

## Die Sonne.

Absolute Königin ihres Systems ist die Sonne, sagt Mädler. Nie werden sich ihre Untergebenen, die Planeten sammt ihren Trabanten, den Monden, von diesem Verhältnis los machen können. Sie können sich freilich gern dem ausgeübten Zwange fügen, da sie von ihrer Herrin, der Sonne, versorgt werden wie die Glieder einer Familie von treu sorgender Mutterhand. Kein Leben würde auf der Erde und so auf allen die Sonne umkreisenden Gestirnen entstehen und fortbestehen können, wenn nicht die Licht und Wärme spendende Hand des Muttergestirns sich ihrer erbarmte. Eine wahre Königin ist die Sonne, denn in ihrem Reiche erhält ein Jedes seine Stimme genau nach Massgabe seiner Macht, das heisst die von jedem Planeten oder Mond ausgeübte Wirkung kommt voll zur Geltung. So kommt es, dass die Planeten nicht gezwungen sind, sich um den stereometrischen Mittelpunkt der Sonne zu bewegen, also nicht um den Schwerpunkt der Sonne, sondern nur um den Schwerpunkt aller Körper des Systems kreisen müssen, welcher freilich, da die Masse der Sonne die aller Planeten zusammen mehr als 720 mal übertrifft, noch innerhalb des Centralkörpers liegt, und diesem Zwang ist der letztere selbst unterworfen, er wird damit den Äusserungen seiner Begleiter gerecht.

In respektvollen Entfernungen von einander führen die Wandelsterne sammt ihren Trabanten ihre Wege um die Sonne aus, und die Störungen, die sie gegenseitig auf einander ausüben sind derart, dass sie eine dauernde Änderung in den jetzigen Bewegungszuständen nicht herbeiführen.

Aber nicht wir Erdenbewohner allein, nicht bloss unsere Planeten sind die Auserwählten, welche den belebenden Strahlen einer Sonne ausgesetzt sind, sondern alle jene Lichtpunkte am Himmel, die wir als Fixsterne bezeichnen, sind Sonnen wie unsere Sonne und sie sind vielleicht zum grössten Teile umkreist von Wandelsternen. So steht unser Tagesgestirn nicht einzig da, eine Sonne aber, von welcher die unsere abhängt wie von ihr die Planeten, das heisst eine Centralsonne wird es wohl nicht geben. Wohl bewegt sich unsere Sonne selbst, indem sie alle ihre Planeten mit sich zieht, durch den Weltenraum, aber diese Bewegung führt sie aus, nicht um eine Centralsonne, sondern um den Schwerpunkt aller der Sonnen nebst zugehörigen Planeten und Trabanten, welche mit dem Centralkörper unseres Systems ein grösseres System bilden, welches bis zu dem als matter Schimmer erscheinenden Heer von Sternen der Milchstrasse reicht. Dieses grössere System hat eine so ungeheure Ausdehnung, dass wir seine Grösse nur recht bewundern können, wenn wir bedenken, dass ein Lichtstrahl, der in 1 Sekunde über 40000 geogr. Meilen zurücklegt, um von einem Punkte der Milchstrasse bis zum entgegengesetzten zu kommen nach Mädlers Schätzungen 7000 Jahre braucht. Mädler hält ferner dafür, dass der Schwerpunkt dieses Systems in eine Gruppe von Sternen fällt, die den Namen der „Plejaden“ hat, welche in der Bibel als Gluckhenne mit den Küchlein bezeichnet wird, und dass von dieser Gruppe der helle Stern Alcyone in der Nähe dieses Schwerpunkts steht. Um den letztern beschreibt unsere Sonne einen Umlauf in einem Zeitraum von 22 Millionen Jahren. Innerhalb dieses Heeres von Gliedern desselben grossen Sternsystems, welches von fernen Nebelflecken vielleicht wie ein Sternhaufen erscheint, schaltet und waltet die Sonne

ohne Beeinflussung von aussen her, sind ja die uns nächsten Sonnen so weit entfernt, dass das Licht von ihnen her bis zu uns Jahre braucht, während von unserer Sonne bis zu dem äussersten Planeten Neptun das Licht in etwa 4 Stunden kommt.

Der Sonne ist nicht von jeher der Rang als herrschendes Gestirn zuerkannt worden, lange Zeit sah man die Erde als bevorzugtes Gestirn an, ihr zu Gefallen sollten alle anderen Himmelskörper da sein, um sie sollten sich alle drehen. Erst durch Kopernikus wurde der Sonne zu ihrem Rechte verholfen, wurde das Wahre an des mutigen Nicolaus von Cusa Sätzen von der Bewegung der Erde nachgewiesen. Wohl gab es bereits im Altertum Ansichten, die der Meinung, dass die Erde im Mittelpunkt des Weltalls stehe, widersprachen, die Pythagoräer z. B. nahmen im Mittelpunkte das Feuer an, die Erde nur als Stern, der durch Bewegung um sein Centrum Tag und Nacht hervorbringe, für sie erschienen die Bewegungen nur so, als ob wir uns im Mittelpunkt des Weltalls befänden, allein diese Pythagoräer waren unter sich selbst in Bezug auf die doppelte Bewegung der Erde nicht ganz einig und gegen ihre Ansicht sprachen nicht bloss hergebrachte Meinungen, auch der Schein sprach gegen sie und es fehlten ihnen Beobachtungen, um die Ansicht von der Bewegung der Erde um die Sonne zu bekräftigen. So konnte Plutarch den Aristarch von Samos, den man den Galilei der Alten genannt hat, wegen dieser Anschauungen einen Religionsverächter nennen und einem Aristoteles konnte es nicht schwer fallen, mit Erfolg die neue Meinung zu bekämpfen und zwar mit solchem Erfolge, dass das Ansehen und der Mut eines Nicolaus von Cusa nicht hinreichten gegen Aristoteles' Ansicht die von der Bewegung der Erde zur Geltung zu bringen, ja dass selbst Kopernikus fast überall auf Widerstand traf. Kopernikus wies der Sonne, der „Weltleuchte, welche in der Mitte thronet“, ihren rechten Platz an, die Planeten beschreiben nach ihm um sie ihre kreisförmigen Bahnen. Kepler war es sodann, der die Gesetzmässigkeit in diesen Bewegungen erkannte und Newton, der dem Ganzen die Krone aufsetzte, indem er durch Aufstellung seines Gravitationsgesetzes den Ursprung und die Notwendigkeit jener Gesetzmässigkeit nachwies.

Nicht so rasche Fortschritte machte die Kenntnis von der Beschaffenheit der einzelnen Himmelskörper. Es liegt in der Natur der Sache, dass man von so fernen Körpern, wie die Himmelskörper sind, nicht eher Einzelheiten bemerken konnte, als bis man Mittel und Wege hatte, um dieselben dem menschlichen Auge gleichsam näher zu rücken. So ist es erklärlich, dass den Alten von der physischen Beschaffenheit der Sonne nichts bekannt war und erst an die Erfindung des Fernrohrs sich wichtige Beobachtungen an der Sonnenscheibe schliessen. In langen Pausen nur wurden in der Zeit nach dieser Erfindung weitere Fortschritte gemacht und die wichtigsten Beobachtungen waren erst dem gegenwärtigen Jahrhundert vergönnt. Hier half die Spektralanalyse viele Rätsel lösen und gute Dienste leistete die Photographie. Indes war doch noch ein grosses Hindernis da: Verschiedene Erscheinungen können nur am Rande der Sonne beobachtet werden und diesen konnte man nur bei den verhältnismässig seltner auftretenden totalen Sonnenfinsternissen betrachten. Auch dieses Hindernis wurde überwunden, indem vor noch nicht zwei Jahrzehnten der Franzose Janssen und der Engländer Lockyer nachwiesen, dass der Sonnenrand zu jeder Tageszeit untersucht werden kann.

Auf diese Weise hat sich nach und nach ein Beobachtungsmaterial angehäuft, wie wir es reichhaltiger nicht wünschen können, aber eine allgemein gültige Ansicht über die physische Beschaffenheit der Sonne hat sich bis jetzt aus diesem Material noch nicht gebildet.

Ogleich an zahllosen Orten die Erscheinungen am Sonnenkörper aufgezählt worden sind, so wollen wir im folgenden der einzelnen Vorgänge Erwähnung thun, mit Hervorhebung einiger Meinungen über ihre Ursache, damit wir darnach den Ausführungen eines Mannes folgen können, welcher es versucht hat, alle jene Erscheinungen von wenigen, uns nicht fremden Gesichtspunkten aus zu erklären.

Dem unbewaffneten Auge erscheint die Sonne als gleichmässig glänzende Scheibe. Die Leuchtkraft derselben ist so gross, dass das Drummondsche Kalklicht dagegen gehalten, dunkel aussieht. Da die Erde eine Ellipse beschreibt, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht, so sind wir nicht immer gleich weit von letzterer entfernt, zur Zeit der Sonnennähe beträgt der Abstand beider Gestirne 19 445 820 geogr. Meilen, z. Z. der Sonnenferne 20 110 680 geogr. Meilen und die Sonnenscheibe erscheint deshalb von wechselnder Grösse, im ersten Falle unter einem Winkel von  $32^{\circ} 33,7''$ , im zweiten unter einem solchen von  $31^{\circ} 29,2''$ , während die Erde von ihr aus gesehen unter einem Winkel von nur wenig mehr als  $17''$  erscheint. Der schnellste

Dampfwagen würde die Strecke von der Erde bis zur Sonne in 335 Jahren, der Schall in 15 Jahren zurücklegen — das Licht legt sie in 8 Minuten zurück. Der Durchmesser der Sonne beträgt 184186 geogr. M., ihr Volumen demnach mehr als das millionenfache des Erdinhaltes. Ihre Dichtigkeit dagegen ist nur  $\frac{1}{4}$  von der der Erde, also 1,4, da das spec. Gew. der Erde nach Reich = 5,6. Die Schwere ist 27,12 mal so gross als die der Erde, ein Körper, der auf der Erde 1 Kg. wiegt, wird auf der Sonne demnach 27,12 Kg. wiegen. Menschliche Wesen würden auf der Sonne kaum Arm und Bein heben können, „nur Titanen und Cyklopen könnten da wohnen“ sagt Mädler. Die Körper werden infolge davon auch mit 27,12 mal so grosser Beschleunigung fallen, die letztere wird nahezu 270 m betragen und ein Körper in der ersten Sekunde also 135 m frei durchfallen.

Nach Meinung der Alten war das Sonnenfeuer rein und fleckenlos. Das erste, was man an oder besser vor der Sonnenscheibe wahrnahm, waren dunkle, schwarze Flecken, die Sonnenflecken. Diese Flecken sah man aber nicht als der Sonne selbst zugehörig an, sondern man hielt sie für Planeten, welche zwischen Sonne und Erde ständen oder für Erscheinungen, deren Ursache noch unbekannt sei. So hielt man einen zur Zeit Karls des Grossen, im Jahre 807 sichtbaren Fleck für Merkur und vom 28. Mai bis 26. August 840, während welcher Zeit die Sonne einen schwarzen Fleck zeigte, sollte die Venus ihren Vorübergang vor der Sonnenscheibe ausgeführt haben.<sup>\*)</sup> Wundern darf man sich freilich nicht darüber, dass man nicht mehr Aufschluss erlangte, bestand ja das einzige Mittel die Sonne zu beobachten darin, dass man eine enge runde Öffnung im Fensterladen eines dunklen Zimmers anbrachte, durch diese die Strahlen fallen liess, um auf einem Schirm ein Sonnenbildchen zu erhalten. Mittelst dieser Methode beobachtete der holländische Astronom Fabricius im Jahre 1610 einen grösseren Fleck. Er fand, dass Flecken an einer Randstelle erscheinen, über die Sonne weg sich bewegen und an der entgegengesetzten Stelle verschwinden, ja an der ursprünglichen wieder auftauchen. Er erkannte daraus, wie Galilei, der fast gleichzeitig durch das von ihm erfundene Fernrohr dieselben Entdeckungen machte, dass die Flecken dem Sonnenkörper angehören und schloss auf eine Rotation der Sonne um eine Achse in etwas mehr als 25 Tagen.<sup>\*\*)</sup> Galilei giebt an, dass viele dieser Flecken grösser sind als Afrika und Asien, und dass sie in einer bestimmten Zone der Sonnenscheibe vorkommen. Ein Zeitgenosse von beiden, Scheiner machte die gleichen Entdeckungen und wendete zuerst die für Sonnenbeobachtungen so wichtigen farbigen Gläser an, durch deren Nichtgebrauch Galilei erblindete. Schon mit mässig vergrösserten Fernrohren kann man sich überzeugen, dass fast immer dunkle Flecken auf der Sonnenscheibe wahrzunehmen sind, deren centraler Teil der Kern (Nucleus, Umbra) schwarz, deren äusserer Teil, der Hof oder die Penumbra halbdunkel erscheint. Ihre Gestalt ist sehr unregelmässig, doch ist die runde Form der Begrenzungslinie die normale, man darf indes nicht aus der Erscheinung auf das Objekt schliessen, denn ein Gegenstand, der uns unter einem Winkel von nur 1" auf der Sonne erscheint, besitzt eine Ausdehnung von  $96\frac{1}{2}$  geogr. Meilen oder 715 Km., was das Fernrohr als rund anzeigt kann demnach reich an grossen scharfen Vorsprüngen sein. Ein gewöhnliches Fernrohr zeigt die Flecken scharf begrenzt, während ein gutes verwaschene Grenzen sehen lässt.

Die Grösse der Flecken wechselt sehr. Manche erscheinen als blosse Punkte, andere unter einem Winkel von 30—40", man hat sogar solche beobachtet, deren Durchmesser unter einem Winkel von  $1\frac{1}{2}$ —2' erschien, die also eine Ausdehnung von etwa 10000 geogr. Meilen hatten. So grosse Flecken hat man, wie Galilei schon beschreibt, mit blossem Auge bei Auf- und Untergang der Sonne sehen können, doch ist das Erscheinen grosser Flecken selten. Oft sind sie zu unregelmässig gestalteten Gruppen vereinigt und dann kommt es vor, dass sie sich auf 50 000—60 000 geogr. Meilen erstrecken und die Oberfläche des von der Gruppe bedeckten Gebietes grösser ist als die der Erde oder die Jupiters, des grössten der Planeten. Man hat gefunden, dass wenn eine grössere Zahl von Gruppen auftritt, sich auch eine grössere Ausdehnung der einzelnen selbst und ein grösserer Durchmesser der Kernflecken bemerklich macht. In den Jahren 1832, 1833, 1834, wo wenig Flecken die Sonne bedeckten, sah man auch keine mit einem Durchmesser grösser als der der Erde, während sie vor- und nachher,

<sup>\*)</sup> Humboldt, Kosmos 1870, 3. Bd., p. 274.

<sup>\*\*)</sup> Weil die sich drehende Sonne stets kreisförmig erscheint, muss sie Kugelgestalt haben.

d. h. zu Zeiten grösserer Fleckenmenge häufig waren. Der verdunkelte Teil der Sonne ist bis jetzt stets kleiner als  $\frac{1}{500}$  der sichtbaren Hemisphäre gewesen.

Es sind übrigens die Flecken durchaus nicht absolut dunkle, schwarze Stellen, ihre Farbe ist vielmehr eher braun als dunkel und nach Schwabes Beobachtungen ohne Sonnenglas aus dem Jahre 1844 sehen viele rötlich aus. Geht z. B. der Planet Merkur an der Sonne vorüber, so erscheint ein Fleck hell im Vergleich zu der schwarzen Scheibe des Planeten und zwar in lichtem braungrau. Schon Galilei spricht eine hierauf bezügliche Vermutung aus, nach welcher die Kerne im Finstern fast so hell wie die Sonne selbst erscheinen sollen. Nach Herschels Untersuchungen ist die Intensität des von den Flecken ausgesendeten Lichtes  $0,007$  von der des Lichtes der Scheibe, folglich da letztere nach Zöllner der von 618 000 Vollmonden gleich kommt, leuchtet ein Fleck immer noch 4326 mal stärker als eine gleich grosse Fläche des Vollmonds. Ein grösserer Fleck zeigt auch nie durchweg die gleiche Schwärze. Häufig sieht man aderartige lichte Streifen, die sogenannten Brücken oder Zungen die grösseren Kerne durchziehen.

