; dagegen müsste die Umlaufszeit der Erde um die Sonne, somit das Erdjahr um $\frac{3}{8}$ Secunden sich jährlich verkürzen, was sehr bald beobachtbar würde. Da eine derartige Aenderung den Astronomen nicht bekannt ist und wenn man nicht annehmen will, dass durch beständige Verdampfung ein Theil der Sonnenmasse wieder in den Weltraum gelange, dann darf man nur einen theilweisen Ersatz der Sonnenenergie durch Meteoriten annehmen. Die auf dieselbe niederstürzenden Meteoritenmassen müssen, nach der grossen der Erde zugeführten Zahl zu urtheilen, immerhin noch sehr bedeutend sein.

Helmholtz suchte die Erhaltung der Sonnenenergie durch Zusammenziehen der äusseren Hüllen, A. Ritter in Aachen durch Contraction des gesammten Sonnenkörpers, also bei constant bleibender Masse, zu erklären. Geringe Verminderung des Sonnendurchmessers würde genügen, den jährlichen Wärmeausfall zu decken. Es läge damit in der Abkühlung der Sonne selbst die Ursache der Wärmeentwicklung.

A. Ritter, gestützt auf die Wärmetheorie (Anwendung derselben auf die Constitution der Weltkörper) und unter Annahme der im Gleichgewichtszustande befindlichen die Contraction bedingenden Gravitationskräfte und der die Expansion bedingenden Wärme, findet, dass eine Gaskugel von dem Zustande, in welcher sich die Sonne dem Anscheine nach befindet, mindestens noch 38 Millionen Jahre erfordere, um so weit abgekühlt zu werden, dass sie keine Wärme mehr ausstrahle. Selbst wenn die Strahlung constant bliebe, anstatt mit der Temperaturabnahme sich zu vermindern, würde bei einem Strahlungsvermögen von jährlich etwa 2 Wärmeeinheiten pro Massenkilogramm, wie man jetzt rechnet, die Abkühlungsdauer der Sonne im Minimum noch 13 Millionen Jahre betragen.

In der Abkühlung des ungeheueren Sonnenkörpers liegt nach Ritter's Untersuchung die Veränderlichkeit der Sonnenthätigkeit. In Folge der ungleichen Abkühlung in den Polar- und Aequatorealgegenden eintretenden Gleichgewichtsstörungen, welche zeitweise durch Ausgleichungen in einen gewissen Ruhezustand versetzt werden, bis neue Störungen letzteren wieder aufheben, tritt der periodische Wechsel der Erscheinungen an der Sonnenoberfläche ein. Die Kerne der Sonnenflecken sind Regionen, in welchen von dem totalen Energiegehalte der Sonnenmasse ein beträchtlicher Theil zeit-

weise die Form von lebendiger Kraft, anstatt von Wärme angenommen hat. Die Poren sind kleine Flecken. Flecken und Poren markiren die absteigenden, die Granulationen die aufsteigenden Strömungen. Auf diesen beruht die Periodicität. Veränderter Wärmezustand würde eine Veränderung des Sonnendiameters bedingen. Endlich zeigt Ritter, dass seine Theorie die auf der Sonne beobachteten relativen Bewegungen der Flecken und anderer Gebilde zu erklären vermag und dass die Oberflächentemperatur der Sonne niemals erheblich grösser war und auch in Zukunft niemals erheblich grösser werden kann, als sie gegenwärtig ist.

Ritter's Untersuchungen zeigen weiter, dass unter gewissen Verhältnissen in einer adiabatischen Gaskugel — wenn Volumenänderungen statthaben, ohne dass dabei Wärme mitgetheilt oder entzogen wird — der isothermische Kern höchstens ein Fünftel des Durchmessers der ganzen Kugel haben kann. Auffallenderweise berechnet sich, wenn die Sonne den gleichen Gesetzen unterworfen sein sollte, wie die Planeten, nach der Formel

$$\frac{M}{m} \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^2 = \left(\frac{R}{r}\right)^3 ,$$

welche die Rotationszeiten der letzteren gut darstellt und worin M , T und R die Massen, Rotationszeiten und Halbmesser der Planeten, m , t und r die entsprechenden Werthe der Erde darstellen, der Durchmesser eines etwaigen festen Sonnenkerns zu 8 Erd- oder $1/13$ Sonnendurchmesser.

