

Ueber die

# Erhaltung der Sonnen-Energie.

Eine

Sammlung von Schriften und Discussionen

von

**Sir William Siemens,**

F. R. S., D. C. L., LL. D., Ph. D., Mem. Inst. C. E.

Aus dem Englischen übersetzt von C. E. Worms.

~~~~~  
*Mit 6 in den Text gedruckten Holzschnitten und einer lithographirten Tafel.*  
~~~~~



**Berlin.**

Verlag von Julius Springer.

1885.

ISBN-13: 978-3-642-48497-1      e-ISBN-13: 978-3-642-48564-0  
DOI: 10.1007/978-3-642-48564-0

# Widmung.

---

SHERWOOD, TUNBRIDGE WELLS, den 4<sup>ten</sup> April 1883.

Mein lieber Herr Spottiswoode.

Als ich zuerst vor zwölf Monaten mit meiner Hypothese über die Erhaltung der Sonnenenergie vor die Royal Society zu treten wagte, hielt ich es für rathsam, mich auf eine kurz zusammengefasste Mittheilung meiner Anschauungen zu beschränken, um die Aufmerksamkeit meines Auditoriums auf das Wesen der Thätigkeit zu fixiren, welche ich dem Nachdenken desselben zu unterbreiten wünschte. Ich nahm an, dass dieses Auditorium, welches aus Astronomen und Physikern bestand, die weiter in das Gewirre der Sonnenphysik vorgedrungen waren, als ich von mir behaupten durfte, die einfache Darlegung meiner Ansichten einem ausgearbeiteten Systeme von Beweisgründen vorziehen würde, von welchen einige für überflüssig und andere für verwerflich gehalten werden mochten, insofern sie die Aufmerksamkeit der Anwesenden von der einfachen allgemeinen Auffassung meiner Theorie auf die näheren Details derselben hätten ablenken können. Während der kurzen Zeit, die seit der Lesung

meiner Abhandlung verronnen, ist der Schatz unserer positiven Kenntnisse über die Sonnenphysik um ein Bedeutendes angewachsen. Der ausführliche Bericht an die amerikanische Regierung über die Sonnenfinsterniss von 1880, welcher zur Zeit, als ich meine Abhandlung ausarbeitete, noch nicht erschienen war, hat seitdem die leuchtende äquatoriale Ausdehnung der Sonne, welche ich in einem hypothetischen Diagramme dargestellt hatte, in überraschender Weise bestätigt; und anderes werthvolles Beweismaterial ist durch die Beobachtung der vorigjährigen Sonnenfinsterniss in Ägypten gewonnen worden. Das Spektroskop unter der Handhabung Kapitän Abney's und Professor Langley's hat die Thatsache klar erwiesen, dass Sonnenstrahlen absorbirt werden, ehe dieselben noch die äussersten Grenzen unserer Atmosphäre erreicht haben, was auf die Existenz eines ausserordentlich verdünnten Mediums zwischen den beiden Atmosphären hindeutet, welches nach Kapitän Abney Kohlenwasserstoffe der Äthyl-Gattung enthält. Das Licht, welches Mr. Carrington durch seine Forschungen auf die Differential-Bewegung der Photosphäre geworfen, hat noch bedeutend gewonnen durch die ausgedehnte Reihe von Beobachtungen von Dr. Spoerer aus Potsdam über die Bewegung der Sonnenflecken, sowie durch die jüngsten Mittheilungen von M. Faye an die Pariser Akademie, welcher letztere zwar meine Hypothese eines einflussenden Polarstromes verwirft, dagegen zu einem vom Pole ausfliessenden Strome seine Zuflucht genommen hat, um die photosphärische Verzögerung an den Polen sowie die Wirbelbewegung zu erklären, welcher das Erscheinen und die Bewegung der Sonnenflecken zuzuschreiben ist.

Und während ich auf diese Weise durch das Anhäufen von Thatsachen, sowie durch Beifall meiner Freunde ermuthigt

wurde, diese Hypothese, welche ich nicht ohne vorherige sorgfältige Ueberlegung aufzustellen mir erlaubt hatte, weiter zu verfolgen, verdanke ich gerade denjenigen, deren Ansichten nicht mit den meinigen übereinstimmen, die günstige Gelegenheit zu weiteren Auseinandersetzungen und ergänzenden Nachforschungen über die Hauptbedingungen, worauf die Ausarbeitung meiner Hypothese beruht. Es war nothwendig unter Anderem nachzuweisen, dass die Temperatur der Sonnen-Photosphäre den Höhegrad nicht überschreite, bei welchem die Verbrennung von Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen stattfinden kann; und hier wiederum führen die beobachteten Erscheinungen zu der Schlussfolgerung, dass die früheren Berechnungen jener Temperaturhöhe auf 12 000 bis 20 000 Centigrad falsch sind, und dass die wirkliche photosphärische Temperatur wahrscheinlich 2800 Centigrad nicht überschreitet.

Die Wirkung eines widerstandleistenden Mediums im Raume, soweit sie sich in der Verzögerung der Planetenbewegung kundgibt, bietet einen anderen wichtigen Punkt zum Nachdenken dar, wenn auch nicht unmittelbar im Bereiche der Frage, die uns zunächstliegt; Beweise sind erbracht worden, um zu zeigen, dass die Grundsätze, wonach ein solcher Widerstand gewöhnlich berechnet worden ist, haltlos sind, so dass die Astronomen nicht länger mehr ein vollständiges Vacuum als Nothwendigkeit anzunehmen brauchen, um die kleinen Veränderungen zu erklären, welche in der Länge unseres Jahres seit der Zeit der ersten astronomischen Berichte über Sonnenfinsternisse vor etwa 3000 Jahren stattgefunden haben.

Indem ich aber meine vielleicht etwas gewagte Hypothese vorbrachte, war ich von dem Gefühle beseelt, dass, obgleich keineswegs vorbereitet, die verwickelten Fragen der Sonnenphysik in derselben Weise, wie manche meiner Zuhörer zu

erörtern, mir dennoch besondere Vortheile daraus erwachsen, dass ich ein lebenslanges Studium auf die Untersuchung der Verbrennung sowie auf die Nutzbarmachung der verschiedenen Energieformen in verhältnissmässig grossem Massstabe verwendet habe. Dies führte mich zur Betrachtung der Sonne in dem Sinne eines unermesslich grossen Apparates, der nach Regeln angefertigt wäre, wie sie in der irdischen Praxis beobachtet und ihrem wahren Werthe nach geschätzt werden konnten.

Die Schleuderwirkung der Sonne, worauf meine Hypothese beruht, ist ausführlich in diesen Zeilen erörtert worden; und ich will hier gleich bemerken, dass ich keine Gegenbeweise gefunden habe, die danach angethan wären, meine Überzeugung von der wirklichen Existenz einer solchen Thätigkeit wankend zu machen, vorausgesetzt nur, dass der Raum mit Materie angefüllt ist, gleichviel in wie ausserordentlich verdünntem Zustande dieselbe auch sein mag. Die weitere Frage, ob Wasserdämpfe und Kohlenstoffverbindungen durch die Ausstrahlung der Sonne dissociirt werden können, wenn dieselben sich in so sehr verdünntem Zustande befinden, ist von hervorragenden Chemikern in einer für meine Hypothese günstigen Weise beantwortet worden, und ich brauche den Leser nur auf den Aufsatz von Professor Liveing am Schlusse dieses Werkes zu verweisen, der die Ansichten, die man sich über den Einfluss der Verdünnung auf die Dissociation gebildet hat, genauer darlegt; auf der anderen Seite bin ich mir jedoch auch wohl bewusst, dass einige hervorragende Physiker Zweifel darüber hegen, ob der durch das Experiment erbrachte Beweis, welchen ich in meiner Original-Abhandlung mittheilte und ohne Rückhalt als unvollständig bezeichnete, als genügend angesehen werden darf. Ich gab mich der Hoffnung

hin, dass andere diese auf Experimente begründete Untersuchung aufnehmen würden; da mir aber derartige Hülfe ausgeblieben ist, so habe ich die Frage in meiner eigenen Weise weiter verfolgt und hoffe in kurzer Zeit die Ergebnisse meiner Forschungen zum Gegenstande einer besonderen Mittheilung machen zu können. Für unsere augenblicklichen Zwecke möge die Bemerkung genügen, dass, wengleich es naturgemäss in diesem Falle mit sehr bedeutenden Schwierigkeiten verknüpft ist, quantitatives Beweismaterial zu beschaffen, in Anbetracht der ausserordentlich geringen Menge von Materie, welche in einer mit sehr verdünntem Dampfe gefüllten Röhre enthalten ist, die Beobachtungsergebnisse jedoch entschieden das Vorhandensein einer Thätigkeit bestätigen, wie ich sie angenommen habe.