Der Hof um den Fleck, die sog. Penumbra oder der Halbschatten ist stets weniger dunkel als der Kern, sehr oft in seinem inneren Teil heller glänzend als im äusseren. Häufig giebt es nur eine Penumbra für eine ganze Gruppe von Flecken. Ihre Begrenzungslinien sind nicht immer denen des Kerns parallel, sie ist oft unregelmässig geformt und erscheint strahlig derart, dass die Strahlen nach dem Kern konvergieren. Sie ist wie der Kernfleck, den sie umgiebt, sehr veränderlich in ihrem Aussehen. Diese Veränderlichkeit, welche nicht bei allen Flecken eine gleich grosse ist, hat der Vermutung, dass die Flecken nicht feste Umrisse haben, nicht feste Massen sein können, Raum gegeben. Man glaubt ferner im Innern von Flecken Massen gesehen zu haben, die in stürmischer und schneller, oft wirbelnder Bewegung befindlich sind; z. B. beschreibt Secchi in seinem schönen, von Direktor Schellen übersetzten Werke „die Sonne“ einen von ihm am 30. Juli 1865 beobachteten Vorgang dieser Art.

Die Dauer des Bestehens von Flecken ist sehr verschieden. Manche überleben nicht die Zeitdauer einer Rotation, andererseits hat aber auch Schwabe einen und denselben Fleck nach 8 Rotationen, eine Gruppe sogar 22 mal wiederkehren sehen.

Sie sind nicht immer in gleicher Menge und nicht gleich häufig auf allen Teilen der Oberfläche sichtbar. Besonders in zwei Zonen beider Halbkugeln der Sonne, welche man Königszonen genannt hat und welche zwischen  $10^\circ$  und  $30^\circ$  nördl. und südl. heliographischer Breite liegen, treten sie auf. Selten sind sie am Äquator, seltener noch über  $35^\circ$  oder  $40^\circ$ , an den Polen aber gar nicht zu sehen. In den Königszonen aber sind sie bald in zunehmender, bald in abnehmender Menge vorhanden und die Oberflächengrösse der Flecken folgt nahezu der Häufigkeit. Im Laufe des Jahres 1837 wurden z. B. 282, im Jahre 1838 noch 242, 1840 blos 152 und 1843 nur noch 34 Flecken mit 149 fleckenfreien Tagen gezählt, wie überhaupt bisweilen monate-, jahrelang kein Fleck sich zeigt, während es im Jahre 1848, welches 400 Flecken brachte, keinen Tag ohne Fleck gab. Die der grössten Häufigkeit folgende Zeit der Abnahme der Fleckenmenge umfasst im Mittel  $7,4$  Jahre, die darauf folgende Zunahme dauert nur  $3,7$  Jahre, darauf folgt wieder Ab- und darnach Zunahme, so dass sich für die Häufigkeit der Flecken eine Periode von im Mittel  $11,1$  Jahren ergibt, deren also neun auf das Jahrhundert kommen. Die Flecken beginnen in höheren Breiten als die sind, wo die vorhergehenden Flecken endeten und es wandert so in 11 Jahren die Fleckenbildung in der Richtung von den Polen nach dem Äquator zu. Diese Periode ist eine mittlere, sie kann nämlich kleiner als  $11,1$  Jahr oder grösser sein, im Durchschnitt ergibt sich jene Zahl für die Dauer der Periode. Erfolgt die Zunahme rascher oder langsamer, so erfolgt auch die Abnahme in derselben Weise. Die angegebene Periode folgt wieder einer grösseren von noch nicht mit Sicherheit bestimmter Dauer, welche nach Einigen 222jährig, nach Andern 55- und 70jährig ist. Es fehlt zur Sicherstellung dieser Zahlen ein über hinreichend lange Zeit sich erstreckendes Beobachtungsmaterial.

In weitem Umkreise um die Flecken herum sieht man helle Adern laufen, die sich wegen ihres Glanzes von dem übrigen Sonnenkörper abheben. Die Sonnenfackeln, wie man diese Gebilde nennt, sind am besten sichtbar in der Nähe des Sonnenrandes, nicht so gut in der Mitte und am Rande der Sonnenscheibe. Sie ändern sich sehr rasch, sie behalten nicht von einem Tag bis zum andern dasselbe Aussehen, sagt Secchi. Es giebt keinen Fleck ohne Fackeln, aber sie treten nicht blos in der Umgebung der Flecken auf, die beständigsten derselben finden sich sogar auf  $45^\circ$ — $60^\circ$  Breite und sie kommen nicht selten auch an den

Polen selbst vor, ihre Zonen sind also ausgedehnter als die der Flecken. Am glänzendsten und häufigsten sind sie allerdings um Flecken herum, sie erreichen also die Maxima und Minima ihrer Häufigkeit gleichzeitig mit den Flecken in den Königszonen und sie wandern, wie die Fleckenbildung, in 11 Jahren von den Polen dem Äquator zu. Stereoskopische Abbildungen von Warren de la Rue und Anders haben gezeigt, dass die Fackeln erhöht sind über dem Niveau der scheinbaren Sonnenoberfläche.

Warren de la Rue hat auch Sonnenfleckenaufnahmen für das Stereoskop geliefert und es hat sich dabei ergeben, dass die Flecken wie Höhlungen erscheinen, d. h. dass der dunkle Teil tiefer liegt als die scheinbare Oberfläche der Sonne. Eine ähnliche Wahrnehmung war schon früher gemacht worden. Wenn nämlich ein Fleck am Rande (dem östl.) der Sonne auftritt, so erscheint der nachfolgende Teil der Penumbra stark verbreitert im Vergleich zum vorangehenden Teile, welcher zusammengedrückt ist, während der Fleck selbst als langgestreckter Streifen sich bemerkbar macht, auf der Mitte der Scheibe erscheinen vorangehende und nachfolgender Teil des Hofes von gleicher Breite, nähert sich der Fleck dem westl. Rande, so ist die Erscheinung umgekehrt, d. h. der vorangehende Teil erscheint erbreitert, der nachfolgende gedrückt und der Kern natürlich verschoben. Es ist das eine Wirkung der Perspektive. Der Astronom Wilson und darnach Herschel in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts suchten sich diese Erscheinung dadurch zu erklären, dass sie einen dunklen Sonnenkörper annahmen, umgeben von grauer Wolkenhülle und um diese eine mächtige Lichthülle, die Photosphäre. Die Flecken sahen sie dann an als trichterförmige Öffnungen in beiden Hüllen, durch welche man als Kern den dunklen Sonnenkörper und als Penumbra den blossgelegten Teil der grauen Wolkenhülle sah. Die Wirkung der bedeutenden Wärmestrahlung der Photosphäre, welche den Sonnenkörper treffen und dessen Temperatur mit der Zeit zu einer sehr hohen gestaltet haben musste, suchte Herschel durch Annahme einer geringen Durchlässigkeit jener grauen Wolkenhülle für Strahlen zu beseitigen, an der Oberfläche der Sonne sollte ein ewiger Frühling herrschen. Kirchhoff widerlegte diese Ansicht vollständig. Durch die Absorption musste sich die Wolkenhülle erwärmen und durch sie durch Leitung der dunkle Körper, bis zu völliger Temperaturlausgleichung, dann aber wäre aus der dunklen Hülle eine leuchtende, aus dem dunklen Sonnenkörper ein glühender geworden. Von Anderen sind die Flecken für Gebirge gehalten worden. Wir werden später auf verschiedene Meinungen über das Wesen der Gebilde zurückkommen.

Die ersten sicheren Aussagen über die physische Konstitution der Himmelskörper wurden gestattet durch die Spektralanalyse. Man fand, dass das Licht eines glühenden festen oder flüssigen Körpers als Spektrum ein ununterbrochenes Farbenband, ein sogen. kontinuierliches Spektrum lieferte, während das Spektrum von einem Gas im glühenden Zustand nur aus getrennten Lichtlinien oder -Bändern bestand. Kirchhoff entdeckte weiter, dass ein Körper besonders das Licht zu absorbieren im Stande ist, welches er selbst im glühenden Zustande aussendet. Chlornatrium-Dämpfe, welche im glühenden Zustande gewisse Arten gelben Lichtes aussenden, im Spektrum also helle gelbe Linien liefern, werden demnach aus einem Bündel weissen Lichts, das etwa von einer brennenden Kerze herrührt, und welches durch das Gas geht, jenes Gelb herausnehmen, absorbieren, das Spektrum des durchgegangenen Lichts wird also kein kontinuierliches mehr sein können, es werden Streifen gelben Lichtes fehlen. Würden die Dämpfe selbst glühen, aber doch nicht so intensiv gelbes Licht aussenden als von dem Kerzenlicht herkommt, so würden die Linien nur weniger hell, und wenn das der Dämpfe intensiver als das der Kerze wäre, sogar heller erscheinen als die sie umgebenden Farben, es würden aber gar keine Linien auftreten, wenn das von der Kerze ausgegangene Gelb dieselbe Intensität besässe wie das, welches die Dämpfe aussenden. Das Sonnenspektrum zeigt nun zahlreiche dunkle, nicht schwarze Linien, darunter neben denen, welche durch Natriumdämpfe entstehen, andere, welche ihren Ursprung den Dämpfen von Wasserstoff, Magnesium, Eisen, Calcium, Zink, Nickel, Chrom, Kupfer, Barium u. s. w. zu verdanken haben. Aus diesen Resultaten schloss Kirchhoff bereits im Jahre 1859, dass dieses Spektrum nur von einem glühenden festen oder tropfbar-flüssigen Körper, umgeben von einer weniger heissen Atmosphäre, herrühren könne. Damit war die Existenz einer Sonnenatmosphäre nachgewiesen, in welcher sich viele der auf der Erde vorkommenden Stoffe in Dampfform vorfinden. Die Edelmetalle hat man noch nicht in dieser Atmosphäre nachweisen können, dafür aber einen andern Stoff, den wir noch nicht kennen, der von den Engländern Helium genannt

worden ist.\*) Wenn in der Atmosphäre jene Substanzen vorkommen, so wird sicherlich der Sonnenkörper selbst sie ebenfalls enthalten. Photographien lassen die Sonne nach der Mitte zu heller erscheinen als am Rande, was nur daher rühren kann, dass die vom Rande kommenden Strahlen eine stärkere Absorption erfahren, die sich sofort ergibt, wenn eine Atmosphäre da ist, indem die Randstrahlen dann einen grösseren Weg innerhalb derselben zurückzulegen haben als die vom Centrum kommenden Strahlen. Dieselben von der absorbierenden Eigenschaft einer Atmosphäre herrührenden Erscheinungen zeigen die Wärmestrahlen. Betrachtet man die Oberfläche der Sonne, welche gegenwärtig als Photosphäre bezeichnet wird, durch das Fernrohr, so erscheint dieselbe wie ein Netz oder sandig, griesförmig, wie marmoriert, sie zeigt eine Granulation, bisweilen sieht sie freilich auch gleichförmig hell. So würde die mit Wolken umgebene Erde von einem andern Planeten aus gesehen erscheinen. Die für uns sichtbare Oberfläche der Sonne ist also vielleicht auch gasförmig und in Bezug auf Helligkeit wenig von der des Sonnenkörpers verschieden, wenn auch gegen das erste die stets unveränderte Gestalt dieser Photosphäre sprechen mag. Die absorbierende Atmosphäre liegt über der letzteren und da, wo sie aufruft auf der Photosphäre, ist der Druck wahrscheinlich nicht so gross als der Druck der Atmosphäre an der Erdoberfläche. Die Fackeln reichen über die unterste Schicht dieser Atmosphäre und sind daher am Rande wegen zu grosser Absorption nicht gut zu beobachten, während sie in der Mitte der Scheibe nicht deutlich sichtbar sind, da dort die Helligkeit zu gross ist.

In neuester Zeit hat sich ergeben, dass auch ein Gas, wenn seine Temperatur und der Druck, dem es ausgesetzt ist, hinreichend gesteigert werden, ein kontinuierliches, also nicht mehr bloss aus getrennten Linien bestehendes Spektrum liefern kann, dass also der Sonnenkörper auch gasförmig sein kann. Beobachtungsthatfachen werden also den Ausschlag geben müssen, ob man sich mehr für den flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustand entscheiden darf. Wegen der grossen Wärmestrahlung und deshalb sehr hohen Temperatur der Sonne ist der feste Aggregatzustand nicht möglich. Für den gasförmigen spricht die jedenfalls sehr hohe Temperatur und das geringe spezifische Gewicht, es ist dasselbe für Gase zwar gross, aber man hat gezeigt, dass man durch hinreichenden Druck solche Dichtigkeiten annähernd erreichen kann, auf der Sonne aber ist wegen ihrer grossen Anziehungskraft dieser grosse Druck vorhanden. Secchi sucht zu Gunsten einer gasförmigen Sonne hervorzuheben, dass der Durchmesser der Sonne nach P. Rosas Messungen nicht konstant sei, indes es hat sich durch die neuesten Messungen dies Resultat nicht bestätigt. Nach Andern soll der Sonnenkörper aus Massen bestehen, die sich im kritischen Zustand, das heisst einem Zwischenzustand zwischen flüssig und gasförmig befinden. Wir werden die Gründe noch hervorheben, welche für eine flüssige Sonne sprechen.

Secchi untersuchte die Veränderungen, welche das Spektrum im Innern grosser Flecken erfährt und fand, dass viele der schwärzesten Linien breiter, andere verwaschen erscheinen und sonst kaum sichtbare stark hervortreten. Er sagt selbst in seinem schon mehrfach citierten Werke „die Sonne“, es sei dies ein Beweis dafür, dass die die Linien erzeugende Ursache im Innern der Flecken stärker ist als an den übrigen Stellen, dass also die Dämpfe am Grunde der Flecken dichter und kühler sind und deswegen stärkeres Absorptionsvermögen besitzen. Die Flecken sind hiernach selbst Stellen von niedriger Temperatur, wie die thermoelektrischen Untersuchungen Alexanders in Princetown (Amerika) bestätigen. Glühendes Wasserstoffgas befindet sich in grosser Menge in den Flecken und ihrer Umgebung, besonders ist er, wie das Spektroskop lehrt, hoch aufgethürmt in den Zungen oder Brücken und in den Fackeln, so dass Fackeln als grosse lebhaft glühende, besonders aus Wasserstoffgas bestehende Massen aufzufassen sind, die heller leuchten können, nur weil sie heisser sind als ihre Umgebung und weil sie wegen ihrer grösseren Höhe geringere Absorption erfahren (Secchi, „die Sonne“). Überhaupt werden wir sehen, dass Wasserstoffgas der hauptsächlichste Bestandteil der Sonnenatmosphäre ist.