Die Ursache zur Erzeugung der Veränderlichkeit der Sonnenthätigkeit kann jedoch auch ausserhalb der Sonne gesucht werden und zwar vor Allem in den wechselnden Stellungen der Planeten. Dieselben müssen einen Einfluss auf die leicht beweglichen kühleren und an verschiedenen Stellen ungleich hohen Hüllen der Sonne oder auch auf die Massen in geringer Entfernung um sie kreisender kleiner Körper oder ein nahe der Sonne dichteres, die Strahlung übertragendes Medium, welchem schon in der Kometentheorie eine Rolle zugetheilt wurde, ausüben, der periodisch wechselnd, durch den irdischen Ebben und Fluthen entsprechende Gesetzmässigkeit hervorgebrachte Schwankungen und Verschiebungen die Ausstrahlung veränderlich machen oder selbst im Sonnenkörper derartige Schwankungen hervorbringen und auf eine oder die andere Weise die periodische Veränderlichkeit der Thätigkeit bedingen muss.

Berechnet man den Einflusss derartiger Schwankungen nach der Formel

$$r = 100 \left[t \cdot \frac{\sin . 30,349}{2} + 0,50 \right]^3 + 50 \left[\sin . 36,257 (t-1) \right]^3 ,$$

wobei t die von 1795 an gerechneten Jahre und r die zu berechnenden Relativzahlen bedeuten und worin das erste Glied der Excentricität des Planeten Jupiter, das zweite dem Einfluss des Planeten Saturn unter Vernachlässigung der Excentricität entspricht, dann berechnen sich, trotz der rohen Annäherung und Vernachlässigung der Bahnneigungen, wie der Einflüsse der übrigen Planeten, nicht nur die Maxima und Minima der Fleckenperioden, wie sie Wolf bestimmte, zum grössten Theile mehr als genügend nahe, sondern es entsprechen auch die Zu- und Abnahme der Zahlenwerthe dem Gange der beobachteten, wie die auf S. 16 mitgetheilte und auf der Tafel in Fig. IX graphisch dargestellte Zahlenreihe (von 1770—1889) zeigt und treten selbst die Hauptmaxima der grösseren Perioden von 1730, 1788 und 1848 hervor. Einem derartigen Einflusse würde die häufig auf beiden Hemisphären wechselweise auftretende Entwicklung der Thätigkeit, wie das zeitweise beobachtbare plötzliche Aufleben der Thätigkeit auf einem grossen Theile der Sonnenoberfläche entsprechen; es liesse sich die kurze Periode von 27,687 Tagen, welche sich in der Fleckenthätigkeit wie in den Temperaturen zeigt und dazu beitrug, den Mond an die Stelle der Sonne als Ursache des Wechsels irdischer Erscheinungen zu setzen, auf übereinstimmende Weise erklären und selbst die auf S. 28 erwähnten kurzen Werthe von 24,12 Tagen für die aus theoretischen Gründen entwickelte Rotationszeit der Sonne liesse sich dadurch erklären, dass alle 25,74 Tage die gleiche Stelle der Sonnenoberfläche sich dem Planeten Jupiter gegenüber befinden würde.

Erklärung der Tafel.

Am Kopfe sind drei der auf S. 12 erwähnten Coronabeobachtungen abgebildet. Die folgenden Figuren IV bis VIII stellen nach von Herrn Wolfer auf der Zürcher Sternwarte erhaltenen Beobachtungen und in verdankenswerthester Weise darnach hergestellten und für diese Tafel zur Verfügung gestellten Zeichnungen in Fig. IV und V Sonnenflecken und deren Veränderungen, in VI ein Bild der mit Flecken besetzten Sonnenoberfläche, in VII eine 80° des Sonnenrandes umfassende Ansicht von Protuberanzen in grösserem Massstabe dar. Fig. IX stellt die auf S. 16 und 32 erwähnten Relativzahlen Wolf's und die unter der Annahme einer Einwirkung der Planeten, namentlich Jupiters und Saturns berechneten entsprechenden Fleckenzahlen für die Zeiten 1770 bis 1889 graphisch gegenüber.