Gesetzt der Fall aber, dass keine solche Dissociation auf Kosten der Ausstrahlung der Sonne stattfindet, so werden wir uns wieder zwischen zwei Schwierigkeiten finden, welche bei dieser und anderen Streitfragen allerdings nur leicht gestreift worden sind, nichtsdestoweniger aber eine Frage von der äussersten Wichtigkeit für die Erhaltung des thermalen Zustandes des Weltalls in sich schliessen. Ist der Raum mit Dampf angefüllt, so ist eine Absorption von Sonnenenergie unvermeidlich, welche, solange keine chemische Thätigkeit stattfindet, eine Wärmewirkung zur Folge hat, wodurch die Temperatur der äusserst verdünnten Gase zwar nur allmählig aber sicher auf die Temperatur der Sonne erhöht wird. Wengleich nämlich ein unbegrenzter, mit verdünnter Materie ausgefüllter Raum unbegrenzte Wärmecapacität besitzt, so bildet der Raum zwischen den Tausenden von sichtbaren Sternen, die alle der unsrigen ähnliche Sonnen repräsentiren, doch gewissermassen eine innere Region im unendlichen Raume, die

jedenfalls nicht beständig bei einer etwa 100 Grad der absoluten Skala nicht überschreitenden Temperaturhöhe verbleiben konnte. Wenn wir dagegen mit M. Hirn annehmen, dass nur ein vollständig leerer Raum dem Astronomen zulässig erscheint, so müssen wir auf der anderen Seite auch zugeben, dass die gesammte Energie der Welt, mit Ausnahme vielleicht des millionsten Theiles, ohne denkbaren Zweck verausgabt werde: eine Idee, die meines Erachtens ebensowenig mit der modernen Auffassung von Energieerhaltung sich vereinbaren lässt, als der umgekehrte Fall einer immerwährenden Bewegung.

Ich war ausserordentlich überrascht über die Unparteilichkeit, mit der Sie im verflossenen November bei Gelegenheit Ihrer Antrittsrede an die Royal Society meines Vortrages erwähnten, als Sie sich folgendermassen aussprachen: „Ueber die darin angeregten Fragen ist noch keineswegs das letzte Wort gesprochen worden; und ob nun diese Theorie schliesslich zur Norm wird, oder ob sie, einem Phönix gleich, demnächst eine neue Geburt aus ihrer eigenen Asche erstehen lassen wird, stets wird dieselbe als eine Auffassung in der Erinnerung verbleiben, die viele aktive Geister beschäftigt hat, und sie wird daher stets einen Platz in der Geschichte der Sonnenphysik einnehmen.“

Und während ich mit grösster Bereitwilligkeit die Stellung acceptire, welche Sie der vorliegenden Streitfrage angewiesen haben, bin ich gleichzeitig dem Rathe mehrerer Freunde gefolgt, alle Erörterungen von Wichtigkeit, welche über diesen Gegenstand gedruckt worden sind (hauptsächlich in den Spalten der „Nature“ und in den „Comptes Rendus“ der französischen Akademie der Wissenschaften), in einem kleinen Werke zusammenzufassen, um einmal nochmaligen Erörterungen der-



selben Punkte zu begegnen, und andererseits alle diejenigen, welche Interesse an der Sache nehmen, in Besitz der vorgebrachten Beweisgründe zu setzen, welche auf andere Weise vielleicht nicht allgemein zugänglich sein dürften.

Alles in Allem genommen, habe ich alle Ursache zur Zufriedenheit mit dem Interesse, welches in der Frage, die ich anzuregen mir erlaubt habe, bekundet worden ist; und ich mache daher mit Freuden von Ihrer gütigen Erlaubniss Gebrauch, Ihnen diese Zeilen zu widmen, was ich als ein Zeichen meiner besonderen persönlichen Hochachtung zu betrachten bitte, mit welcher ich verbleibe, mein lieber Herr Spottiswoode, Ihr ergebenster

**C. William Siemens.**

Herrn **William Spottiswoode,**

M. A., D. C. L., etc. etc.

Präsident der Royal Society.

## Inhalts-Verzeichniss.

	Seite
Original-Vortrag vor der Royal Society mit Ergänzungen aus einem Artikel, erschienen in dem „Nineteenth Century“, von C. W. Siemens	1
Ueber elektrische Entladungen in Vacuum-Röhren . . . . .	31
Briefe an das Journal „Nature“ von Charles Morris und T. Sterry Hunt	37
C. W. Siemens' Antwort auf die Briefe von C. Morris und T. Sterry Hunt . . . . .	48
Brief an „Nature“ von E. Douglas Archibald . . . . .	52
C. W. Siemens' Antwort auf den Brief von E. D. Archibald . . .	56
Brief an „Nature“ von Geo. Fras. Fitzgerald . . . . .	58
C. W. Siemens' Antwort auf den Brief von Geo. Fras. Fitzgerald .	59
Brief an „Nature“ von G. B. S. . . . .	63
C. W. Siemens' Antwort auf den Brief von G. B. S. . . . .	64
Ueber Dr. C. W. Siemens' neue Sonnentheorie von M. Faye . . .	65
C. W. Siemens' Antwort auf die Bemerkungen von M. Faye . . .	70
Ueber Dr. C. W. Siemens' neue Sonnentheorie von M. G. A. Hirn .	76
C. W. Siemens' Antwort auf den Brief von M. G. A. Hirn . . .	81
Ueber einen Brief von M. Spoeerer „eine Eigenthümlichkeit der Sonnen-Mechanik betreffend“ von M. Faye . . . . .	91
Eine Antwort von M. G. A. Hirn auf die Bemerkung von C. W. Siemens . . . . .	96
C. W. Siemens' fernere Antwort an Messrs. Faye und Hirn . . .	100
Bemerkungen von M. Faye über Dr. Siemens' Brief . . . . .	113
Ueber zwei von Professor Young erhobene Einwürfe gegen die Wirbelsturm-Theorie der Sonnenflecken von M. Faye . . . .	115

### Anhang.

„Sonnenlicht und diffuses Tageslicht in bedeutenden Höhen beobachtet“ Vortrag von Captain Abney . . . . .	127
„Dissociation von verdünnten Gasverbindungen“ Auszug aus der Adresse von Professor Liveing . . . . .	139
Das Abhängigkeitsverhältniss zwischen Ausstrahlung und Temperatur von C. W. Siemens . . . . .	143

## Ueber die Erhaltung der Sonnenenergie.

Von

**Sir C. William Siemens.**

(Aus den Verhandlungen der Royal Society. No. 219, 1882.)

(eingegangen den 20. Februar 1882.)

Dieser Abhandlung sind gewisse Theile eines Artikels einverleibt worden, der unter dem Titel „Eine neue Sonnentheorie“ in dem Journale „*Nineteenth Century*“ für April 1882 veröffentlicht worden ist. Diese Ergänzungen sind durch gesperrten Druck hervorgehoben.

Die Frage der Erhaltung der Sonnenenergie hat stets das regeste Interesse der Astronomen und Physiker von La Place bis auf unsere Zeiten wachgehalten.

Mit Hülfe des Pyrheliometers von Pouillet und der Actinometer von Herschel ist annähernd berechnet worden, dass die von der Sonne ausgestrahlte Wärmemenge 18 000 000 Wärmeeinheiten für jeden Quadratfuss der Sonnenoberfläche und pro Stunde<sup>1)</sup> beträgt, oder mehr populär ausgedrückt, dass diese

---

<sup>1)</sup> Der klassische Werth von Pouillet's Einheit ist ungefähr 1,7 Wärmeeinheiten. Alle während der letzten 50 Jahre gemachten Berechnungen deuten jedoch auf einen höheren Werth hin. Die letzten von Messrs. Soret, Crova und Violle gemachten Werthbestimmungen lassen auf 2,2 bis 2,5 Calorien schliessen. In Folge der vielen Beobachtungen und der sehr langen Berechnungen, die hierzu nöthig sind, kann ich jetzt noch keinen bestimmten Werth angeben; ich schätze ihn jedoch im Mittel auf 3 Wärmeeinheiten oder in anderen Worten: nachdem der Einfluss unserer Atmosphäre in Abrechnung gebracht worden ist, würden die Sonnenstrahlen für jeden Quadratcentimeter der Erdoberfläche, wenn dieselbe unter normalen Verhältnissen der Wirkung der Strahlen ausgesetzt ist, die Tempe-

Wärmemenge gleich ist der Wärme, die jedesmal in 36 Stunden durch die vollständige Verbrennung einer Kohlenmasse (von einem spezifischen Gewichte = 1,5) von der Grösse unseres Erdballs erzeugt würde.