Die Ansichten über die Beschaffenheit der Flecken sind sehr auseinander gehend. Secchi z. B., der für einen gasförmigen Sonnenkörper ist, hält sie für Höhlungen im letzteren,

\*) Im Jahre 1881 hat Palmieri bei spektralanalytischen Beobachtungen der Lava des Vesuvs eine Linie entdeckt, welche mit der des Heliums zusammenfällt, wodurch bewiesen ist, dass dieses Metall auch auf der Erde sich vorfindet.

welche mit dichten, die Sonnenatmosphäre bildenden Dämpfen angefüllt sind. Nach Reye sind sie wolkenartige Verdichtungsprodukte in den tiefern Regionen der Sonnenatmosphäre, welche sich ähnlich wie die grossen Wolkenschichten der irdischen Cyklone von unten her erneuern.\*) Herschel sagt auch, dass mit den Flecken Umstände verknüpft seien — denken wir an die erwähnten, von Secchi beobachteten stürmischen Vorgänge im Innern derselben — die ihm mit Gewalt den Gedanken an Tornados in der Sonnenatmosphäre aufdrängten. Ein bekanntes Gesetz lehrt, dass die kühleren und schwereren Gase tiefer sinken müssen als leichtere, Lockyer glaubt daher das Entstehen der Flecken erklären zu können durch das Sinken der äussern und daher abgekühlteren und dunkleren atmosphärischen Schichten. Reis\*\*) sieht sie für Rostwolken an, welche in einer Schicht entstanden sind, die so kühl ist, dass Wasserstoff, Eisendampf und Sauerstoff sich zu Eisenoxydhydrat verbinden können, und infolge ihrer Schwere sinken und tiefer liegen müssen. Kirchhoff hält auch die Flecken für Kondensationsprodukte, für über der Oberfläche schwebende Wolken, welche durch Abkühlung von aussen her entstanden sind. Eine solche abgekühlte als dunkle Wolke erscheinende Masse bildet nach ihm den Kern des Flecks, in dem Raume über derselben entsteht, da zu ihm nicht so hohe Wärme dringen kann, eine zweite grössere und dünnere Wolke, welche der Hof oder die Penumbra bildet. Diese Ansicht nähert sich der von Spörer, nach welcher die Flecken dunkle Wolken sind, zusammengetrieben von konvergierenden Stürmen, welche über heissere Stellen hereinbrechen, deren Centrum der Kern ist und deren Richtung an der strahligen Struktur des Hofes zu erkennen ist. Spörer leugnet auch, dass die Flecken Vertiefungen sind. Für diese Kirchhoff-Spörersche Hypothese von der wolkenförmigen Natur derselben scheint die Veränderlichkeit im Aussehen und besonders der Umstand zu sprechen, dass sie ausser der Bewegung, die sie mit dem rotierenden Sonnenkörper ausführen, noch eine eigene besitzen. Beides würde sich bei Annahme wolkenförmiger Flecke durch Stürme, die sicherlich und mit grosser Gewalt auf der Sonne auftreten, allerdings erklären lassen. Es sprechen indes doch auch verschiedene Erscheinungen für eine andere Ansicht, nach welcher die Flecken schlackenähnliche Massen sind, welche auf dem flüssigen Sonnenkörper schwimmen, sie kann auch die eigene Bewegung der Flecken erklären und nach ihr kann die kleine Vertiefung der Flecken unter das Niveau der Oberfläche, welche nach Peters im Mittel ungefähr  $0,0007$  des Sonnendurchmessers, nach Wilson und Secchi noch nicht 6377 Km. beträgt und die vielleicht grösstenteils wegen der Fackeln in der Umgebung der Flecken so gross erscheint, nicht befremden. Diese Ansicht rührt her von einem der grössten Astrophysiker der Gegenwart, von Prof. Zöllner. Der italienische Astronom Respighi schliesst sich dieser Hypothese an, indem ihm die Flecken partielle Verfinsterungen der Oberfläche (Photosphäre) sind, hervorgebracht durch Schlacken. Auch der französische Astronom Faye war früher für die schlackenartige Natur, er hat sie aber seitdem wiederholt geändert und ist gegenwärtig für wolkenförmige Flecken. Die Hypothese Zöllners, dass die Sonne feurig flüssig und die Flecken auf ihrer Oberfläche schwimmende Schlacken seien, hat besonders deshalb von verschiedenen Seiten keine Zustimmung gefunden, weil die Temperatur nach Zöllner selbst an der Oberfläche  $13230^{\circ}$  C, in einer Tiefe von 2317 geogr. Meilen unter der flüssigen Oberfläche schon  $1112000^{\circ}$  C beträgt.\*\*\*) Das sind freilich Temperaturen, bei denen unter gewöhnlichen, also nicht hohen Druckverhältnissen auch nicht die am schwersten schmelzbaren Metalle flüssig oder gar fest bleiben können, aber wir werden sehen, dass sich für die Drucke auf der Sonne ebenfalls sehr hohe Werte ergeben, und deshalb Zöllners Ansicht doch haltbar sein kann.

Zur Bestimmung der Rotationsdauer der Sonne beobachtete man die Zeit, die ein Fleck zu einer Umdrehung brauchte, allein es ergaben sich dadurch sehr verschiedene Werte. Die Geschwindigkeit der Drehung (der Flecken) ergab sich nach Carrington und Spörer am Äquator, wo sie ungefähr  $\frac{1}{4}$  deutsche Meile beträgt, grösser als nördlich und südlich davon. Carrington fand z. B. †), dass der Winkel, um welchen sich die Sonne (die Flecken) während eines mittl. Tages dreht,

unter  $35^{\circ}$  nördl. heliogr. Breite betrug  $806'$

\*) Gaa 1873.

\*\*) Reis, Lehrbuch der Physik.

\*\*\*) Zöllner, Natur der Kometen, 2. Aufl., p. 490.

†) Berichte d. kgl. sächs. Ges. d. W. 1871. Zöllner, Rotationsgesetz der Sonne etc., p. 67.

unter 20° nördl. heliogr. Breite	betrug 840',
„ 10° „ „ „	„ 859',
„ 0° „ „ „ (a. Äqu.)	„ 867',
„ 10° südl. Breite	„ 856',
„ 20° „ „	„ 839',
„ 35° „ „	„ 805',

Von den Orten unter 50° Breite bis zu den Polen sind die Drehungsgeschwindigkeiten unbekannt, da über 50° hinaus keine Flecken gefunden worden sind und die angegebenen Drehungsgeschwindigkeiten ja nur die der Flecken sind. Scheiner hat zuerst auf die ungleiche Geschwindigkeit der letzteren in verschiedenen Breiten aufmerksam gemacht.\*) Sie haben sonach eine eigene Bewegung, welche der Rotation der Sonne entgegengesetzt ist und zwar ist ihre Bewegung in Länge, das heisst in dem der Rotation genau entgegengesetzten Sinne in höheren Breiten grösser als in niederen und Flecken in höherer Breite geben daher grössere Umdrehungszeit an. Die Flecken bewegen sich jedoch nicht nur in diesem Sinne, vielmehr gehen sie auch in Breite fort, bewegen sich also polwärts oder nach dem Äquator hin. Diese Eigenbewegung ist verwickelter als die zuerst erwähnte, indem sie in verschiedenen Breiten nicht in einerlei Sinn ausgeführt wird. Zwischen 20° und 40° Breite wandern die Flecken dem Pole zu und zwar im Durchschnitt nicht über 2' täglich, zwischen 10° und 20° ist die Bewegung in Breite gering und meist nach dem Äquator gerichtet im Betrage von etwa 1' täglich. Wir sehen daraus, dass diese Eigenbewegung in Breite nach Pol oder Äquator sich da umkehrt, wo wir die grösste Häufigkeit der Flecken haben. Die von letzteren ausgeführte Eigenbewegung ist durchaus keine geringe, sie beträgt 100 Meilen täglich und mehr.

Der Sonnenäquator teilt übrigens die Gesamtzone der Flecken nicht in zwei gleiche Teile, deren Gleicher liegt vielmehr 5° nördlicher. Ein ähnliches Verhältnis findet statt bezüglich der Wärme der Sonne, nach Secchis Untersuchungen nämlich ist die Temperatur der Äquatorialgegenden höher als die nördlich und südlich derselben und die nördliche Halbkugel scheint ein wenig wärmer zu sein als die südliche.

Die beständigsten Flecken, sagt Secchi, sind die, welche die grösste Tiefe zu haben scheinen. Nach demselben Forscher gruppieren sich die Flecken oft in Richtung der Parallelkreise, was mit den Resultaten Carringtons übereinstimmt, welcher von ihrer Tendenz, sich in Reihen anzuordnen, spricht. Bei den in Gruppen zusammenstehenden oder einzelnen Flecken hat sich ergeben, dass der im Sinne der Rotation vorausliegende Teil schärfer begrenzt und deutlicher ist, und dass dort die Fackeln zusammengedrängt, heller und kleiner erscheinen als auf der nachfolgende Seite, welche verwaschener ist. Es macht, wie Secchi sagt, den Eindruck, als ob sich die Flecken durch die Photosphäre mit Widerstand bewegten.

Ausser den besprochenen Eigenbewegungen bieten sich noch mannichfache Erscheinungen bei einzelnen Flecken dar. So hat man von ihnen drehende Bewegungen um eine zur Oberfläche senkrechte Achse ausführen sehen, ja auch Drehungen um eine horizontale Achse scheinen vorzukommen, denn wie Prof. Zöllner erwähnt, hat Secchi Beobachtungen gemacht, nach denen Flecken Schrägstellungen und das Bestreben sich zu wälzen zeigten, etwa wie eine schwimmende Eisscholle, die von den Wellen bewegt wird. Bei andern Flecken trat nach Carrington infolge dieser Schrägstellung ein Brechen in zwei Flecken ein. Secchi und Spörer besonders machten zahlreiche Beobachtungen über nicht gesetzmässig sich bewegende Flecken. Wenn Flecken sich teilten oder Formveränderungen eintraten, zeigten sie heftige, ungestüme Bewegungen und oft machte sich eine Art Sprung oder Riss in Richtung der Rotation bemerkbar (Secchi). Grosse Flecken zeigen zur Zeit ihrer Bildung und Auflösung sehr unregelmässige Bewegung, und von kleineren gilt das letztere allgemein. Stets findet bei Formveränderung auch Ortsveränderung statt. Man hat Flecken verschwinden und später wieder zum Vorschein kommen sehen, aber stets an einer im Sinne der Rotation vorausliegenden Stelle. Man glaubt endlich bei den in Gruppen beisammen stehenden eine Tendenz zu divergieren, von einander zu fliehen bemerkt zu haben.

Lange Zeit hindurch, bis nach der Mitte dieses Jahrhunderts, hat man den Erscheinungen auf der Sonnenoberfläche jedweden Einfluss auf die Vorgänge an der Erdoberfläche abgesprochen, obwohl schon im vorigen Jahrhundert Versuche zum Nachweis eines solchen

\*) Zöllner, Rotationsges. der S. in den Berichten d. kgl. s. Ges. d. W., p. 49.

Zusammenhanges gemacht worden waren. Herschel suchte, freilich ohne Erfolg, die Sonnenfleckenmengen in Beziehung zu bringen mit der Fruchtbarkeit eines Jahres, welche er nach dem Preise des Weizens beurteilte, er ging dabei von dem richtigen Gedanken aus, dass die durch die dunklen Stellen geminderte Ausstrahlung sich auf der Erde bemerklich machen müsse. Lamont hatte an einen Zusammenhang der Flecken mit den Nordlichtern gedacht\*). Dagegen sagt Schwabe im Jahre 1861\*\*): „Ich glaube nicht, dass die Sonnenflecken irgend einen Einfluss auf die Temperatur des Jahres haben“ und ähnlich sprach sich auch Wolf, der gegenwärtig ein rühriger Forscher im Sinne der entgegengesetzten Anschauung ist, in einem im Jahre 1861 gehaltenen Vortrage aus. Es lag das hauptsächlich daran\*\*\*), „dass man glaubte, das nach je 11 Jahren wiederkehrende Maximum der Sonnenflecken falle genau in die Mitte des Zeitraums von einem Minimum zum nächsten“ und an der noch unvollkommenen Kenntnis der Dauer der Periode. Wolf selbst hat später gezeigt, dass die Zeit von einem Maximum bis zum folgenden Minimum länger ist als die von einem Minimum zum nächsten Maximum und hat seitdem sich eifrig damit beschäftigt, Beziehungen zwischen Flecken und Vorgängen an der Erdoberfläche aufzudecken. Folgen wir zunächst den Angaben in der mehrfach schon citierten Arbeit von Hahn, welche alles zusammenstellt, was bis zum Jahre 1877 bekannt war über den Zusammenhang der Fleckenperiode mit meteorologischen Erscheinungen.

Hiernach hat sich ergeben, dass die kalten Winter in den Jahren, welche nach einem Maximum folgen, am häufigsten auftreten, dass ferner die milden Winter nach einem Minimum sich bemerkbar machen, d. h. nach einer Zeit, zu welcher die Wärmestrahlung der Sonne nicht durch die weniger strahlenden Flecken gemindert war. Das erstere gilt genau auf der östlichen Hälfte der nördlich gemässigten Zone, während in Amerika, gerade entgegengesetzt, milde Winter zu jenen Zeiten häufig vorzukommen scheinen, doch so, dass die Erwärmung Amerikas die Abkühlung Europas nicht kompensiert. Die grosse Mehrzahl der heissen Sommer fällt auf die Jahre nach dem Minimum, die grösste Anzahl der in auffälliger Weise kalten Sommer auf die Jahre nach dem Maximum und zwar spiegelt sich dies besonders in der Zahl der heissen Tage während eines Sommers ab.†) Man hat nach Beziehungen zwischen Fleckenmenge und Luftströmen gesucht und neben weniger günstigen Resultaten den Satz aufstellen können††): „Zu Zeiten grosser Fleckenmenge auf der Sonne ist die Zahl der in China, dem indischen Ocean und Westindien vorkommenden Wirbelstürme (Cyclone) am grössten, sowie ihre Intensität am bedeutendsten.“ Durch H. I. Klein†††) und Wolf weiss man, dass die feinen, sehr hoch stehenden Cirruswolken (im gewöhnl. Leben Schäfchen genannt) meist zahlreicher sind in den Jahren der Fleckenmaxima als in denen ihrer Minima. Diese Wolken stehen in enger Beziehung zu dem Nordlicht und führen, wenn sie in Streifen angeordnet sind, wo sie dann oft dem magnetischen Meridian parallel sind, den Namen Polarbanden. In dieser Weise angeordnet, zierten sie am 10. Oktober dieses Jahres (1881) den Abendhimmel. Sie gehen dem Auftreten des Nordlichtes bald voran, bald treten sie gleichzeitig mit ihm auf, bald deuten sie noch am Tage nach einem solchen den Ort desselben an. Diese Nordlichter stehen mit der Fleckenperiode in so innigem Zusammenhang, dass man die Maxima und Minima der Flecken für frühere Zeiten hat feststellen können, wo man zwar noch keine Aufzeichnungen darüber, wohl aber über die Zahl der auffälligeren Erscheinung der Nordlichter gemacht hat. Die Maxima und Minima beider

\*) In der Mitte des 17. Jahrhunderts schon sprach Riccioli die Ansicht aus, dass bei Abnahme der Fleckenmenge Steigerung der Temperatur eintrete.

\*\*\*) Humboldt, Kosmos III, p. 256. Hahn, Über d. Beziehungen der Sonnenfleckenperiode zu meteorologischen Erscheinungen. Leipzig 1877

\*\*\*\*) Hahn, Über die Beziehungen etc., p. 3.

†) In dem Archiv der deutschen Seewarte v. 1880 sagt Köppen: „Es drängt sich der Schluss auf, dass in den Monaten Januar bis März 1878 die Durchschnittstemperatur der gesamten Erdatmosphäre, mindestens über der nördl. Erdhälfte höher war als gewöhnlich; und da für eine Erscheinung von solcher Ausdehnung die Veranlassung mit Wahrscheinlichkeit ausserhalb des Erdballs zu suchen ist, so liegt es am nächsten, dieselbe in dem gleichzeitigen Minimum der Sonnenflecken zu sehen, da die Existenz eines gewissen Zusammenhanges zwischen den Temperaturverhältnissen der Erdoberfläche und dem Fleckenstand der Sonne als ausser Zweifel stehend betrachtet werden kann . . .“

Nach Köppen macht sich ferner dieser Einfluss der Fleckenmenge auf die Temperatur zuerst in den Tropen und später erst nördl. und südl. davon gelten.

††) Hahn, Beziehungen etc., p. 118.

†††) Gaa. 1872.

Erscheinungen fallen gleichzeitig. Sonnen- und Mondhöfe sind im allgemeinen häufiger z. Z. der Fleckenmaxima und nach Fritz trafen meist ein Jahr nach letzteren Hagelmaxima ein. Meldrum, Jelinek, Wolf sprechen sich für eine grössere Regenmenge in fleckenreichen Jahren aus (s. Hahn, Beziehungen etc.). Wenn in fleckenarmen Jahren eine grössere Wärmestrahlung erfolgt, so liegt es nicht fern, die Periode mit Ernteergebnissen zu vergleichen, z. B. mit dem Gedeihen des Weins, wozu anhaltende Wärme und Trockenheit erforderlich ist. Gute Weinjahre sind in den Jahren am häufigsten, die auf die Minima folgen. „Übrigens ist auch in manchen Weingegenden der Glaube schon seit alter Zeit herrschend, dass eine wirklich gute Weinernte sich erst nach etwa 10 Jahren wiederholt“\*) — die Fleckenperiode ist 11jährig. — Zahlreichem Auftreten der Flecken scheinen Minima der Gewitter zu entsprechen. Barometerstand (Luftdruck) und Flecken hängen nach Hornsteins Untersuchungen mit einander zusammen, was Lamont schon vermutete, indem er die täglichen Schwankungen des Barometerstandes der Wirkung der Sonnenelektricität zuschrieb. Eine solche Sonnenelektricität ist auch von Prof. Zöllner angenommen und dadurch die Schweifbildung der Kometen mit Erfolg erklärt worden. Ferner wies Wolf nach, dass die Schwankungen der Magnetnadel mit dem Auftreten von Flecken zusammenhängen, dass z. B. die Deklinationsvariation zunimmt, wenn die Zahl der Flecken wächst. Endlich scheinen dem Weltenraume angehörende Körper von der Häufigkeit der Flecken abzuhängen, die Zahl der teleskopischen kleinen Kometen war nämlich in den Jahren 1844, 1856, 1867 eine auffallend kleine, auf diese Zeiten fielen aber Fleckenminima.\*\*\*) Selbst die Streifen- und sonstige Wolkenbildung auf dem Planeten Jupiter steht den Flecken nicht gleichgültig gegenüber.

Die Sonnenrotation spiegelt sich ebenfalls in Vorgängen auf der Erde wieder. Die täglichen magnetischen Variationen und die des Barometerstandes zeigen eine Periode, welche 24 Tage ein wenig übersteigt, was nahe der Rotationsdauer der Sonne gleichkommt und man hat sogar aus jenen Variationen die Zeitdauer der Rotation selbst abgeleitet.

Die reichste Quelle für die Erkenntnis der physischen Beschaffenheit der Sonne und besonders der Sonnenatmosphäre boten bis zum Jahre 1868 die totalen Sonnenfinsternisse, denn 1868 erst fand man, dass der Sonnenrand zu jeder Tageszeit betrachtet werden kann.

Ist die Sonnenscheibe völlig vom Monde verdeckt, so sieht man den tiefbraun erscheinenden Mond umgeben von einer Aureole, wie von einer Art Heiligenschein. Um den Mond scheint ein sehr glänzender, silber- oder perlmutteweisser, bisweilen in's grünliche übergehender Ring zu liegen, von welchem aus Strahlen divergieren. Ältere Beobachter thun der Erscheinung Erwähnung und sagen, sie mindere die Finsternis. Man hat sie für die Mondatmosphäre gehalten. Im Jahre 1860 war die Corona, so nennt man diesen Strahlenkranz, noch 40" nach dem Wiedererscheinen der Sonne sichtbar, ja nach Tacchini soll man sie auch am Tage sehen können, wenn man die Sonnenscheibe durch einen Schirm verdeckt. Ihr Glanz hängt von der Reinheit des Himmels ab. Mehrere Teile lassen sich an ihr hervorheben und zwar der helle Ring um den Mond, darnach eine Zone, deren Licht schnell abnimmt und sich ohne scharfe Begrenzung verliert und dann die Strahlen, die von dem hellen Ring ausgehen. Bisweilen sieht man Strahlen in ihr emporschiessen, deren Ursache wohl oft die Erdatmosphäre sein mag. Kirchhoff hielt die Corona für die Atmosphäre der Sonne und hat Recht behalten, denn durch die erwähnte Tacchinische Entdeckung ist der Nachweis geliefert, dass sie mit dem Mond nicht zusammenhängt. Schellen\*\*\*), der die von Lord Lindsay erhaltenen Photographien, deren eine dem Anfang, deren andere dem Ende der Totalität entsprach, durch das Stereoskop betrachtete, fand dabei den Mond vor der Sonne stehend, weit hinter demselben aber diese sammt der Corona, wodurch also wohl jeder Zweifel darüber, ob letztere der Sonne oder dem Mond angehört, beseitigt ist. Sie hat nicht immer gleichförmig kreisförmig die Sonne umgeben, es scheint vielmehr die quadratische Form die häufigere zu sein. Merkwürdig ist, dass da, wo Flecken und Fackeln am häufigsten sind, auch die Corona besonders hell ist. Aufschluss über ihre Zusammensetzung und ihr Wesen brachten erst die Jahre 1869 und 1870, in welchen man Spektren von ihr erhielt. Diese letzteren zeigen, dass Wasserstoffgas und besonders das neue Element Helium in ihr vorkommt, ja Einige meinen, dass dieses, welches

\*) Hahn, Beziehg. etc. p. 155.

\*\*\*) Zöllner, Natur der Kometen. p. 144.

\*\*\*) Gaa 1872.

leichter als Wasserstoffgas ist, weil es bis in höhere Regionen steigt, das einzige Element gasartiger Natur der Corona sei. Sie enthalten ferner Linien, welche mit solchen des Nordlichtspektrums zusammenzufallen scheinen, wie auch die Strahlen der Corona an das Nordlicht erinnern. Die Corona erreicht Höhen bis zu 300000 und mehr Km. über der Sonnenoberfläche. Janssen schloss vor 10 Jahren, dass sie eine sehr dünne, die Sonne umgebende Atmosphäre sei, mit Wasserstoffgas als hauptsächlichstem Bestandteil. Bedenken wir aber, dass wegen der grossen Anziehungskraft der Sonne, die Dichte dieser Atmosphäre nach der Oberfläche der Sonne stark zunehmen muss, was aber bei der Corona nicht der Fall ist, so fragt es sich noch sehr, ob wir sie als eine gewöhnliche atmosphärische Hülle ansehen dürfen. Newcomb sagt darüber\*): „Von dieser Umhüllung dürfen wir mit Sicherheit behaupten, dass sie eine Atmosphäre im gewöhnlichen Sinne des Wortes, das ist eine kontinuierliche, durch eigene Elasticität sich erhaltende Masse elastischen Gases nicht sein kann. Von den zwei dagegen sprechenden Gründen scheint der eine fast, der andere vollkommen überzeugend zu sein. Es sind die folgenden: 1. Die Schwerkraft ist auf der Sonne ungefähr 27 mal so gross als auf der Erde und jedes Gas ist dort 27 mal so schwer als hier. In einer Atmosphäre wird jede Schicht durch das Gewicht aller über ihr befindlichen gedrückt. Das Resultat davon ist, dass wenn wir um gleiche Stücke, d. h. in arithmetischer Progression, von der äussersten bis zur untersten Schicht herabsteigen, die Dichte der Atmosphäre in geometrischer Progression wächst. Eine aus dem leichtesten unter den uns bekannten Stoffen, dem Wasserstoff, bestehende Atmosphäre würde ihre Dichtigkeit aller 10 Km. etwa verdoppeln . . . . Aber es besteht auch nicht annähernd so rapides Wachstum in der Dichte der Corona . . . . Nehmen wir also an, die Corona sei eine solche Atmosphäre, so müssten wir sie für Hunderte von Malen leichter als Wasserstoff halten. 2. Der grosse Komet von 1843 ging an der Sonne in einem Abstände von 3 oder 4' von der Oberfläche vorbei, lief also mitten durch die Corona . . . . Er passierte wenigstens 500000 Km. der Corona, ohne aber nach seinem Austritt auch die geringste Verzögerung oder Störung erfahren zu haben.“ Newcomb sagt weiter\*\*): „Soweit wir aus den dürftigen Beobachtungsdaten schliessen können, besteht sie wahrscheinlich aus getrennten Partikeln . . . . Ein einzelnes Staubteilchen im Raume eines cbkm würde intensiv leuchten, wenn es einer solchen Flut von Licht ausgesetzt würde, wie sie die Sonne über jeden Körper in ihrer Nachbarschaft ausgiesst. Die Schwierigkeit liegt hauptsächlich darin, wie diese Teilchen in der Höhe erhalten werden . . . . Dass aber die Teilchen nicht beständig in derselben Lage sich befinden, zeigt die Thatsache, dass die Form der Corona grossen Veränderungen unterliegt.“ Ihr Licht ist polarisiert, also an einzelnen Partikelchen (wie an Staubteilchen) reflektiertes. Man hat die Vermutung ausgesprochen, dass diese Teilchen von der Sonne beständig in die Höhe geschleudert werden und wieder zurücksinken.

Gross war die Überraschung, als man bei der Sonnenfinsternis vom 8. Juli 1842 den Mondrand von rosenroten riesigen Flammen und wolkenartigen Hervorragungen besetzt sah, deren Höhe man schon damals auf 80000 Km., also auf über 10000 geogr. Meilen oder 6 Erddurchmesser angeben konnte. Die Durchforschung der älteren Beobachtungen zeigte, dass die Erscheinung nicht neu war, und dass man für sie sehr verschiedenartige Erklärungen gegeben hatte. Vassenius, der im Jahre 1733 das Phänomen ausführlich beschrieb, hielt sie für Wolken in der von ihm als Mondatmosphäre angesehenen Corona. Im Jahre 1851 erkannte man, dass sie der Sonne angehören, da sie sich nicht mit dem Monde bewegten. Man hat diese Hervorragungen Protubranzen genannt. Aufschluss über die Natur derselben brachte die grosse Finsternis des Jahres 1868. Die Spektralanalyse ist auch hier der Schlüssel zur Erkenntnis gewesen. Ihr Spektrum zeigte sich diskontinuierlich, als ein Linienspektrum und damit war nachgewiesen, dass man es mit gasförmigen glühenden Massen zu thun hatte. Nicht alle Protubranzen geben dasselbe Spektrum, sodass sie nicht alle aus denselben Stoffen bestehen. Man fand in ihnen Natrium, Barium, Magnesium, Eisen und andere Stoffe, überall aber zeigten sich die Linien des Wasserstoffgases, welches also hauptsächlich die Protubranzmaterie bilden wird. Daraus erklärt sich dann ihr rosafarbiges Licht, denn Wasserstoff erscheint in Geisslerschen Röhren rosafarbig. Sie sind demnach Anhäufungen intensiv leuchtender, besonders Wasserstoff enthaltender Materie. Gewisse ihrer Spektrallinien, welche wir unter irdischen

\*) Newcomb, Populäre Astron. (Übers. v. Engelmann). Leipzig 1881. p. 291.

\*\*\*) Ebendasselbst. p. 292.

Verhältnissen nur bei hoher Temperatur auftreten sehen, deuten auf die gleiche Eigenschaft der Sonne.

Die Benutzung der erwähnten Janssenschen Entdeckung, welche unabhängig von ihm Lockyer kurze Zeit vorher gemacht hatte, gestattete nun zahlreiche Beobachtungen und lehrte, dass der Sonnenrand nie frei ist von solchen rosafarbenen Erhebungen oder frei schwebenden wolkenartigen Gebilden, sie führte weiter zu der Entdeckung, dass der ganze Sonnenkörper umgeben ist von einer Schicht derselben rosafarbenen Substanz, aus welcher die Protubranzen bestehen. Lockyer gab diesem Teil der Sonnenatmosphäre den Namen Chromosphäre. Sie umgiebt die Sonne sehr unregelmässig, im Allgemeinen ist ihre Dicke 1000—1500 geogr. Meilen (10—15"). Sie verändert ihre Form, was bei einer Atmosphäre nicht auffällig sein kann, während wie wir erwähnten, die Photosphäre beständig gleichförmig bleibt. Ihr Glanz ist da, wo sie am Sonnenrand anliegt (wegen höherer Temperatur und grösserer Dichte) lebhafter und ihre gasförmige Natur wird durch die hellen Linien ihres Spektrums bestätigt. Der hauptsächlichste Bestandteil der Chromosphäre ist ebenfalls das Wasserstoffgas. Die scharfe Begrenzung ist nur scheinbar, sie verliert sich unmerklich nach aussen und die Aussen-seite zeigt, wie Secchi\*) beschreibt, „eine Menge kleine feurige Strahlen oder zahllose kleine unregelmässig gestaltete Flammen, welche ihr das Aussehen eines brennenden Feldes verleihen. Sie erscheint besonders in der Region der Fackeln nicht scharf begrenzt, also verwaschen, wie mit Haaren oder Borsten besetzt.“ Ihre Höhe wechselt ausserordentlich, ist aber wie ihr Glanz, in den Zonen der Fackeln grösser als anderswo. An den Polen ist sie weniger bewegt und meist ruhig und niedrig. Man kann die Chromosphäre unter gewöhnlichen Umständen nicht sehen und konnte sie bis zu Janssens 1868 gemachter Entdeckung auch mit Instrumenten nicht anders als zur Zeit einer totalen Verfinsterung der Sonne sehen, weil das blendende Licht der Photosphäre, d. h. der sichtbaren Oberfläche der Sonne, das der Chromosphäre überstrahlt.

Aus der letzteren ragen viele der Protubranzen hervor, während manche, losgelöst von ihr, als Wolken schweben. Die ersteren erscheinen bisweilen als Rauchsäulen, die in gewisser Höhe abgelenkt und fortgetrieben werden oder sie gleichen an Gestalt den Flammen- und Feuerausbrüchen der Vulkane. Die Höhe der Protubranzen ist sehr bedeutend, man hat solche von 3' oder 10 Erddurchmessern Höhe gesehen, ja Secchi, nach den Angaben in seinem Werke „die Sonne“, am 18. August 1868 eine von 3' 22" und am 1. Juli 1871 eine von 4,6' oder 13 Erddurchmessern Höhe. Diese sind aber seltener, durchschnittlich reichen sie 1—1,5' oder 4 Erddurchmesser über die Sonne. Sie verändern ihre Form in kurzer Zeit und zeigen oft in ihrem Innern spiralige Struktur. Von den hinter dem Sonnenrande stehenden Protubranzen sieht man natürlich nur die über den Rand hervorragenden Spitzen, und nur am Rande selbst sieht man sie ihrer ganzen Grösse nach. „Ihre Längenausdehnung ist oft noch viel grösser als ihre Höhe und zwar gewöhnlich 5—6°, wo 1° nahe gleich dem Erddurchmesser ist, ja Reihen oder Ketten von Protubranzen erstrecken sich über 14—20° und oft werden 20 Erdkugeln neben einander nicht ausreichen, um das Volumen dieser Protubranzmassen auszufüllen.“\*\*) Sie verschwinden durch Abkühlung oder Zerstreuung. Nahe dem Äquator sind sie höchstens 2—3 Tage sichtbar wegen der Rotation, an den Polen können sie aus demselben Grunde 10—14 Tage gesehen werden. Überdies sind die Protubranzen am Äquator unbeständiger als die in der Nähe der Pole. Abgesehen von den Veränderungen, die im Innern jener Gasmassen erfolgen, behalten sie durchaus nicht eine und dieselbe Höhe bei. Sie sind Gebilde, welche meist mit enormen Geschwindigkeiten dem Sonnenkörper entsteigen, mit Geschwindigkeiten, welche selbst die von Planeten und Kometen übertreffen. Man hat solche Massen beobachtet (Young), welche mit einer Geschwindigkeit von 156 Km. aufstiegen, Lockyer fand Geschwindigkeiten von 300—400 Km., Respighi fand Anfangsgeschwindigkeiten bei der Ausströmung aus der Sonne von 600—700 Km., ja von 800 Km.\*\*\*) Der Glanz nimmt mit der Höhe ab und ist bei den einzelnen Protubranzen verschieden. Breiten sie sich ebenso in horizontaler Richtung, ihrer Breite nach aus, so ist auch dabei die Geschwindigkeit oft sehr bedeutend. Da so ungeheuer rasch die Protubranzmaterie in die Höhe geschleudert wird, so hat man die Mög-

\*) Secchi, die Sonne, p. 430.

\*\*) Secchi, die Sonne, p. 448.