Wäre die Sonne von einer soliden Hohlkugel umgeben mit einem Radius gleich der mittleren Entfernung der Sonne von der Erde (= 93 000 000 englischen Meilen), so würde diese erstaunlich grosse Wärmemenge gänzlich aufgefangen werden; da jedoch der Erddurchmesser von der Sonne aus gesehen nur 17 Sekunden beträgt, so kann die Erde nur den 2250millionsten Theil dieser Wärmemenge auffangen.

Nimmt man nun an, dass durch die übrigen Planetenkörper der Betrag dieser aufgefangenen Wärmemenge noch auf das Zehnfache erhöht wird, so stehen wir immer noch vor dem imponirenden Faktum, dass  $\frac{224\ 999\ 999}{225\ 000\ 000}$  der Sonnenenergie in den Raum ausgestrahlt werden und scheinbar für das Sonnensystem verloren gehen, während nur  $\frac{1}{225\ 000\ 000}$  nutzbar gemacht wird.

Trotz dieses ungeheueren Wärmeverlustes hat die Sonnentemperatur seit Jahrhunderten nicht wahrnehmbar abgenommen, wenn wir absehen von den periodischen Veränderungen, die offenbar mit dem Erscheinen von Sonnenflecken im Zusammenhang stehen und von Lockyer, Janssen und Anderen beobachtet worden sind. Es mag sich uns daher wohl die Frage aufdrängen, wie eine so bedeutende Wärmemenge verloren gehen kann, ohne dass dieser Verlust, selbst während der kurzen Zeitdauer eines Menschenlebens, eine bemerkbare Abnahme in der Sonnentemperatur zur Folge habe.

Unter den geistreichen Hypothesen, die aufgestellt worden sind zur Erklärung der Beständigkeit der Sonnenwärme,

---

ratur von einem Gramm Wassers pro Minute um 30 C. erhöhen. — Observations du Spectre Solaire par M. Langley, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, vol. XCV, p. 482, 11 Sept. 1882.

ist die Helmholtz'sche des Schwindens oder der allmählichen Reduktion des Volumens der Sonne hervorzuheben. Gegen diese Theorie könnte jedoch geltend gemacht werden, dass die so erzeugte Wärme ganz aus dem Innern der eigentlichen Sonnenmasse entwickelt werden müsste und erst durch Leitung oder Convection auf die Oberfläche gebracht werden könnte.

Diese Theorie, wie sie Sir William Thomson weiter entwickelt hat, hat jedenfalls das für sich, dass sie den grösstmöglichen Wärmevorrath innerhalb der Sonnenmasse erklärt, indem von der letzteren angenommen wird, dass sie hauptsächlich aus einem Fluidum bestehe, welches auf einen so hohen Wärmegrad gebracht worden sei, dass es, an irgend einem Punkte seines verdichtenden Druckes entbunden, in Gas von allerdings bedeutend niedrigerer, aber immer noch hoher Temperatur übergehen würde. Es wird angenommen, dass eine solche flüssige Materie oder Materie im „kritischen“ Zustande, wie Professor Andrews aus Belfast dieselbe benannt hat, der Oberfläche beständig durch Convectionsströme zugeführt werde, d. h. durch Ströme, die sich naturgemäss bilden müssen, wenn eine flüssige Substanz auf ihrer oberen Fläche abgekühlt wird und dann nach der Abkühlung niedersinkt, um aufsteigender Materie von verhältnissmässig höherer Temperatur Platz zu machen. Solchen Convectionsströmen ist es auch zuzuschreiben, dass die Temperatur eines Zimmers im Allgemeinen nach der Decke zu höher ist als am Boden, und dass man beim Eintauchen eines Thermometers in einen Behälter voll heissen Wassers finden wird, dass die Temperatur an der Oberfläche höher ist als in der Nähe des Grundes. Diese Convectionsströme verdanken ihre Existenz einem gewissen Uebergewicht des abgekühlten sinkenden über

den aufsteigenden Strom; da jedoch diese Differenz nur eine geringe ist und auf- und absteigende Ströme sich ungehindert untereinander vermischen, so kann von denselben im Allgemeinen gesagt werden, sie besitzen einen schwerfälligen trägen Charakter. Hieraus erklärt sich auch, dass es bei allen Heizapparaten wesentlich ist, entweder zu künstlichem Forttreiben seine Zuflucht zu nehmen oder zwischen den auf- und absteigenden Strömen trennende Wände anzubringen, um der convectiven Ueberführung der Wärme den nöthigen Effekt zu sichern.

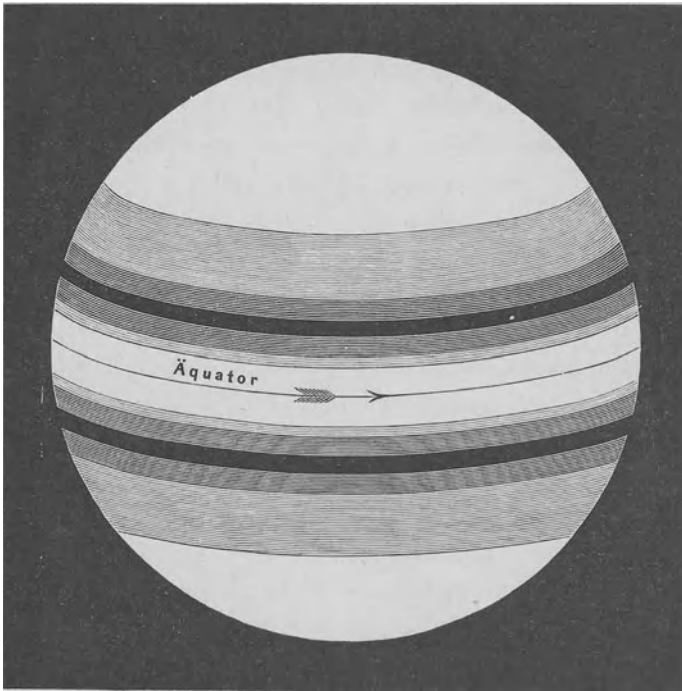
Bei Annahme eines flüssigen Zustandes der Sonne stossen wir noch auf die weitere Schwierigkeit, dass der ungeheure flüssige Kern von einer gasförmigen Atmosphäre umhüllt ist, die, wenn auch vielleicht mehrere tausend Meilen dick, immerhin nur einen verhältnissmässig sehr geringen Wärmevorrath repräsentirt. Convectionsströme mögen vermuthlich sowohl in der gasförmigen Atmosphäre als auch in dem darunter befindlichen flüssigen Ocean thätig sein, jedoch muss die Oberfläche dieser Flüssigkeit nothwendig die Grenze bilden zwischen den beiden convectiven Systemen; auch kann die convective Thätigkeit der gasförmigen Atmosphäre, d. h. die einfache, durch Abkühlung der Oberfläche herbeigeführte Auf- und Niederströmung nicht eine derartige sein, dass sie die darunter gelegene flüssige Oberfläche in bedeutenderem Grade störend beeinflusst, da jeder absteigende Strom vollständig Zeit genug gehabt haben würde sich mit dem, ihm zunächst befindlichen, aufsteigenden Strome zu vermischen, und daher bei der Ankunft auf der flüssigen Oberfläche seine geringste Intensität erreicht haben würde.

Was die Flüssigkeit selbst anbelangt, so würde die günstigste

Beschaffenheit derselben für Heizzwecke jedenfalls die sein, wenn dieselbe auf dem kritischen Punkte angelangt ist, d. h. wenn die geringste Verringerung des auf ihr ruhenden Druckes dieselbe sofort in Gas überführen würde. Bedenken wir jedoch, dass, in Folge der Leitung und Convection, die flüssige Materie im Laufe der Zeiten bis auf eine sehr beträchtliche Tiefe, vom praktischen Standpunkte aus betrachtet, eine gleichmässige Temperatur angenommen haben muss, so folgt, dass die Flüssigkeit unter der Oberfläche mit dem Drucke der flüssigen Materie neben dem der darüberlagernden gasförmigen Atmosphäre nur mehr ein Fluidum von gewöhnlicher Beschaffenheit sein kann, und dass der kritische Zustand im Wesentlichen nur auf die Oberfläche beschränkt sein wird.