\*\*\*) Secchi, die Sonne, p. 484.

lichkeit hervorgehoben, dass trotz des Widerstandes der Sonnenatmosphäre solche Materie bisweilen wohl gar nicht zur Sonne zurückkehre, sondern in den leeren Raum geschleudert werde. Respighi und Young versichern, dass sie bis 6 und 7' vom Rande, d. h. bis zu der uns bekannten Grenze der Corona bei totalen Finsternissen, die fortgeschleuderte Materie verfolgen konnten. Man hat versucht, daraus Strahlenbüschel der Corona, sogar das Nordlicht zu erklären.\*) Die fortgeschleuderten Massen, von denen der leichtere Wasserstoff grössere Höhe erreicht als die schwereren Metaldämpfe, zerteilen sich in der Höhe in mehr oder weniger veränderliche Formen über der Sonne und zerstreuen sich so allmählich oder sie sinken, indem sie sich parabolisch krümmen, auf die Sonne zurück. Manche Protubranzen lösen sich in wenig Minuten auf, andere, besonders die nach den Polen zu erscheinenden, sind sehr lange sichtbar. Man hat deren von der einen Randstelle bis zur andern erhalten gesehen, sogar an der ersten Stelle wiederauftauchen sehen und daraus ein Resultat über die Rotationsdauer ableiten können, das mit dem aus Fleckenbeobachtungen am Äquator abgeleiteten nahe stimmt. Die raschen Veränderungen der Protubranzmassen lassen auf stürmische Vorgänge von überaus grosser Gewalt auf dem Sonnenkörper schliessen.

Das sehr verschiedene Aussehen, die vielen beobachteten Formen haben Veranlassung gegeben zur Einteilung in einzelne Arten. Secchi, der die Protubranzen für Anhäufungen der chromosphärischen Massen hält, die in die Höhe geschleudert werden, unterscheidet vier Arten\*\*): Haufenprotubranzen, nebelartige-, Strahlen- und Büschelprotubranzen. Die erstern erscheinen wie Anschwellungen der Chromosphäre und erreichen selten eine Höhe von 40—50" = 28000—36000 Km. Die zweiten sind meist Überbleibsel von glänzenden Protubranzen, ihre Höhe ist oft sehr bedeutend. Die interessantesten Formen sind die Strahlenprotubranzen. Sie übertreffen an ihrer Basis die Chromosphäre an Glanz, steigen fadenförmig auf, um sich oben wolkenförmig auszubreiten, sie sind meist von kurzer Dauer, verändern sich sehr schnell und kommen gewöhnlich in der Nähe der Flecken vor; sie gleichen, sagt Secchi, stark gekrümmten, von mächtigen Winden hin und her gejagten Flammen. Sie machen den Eindruck gewaltsam erfolgender Ausströmung und die Kraft, welche die Strahlen oft mit einer Geschwindigkeit von 150 Km. und darüber in die Höhe schießen lässt, ist intermittierend, so dass die Strahlen verschwinden, um später eben so lebhaft, wenn auch an Höhe und Intensität geringer, wieder zu erscheinen. Die büschelförmigen Protubranzen erscheinen überall, sie sind den vorigen ähnlich, sind aber von geringerem Glanze und längerer Dauer. Spörer unterscheidet wolkige und flammige Protubranzen, Zöllner dampf- oder wolkenförmige und eruptive Gebilde.

Über die Ursache dieser Erscheinungen giebt es ebenfalls sehr verschiedene Meinungen. Diejenigen Protubranzen, welche in Form von Strahlen, also mit eng begrenzter Basis, wie feurige Fontainen dem Sonnenkörper entsteigen, können nach Respighi nur als Eruptionen betrachtet werden, welche eine zähere, flüssige Trennungsschicht voraussetzen zwischen Atmosphäre und dem Innern der Sonne, dem sie entsteigen. Durch Stürme von der Sonnenoberfläche in die Höhe getriebene Massen könnten sich (also ohne Zuhilfenahme jener Trennungsschicht) unmöglich so lange und bis zu solcher Ausdehnung als Strahlen erhalten, sondern müssten sich rasch ausbreiten. Respighi wird also zur Annahme einer flüssigen Sonnenoberfläche geführt, obgleich er bei Erklärung der Protubranzen auch elektrische Kräfte zu Hilfe zu nehmen sucht. Die ungeheuer raschen und gewaltigen Vorgänge lassen allerdings den Gedanken an derartige Kräfte, der nicht von Respighi allein aufgenommen ist, aufkommen. Denkt man an die in der Nähe der Flecken scharf ausgeprägte Form der Eruptionen, sagt Respighi, so scheinen die Kerne fest, Inseln (Schlackeninseln) zu sein. Er glaubt, dass die Protubranzen Eigenbewegung der Flecken mit hervorbringen. Zur Erklärung derer mit eng begrenzter Basis sieht sich auch Spörer zur Voraussetzung einer hinreichend dichten (flüssigen oder breiigen) Oberfläche genötigt, so dass von den aus dem Innern kommenden Massen nicht bloss der Druck der Atmosphäre, sondern auch der der Oberfläche zu überwinden ist. Für derartige, durch Druck aus der flüssigen Sonne gepresste Massen hält Zöllner die Protubranzen. Man hat die Kräfte, welche jene furchtbar gewaltigen Erscheinungen hervorbringen, durch Explosionen, vielleicht von Knallgas zu erklären gesucht, durch welche sich die Raschheit des Aufsteigens aus der Geschwindigkeit ergibt, mit der sich die Explosion über die explodierende

\*) Secchi, die Sonne, p. 487.

\*\*) Secchi, die Sonne, p. 431 f.

Masse erstreckt. Für Massen, die durch Cyklone in die Höhe gewirbelt werden, halten Andere die Protubranzen und diese Ansicht hat das für sich, dass solche cyklonenartige Bewegungen wiederholt an ihnen und auch sonst auf der Sonne beobachtet worden sind. Kirchhoff hält sie für identisch mit den Sonnenflecken, für Rauchwolken, die auf der durch den Mond unbedeckten Sonnenoberfläche wegen ihres schwachen Lichtes als dunkle Flecken, hingegen am Rande der durch den Mond total verfinsterten Sonne als rote Wolken sich darstellen.

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist der Zusammenhang, welcher zwischen Flecken, Fackeln und Protubranzen besteht. Eine reiche Zusammenstellung darüber finden wir in dem Werke „die Sonne“ von Secchi-Schellen. Die grossen Protubranzen treten in der Nachbarschaft der Flecken auf, also auch da, wo die meisten Fackeln sind, nie über den Kernen der Flecken. Die unter ihnen, welche auf der dem Flecken im Sinne der Rotation vorausliegenden Seite erscheinen, sind lebhafter und glänzender als die auf der nachfolgenden, was ja auch von den Fackeln galt. Secchi beobachtete vom 23. April bis 17. Juli 1871 während drei Rotationen der Sonne 602 Protubranzen auf der Südhemisphäre, 532 auf der nördlichen Halbkugel und damit stimmte auch die Häufigkeit der Flecken, d. h. die südliche Halbkugel zeigte mehr Flecken als die nördliche. Hat die Sonne wenig Flecken, so ist auch die Zahl der Protubranzen, besonders der hohen eine geringere. Secchi glaubt deshalb, dass die Thätigkeit, welche die Flecken erzeugt, auch die Protubranzen hervorbringt. Die grösste Häufigkeit erreichen sie nach den zur oben angegebenen Zeit gemachten Beobachtungen von Secchi\*) zu beiden Seiten des Äquators unter 10—20° südl. und 20—30° nördlicher Breite, sie sind also, wie die Fackeln, ungleichmässig verteilt in Bezug auf den Sonnenäquator. Sie erreichen in einer andern Region, in 70—80° Breite, ein zweites Maximum.

Noch ehe ein Fleck am Sonnenrand hervortritt, wird man die hervorragenden Protubranzen wahrnehmen und da letztere häufig und stets in der Nähe der Flecken sind, so ist es natürlich, dass sie in vielen Fällen das Auftreten derselben ankündigen. Secchi hat das oft gesehen und sucht diese Erscheinung als Stütze für seine Erklärung der Entstehung der Sonnenflecken zu benutzen. Er hält die Protubranzen für die Ursache der Flecken. Die nach seiner Ansicht gasförmige Sonne ist niemals im Zustand völliger Ruhe, die im Innern derselben zusammenkommenden verschiedenen Stoffe suchen sich infolge ihrer chemischen Verwandtschaft zu verbinden, wodurch Anlass zu Erregungen geboten ist\*\*), die wir als Erhebungen der tieferen Atmosphärenschichten in den Eruptionen, den Protubranzen, ja an wirklichen Explosionen beobachten. Die so in die Höhe geschleuderten Massen breiten sich aus, kühlen sich ab, wirken stark absorbierend, wenn sie zwischen Beobachter und Photosphäre gekommen sind und erzeugen so einen Fleck. Die aufgeschleuderten Dämpfe sind schwerer als die sie umgebenden Massen, in die sie hineingeworfen worden sind, sie sinken zurück und erzeugen so eine Art Höhlung in der Atmosphäre, angefüllt mit kühleren Gasen, die uns als Kern erscheinen wird. Diese Massen werden allmählich heisser, es sinken neue nach und dadurch entsteht die Penumbra und ihr gestreiftes Aussehen.

Nicht einerlei Art scheinen freilich die Kräfte zu sein, welche die Protubranzen hervorgerufen. Diejenigen unter den letzteren, welche strahlenförmig, bei eng begrenzter Basis mit den grossen Geschwindigkeiten in die Höhe steigen, lassen sich nur als Eruptionen auffassen, als Massen, die aus dem Innern des Sonnenkörpers gepresst worden sind und eine zähere Schicht haben durchlaufen müssen. Aber nicht alle lassen sich als Eruptionen ansehen. Es ist zunächst merkwürdig, dass Protubranzen sich schwebend erhalten, während die Atmosphäre in jenen Höhen nicht dicht genug ist, um das zu ermöglichen. Ferner beobachtete Secchi am 3. April 1873\*\*\*) eine frei über dem Sonnenrand schwebende Wasserstoffgasmasse, die mit der Chromosphäre nur durch einen sehr feinen Strahl in Verbindung stand, der unmöglich die ganze Masse speisen konnte. Die Höhe des Gebildes änderte sich sehr rasch, indem die Geschwindigkeit des Aufsteigens im Durchschnitt 90,5 Km. betrug. Diese ungeheure Geschwindigkeit ist um so merkwürdiger, als die Masse isoliert schwebte. Unbekannte Kräfte sind also hier thätig, es könnte vielleicht der Diamagnetismus wirksam sein, sagt Secchi. Auf Explosion deutet eine von Young am 7. September 1871 beobachtete Protubranz hin. Schon

\*) Secchi-Schellen, die Sonne. p. 520.

\*\*) Newcomb-Engelmann, Popul. Astr.

\*\*\*) Gaa, 9. Jahrgang.

am Tage vorher hatte Prof. Young eine Protubranz als ungeheure Wolke von Wasserstoffgas beobachtet. Sie war lang, niedrig, wenig veränderlich und bestand aus Schichten horizontal zur Chromosphäre und zeigte nichts Ungewöhnliches. Die oberen Teile der Wolke waren von der Sonnenoberfläche etwa 11700 geogr. Meilen entfernt, ihr unterer Rand war wenig über 3200 geogr. Meilen über der Sonnenoberfläche und war mit dieser durch vier senkrechte, sehr glänzende Säulen, die als Fäden erschienen, verbunden. Die Länge betrug über 22000 geogr. Meilen. Young sagt dann: „Als ich um 12<sup>h</sup> 30' für einige Minuten abgerufen wurde, war nichts vorhanden, was die bevorstehenden Änderungen angezeigt hätte, wenn nicht etwa der Umstand, das die senkrechte Säule am südl. Ende der Wolke viel glänzender zu werden begann und auf eine merkwürdige Weise seitlich gekrümmt war, ferner dass sich in der Nähe der Basis der nördl. hellen Säule eine kleine glänzende Masse entwickelte, welche durch ihre Gestalt sehr den oberen Formen unsrer sommerlichen Gewitterwolken glich. Wie gross aber war mein Erstaunen, als ich, 12<sup>h</sup> 55' wiedergekehrt fand, dass in der kurzen Zwischenzeit das Ganze durch eine unbegreifliche Explosion von unten buchstäblich in Stücke gerissen worden war. Statt der ruhig schwebenden Wolke, welche ich verlassen hatte, war die Sonnenatmosphäre angefüllt mit einer Masse schwimmender Trümmer von senkrechten, 16"—30" (1568—2940 geogr. Meilen) langen, 2" oder 3" (196 oder 294 geogr. Meilen) breiten Filamenten, welche da, wo früher die Säulen sich befanden, einander mehr genähert und glänzender waren. Sie erhoben sich mit Schnelligkeit in die Höhe. Als ich sie zuerst erblickte, hatten sie bereits eine Höhe von 4' (23520 geogr. Meilen) erreicht und während der Beobachtung erhoben sie sich mit einer dem Auge fast wahrnehmbaren Bewegung. Die grösste erreichte Höhe betrug 45962 geogr. Meilen. Ich hebe dies nachdrücklich hervor, weil, so viel ich weiss, die Materie der Chromosphäre bis jetzt nie eine Höhe von 3' (29400 geogr. Meilen) vom Sonnenrand angegriffen wurde. Ebenso ist die Geschwindigkeit des Aufsteigens (36 geogr. Meilen in 1") beträchtlich grösser als man bis jetzt gefunden. In dem Masse als die Filamente höher stiegen, wurden sie schwächer, wie eine Wolke, die sich auflöst. Um 1<sup>h</sup> 15' zeigte bloss eine kleine Anzahl wolkiger Stellen mit niedrigen Flammen in der Chromosphäre den Ort der gewaltigen Eruption an. Aber gleichzeitig war die kleine, einer Gewitterwolke ähnliche Masse angewachsen und hatte sich zu einem Flammenmeer entwickelt, das ohne Aufhören wogte und wallte. Anfangs drängten sich die Flammen zusammen, als wenn sie sich der Sonnenoberfläche entlang verlängern wollten. Dann erhoben sie sich pyramidenartig zu einer Höhe von 10840 geogr. Meilen, hierauf verlängerte sich ihr Kamm zu langen Fasern, welche in merkwürdiger Weise gerollt erschienen. Zuletzt verblichen sie mehr und mehr und um 2<sup>h</sup> 1/2 Uhr waren sie wie alles übrige verschwunden.

Der ganze Vorgang erregt unwillkürlich die Vorstellung einer Explosion unter der grossen Protubranz, welche hauptsächlich von unten nach oben wirkte. Es scheint mir sogar wahrscheinlich, dass die geheimnisvollen Strahlen der Corona rücksichtlich ihres Ursprungs auf analoge Ereignisse zurückzuführen sind.“

Auch diese Vorgänge, die Protubranzen, stehen mit den Erscheinungen auf der Erde in Zusammenhang. Als Secchi\*) am 7. Juli 1872 eine grosse Eruption auf der Sonne beobachtete, konstatierte man 2 Stunden darnach auf dem Observatorium in Greenwich grosse magnetische Störungen. Auf die Eruptionen vom 8. Juli 1872 antwortete die Erde mit gleichzeitig auftretendem Nord- und Südlichte. Tacchini erwähnt, dass von 42 Nordlichtern nur 7 nicht von aussergewöhnlichen Phänomenen an der Sonne begleitet waren. Am 8. Juli 1872 beobachtete man eine grosse prachtvolle Protubranz und Nordlicht in Genua und Madrid, nach Zeitungen ein Südlicht in Melbourne und mit diesen beträchtliche magnetische Störungen. Auch am Abend nach dem von Young beschriebenen Vorgange gab es ein schönes Nordlicht.

Das Studium der Formen der Protubranzen hat Aufschluss gegeben über Strömungen in der Sonnenatmosphäre. Die hohen Protubranzen der mittleren Breiten weichen von der vertikalen Richtung ab und zeigen eine vom Äquator nach den Polen hin gerichtete Neigung. Dies macht sich erst in gewisser Höhe, 1' über der Chromosphäre geltend, da tiefer die auftriebende Kraft zu sehr überwiegt. Diese, auf eine vom Äquator nach den Polen gerichtete Stömung deutende Neigung ist zwar nicht in allen Fällen, aber doch in so vielen besonders von Secchi und Spörer beobachtet worden, dass eine solche Annahme gestattet ist.