Analogen Verhältnissen, wie den oben beschriebenen, begegnen wir in einem Hochdruck-Dampfkessel mit seinem heissen Wasser und seiner dichten Dampfatmosphäre. Angenommen das Feuer würde unter einem solchen Kessel entfernt, und seine obere Decke der freien Ausstrahlung in den Raum exponirt, was würden wir dann, so könnte man fragen, durch eine dicke, in die Seite des Kessels nahe über der flüssigen Oberfläche eingelassene Glasplatte beobachten, wenn das Innere durch eine elektrische Glühlampe erleuchtet wäre? Der Wärmeverlust durch Ausstrahlung aus dem Kessel würde zu Convectionsströmen und theilweiser Condensation der Dampfatmosphäre Veranlassung geben; wenn ferner die Bewegung des Wassers durch irgend welche Farbstoffe sichtbar gemacht würde, so würde man vollständig selbstständige Convectionsströme in der flüssigen Masse bemerken, die von denen in der gasförmigen Materie sehr wohl zu unterscheiden wären.

Diese Convectionsströme würden jedoch keine sichtbare Störung der flüssigen Oberfläche hervorrufen, die dem Auge glatt wie ein Spiegel erscheinen würde. Nur in dem Falle, dass der Dampfdruck an irgend einem Punkte plötzlich nachliesse, würde ein Theil des Wassers in Dampf übergehen und eine heftige Wallung der Flüssigkeit verursachen.



Sir John Herschel's Gürtel der Sonnenflecke.

Die dunklen Flecken auf der Sonne scheinen eine Störung dieser Art anzudeuten; sie sind jedoch offenbar nicht das Resultat von Convectionsströmen allein, sonst müsste man Sonnenflecke über die ganze Oberfläche der Sonne zerstreut finden; durch teleskopische Beobachtungen hat sich jedoch herausge-



stellt, dass dieselben fast ausschliesslich auf 2 Gürteln vorkommen, von denen je einer zwischen dem Äquator und der resp. Polaroberfläche gelegen ist, wie Sir John Herschel zuerst gezeigt hat. Diese Eigenthümlichkeit der Sonnenflecke liesse sich genügend erklären, wenn man die Existenz starker Seitenströme gelten lassen könnte, die sich von den Polaroberflächen nach dem Äquator hin bewegten, und diese Seitenströmungen in der Sonnenatmosphäre würden Cyklonen verursachen, welche in eine tiefere und dichtere Atmosphäre sich erstreckten und wahrscheinlich aus metallischen Dämpfen beständen. Diese, nach unten sich erstreckende, cyklonische Wirkung würde den flüssigen Ocean hier und da von seinem Drucke befreien und dadurch zu explodirenden Ausbrüchen von enormem Umfange Veranlassung geben, so dass die Materie aus den tieferen Regionen hoch über die Photosphäre geschleudert würde und zwar mit einer Schnelligkeit, die nach Lockyer's Berechnung 1000 Meilen pro Sekunde beträgt. In dem später Folgenden werde ich nachzuweisen suchen, dass, meiner Ansicht nach, eine solche cyklonische Wirkung in jenen Zwischenregionen der Sonne nothwendig hervorgebracht werden muss.

Gesetzt den Fall aber, dass trotz der eben angedeuteten Schwierigkeiten Convectionsströme genügten, um eine Uebertragung der inneren Wärme auf die Oberfläche in so schneller Aufeinanderfolge zu bewirken, dass der enorme Ausstrahlungsverlust der Oberfläche sich erklären liesse, so würde man immer noch nicht im Stande sein zu sagen, was aus der so ausgestrahlten Wärme geworden sei, und man müsste sich mit dem dürftigen Resultate begnügen, dass der zu Gebote stehende Wärmeverrath länger ausreiche, als man auf den ersten Blick erwarten zu dürfen glaubte, während die allein vollständige Lösung des Problems nur durch eine Theorie gegeben werden könnte, wonach die strahlende

Energie, von welcher heute noch angenommen wird, dass sie im Raume verschwendet werde und unwiderruflich für das Sonnensystem verloren gehe, aufgefangen und in anderer Gestalt der Sonne wieder zugeführt werden könnte, um daselbst das Werk der Sonnenausstrahlung fortzusetzen.

Vor einigen Jahren kam ich zuerst auf den Gedanken, dass eine solche Lösung des Sonnenproblems am Ende doch nicht ausser dem Bereiche der Möglichkeit liege, und wenn ich auch auf eine intimere Bekanntschaft mit den verwickelten Fragen der Sonnenphysik keinen Anspruch machen kann, so bin ich doch dem Fortschritte dieses Zweiges der Wissenschaft mit grossem Interesse gefolgt, und habe mich auch mit einigen physikalischen Experimenten, die auf diesen Gegenstand hinzielen, beschäftigt, was Alles dazu beigetragen hat, meinen Glauben zu kräftigen und in mir den Entschluss zur Reife zu bringen, meine Ansichten, wenn auch nicht ganz ohne ein gewisses Zagen, dem Prüfstein der wissenschaftlichen Kritik zu unterbreiten.

Zum Verständniss meiner Theorie wird vorausgesetzt, dass der Sternenraum mit ausserordentlich verdünnter gasförmiger Materie ausgefüllt sei, z. B. wahrscheinlich mit Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenstoff und deren Verbindungen, so wie auch mit solideren Substanzen in der Gestalt von Staub. Wenn dies der Fall ist, so würde jeder Planetenkörper eine eigene Atmosphäre an sich heranziehen, deren Dichtigkeit von der relativen Anziehungskraft desselben abhängen würde, und die Annahme scheint mir nicht widersinnig zu sein, dass die schwereren und weniger diffusen Gase die Hauptbestandtheile dieser Atmosphären bilden würden, dass dieselben, in der That, hauptsächlich aus Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure-Anhydrid bestehen würden, während

Wasserstoff und seine Verbindungen mehr im Raume vorherrschten.

Das Planetensystem aber, als ein Ganzes betrachtet, würde wieder einen anziehenden Einfluss auf die im Raume vertheilte gasförmige Materie ausüben, und daher in eine Atmosphäre eingehüllt sein, welche, was ihre Dichtigkeit anbelangt, eine mittlere Stellung zwischen den Atmosphären der einzelnen Planeten und der ausserordentlich verdünnten Atmosphäre des Sternenraumes einnehmen würde.

Zur Erhärtung dieser Ansicht darf wohl geltend gemacht werden, dass nach der mechanischen Gastheorie, wie Clausius Clerk Maxwell und Sir William Thomson sie aufgestellt haben, es wohl seine Schwierigkeiten haben dürfte, einer gasförmigen Atmosphäre eine gewisse Grenze im Raume<sup>1)</sup> anzuweisen, und ferner, dass verschiedene Schriftsteller, von deren ich hier nur Grove, Humboldt, Zoellner und Mattieu Williams erwähnen will, ohne Rückhalt behauptet haben, dass Materie überall im Raume vorhanden sei und wichtige Functionen zu verrichten habe. Dazu kommt noch, dass Newton selbst, wie Dr. Sterry Hunt uns in einer interessanten Abhandlung mittheilt, die mir so eben erst zugegangen ist, schon Ansichten ausgesprochen hat, die eine solche Voraussetzung bekräftigen.

Die Geschichte der Newton'schen Abhandlung ist bemerkenswerth und bietet ganz besonders viel Stoff zum Nachdenken dar. Dieselbe wurde am 9. und 16. De-

---

<sup>1)</sup> Es sei denn, man nähme an, dass der absolute Nullpunkt durch adiabatische Expansion nach Oben erreicht würde. Zur Erläuterung dieser Frage findet man viel werthvolles Material in Dr. A. Ritter's sechs Abhandlungen vom Jahre 1879 unter dem Titel: „Anwendung der Mechanischen Wärmetheorie auf Kosmologische Probleme“, worin er zeigt, dass unsere Atmosphäre, den Gesetzen der adiabatischen Expansion zufolge, auf eine Höhe von 40 Kilometern beschränkt werden sollte, während Schiepperelli auf der Höhe von 200 Kilometern eine Atmosphäre von genügender Dichtigkeit wahrgenommen hat, um Meteorsteine durch Reibungswiderstand zu entzünden.

cember 1675 vor der Royal Society gelesen, blieb dann unveröffentlicht liegen bis zum Jahre 1757, in welchem Jahre dieselbe von Birch, dem damaligen Sekretär, in dem dritten Bande seiner „*History of the Royal Society*“ publicirt wurde, aber kein Interesse erregte. Im Jahre 1846 wurde dieselbe Abhandlung auf Harcourt's Anregung im „*Philosophical Magazine*“ veröffentlicht und blieb wiederum unbeachtet, und erst jetzt, vor nur wenigen Monaten, bringt ein Astronom von der anderen Seite des atlantischen Oceans, dieses vergessene und fast mit Geringschätzung behandelte, 200 Jahre alte Werk noch einmal nach seiner Geburtsstätte zurück<sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Newton nimmt in seiner Hypothese das Vorhandensein „eines ätherischen Mediums“ an, „welches, was seine Beschaffenheit anbelangt, viel mit unserer Luft gemein hat, und nur viel leichter, feiner und elastischer ist.“ Man sollte jedoch nicht annehmen, dass dieses Medium eine gleichförmige Materie sei, es ist vielmehr zusammengesetzt zum Theil aus den Grundbestandtheilen des Äthers zum Theil aber auch aus verschiedenen anderen ätherischen Gasen, ähnlich wie unsere Luft, welche neben den Grundbestandtheilen mit verschiedenartigen Dämpfen und Dünsten vermischt ist. Newton spricht ferner in seiner Hypothese die Ansicht aus, dass dieses zusammengesetzte Fluidum oder der Äther, welcher vermöge seiner Elasticität überall im Raume verbreitet ist, sich in beständiger Bewegung befindet und einem beständigem Wechsel unterworfen ist. „Denn die Natur ist ein beständig herumwandernder Arbeiter, der hier Flüssigkeiten aus dem Soliden, dort solide Körper aus dem Flüssigen erzeugt, bald Festes aus Flüchtigem, bald Flüchtiges aus Festem, der Theilchen aus der Masse absondert, und Theilchen zu Masse vereinigt; der Materie aufsteigen lässt, um die Säfte und die Flüsse auf der Erde und die Atmosphäre zu bilden und in Folge dessen wieder andere hinabsendet, die ersteren zu ersetzen. Und wie die Erde so mag vielleicht auch die Sonne von diesem Fluidum reichlich einsaugen, um ihre Leuchtkraft zu erhalten und die Planeten zu verhindern sich weiter von ihr zu entfernen; und wer so will, der kann auch annehmen, dass dieses Fluidum die Sonnenheizung bewirkt oder wenigstens das dazu nöthige Brennmaterial der Sonne zuführt und daher ein wesentliches Lebenselement in sich trägt, und dass die ungeheuren Äther-Räume zwischen

Hätte zu der Zeit, wovon hier die Rede ist, die Chemie auf demselben Standpunkte gestanden, auf dem sie heute steht, und wäre Newton noch dabei mit dem Spektroskop ausgerüstet gewesen, jenem vorzüglichsten aller modernen wissenschaftlichen Instrumente, welches als das direkte Ergebniss seiner eigenen prismatischen Lichtanalyse zu betrachten ist, so wird wohl darüber kein Zweifel obwalten, dass der Mann, welcher zuerst die Gesetze der Schwerkraft aufgestellt hat, auch seine Ideen über die Ernährung der Sonne soweit verfolgt haben würde, bis dieselben viel mehr in der Gestalt einer wissenschaftlichen Entdeckung, als in der einer blossen Hypothese vor die Welt getreten wäre.

Ueberdies liegt uns aber die Thatsache vor, dass Meteorsteine, die in ihrem Flug durch Sternen- oder jedenfalls interplanetare Räume plötzlich durch Collision mit unserer Erde zum Stillstand kommen, bekanntlich das Sechsfache ihres eigenen Volumens an Gasen, unter atmosphärischem Drucke berechnet, enthalten. Dr. Flight hat erst ganz kürzlich der Royal Society das Resultat seiner Analyse der in einem dieser Meteorsteine enthaltenen Gase, die er sofort nach dem Falle desselben vorgenommen hat, wie folgt, mitgetheilt:

CO <sub>2</sub>	. . . . .	0,12
CO	. . . . .	31,88
H	. . . . .	45,79
CH <sub>4</sub>	. . . . .	4,55
N	. . . . .	17,66
		<hr/>
		100,00

---

unserer Erde und den Sternen hinlänglich grosse Vorrathsräume bilden, um diese Nahrung der Sonne und der Planeten aufnehmen zu können.“

„So sind vielleicht alle Dinge aus dem Äther entstanden.“

Es erscheint auffallend, dass keine Wassergase<sup>1)</sup> aufgefunden worden sind, zumal wenn man in Betracht zieht, dass eine so grosse Menge Wasserstoff und Sauerstoff in Verbindung mit Kohlenstoff vorhanden war; möglicher Weise jedoch ist der Dampf der Beobachtung entgangen, oder aber in grösserer Masse als die anderen Gase durch die Wärme von Aussen absorbiert worden, während der Meteorstein unsere Atmosphäre durchschnitt. Darin stimmen die Ansichten überein, dass von den in Meteorsteinen gefundenen Gasen nicht vorausgesetzt werden kann, dass sie ihre Verbindungen während der ausserordentlich kurzen Zeit des Fluges durch unsere Atmosphäre eingegangen sind; sollte jedoch noch irgend welcher Zweifel über diesen Punkt vorherrschen, so muss derselbe vollständig durch die Thatsache beseitigt werden, dass das vorgefundene Gas hauptsächlich aus Wasserstoff bestand, wovon unsere Atmosphäre keine beträchtliche Quantität enthält.

Einen weiteren Beweisgrund dafür, dass der Sternenraum mit gasförmiger Materie ausgefüllt ist, liefert uns die Spektralanalyse, und aus den neuesten Untersuchungen von Dr. Huggins und Anderen geht hervor, dass der Nucleus eines Kometen fast genau dieselben Gase enthält, welche sich in Meteorsteinen vorfinden, darunter: Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und wahrscheinlich auch Sauerstoff, während Dewar und Liveing die Ansicht ausgesprochen haben, dass derselbe auch Stickstoffverbindungen, wie z. B. Cyangas enthalte.

Gegen die Annahme, dass der Raum zwischen den Planeten mit Gasen ausgefüllt sei, sucht man geltend zu machen, dass das Vorhandensein von gewöhnlicher Materie eine fühl-

---

<sup>1)</sup> Ich bin vor Kurzem aufmerksam gemacht worden auf einen Artikel von Dr. Mohr in Liebig's Annalen, vol. CLXXIX, wonach in einem Meteorstein, der in Paruella in Indien niedergefallen war, 1,149 Prozent Wasser enthalten war.

bare Verzögerung der Planetenbewegung verursachen würde; setzt man jedoch voraus, dass die Materie im Raum ein fast vollkommenes, nicht von Grenzflächen eingeschlossenes Fluidum repräsentirt, so kann auf rein mechanischem Wege nachgewiesen werden, dass die Verzögerung durch Reibung in einem so ausserordentlich verdünnten Medium, selbst bei der Geschwindigkeit der Planetenbewegung, in der That nur eine sehr unbedeutende sein kann<sup>1)</sup>.

Ferner könnte man entgegenen, dass die Sonne, wenn die hier behaupteten Ansichten über die Vertheilung der Gase richtig wäre, die Masse derjenigen Gase an sich heranziehen würde, welche am wenigsten diffus und daher auch am schwersten sind, wie z. B. Kohlensäure-Anhydrid, Kohlenoxydgas, Sauerstoff und Stickstoff, während die Spektralanalyse ganz im Gegentheil ergeben hat, dass überwiegend Wasserstoff in der Photosphäre enthalten ist.

Zur Erklärung dieser anomalen Erscheinung kann zunächst angeführt werden, dass die Temperatur der Sonne eine so bedeutende ist, dass solche Gasverbindungen, wie Kohlensäure - Anhydrid und Kohlenoxydgas gar nicht in derselben bestehen könnten; Mr. Lockyer hat sogar bestritten, dass irgend welche Metalloide in so hohen Temperaturgraden existiren können, obschon Dr. Draper vom Sauerstoff behauptet, dass er in der Photosphäre der Sonne vorzufinden sei. Es wird aber jedenfalls auch dort (ausserhalb jener thermalen Zone) Gegenden geben, wo die Existenz der oben genannten Gasverbindungen nicht durch Wärme gefährdet wird, und hier würde dann wahrscheinlich eine grosse Anhäufung solcher verhältnissmässig schweren Gase, woraus unsere Atmosphäre gebildet ist, stattfinden, wenn nicht eine gewisse ausgleichende Gegenwirkung vorhanden wäre.

---

<sup>1)</sup> Siehe Antwort auf Messrs. Faye und Hirn's Bemerkungen. Seite 87, 88 u. 112.

Und hier bin ich nun zu einem Punkte von principieller Bedeutung gelangt, von dessen Beweisführung die Richtigkeit meiner weiteren Schlussfolgerungen abhängen muss.

Die Sonne vollendet eine Umdrehung um ihre eigene Achse in 25 Tagen, und da der Sonnendurchmesser auf 882000 englische Meilen festgestellt worden ist, so folgt, dass ihre Tangentialgeschwindigkeit 1,25 Meilen pro Sekunde beträgt, oder 4,41 mal soviel als die Tangentialgeschwindigkeit unserer Erde.