\*) Gaa 1872.

Andere Strömungen auf dem Sonnenkörper folgten aus der Eigenbewegung der Flecken. Die Drehung der Sonne erfolgt nach Fleckenbeobachtungen rascher am Äquator als nördlich und südlich davon, doch ohne dass sich die langsamere Drehung bis zu den Polen fortsetzt, denn dort zeigen die Protuberanzen, dass die Rotationsgeschwindigkeit daselbst fast so gross ist als am Äquator. Die Eigenbewegungen der Flecken deuten, wie Secchi hervorhebt, auf Strömungen, die der Rotation entgegengesetzt sind. Durch sie würde sich erklären, dass die Fackeln bei Flecken auf der vorangehenden Seite zusammengedrückt, auf der nachfolgenden in die Länge gezogen erscheinen. Zu Strömungen überhaupt ist Anlass gegeben durch die grössere Wärme am Äquator im Vergleich zu den Polen, welche Secchi durch Messungen gefunden und aus dem grösseren Glanz und dem stürmischeren Auftreten der Protuberanzen am Äquator erschlossen hat.

Newcomb sagt in seiner, von Engelmann übersetzten, soeben erschienenen „populären Astronomie“:

„Über die physische Beschaffenheit der Sonne und die Gesetze, welche die so mannichfaltigen Erscheinungen und Vorgänge regeln, herrscht im Grossen und Ganzen noch viel Dunkel und Zweifel, wenn auch einige Punkte ziemlich sicher erforscht und begründet zu sein scheinen. Da die wesentlichen Eigenschaften der Materie notwendigerweise überall dieselben sind, so werden wir zur Erklärung der Erscheinungen auf der Sonne auch nur die Gesetze anwenden dürfen und können, welche wir auf der Erde in Wirksamkeit sehen und das Problem der physischen Konstitution der Sonne würde gelöst sein, sobald wir im Stande wären, alle Erscheinungen durch diese Gesetze zu erklären. Die logische Forderung, dass die physischen Gesetze, die auf der Sonne wirken, in Übereinstimmung mit den auf der Erde wirksamen sein müssen, ist nicht immer von denen genügend beobachtet worden, die über jenes Thema spekuliert haben und so zu mancherlei oft gewagten Hypothesen geführt worden sind. Das bekannteste Beispiel ist die Wilson-Herschelsche Hypothese eines kühlen Sonnenkerns.“

Nicht von Allen ist dieser Forderung so konsequent genügt worden, als von Prof. Zöllner, der es in seinen, in den siebziger Jahren in den Berichten der Kgl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. veröffentlichten Abhandlungen unternommen hat, eine umfassende Theorie der physischen Beschaffenheit der Sonne zu geben, und zwar, wie Newcomb in seinem oben erwähnten Werke auf Seite 313 sagt, „eine in vieler Hinsicht plausible Theorie.“ Es soll jetzt unsere Aufgabe sein, uns nach den Angaben Zöllners Rechenschaft zu geben von den Erscheinungen auf dem Sonnenkörper.

Zöllner legt seinen Untersuchungen die beiden Sätze von Kirchhoff\*) über die physische Beschaffenheit der Sonne zu Grunde:

„Die wahrscheinliche Annahme, die man machen kann ist die, dass die Sonne aus einem festen oder tropfbar flüssigen, in der höchsten Glühhitze befindlichen Kern besteht, der umgeben ist von einer Atmosphäre von etwas niedrigerer Temperatur.“

Bei der Sonnenatmosphäre sind es Schichten, die in gewisser Höhe über der Oberfläche des Kerns sich befinden, die das meiste zur Bildung der dunklen Linien des Spektrums beitragen; die untersten Schichten nämlich, die nahe dieselbe Temperatur als der Kern besitzen, verändern das Licht dieses wenig, da sie jedem Lichtstrahle den Verlust an Intensität, den sie durch Absorption herbeiführen, durch ihr eigenes Glühen nahe ersetzen.“

Zöllner nimmt also mit Kirchhoff die Sonne als einen glühend flüssigen Körper an, der umgeben ist von einer Atmosphäre. „Die nächste wahrscheinliche Folgerung aus diesen Sätzen ist dann die, dass diese Atmosphäre in ihren untersten Schichten im Allgemeinen mit einer Nebel- und Wolkendecke erfüllt ist, welche in einer gewissen Höhe über dem glühend flüssigen Meere schwebt.“\*\*) Diese Annahme wird begünstigt durch das körnige, granulirte Aussehen der Sonnenoberfläche durch starke Fernröhre bei durchsichtiger Luft, und wahrscheinlich gemacht dadurch, dass die Dämpfe der Sonne vollkommen gesättigt sind und deshalb die geringsten Temperaturniedrigungen Wolken hervorrufen können. Von diesen Wolken wird man nichts weiter wahrnehmen können, da sie das, was sie an Licht absorbieren, durch ihr eigenes Glühen wieder ersetzen.

\*) Abhandlungen der kgl. Akademie d. Wiss. z. Berlin 1861, p. 83. Berichte etc. der kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 1873: Über den Aggregatzustand der Sonnenflecken.

\*\*) Berichte etc. 1873.

Denken wir uns nun\*) eine Wärme strahlende, von einer Atmosphäre umgebene ruhende Kugel. Die äussersten Schichten dieser Atmosphäre werden sich am meisten abkühlen, demnach dichter und schwerer werden als die darunter liegenden Atmosphärenteile. Diese Abkühlung erfolgt aber unter den gemachten Annahmen auf allen Teilen der Kugel in gleicher Weise. Die schwerere Luft will tiefer sinken, aber an allen Stellen gleichzeitig herrscht dieses Streben und die Folge davon ist, dass ein Niedersteigen der kälteren und schwereren äussersten Luftschichten gar nicht stattfinden kann, dass ein sogenanntes labiles Gleichgewicht eintritt. Wird jetzt irgendwo die Schwere verändert, so findet dort zunächst sofort ein Emporsteigen der wärmeren leichteren und ein Sinken der kälteren Massen statt. Denken wir uns z. B. die Kugel in Drehung versetzt, so wird eine Centrifugalkraft hervorgerufen, welche am grössten ist für die am weitesten von der Drehungsachse entfernten Punkte. Diese Kraft wirkt zum Teil der Schwere entgegen, am Äquator sogar vollständig, sie wird also die Schwere vermindern und diese Verminderung wird am Äquator am grössten sein. Dort werden also die heisseren unteren Massen mit grösserer Heftigkeit aufsteigen als anderswo. Diese aufgestiegenen Massen kühlen sich bei ihrer Ausdehnung und wegen begünstigter Wärmeausstrahlung ab, werden schwerer in je höhere Regionen sie kommen (weil sie sich verdichten oder ihr Volumen verkleinern), werden am Zurücksinken gehindert durch den aufsteigenden Strom und müssen nach beiden Seiten des Äquators nach den Polargegenden hin abfliessen. An Stelle der aufgestiegenen Massen rücken die benachbarten, zu beiden Seiten der Äquatorzone liegenden Gasmassen nach. Dieses Nachrücken pflanzt sich vom Äquator aus nach Norden und Süden fort, sodass ein Strom entsteht, vom Pole her nach dem Äquator hin gerichtet, ein polarer Unterstrom, über den hinweg der erwähnte äquatoriale Oberstrom geht. Der Äquatorialstrom abgekühlter Gase sinkt in höheren Breiten auf die Oberfläche der Kugel und kühlt also die Polargegenden ab, während die Massen des Polarstroms sich erwärmen, indem sie über die heisse Oberfläche hinwegströmen. Wir sehen daraus, dass die Drehungspole unserer Kugel auch Kältepole werden müssen.

Die erwähnten Bedingungen sind nun bei der Sonne realisiert. Die Sonne ist eine Wärme strahlende, um eine Achse sich drehende, von einer Atmosphäre umgebene Kugel, für welche also die Schwere am Äquator am kleinsten ist. Auf ihr werden jene Ströme vorhanden sein und eine thermische Reaktion derselben muss wie bei der früheren Kugel bemerkbar werden. Das Vorhandensein des Äquatorialstroms beweisen die von Spörer, Secchi und Anderen beobachteten Neigungen der hohen Protuberanzen nach den Polen hin, die höhere Temperatur der Äquatorzone gegenüber den Polen ist durch die thermoskopischen Untersuchungen von Secchi bestätigt worden. Die am Äquator aufsteigenden sich abkühlenden, in höheren Breiten niedersinkenden kühleren Massen werden am Äquator und in den Polarregionen atmosphärische Trübungen erzeugen. Es wird beiden Gegenden an Ruhe und Klarheit der Atmosphäre mangeln, während bei den dazwischen liegenden Zonen mittlerer Breite von relativer Ruhe und Klarheit der Atmosphäre gesprochen werden darf. Beides aber sind Bedingungen für eine starke Wärmeausstrahlung und daraus hervorgehende starke Temperaturerniedrigung der Oberfläche des strahlenden Körpers. In diesen Regionen wird sich die Wolkendecke eher lichten können als anderswo, aber „das Lichten der Wolkendecke braucht sich nicht optisch bemerklich zu machen, da ja die Temperatur der Wolken nur wenig von der der Oberfläche verschieden war und durch Aufhellen der Decke ja noch die von den tiefer liegenden leuchtenden Objekten zu durchstrahlende Schicht grösser wird und damit die Absorption. Hellere Stellen (Fackeln) erscheinen indes öfter da, wo einige Tage später ein Flecken sich entwickelt.“\*\*) Die beiden Zonen zu Seiten des Äquators werden also stärkere Abkühlung erfahren können als die übrigen Gegenden. Mit dieser Temperaturabnahme ist die der Leuchtkraft verbunden. Die abgekühlten, weniger intensiv leuchtenden Stellen nehmen wir als Sonnenflecken wahr, welche besonders in jenen zwei Zonen auftreten werden, wie es die Beobachtungen lehren.

Um über den Aggregatzustand dieser Flecken zu entscheiden, wollen wir auf die atmosphärischen Hauptströmungen zurückkommen. Diese werden, wie unsere Passate, die meridionale Richtung nicht einhalten können. Der Äquatorialstrom wird, je weiter er nach den Polen zu vordringt, um so rascher im Sinne der Rotation vorauszuweichen, während der Polar-

\*) Berichte etc. 1872, Über die Periodicität u. heliographische Verbreitung der Sonnenflecken.

\*\*) Berichte 1873, Über den Aggregatzustand der Sonnenflecken.

strom mehr und mehr zurückbleibt, also der Rotation entgegengesetzt sich bewegt. Wie aber ein über eine Wasserfläche hinwehender Wind eine Wellenbewegung erregt, so wird der über die glühend flüssige Oberfläche der Sonne hinstreichende Polarstrom eine solche Bewegung der flüssigen Oberfläche, eine sogenannte Driftströmung erzeugen\*), welche der Rotation der Sonne fast genau entgegengesetzt gerichtet sein wird. Diese wird sich nur bis in gewisse Tiefen hinab geltend machen und wird an höher liegenden Schichten stärker sein als an tiefer gelegenen. Zunächst ist allerdings ersichtlich, dass dieselbe nicht genau der Rotation entgegenwirkt, sondern noch gegen den Äquator hin gerichtet ist, betrachten wir aber die zwei benachbarten Quadranten eines Längengrades, so sind die Komponenten der Driftströmung, welche in meridionaler Richtung wirken, einander entgegengesetzt, erzeugen also am Äquator ein Stauen der Massen, welches rückwärts die meridionale Komponente schwächt oder aufhebt. Dann trägt auch der Äquatorialstrom dazu bei, dieselbe zu schwächen, ja er kann dieselbe überwiegen und eine nach den Polen gerichtete daraus machen. Die Driftströmung wird also mehr nur in Richtung der Parallelkreise erfolgen können und wird nach dem Äquator zu weniger deutlich ausgeprägt sein, weil dort ein Stauen der Massen eintritt, sie wird vielmehr mit wachsender Entfernung vom Äquator stärker und stärker auftreten. Sind die Flecken glühende Schlackenmassen mit einem spec. Gew., das nicht wesentlich kleiner ist als das der Flüssigkeit, wofür sie Zöllner hält, so müssen sie der Strömung folgen, es muss ein Fleck nahe dem Äquator in kürzerer Zeit eine ganze Umdrehung ausführen als einer unter höherer Breite, die Umlaufzeit muss mit zunehmender Breite wachsen. Die Beobachtungen bestätigen dies. Es lässt sich ferner daraus erkennen, dass nach der Tiefe hin die Rotation rascher ist. Es ist dann ferner klar, dass die Flecken in höheren Breiten wegen der meridionalen Komponente nach dem Äquator zu wandern können, näher demselben aber, wegen der oben hervorgehobenen Umkehr dieser Komponente polwärts und dazwischen unter Umständen nach keiner dieser Richtungen sich bewegen können. Wäre nun ein Sonnenfleck gasförmig, etwa eine dunkle Wolke, so müsste er in kurzer Zeit seine Gestalt völlig geändert haben. Er hat ja stets eine grosse Ausdehnung im Vergleich wenigstens zu irdischen Gegenständen und die Eigenbewegungen der Flecken bestätigen, dass in den Regionen der Flecken die Rotationsgeschwindigkeit vom Äquator ab nach den Polen zu abnimmt, der nördliche Teil des Flecks (sobald derselbe der nördl. Halbkugel angehört) liegt also in Gegenden geringerer Geschwindigkeit als der südlichere. Eine Folge davon ist, dass der letztere vorausseilt und ein wolkenförmiger Fleck sich immer mehr strecken muss und zwar parallel dem Äquator, gerade so, wie wir es an den Wolkengebilden auf der Oberfläche des Planeten Jupiter beobachten. Eine solche Gestaltsveränderung ist aber nie beobachtet worden. Ferner, da sich die Flecken wochen- und selbst monatelang erhalten, so muss ihr Aggregatzustand derart sein, dass ein Ausgleich zwischen den Temperaturen der glühend flüssigen Oberfläche und der erkalteten Fleckenmasse nur langsam vor sich gehen kann. Dieser Forderung genügt am besten der feste Aggregatzustand, da hier die Ausgleichung nur durch Leitung, nicht auch durch Strömung, d. h. Fortbewegung der Körperteile, wie bei flüssigen und gasförmigen Körpern, erfolgen kann.\*\*)

Nunmehr lassen sich alle übrigen mit den Flecken auftretenden Erscheinungen erklären.\*\*\*) Wegen der Driftströmungen ist die Drehungsgeschwindigkeit an der Oberfläche der Sonne kleiner als unter der flüssigen Oberfläche. Die tiefer eintauchenden Teile des Flecks wollen also rascher vorwärts als die an der Oberfläche, es wird deshalb ein Bestreben eintreten, sich um eine horizontale Achse zu drehen und deswegen die im Sinne der Rotation vorausliegende Seite aus der Flüssigkeit hervorragen oder hervorzuragen streben, die entgegengesetzte aber in dieselbe eintauchen und vielleicht abschmelzen, ja es wird der Fleck auch bersten können. Spörer hat Beobachtungen dieser Art gemacht, er hat gefunden, dass bisweilen der nachfolgende Teil verschwindet und der vorangehende als Kern erscheint. „Das Zerbrechen, wie alle Veränderungen in der Tiefe des Eintauchens müssen Bewegungsdifferenzen der Fleckenstücke erzeugen. Solche Veränderungen im Eintauchen finden statt bei der Entwicklung des Flecks, wobei das Eintauchen vergrößert wird, und bei Auflösung.“ Die Beobachtungen konstatieren starke Änderung in der Bewegung der Flecken in beiden Fällen.

\*) Berichte etc. 1871, Rotationsgesetz der Sonne und der grossen Planeten, p. 58.

\*\*\*) Berichte etc. 1873, Über den Aggregatzustand der Sonnenflecken.

\*\*\*) Berichte 1871, Rotationsges. etc.