Diese bedeutende Rotationsgeschwindigkeit der Sonne muss eine äquatoriale Hervorragung der Sonnenatmosphäre verursachen, welcher Mairau im Jahre 1731. das Erscheinen des Zodiakallichtes zuschreibt. La Place verwarf diese Auseinandersetzung aus dem Grunde, weil das Zodiakallicht sich auf eine Entfernung von der Sonne erstrecke, die noch bedeutender sei, als die Distanz unseres eigenen Planeten von derselben, während eine in Folge der Sonnenrotation hervorgerufene äquatoriale Hervorragung der Sonnenatmosphäre sich nur auf eine Entfernung von der Sonne, welche nicht mehr als  $\frac{9}{20}$  der Entfernung des Merkurs betrüge, erstrecken könnte. Man darf jedoch nicht vergessen, dass La Place seine Berechnung auf die Hypothese eines leeren Sternenraumes basirte, (welcher nur mit einem, den Gesetzen der Schwerkraft nicht unterworfenen, Aether angefüllt sei) während das Resultat der Wirkung der Sonnenrotation ein ganz anderes sein würde, wenn man annähme, dass dieselbe innerhalb eines Mediums von unbegrenzter Ausdehnung stattfände. In diesem Falle würde der Druck überall ringsum ein gleichförmiger sein, und die Sonne würde mechanisch auf die sie umfließende Materie nach Art der Schleuderwirkung wirken, indem dieselbe Materie über die Polarflächen nach sich ziehen und in einem continüirlichen scheibenförmigen Strome in den Raum wieder auswerfen würde. Durch diese Schleuderwirkung werden voraussetzlich Wasserstoff, Kohlenwasserstoffe und Sauerstoff in



enormen Massen auf die Polarflächen der Sonne hingezogen; während ihrer allmählichen Annäherung werden diese in ausserordentlich verdünntem und kaltem Zustande befindlichen Gase eine komprimirtere Gestalt und gesteigerte Temperatur annehmen, bis dieselben, in der Nähe der Photosphäre angelangt, in Flammen ausbrechen und eine bedeutende Wärmemenge entwickeln, so dass sie schliesslich den Temperaturgrad erreichen müssen, der ihre Dissociation bei photosphärischer Dichtigkeit ermöglicht. Die Verbrennung dieser gasförmigen Materie wird Wasserdampf und Kohlensäure-Anhydrid resp. Kohlenoxydgas erzeugen, je nachdem genügend oder ungenügend Sauerstoff zur vollständigen Verbrennung vorhanden ist, und diese Verbrennungsprodukte werden durch den Einfluss der entgegenwirkenden Kraft nach dem Sonnenäquator hingetrieben und von da in den Raum zurückgeworfen werden<sup>1)</sup>.

Die nächste Frage, die an uns herantritt, würde sein: Was würde aber aus diesen Verbrennungsprodukten werden, die auf diese Weise in den Raum zurückgelangt sind? Sie würden offenbar allmählig die Beschaffenheit der Sternenmaterie verändern, welche letztere mehr und mehr einen neutralen Charakter annehmen müsste; ich kann jedoch nicht umhin, auf die Möglichkeit, ja sogar auf die Wahrscheinlichkeit hinzuweisen, dass die Sonnenausstrahlung hier wiederum helfend eintreten würde, um die verbundenen Materien in den getrennten Zustand zurückzuführen, und zwar durch einen Dissociationsprocess, der auf Kosten gerade derjenigen Sonnenenergie vorgenommen wird, von welcher man heute noch voraussetzt, dass dieselbe für unser Planetensystem verloren gehe.

---

<sup>1)</sup> Siehe Antwort auf Archibald und Faye's Briefe. Seite 56, 57, 58, u. 102, 103.

Nach dem von Bunsen und Sainte-Claire Deville aufgestellten Dissociationsgesetze hängt der Dissociationspunkt der verschiedenen Gasverbindungen einmal von der Temperatur und zweitens von dem Drucke ab. Nach Sainte-Claire Deville beträgt die Dissociationsspannung des Wasserdampfes bei atmosphärischem Drucke und auf einer Temperaturhöhe von  $2800^{\circ}$  C. 0,5, d. h. nur die Hälfte des Dampfes kann als solcher existiren, während die andere Hälfte aus einem mechanischen Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff besteht; mit dem Drucke wächst jedoch die Temperatur der Dissociation in demselben Verhältnisse, wie die Temperatur des gesättigten Dampfes mit dem auf ihm lastenden Drucke sich steigert. Es ist daher wohl begreiflich, dass die Temperatur der Sonnen-Photosphäre durch Verbrennung auf eine Temperaturhöhe von mehr als  $2800^{\circ}$  C.<sup>1)</sup> gesteigert werden kann, während Dissociation im Raume bei verhältnissmässig geringen Temperaturen bewirkt werden kann.

Diese Forschungen haben nur auf solche Wärmearten Bezug, welche mit Hülfe des Pyrometers gemessen werden können, und erstrecken sich nicht etwa auf die Wirkungen der strahlenden Wärme. Dr. Tyndall hat durch seine sorgfältig ausgeführten Experimente nachgewiesen, dass Wasserdampf und andere Gasverbindungen strahlende Wärme in ganz auffallendem Grade absorbiren; und es liegen andere Beweisgründe vor, aus denen hervorgeht, dass die aus einer sehr intensiven Quelle ausgestrahlte Energie eine Dissociationskraft besitzt, welche die messbare Temperaturhöhe, worauf materielle Verbindungen unter ihrem Einflusse gesteigert werden, noch bei Weitem übertrifft. So wird z. B. Kohlensäure-Anhydrid und Wasser unter dem directen Einflusse des Sonnenstrahles bei gewöhnlicher Sommertemperatur in den Blatt-

---

<sup>1)</sup> Siehe Seite 83, 84 für andere Gründe, warum die Temperaturhöhe der Photosphäre wahrscheinlich nicht mehr als  $2800^{\circ}$  C. beträgt.

zellen der Pflanzen dissociirt, und ferner beweisen die Experimente, mit welchen ich seit nahezu 3 Jahren<sup>1)</sup> beschäftigt bin, dass dieselbe dissociirende Wirkung durch die Strahlung des elektrischen Lichtbogens erzielt wird, während sie kaum wahrnehmbar ist, wo die Quelle der strahlenden Energie eine solche ist, wie sie durch die Verbrennung von Oel oder Gas gebildet werden kann.

Der Dissociationspunkt von Wasserdampf und Kohlensäure-Anhydrid lässt sich jedoch auch durch ein direktes Verfahren bestimmen. Ich habe diesem Verfahren schon seit einigen Jahren meine Aufmerksamkeit zugewandt, habe aber immer Anstand genommen, die qualitativen Resultate meiner Experimente zu veröffentlichen, weil ich stets hoffte, auch quantitative Beweise zu erzielen.

Zur Ausführung dieser Experimente wurden Glasröhren benutzt, in deren Innerem Platinelektroden angebracht, und welche in der gewöhnlichen Weise mit Wasserdampf oder Kohlensäure-Anhydrid gefüllt sind, und zwar wird in dem letzteren Falle etwas Aetznatron zugegeben, um den Dampfdruck bei der Erhitzung zu reguliren. Tauchte man nun das eine Ende der mit Wasserdampf gefüllten Röhre in eine Kältemischung von Eis und Chlorcalcium, so fiel die Temperatur an diesem Ende auf  $-32^{\circ}$  C., was nach Regnault mit einem Dampfdrucke von  $\frac{1}{1800}$  einer Atmosphäre correspondirt. In einer so abgekühlten Röhre fand nicht einmal eine verzögerte elektrische Entladung statt, wenn man die beiden Elektroden mit einer kleinen Induktionsrolle in Verbindung brachte. Ich setzte darauf das aus der Kältemischung hervorragende, mit weissem Papier beklebte Ende der Röhre meh-

---

<sup>1)</sup> Siehe Proc. Roy. Soc. Vol. 30. Seite 208 und die Abhandlung, die vor der Section A der British Association gelesen und wörtlich im Jahresbericht für 1881, Band 1, Seite 474 erschienen ist. —

rere Stunden lang dem Einflusse der Sonnenstrahlen (an einem klaren Sommertage) aus, worauf, bei abermaligem Einschalten der Induktionsrolle eine Entladung, und zwar augenscheinlich die eines Wasserstoff-Vacuums erzielt wurde. Dieses Experiment wurde mehrmals wiederholt und hat meines Erachtens deutlich dargethan, dass Wasserdampf durch die Wirkung der Sonnenausstrahlung dissociirt worden ist. Die mit Kohlensäure - Anhydrid gefüllten Röhren ergaben jedoch weniger zuverlässige Resultate. Nicht zufrieden mit diesen qualitativen Resultaten, habe ich Einrichtungen getroffen, um die auf diese Weise gewonnenen, permanenten Gase mit Hülfe einer Sprengel'schen Pumpe anzusammeln, bin aber leider durch Mangel an Zeit daran verhindert worden, meine Untersuchungen weiter zu verfolgen. Ich beabsichtige jedoch in Kürze dieselben wieder aufzunehmen, da ich der Ansicht bin, dass die Resultate dieser Experimente, ganz abgesehen von meiner Hypothese, mit der wir es augenblicklich zu thun haben, vielleicht dazu beitragen dürften, unser Wissen in Bezug auf die Gesetze der Dissociation zu bereichern<sup>1)</sup>.