Bei Beginn der Entwicklung ist die horizontale Ausdehnung des Flecks gross, die Dicke oder die Ausdehnung in vertikaler Richtung gering. Von da ab aber wächst die Dicke und vom Abschmelzen ab gerechnet gewinnt, da die Dicke dadurch immer grösser wird im Vergleich zur horizontalen Ausdehnung, das Drehungsmoment das Übergewicht, der Fleck wälzt sich, er erscheint an einer andern Stelle wieder, welche (wegen der grössern Geschwindigkeit der tiefern Schichten) im Sinne der Rotation vorausliegt. Diese Erscheinungen sind die früher von uns angegebenen, von Secchi und Carrington beobachteten. Eine Rotation um eine vertikale Achse wird eintreten können, weil die Teile unter höherer Breite weniger rasch rotieren als die näher dem Äquator.

Über der kühleren Oberfläche der Flecken werden Kondensationen von Dämpfen entstehen. Die darüber liegenden Gasmassen, welche jetzt von unten her weniger Wärmezuschuss erhalten, werden sinken und es werden sich so absteigende Ströme bilden, welche an den Ufern des Schlackenfeldes aufsteigende Ströme hervorbringen. Die herabgestiegenen Massen werden alsbald nach den Ufern hinfließen und so in centrifugale Winde übergehen. Diese von den Flecken weg wehenden Stürme erklären das früher hervorgehobene Bestreben der in Gruppen zusammenstehenden Flecken zu divergieren oder aus einander zu fliehen, während die Driftströmungen die Beobachtung Secchis möglich machen, dass die Flecken einer Gruppe sich in Richtung der Parallelkreise anzuordnen streben.

Die in der Umgebung aufsteigenden Ströme (Wirbelwinde) werden tiefer liegende und damit im Vergleich zu der Oberfläche heissere und stärker leuchtende Massen in die Höhe reissen, unter Umständen sogar die höher liegenden chromosphärischen Massen auftürmen, die wir im ersten Falle als Fackeln und im zweiten Falle am Rande als wolkenförmige Protuberanzen wahrnehmen. In der Umgebung von Flecken werden demnach die Fackeln besonders vorkommen müssen. Infolge der atmosphärischen Strömungen müssen dieselben am vorausgehenden Teile der Flecken heller und mehr zusammengedrängt erscheinen als am nachfolgenden.

Die Penumbra sehen wir in den Kondensationsprodukten, welche in gewisser Höhe die Schlackeninseln umkränzen.\*) Diese wolkenartigen Verdichtungsprodukte ragen über die Flecken hinaus und sind der Grund für die geringere Helligkeit der Penumbra im Vergleich zu den übrigen Stellen der Oberfläche. Infolge der atmosphärischen Strömungen, d. h. der absteigenden und aufsteigenden Gasmassen über der kühleren Stelle, erhält die Penumbra strahliges Aussehen. Die untern, von der Mitte des Kernflecks centrifugal gerichteten Ströme müssen als abgekühlte Massen die Temperatur der von ihnen bespülten Teile der Oberfläche erniedrigen. Die heisseren aufgestiegenen Massen fließen in der Höhe entgegengesetzt diesem Unterstrom, da sie beständig die Lücken ausfüllen, die durch die sinkenden Massen entstehen: Wir blicken also bei der Penumbra durch relativ heissere auf relativ kühlere Gasmassen, so dass durch die Lücken der oberen Kondensationswolken in der Penumbra ein etwas dunklerer Hintergrund als an den übrigen Stellen der Oberfläche sichtbar wird.\*\*\*) „Die wolkenartigen Abkühlungsprodukte werden wegen ihrer Temperaturerniedrigung weniger leuchtend und durch ihre absteigenden Bewegungen über dem Fleck trichterförmig vertieft erscheinen. Der äussere Rand der Penumbra liegt folglich im Niveau der leuchtenden Wolkendecke, durch welche für unsere Wahrnehmung die Grenze der Sonnenscheibe bedingt ist. Unsere Blicke werden ebenso nicht auf die feste Masse des Kerns, sondern auf die über derselben kondensierten Dämpfe fallen“\*\*\*). Die grosse Veränderlichkeit der Flecken erklärt sich aus der Veränderlichkeit der sinkenden und sich neu bildenden Wolkenschichten (Penumbra) über denselben.

Durch die in der Umgebung und über dem Fleck entstehenden Ströme werden Ruhe und Klarheit, die Bedingungen zur Temperaturerniedrigung durch Ausstrahlung, aufgehoben. „Die Ausstrahlung wird bei Beginn jener Bewegung gehemmt, die abgekühlten Stellen können sich wieder erwärmen, teils durch Berühren mit der glühenden Flüssigkeit, teils durch die Berührung mit den von heisseren Stellen zuströmenden Gasmassen. Der Fleck löst sich allmählich auf. — Je kleiner der Fleck, um so kürzer die Zeit der Auflösung.“†) So hängt, wie auch die Beobachtungen lehren, die Dauer des Flecks mit seiner Grösse zusammen.

\*) Berichte 1872, Periodicität etc.

\*\*\*) Berichte 1873, Temperatur u. physische Beschaffenheit d. S., 2. Abhdlg.

\*\*\*\*) Berichte 1873, Aggregatzustand etc.

†) Berichte 1872, Periodicität u. heliograph. Verbreitung der Sonnenflecken.

Auch die regelmässig wachsende und abnehmende Häufigkeit der Flecken geht aus der Theorie hervor. Man hat eine Erklärung für die Periodicität durch extrasolare Einflüsse versucht, z. B. durch Planetenkonstellationen. Jupiters Umlaufzeit stimmt nahezu mit der Periodendauer überein, er sollte daher die Ursache der Erscheinung sein, allein da erstere doch von der letzteren verschieden ist, so entstehen mit der Zeit so grosse Differenzen, dass an solchen Zusammenhang nicht gut gedacht werden kann. Qualitativ finden wir in der irdischen Atmosphäre ähnliche Verhältnisse wie in der der Sonne. „Durch Ausstrahlung werden auch an der Erdoberfläche die grössten Temperaturdifferenzen in kürzester Zeit hervorgerufen. Humboldt sagt: In der eigentlichen afrikanischen Wüste ist die Temperatur am Mittag über  $40^{\circ}$  C, des Nachts gefriert — infolge starker Ausstrahlung — das Wasser in den Schläuchen. Das Schliessen der Eisdecke von Flüssen hängt besonders von kräftiger nächtlicher Ausstrahlung ab“\*) Arago fand, dass ein Mal bei einer Temperatur von  $-3,9^{\circ}$  C im Mittel,  $-9,7^{\circ}$  im Maximum in 6 Tagen 1762 die Seine zufror, dagegen 1748 nach 8 Tagen nicht zufror bei  $-4,3$  C im Mittel,  $-12^{\circ}$  C im Maximum. Es war aber 1762 der Himmel völlig heiter, 1748 bewölkt oder ganz bedeckt. Wir wissen, dass Zustände längerer Dauer an einem Orte nur möglich sind, wenn der Verbreitungsbezirk der sie bedingenden Ursachen eine grössere Ausdehnung in der Atmosphäre hat. Auch in der Sonnenatmosphäre werden die Zustände, welche die Bildung eines Flecks (d. i. ein Gebilde, zu dessen Entstehen längere Dauer der Klarheit und Ruhe der Atmosphäre erforderlich ist) begünstigen, grössere Verbreitung haben, sodass innerhalb dieses Verbreitungsbezirks das Entstehen noch anderer Flecken wahrscheinlicher ist als an andern Stellen. Daher kommt das Auftreten der Flecken in Gruppen. Überhaupt werden sich gleichartige Zustände begünstigen, so dass eine Tendenz zur Coexistenz gleichartiger Zustände entsteht. Dass die Ausdehnung einer solchen Tendenz gross ist, wird durch die Beobachtung bestätigt, dass z. Z. des Maximums der Flecken, wo in der Fleckenregion die Atmosphäre stark in Aufruhr begriffen sein muss, auf der ganzen Sonne grosse Umwälzungen stattfinden, wie die Bildung und Beweglichkeit der Fackeln bezeugt. Da in mittleren Zonen Ruhe und Klarheit der Atmosphäre am meisten verbreitet sind, so ist hier die gleichzeitige Entstehung von Flecken wahrscheinlicher als anderswo. Die so nach und nach entstandenen Flecken rufen Gleichgewichtsstörungen in der Atmosphäre hervor, da infolge der abgekühlten Stellen atmosphärische Ströme entstehen. Diese heben die Bedingung kräftiger Ausstrahlung auf und verhindern damit das Entstehen neuer Flecken. Es findet ein Ausgleich der Temperaturen zwischen Flecken und Umgebung statt, die Schlacken lösen sich auf, schmelzen also, die Atmosphäre kommt allmählich wieder zur Ruhe und es wiederholt sich derselbe Prozess — die Fleckenzahl nimmt regelmässig zu und ab. Sonach ist die Periode nach Zöllner nichts anderes als das Resultat eines Ausgleichungsprozesses von Druck- und Temperaturdifferenzen auf der ganzen Sonne.\*\*\*) Die Zeit von einem Minimum bis zum nächsten Maximum muss grösser sein als die vom Maximum zum folgenden Minimum, weil bei der Bildung der Flecken die Ausstrahlung und die Berührung mit den abgekühlten sinkenden Massen behülflich sind, die Auflösung derselben aber nur durch Leitung erfolgen kann.

Wir haben im Vorangegangenen eine Erklärung für die wolkenförmigen Protubranzen gegeben, es gilt diese aber nicht auch für die eruptiven. Die ungeheuren Geschwindigkeiten, mit denen diese kolossalen Massen mit eng begrenzter Basis der Sonne entsteigen und sich über den Sonnenrand erheben, zwingen zu der Annahme, dass sie Eruptionen sind, die aus Gegenden kommen, welche tiefer liegen als die flüssige Oberfläche. Sie stützen die Annahme einer flüssigen Sonne nicht blos, sondern machen sie vielleicht gar notwendig. Zu ihrer Erklärung müssen im Innern des Sonnenkörpers grosse Gasblasen sich befinden. Die Sonne selbst sorgt zum Teil dafür, dass die in ihrem Innern enthaltenen Gasmassen Zuschuss von aussen her erhalten. Die glühende Oberfläche absorbiert nämlich einen Teil der auf ihr lastenden Gase, z. B. des Wasserstoffgases, denn es ist durch Versuche nachgewiesen, dass glühende Flüssigkeiten schon unter geringem Druck Gase zu absorbieren vermögen. Bestände die Erdatmosphäre aus Kohlensäure von einigen Atmosphären Druck, so würde auch die Meeresoberfläche Kohlensäure absorbieren, welche bei Temperatursteigerung oder Druckerniedrigung in Gestalt von Blasen aufsteigen würde. Es wird durch dieses Absorptionsvermögen

\*) Berichte 1873, Aggeatzustand etc.

\*\*) Berichte 1872, Periodicität etc.

ein Einwand von Faye widerlegt, dass infolge der Wasserstofferuptionen die Chromosphäre längst ausserordentlich angewachsen sein müsste. „Grössere Eruptionen, welche die tieferen und dampfreichen Schichten der Atmosphäre mit grösserer Geschwindigkeit durchdringen, können auch Teile derselben bis über die Chromosphäre emporreissen“. So findet Secchi bei Protubranzen zahlreiche Linien von glühenden Metalldämpfen. Die letzteren werden wegen ihrer grösseren Schwere tiefer liegen müssen, und dass man die Linien der edlen Metalle nicht hat nachweisen können, rührt dann daher, dass die Dämpfe der Edelmetalle nicht bis in jene Regionen niederer Temperatur hinaufreichen, in denen eine merkliche Absorption erfolgt, und von denen die dunklen Linien im Spektrum herrühren. Es lässt sich nun einsehen, warum die Protubranzen häufiger um Flecken herum auftreten. An den Grenzen derselben finden ja heftige aufsteigende Luftströme statt, welche den Druck auf die Oberfläche vermindern und so das Emporschiessen der eingeschlossenen Blasen erleichtern. Die starre Oberfläche der Flecken hindert, dass Eruptionen über den Kernen erfolgen und trägt ihr Teil bei zur Entstehung derselben in deren Umgebung. Spallanzani hat an einem Kraterschlund des Stromboli ganz ähnliche Erscheinungen gesehen, wie wir sie an Protubranzen beobachten. „Eruptive Protubranzen sind nicht ihrem Wesen, sondern nur ihrer Intensität nach von Vorgängen bei Vulkanen verschieden . . . . Je zäher die Masse, desto seltener aber intensiver die Eruptionen. Am Äquator ist der Druck wegen der Stauung der Massen am grössten, daher ist da die Entstehung der Protubranzen nicht begünstigt.“ Noch jetzt müsste sich auf der Erde, meint Zöllner, eine Begünstigung der Eruptionen gewisser Vulkane durch verminderten Luftdruck ergeben.\*)

Zöllner findet auf Grund des Gesetzes von Mariotte und Gay Lussac und des Gesetzes von der Konstanz des Verhältnisses der spec. Wärme bei konstantem Druck und Volumen, indem er die eruptiven Protubranzen als ein Phänomen der Ausströmung eines Gases aus einem Raume in einen andern betrachtet, als Näherungswert für das Minimum der Temperatur an der flüssigen Oberfläche  $13230^{\circ}$  C. in einer Tiefe von 2317 geogr. Meilen unter derselben schon  $1112000^{\circ}$  C. Als bekannte Zahlenwerte sind dabei angenommen worden der Radius des flüssigen Sonnenkörpers, der  $8''$  oder 5722 Km. kleiner ist als der der sichtbaren Sonne, und welcher sich daraus ergibt, dass Flecken zu  $8''$  unter der sichtbaren Oberfläche berechnet worden sind, und die mittlere Höhe der Protubranzen =  $1,5'$ . Aus dieser Höhe findet Zöllner die zum Aufsteigen nötige Zeit, daraus die Geschwindigkeit in der Ausströmungsöffnung = über 20 geogr. Meilen. Solche Geschwindigkeiten können nur entstehen, wenn die Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und innerem Raum eine bestimmte, errechnete Grösse hat. Aus ihr finden sich dann, auf Grund des Wüllnerschen Resultats, wonach der Druck an der Basis der Chromosphäre zwischen 50—500 mm liegt, die vorher angegebenen Temperaturen. Auf Grund dieser wird wieder das Verhältnis der Drucke an der Oberfläche und in dem Raume, aus welchem die Eruptionen kommen ermittelt und daraus ergeben sich jene Drucke selbst. Darnach ist der Druck in der Tiefe, aus der die Protubranzen von  $1,5'$  Höhe kommen 66815000 Atmosphären, der Druck der ganzen Wasserstoffatmosphäre („nicht der ganzen Sonnenatmosphäre, die noch aus vielen andern Stoffen besteht und selbstverständlich einen viel grösseren Druck ausüben muss“) an der flüssigen Oberfläche  $17,3$  Atmosphären. Ein so grosser Druck wie der erstere, nur infolge des hydrostatischen Drucks der darüber lagernden Flüssigkeit vom spec. Gew.  $1,46$ , wird in einer Tiefe von 2317 geogr. Meilen erreicht. Von dort her kommen also die  $1,5'$  hohen Protubranzen.\*\*)

Wenn nun die expandierende Wirkung der hohen Temperatur eine sehr grosse sein muss, so darf man, angesichts der ungeheuren Druckwerte, der Sonne vielleicht doch den flüssigen — nicht den gasförmigen — Aggregatzustand zusprechen, für den ausserdem die eruptiven Protubranzen sprechen, und welchen die schlackenartigen Flecken fordern.

Zöllner gelangt noch auf einem andern Wege\*\*\*) zu Näherungswerten für die Temperatur an der Sonnenoberfläche. Er zeigt, dass das Druckverhältnis in zwei verschiedenen Höhenschichten der Wasserstoffatmosphäre, und zwar an der Basis und der gewöhnlich sichtbaren Grenze der Chromosphäre, näherungsweise dasselbe ist wie das der Druckwerte, inner-

\*) Berichte 1871, Rotationsges. etc.

\*\*) Zöllner, Natur der Kometen, 2. Aufl. p. 491. Berichte 1870, physische Besch. d. S., 1. Abhdlg.