Es ist hier am Platze zu bemerken, dass, nach den Mittheilungen von Professor Stokes, die dunkel violetten Strahlen in bedeutendem Masse beim Durchdringen des durchsichtigen Glases absorbirt werden; und es erfolgt hieraus, dass nur ein geringer Theil der chemischen Strahlen seinen Weg durch das Glas in das Innere der Röhren findet, um daselbst das Werk der Dissociation zu vollenden.

Dass dieser Umstand das Experimentiren bedeutend er-

---

<sup>1)</sup> Die Experimente nach dieser Richtung hin werden augenblicklich noch fortgesetzt, wobei kräftiges Bogenlicht die Stelle der Sonnenstrahlen vertritt. Die Resultate derselben haben bekräftigendes Beweismaterial geliefert, und beabsichtige ich, dieselben demnächst zum Gegenstande einer besonderen Mittheilung zu machen.

schwert, dient nur dazu, den Werth der erzielten Resultate zu erhöhen, während er auf der anderen Seite neues Beweismaterial für die Richtigkeit der Ansicht liefert, welche zuerst von Professor Draper ausgesprochen und durch meine eigenen Experimente an Pflanzen bekräftigt worden ist, dass die Dissociationskraft des Lichtes sich nicht etwa nur auf die dunkelvioletten Strahlen beschränke, vielmehr, was den Vegetationsprozess anbelangt, hauptsächlich auf den gelben Strahlen beruhe. —

Nehmen wir nun einmal an, um die vorliegende Frage hier weiter verfolgen zu können, dass wirklich Dissociation von Wasserdampf bei dem vorhin beschriebenen Experimente stattgefunden hat und ferner, dass der Sternerraum mit Wasserdampf und anderen Dämpfen angefüllt ist, die, was ihre Dichtigkeit anbelangt, den  $\frac{1}{2000}$  Theil unserer Atmosphäre nicht überschreiten, so werden wir, meines Erachtens nach, auch folgerichtig zu dem Schlusse kommen müssen, dass durch die Sonnenausstrahlung die Zersetzung solcher Dämpfe bewirkt und dass die Sonnenenergie daher auf diese Weise nutzbar gemacht werden würde<sup>1)</sup>. Vorhandenes Kohlensäure-Anhydrid und Kohlenoxydgas könnten nur dazu dienen, die Zersetzung des Wasserdampfes zu erleichtern, indem sie Verbindungen mit dem freiwerdenden Sauerstoff und Wasserstoff eingehen würden. Man braucht jedoch keineswegs anzunehmen, dass die ganze Energiemasse, welche die Sonne in den Raum ausstrahlt, absorbiert wird, da selbst eine nur theilweise Wie-

---

1) M. Faye hat diesen Theil meiner Hypothese so aufgefasst, als wenn ich annähme, der Sternerraum sei mit Gasen von der erwähnten Dichtigkeit angefüllt. Bei meinen Versuchen war aber die Grenze der Verdünnung durch die Art des Experimentes bedingt, während ich von den Gasen im Raume ausdrücklich gesagt habe, dass dieselben in einem ausserordentlich verdünnten Zustande sich befänden, was nach Mr. Crookes ungefähr  $\frac{1}{20\,000\,000}$  des Atmosphärendruckes bedeuten würde.

derzuführung der Wärme in der oben beschriebenen Weise genügen würde, um die Sonnenausstrahlung zu ergänzen, während die nicht aufgefangene Wärme für das Sonnensystem verloren ginge. Zu diesem Energieverluste muss noch die in Folge der circulirenden Bewegung der Gase verloren gehende Kraft in Betracht gezogen werden, ein Verlust, der sich wahrscheinlich im Verhältniss nicht höher stellen würde, als derjenige, welcher durch die Flutverzögerung der Erdrotation verursacht wird. In Folge der durch die Sonnenrotation hervorgebrachten schleuderartigen Wirkung würden die im Raume dissociirten Dämpfe nach den Polarflächen der Sonne hingezogen werden, die Temperatur derselben würde mit ihrer Zunahme an Dichtigkeit gesteigert und sie würden in demselben Momente entflammen, wenn sowohl ihre Dichtigkeit als auch Temperatur den Grad erreicht haben würden, der erforderlich ist, um Verbrennung herbeizuführen, und der ganze Prozess würde bis zu seiner Vollendung vielleicht Jahre wenn nicht Jahrhunderte in Anspruch nehmen. Der so gebildete Wasserdampf, Kohlensäure-Anhydrid und Kohlenoxydgas würden nach den Aequatorial-Regionen weiter getrieben und dann durch die Centrifugalkraft in den Raum wieder hinausgeschleudert werden.

Es sind darüber Zweifel laut geworden, ob die hier angeführten Gründe auch wohl genügten, um nachzuweisen, dass die Dissociation von verdünntem Wasserdampf und Kohlensäure wirklich durch strahlende Sonnenenergie bewirkt werden könne, und ferner, wenn dies der Fall sei, ob die der Sonne auf diese Weise zugeführte Wärmemenge überhaupt hinreiche, um die berechneten Beträge an strahlender Energie beständig auf derselben Höhe zu erhalten. Es war in meiner Abhandlung zugestanden, dass meine eigenen Experimente über die Dissociation von Wasserdämpfen in Vacuum-Röhren mehr zu logischen als zu absoluten Beweismitteln ge-

führt hätten; die logischen Schlüsse jedoch, welche für meine Ansichten sprechen, sind seitdem durch mir aus verschiedenen Quellen zugegangene, auf chemischer Basis beruhende Beweise ganz bedeutend unterstützt worden, wovon ich hier nur den folgenden erwähnen will:

Professor Piazzi Smyth, der englische Gouvernementsastronom für Schottland legte kürzlich im Vereine mit Professor Herschel aus Newcastle eine ausführliche Abhandlung oder, besser gesagt, eine Reihe von Abhandlungen „über die gasförmigen Spectra in Vacuumröhren“ der Royal Society in Edinburg vor, und war freundlich genug, mir auch ein Exemplar davon zukommen zu lassen. Es wird in diesem Werke gezeigt, dass bei mit verdünnten Dämpfen angefüllten Vacuumröhren, welche man eine Zeit lang auf die Seite gelegt hatte, sich hernach herausstellte, dass dieselben, wenigstens vom praktischen Standpunkte aus betrachtet, zu Wasserstoffröhren geworden waren. In einer anderen, ganz kürzlich erst der Royal Society in Edinburg zugesandten Schrift giebt uns Professor Piazzi Smyth neue Beweise für das Vorhandensein von Sauerstoff in der äusseren Sonnenatmosphäre und erklärt gleichzeitig, warum dieses wesentliche Element der Beobachtung des Spektroskopes entgangen sei. Fernere Beweisgründe für das Vorhandensein von Sauerstoff in der äusseren Sonnenatmosphäre hat Professor Stoney, der Gouvernementsastronom für Irland uns gegeben, sowie auch Mr. R. Meldola in seiner interessanten Abhandlung, die er im Juni 1878 im Philosophical Magazine veröffentlicht hat.