\*\*\*) Berichte 1873, physische Besch. d. S., 2. Abhdlg.

halb welcher unter irdischen Verhältnissen das Wasserstoffspektrum die analogen Veränderungen erleidet, welche an den Grenzen der Chromosphäre beobachtet werden. Diese Veränderungen liegen nach Wüllner etwa zwischen den Drucken 1 mm und 2400 mm. Aus der mittleren Höhe der Chromosphäre (10") wird dann, mittelst des Gesetzes von Mariotte und Gay Lussac, für die absolute Temperatur der Chromosphäre ein Wert (61 350° C) gefunden, der von dem früheren zwar abweicht, wie es der Schwierigkeit der Sache nach nicht wohl anders sein kann, der aber doch derselben Ordnung ist wie der frühere.

Die Wärmestrahlung der Sonne, aus welcher Secchi ihre Temperatur ableiten wollte, hat zu viel grösseren Werten derselben geführt, deren Richtigkeit nicht bloß angezweifelt, sondern auch widerlegt worden ist. Es scheint, als sei dieses Verfahren, welches die von der Sonne ausgestrahlte Wärme zur Bestimmung der Temperatur an ihrer Oberfläche benutzt, das einfachere, indes werden grade die dadurch erhaltenen Resultate sehr unsichere sein, weil kongruente Körper ganz verschiedene Wärmemengen ausstrahlen und doch dieselbe Temperatur haben können, indem das Strahlungsvermögen von der Natur des Körpers abhängt.

Zur Erklärung der Kometenschweife macht Zöllner die Annahme einer Sonnenelektricität. „Es lassen sich nach Lamont alle Erscheinungen der veränderlichen Spannung der Luftpotezialität durch die Annahme einer gewissen permanenten Menge freier negativer Elektricität an der Erdoberfläche erklären. Welcher Art auch die Ursache und Quelle dieser Elektricität sein mag, sie wird ebenfalls als eine permanent wirksame vorausgesetzt und wahrscheinlich in den thermischen und mechanischen Vorgängen auf oder in der Erde gesucht, d. h. in meteorologischen oder vulkanischen Prozessen gesucht werden müssen. Derartige Prozesse vollziehen sich nun aber auf der Sonne — freilich unter thermisch veränderten Verhältnissen — in unvergleichlich viel grösserem Massstabe . . . . Man vergegenwärtige sich nur die fortdauernd mit ungeheurer Gewalt in Form eruptiver Protuberanzen hervorbrechenden Dampf- und Gasströme und vergleiche sie mit den starken elektrischen Prozessen einer Dampf-elektrisirmaschine, oder den bei Eruptionen irdischer Vulkane regelmässig beobachteten starken Gewittererscheinungen, und man wird bei längerem Nachdenken Gründe genug finden, um in Übereinstimmung mit den Beobachtungen und Anschauungen von Respighi, Tacchini und Anderer die Annahme einer starken Elektricitätsentwicklung auf der Sonne nicht nur als zulässig, sondern auch als notwendig zu betrachten.“\*)

Bleiben wir bei den kleinen teleskopischen Kometen stehen, welche Zöllner geneigt ist für tropfbar flüssige Meteormassen anzusehen. Kommt ein solcher Körper aus dem Weltenraum in das Sonnensystem, so findet an der der Sonne zugewendeten Seite ein Verdampfungs- oder Siedeprozess statt, durch welchen wegen der dabei erfolgenden elektrischen Erregung der Dunsthülle das Selbstleuchten des Kometen erzeugt wird. Ein von der Sonne weg oder ihr zugewendeter Schweif muss dann entstehen, wenn die Sonnenelektricität gleiches oder entgegengesetztes Vorzeichen hat im Vergleich zur Elektricität der Dunsthülle.\*\*\*) „Es genügt dabei die Annahme, dass die Sonne dieselbe elektrische Dichte wie die Erdoberfläche besitzt, um alle bis jetzt an Kometenschweifen beobachteten Geschwindigkeiten zu erklären unter Voraussetzung, dass die Schweifelemente Massen von molekularer Grössenordnung sind, welche gleichfalls dieselbe elektrische Dichtigkeit wie die Erdoberfläche besitzen. Durch diese ist ein Grad von elektrischer Erregung charakterisiert, welcher 1645 mal schwächer als derjenige einer durch Reibung elektrisirten Siegellackstange ist“\*\*\*). Sind die kometarischen Massen sehr klein, so werden sie sich bereits in grösserer Entfernung von der Sonne vollständig in Dampf verwandelt haben und in der Nähe der Sonne als kleine schweiflose Dunstwolken erscheinen, wie wir es in der That bei kleinen Kometen beobachten. „Bei einer Temperatursteigerung des Weltenraums muss eine bestimmte Anzahl kleiner Kometen für unsere Wahrnehmung verschwinden, indem die nebelartigen Kondensationsprodukte, welche uns diesen Körper bei niedriger Temperatur sichtbar machen, alsdann durch die Wärme aufgelöst werden“†) Zur Zeit eines Minimums ist nun die Wärmestrahlung der Sonne in den Welt-

\*) Zöllner, Natur der Kometen, 2. Aufl., p. 116.

\*\*\*) Zöllner, Natur der Kometen, p. 77. f.

\*\*\*\*) Zöllner, Wissensch. Abhdlg., 2. Bd. 2. T. Grösse u. elektr. Dichte d. Schweifteilchen eines Kometen, p. 825. Astron. Nachrichten, Bd. 87, 1876.

†) Zöllner, Natur der Kometen, p. 143.

raum grösser als zu anderer Zeit, es erhellt also, warum die Minima der Flecken von solchen in der Häufigkeit kleiner Kometen gefolgt sind.

Die auffallendste Übereinstimmung besteht zwischen der Häufigkeit von Sonnenflecken und Nordlichtern. Zu Zeiten grösster oder kleinster Fleckenmengen haben wir sicher auch Maxima oder Minima der Nordlichter. Wir sind damit zu den magnetischen Erscheinungen gekommen. Warum ist unsere Erde ein Magnet? Folgen wir hier den Ausführungen Zöllners in seiner Abhandlung über den Ursprung des Erdmagnetismus und die magnetischen Beziehungen der Weltkörper<sup>\*)</sup> Es ist eine Entdeckung der neuesten Zeit, dass da, wo strömende Bewegung leitender und chemisch zersetzbarer Flüssigkeiten stattfindet, elektrische Ströme entstehen, deren Richtung mit der Bewegungsrichtung der strömenden Massen stimmt. Taucht man zwei Metallplatten in die strömende Flüssigkeit, die unter sich etwa mittelst eines Drahtes in leitender Verbindung stehen, so wird im Drahte der elektrische Strom von der im Sinne der Strömung vorausliegenden Platte nach der andern gehen. Unter der Erdoberfläche haben wir aber eine glühend flüssige strömende Masse. Es lässt sich nämlich, wie wir früher die Entstehung der atmosphärischen Strömungen auf der Sonne zeigten, ebenso nachweisen, dass unter der Erdkruste die glühende Masse vom Äquator nach den Polen hin strömt und zwar auf der nördlichen Halbkugel mit immer grösser werdender Abweichung nach Osten zu. Wie die Erde an ihrer Oberfläche Erhöhungen hat, so wird sie deren auch an der Innenseite der Kruste haben. Diese in das glühend flüssige Innere ragenden Vorsprünge vertreten die in die strömende Flüssigkeit tauchenden Platten und es wird somit auf Grund des vorherigen die Erde beständig von elektrischen, von Nordost nach Südwest gerichteten Strömen umflossen. Das Vorhandensein solcher Erdströme ist wiederholt durch Versuche bestätigt worden. Die Elektrizitätslehre zeigt aber, dass dann die Erde ein Magnet ist, aber ein Magnet, dessen Pole nicht mit den Drehungspolen zusammenfallen, denn dann müssten die inneren Ströme genau von Ost nach West fliessen. Aus demselben Grunde ist aber auch die Sonne ein Magnet, denn auf ihr haben wir die Driftströmungen fast genau von Ost nach West gerichtet. Die tieferen dichten Teile der Atmosphäre bilden hier die erwähnten Platten. Die elektrischen Ströme werden fast von West nach Ost gehen, also entgegengesetzt denen der Erde, wo die Erde einen magnetischen Nordpol hat, wird die Sonne demnach einen Südpol haben. Ein Magnet wirkt aber auf den andern ein. Sind nun viel Flecken auf der Sonne, so werden die Driftströmungen sehr gestört und damit zugleich die elektrischen Ströme und der Sonnenmagnetismus; die Sonne wirkt jetzt mit andrer Stärke auf den Erdmagneten, es werden Änderungen im Stande unsrer Magnetnadeln eintreten. Auch Eruptionen auf der Sonne werden in den Driftströmungen Störungen hervorrufen, welche sich in der Lage unserer Magnetnadeln abspiegeln müssen. Nach grossen Protubranzen beobachtet man denn auch thatsächlich an den Magnetnadeln der ganzen Erde ein gleichzeitiges Schwanken und die Schwankungen derselben zeigen wirklich die Periode der Flecken an. Nach den Beobachtungen des P. Denza (Direkt. des Observat. zu Montcalieri) erreichte die Amplitude der tägl. Schwankungen der Magnetnadel 1871 ein Maximum, sie nahm von da an ab und erreichte 1878 ein Minimum, indem sie von da ab wieder grösser wurde. Ein Fleckenmaximum fand 1871, ein Fleckenminimum 1878 statt. Da das Nordlicht wahrscheinlich mit dem Erdmagnetismus zusammenhängt, so ist es erklärlich, dass Nordlichter und Sonnenflecken in enger Beziehung zu einander stehen.<sup>\*\*)</sup>

Dass die Ansichten über die physische Konstitution der Sonne noch sehr aus einander gehen, darf bei der Kompliziertheit des Gegenstandes nicht verwundern, doch wird man einer Hypothese, die bei geringerer Zahl der Annahmen eine grössere Menge von Erscheinungen erklären kann, wie die von Zöllner, den Vorzug vor andern einräumen müssen.

Fassen wir zusammen, was wir von der Sonne bisher hervorgehoben haben.

Die Sonne ist wahrscheinlich ein glühend flüssiger Körper, umgeben von einer intensiv leuchtenden Atmosphäre, die wir vom Sonnenkörper selbst nur unterscheiden können beim Erscheinen von — als Vertiefungen sich bemerklich machenden — Flecken. Über dieser

<sup>\*)</sup> Berichte etc. 1872.

<sup>\*\*)</sup> Die darauf bezügl. Ausführungen v. Zöllner auf Grund der elektrischen Emissionstheorie, auf die wir hier nicht zurückkommen können, befinden sich im 2. Bd. 2. T. der wissensch. Abhdlgen. p. 752 f. u. Astron. Nachr., Bd. 87, 1876.

Photosphäre, welche der schwerere dichtere Teil der gesammten Atmosphäre ist, befindet sich ein andrer Teil der letzteren, eine rosafarbene, vorzüglich aus dem leichteren Wasserstoffgas bestehende Atmosphäre, die Chromosphäre und darüber die, wie letztere, nur zur Zeit totaler Verfinsterungen sichtbare Corona, welche eine Atmosphäre im gewöhnlichen Sinne, wie die Photosphäre und Chromosphäre, nicht sein kann, welche vielmehr nur aus diskreten Teilchen besteht. Auf der glühend flüssigen Oberfläche schwimmen als feste Schlackenmassen die Flecken, um welche herum häufige Eruptionen und heftige aufsteigende Strömungen stattfinden, welche Gasmassen, besonders Wasserstoffgasmassen, an die sichtbare Oberfläche und darüber hinaus treiben und die uns dann entweder als eruptive Protubranzen oder als Fackeln und wolkenförmige Protubranzen erscheinen. Die Strömungen an der Oberfläche der Sonne, welche an den Eigenbewegungen der Flecken kenntlich werden, machen die Sonne zu einem Magnet, welcher mit dem Erdmagnet in Wechselwirkung steht. Die Schweifbildung der Kometen und die eruptiven Protubranzen machen es wahrscheinlich, dass die Sonne an ihrer Oberfläche eine gewisse Menge von freier Elektrizität besitzt. Da unsere Sonne wegen der periodisch auftretenden Flecken eine Wärmequelle von periodisch wechselnder Intensität ist, so stehen auch meteorologische Vorgänge auf der Erde mit den Vorgängen am Sonnenkörper in Beziehung. Man darf jedoch deswegen nicht der Ansicht sein, als könnte man auf Grund dieser Thatsache die Witterung in befriedigender Weise vorausbestimmen. Es lässt sich vielmehr nur so viel mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit sagen (siehe Hahn, Beziehungen der Fleckenperiode zu meteorol. Ersch. p. 172), dass bei oder bald nach dem Eintreten eines Fleckenmaximums einige besonders kalte Jahre, mit etwas grösserer Sicherheit aber, dass bald nach einem Minimum besonders heisse Jahre zu erwarten sind.

Wir haben es unterlassen, den Ursprung der Sonnenwärme anzugeben und die Umstände hervorzuheben, welche dafür sorgen, dass der grosse Wärmeverlust der Sonne — wenigstens auf lange Zeit — so weit gedeckt wird, dass wir von ihm nichts empfinden. Erwähnt sei nur, dass jener Wärmeverlust aufgehoben wird zum Teil durch die zunehmende Verdichtung oder Zusammenziehung des Sonnenkörpers, zum Teil durch die Meteore, welche auf die Sonne jedenfalls in grösserer Zahl und mit grösserer Geschwindigkeit stürzen als auf die Erde. Es ist uns ferner nicht möglich, auf den Zustand einzugehen, welchem die Sonne notwendig entgegen gehen muss. Auf die besondere Beschaffenheit des Sonnenspektrums sind wir ebenfalls nicht eingegangen und haben die Gründe nicht angegeben, warum das Vorhandensein von Sauerstoff auf der Sonne erst 1877, das des Stickstoffs bis jetzt überhaupt noch nicht oder wenigstens nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte.

Alle unsere Vorstellungen übersteigt der ungeheure Kraftvorrat der Sonne, von dem wir einen Teil in Form von Licht- und Wärmestrahlen erhalten. Dieser letztere ist von der ganzen in den Weltenraum gesendeten Strahlenmenge nur ein verschwindend kleiner Teil und doch ist er so gross, dass wir täglich 9 Billionen Zentner Kohlenstoff verbrennen müssten, um die Wärme zu erzeugen, welche die Sonne auf die Erde sendet. Diese Spende reicht aus, um alles Leben auf der Erde zu erhalten; sie lässt uns die Sonne als unsern grössten Wohlthäter erscheinen und Pater Secchi hat wohl nicht Unrecht, wenn er in der Einleitung zu seinem grossen, von Schellen ins Deutsche übersetzten Werke „die Sonne“ sagt: „Mehrere Völker des Altertums beteten die Sonne an: ein Irrtum, der den Menschen sicher weniger erniedrigt als manche andre religiöse Verirrung; denn dieses Gestirn erscheint dem Menschen als das vollkommenste Bild der Gottheit, als das Mittel, dessen sich der Schöpfer bedient, um die Wohlthaten der physischen Weltordnung den Erdenbewohnern mitzuteilen.“

#### Berichtigungen:

Seite	5	Zeile	35	v. oben	lese	man	Begrenzungslinien	statt	Begrenzungslinie.
"	8	"	10	v. unten	"	"	niedererer	"	niederer.
"	8	"	8	"	"	"	besonders ist es	"	besonders ist er.
"	9	"	16	"	"	"	hat seine Ansicht	"	hat sie.
"	10	"	21	"	"	"	nachfolgenden S.	"	nachfolgende S.
"	12	"	9	"	"	"	Totalität d. Verfinsterung entsprach	"	Total. entsprach.
"	14	"	3	oben	"	"	welche letztere unabhängig	"	welche unabhängig.
"	16	"	19	"	"	"	erreichen letztere nach	"	erreichen sie nach.
"	17	"	7	"	"	"	12 <sup>h</sup> 30 m	"	12 <sup>h</sup> 30'
"	17	"	13	"	"	"	12 <sup>h</sup> 55 m	"	12 <sup>h</sup> 55'
"	18	"	6	"	"	"	dass die Fackeln	"	das die Fackeln.