Was den Punkt anbelangt, ob der einflussende Strom dissociirter Dämpfe auch genüge um die Sonnenenergie

zu erhalten, so dürfte die folgende Berechnung vielleicht zur Erläuterung dienen. Wir wollen annehmen, dass der auf die Polarflächen der Sonne zufließende Strom sich entzündet, sobald er die Dichtigkeit unserer Atmosphäre erreicht hat, dass in diesem Moment seine Geschwindigkeit 100 Fuss pro Sekunde (die Geschwindigkeit eines starken irdischen Windes) beträgt, und dass nur ein Zwanzigstel seiner Verbindung aus Wasserstoff und Kohlenwasserstoffgas in gleichen Theilen besteht, während die anderen neunzehn Zwanzigstel aus Sauerstoff, Stickstoff und neutralen Gasverbindungen zusammengesetzt sind. Es ist allgemein bekannt, dass ein Pfund Wasserstoff beim Verbrennungsprozess ungefähr 60 000 und jedes Pfund Kohlenoxydgas ungefähr 24 000 Wärmeeinheiten entwickelt; im Durchschnitte würde man daher aus einem Gemenge dieser beiden Gase zu gleichen Theilen ungefähr 42 000 Wärmeeinheiten erhalten. In Anbetracht aber, dass nur der zwanzigste Theil des zufließenden Stromes aus solcher brennbaren Materie bestehen soll, würde die pro Pfund des einfließenden Stromes entwickelte Wärmemenge nur 2100 Wärmeeinheiten betragen. Einhundert Kubikfuss von acht Pfund Gewicht würden jede Sekunde auf jedem Quadratfuss der Polaroberfläche in Verbrennung übergehen und  $8 \times 60 \times 60 \times 2100 = 60\,480\,000$  Wärmeeinheiten pro Stunde erzeugen. Nimmt man ferner an, dass ein Drittel der ganzen Sonnenoberfläche als Wärme empfangende Polarfläche zu betrachten ist, so würde dieses Drittel von jedem Quadratfuss der Sonnenoberfläche 20 000 000 Wärmeeinheiten wiedergeben, während nach Herschel's und Pouillet's Messungen von jedem Quadratfuss der Sonnenoberfläche nur 18 000 000 Wärmeeinheiten ausgestrahlt werden. Hier-



nach dürfte wohl keine Schwierigkeit weiter vorliegen, die Aufrechterhaltung der Sonnenenergie durch die Zuführung von Energie in der von mir angenommenen Weise zu erklären. Auf der anderen Seite muss ich mich aber sehr gegen die Voraussetzung verwahren, welche einige Kritiker gemacht zu haben scheinen, dass das, was ich hier behauptet habe, quasi ein Gegenstück zum „Perpetuum mobile“ und daher absurd sei. Die Sonne kann natürlich nicht die ganze Menge der von ihr ausgestrahlten Wärme, welche für den einen oder anderen Zweck verbraucht worden ist, wieder zurückerhalten; so muss zum Beispiel die auf unsere Erde zur Beförderung der Vegetation verwandte Sonnenwärme für die Sonne unwiderruflich verloren gehen; auf der anderen Seite aber lassen die Gesetze über die Energieerhaltung uns keineswegs annehmen, dass Wärmeausstrahlung in den Raum unbeschränkt stattfinden könnte, ohne fühlbare Wirkungen hervorzubringen, über welche wir noch bis auf den heutigen Tag im Dunkeln schweben.

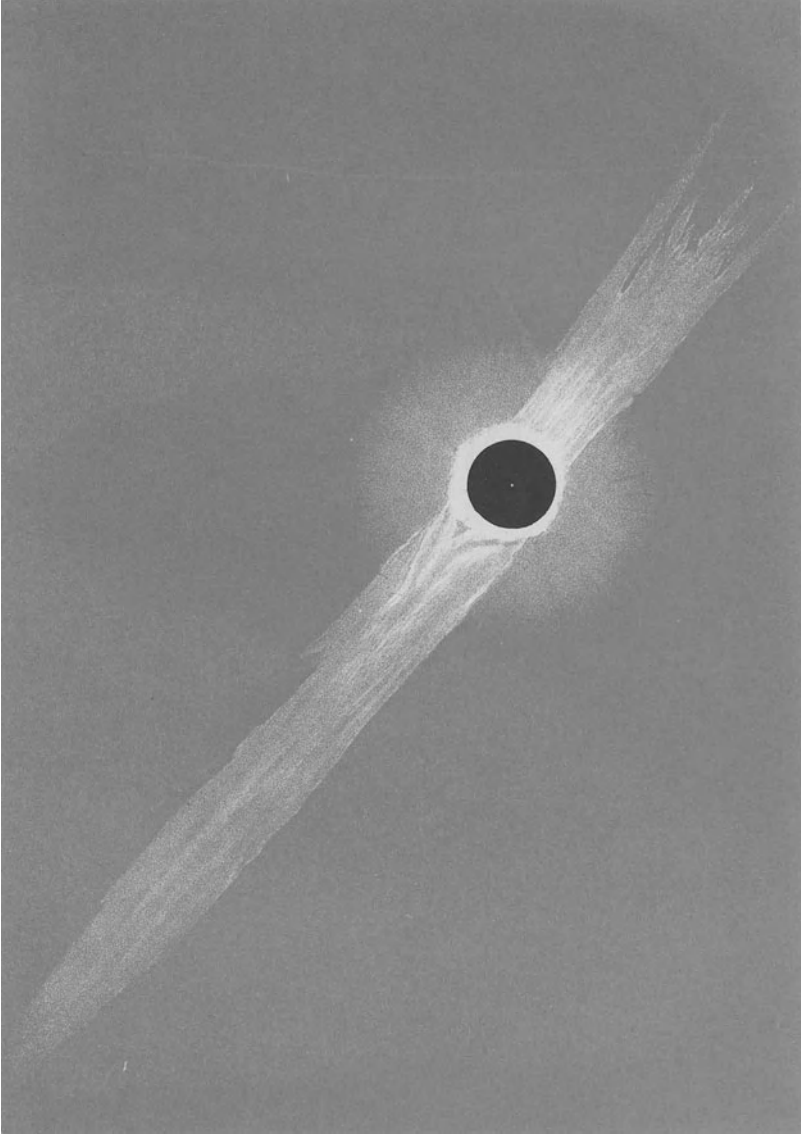
In meiner Abhandlung habe ich der Royal Society ein Diagramm einer hypothetischen Corona vorgelegt, welche eine Anhäufung von feuriger Materie auf den Polaroberflächen zeigt, die von unruhigen Regionen umgeben ist, welche hier und da von Cyklonen und Ausbrüchen metallischer Dämpfe unterbrochen werden und in zwei Strömungen nach Aussen endigen, die von den Äquatorialoberflächen viele tausend Meilen weit in den Raum hervorragen. Es war für mich daher eine grosse Genugthuung von einem Augenzeugen, einer ausgezeichneten Autorität, zu vernehmen, dass eine sehr grosse Aehnlichkeit zwischen meinem hypothetischen Diagramme und der Corona, welche bei Gelegenheit der vollständigen

Sonnenfinsterniss am 11. Januar 1880 beobachtet worden ist, vorhanden sei. Ein Bild der Corona, wie sie bei Gelegenheit der im Jahre 1878 vorhergegangenen Sonnenfinsterniss beobachtet, von Professor Langley aufgenommen und seitdem in einem officiellen amerikanischen Berichte abgedruckt worden ist, wird in dem Diagramme auf der beigegeführten Tafel wiedergegeben.

Der Raum würde, meiner Ansicht nach, mit Gasverbindungen angefüllt sein, die unter dem Einflusse der strahlenden Sonnenenergie im Zersetzungsprozesse begriffen sind, und das Vorhandensein solcher Gase scheint auch die Erscheinung des Absorptionsspektrums der Sonne zu erklären, auf welchem die Linien einiger der Substanzen möglicher Weise gänzlich neutralisirt sind und sich dadurch der Beobachtung entziehen. Was die schweren metallischen Dämpfe anbelangt, deren Vorhandensein in der Sonne uns durch das Spektroskop offenbart worden ist, so wird in meiner Hypothese angenommen, dass dieselben eine tiefer gelegene und dichtere Atmosphäre bilden, welche an der Wirkung der Schleuderbewegung keinen Antheil hat, da letztere, wie ich annehme, nur die leichtere äussere Atmosphäre, in welcher Wasserstoff den Hauptfaktor bildet, in Mitleidenschaft zieht.

Eine solche dichte metallische Atmosphäre könnte an der auf die leichtere Photosphäre wirkenden Schleuderbewegung desshalb nicht participiren, weil sie nur denkbar ist unter der Voraussetzung, dass die Dichtigkeit des einflussenden Stromes, auf gleiche Distanzen vom Schwerpunkte, gleich oder ungefähr gleich der Dichtigkeit des ausfliessenden Stromes ist. Es ist wahr, dass die Verbrennungsprodukte des Wasserstoffes und Kohlenoxydgases dichter sind als die Bestandtheile, woraus sie zusammengesetzt sind; allein diese Differenz kann möglicher Weise durch die statthabende Steigerung der Temperatur derselben beim Verlassen der Sonne wieder ausge-

Corona nach der Aufnahme des Prof Langley im Juli 1876.



Verlag von Julius Springer in Berlin.

Geggr lith. Inst. u. Sterndr. v. W. Creve, Berlin.

glichen werden, während eine derartige Ausgleichung bei den metallischen Dämpfen nicht stattfinden kann, welche in Folge dessen den Gesetzen der Schwerkraft gehorchen, die dieselben zur Sonne wieder zurückzieht. Auf der Contactfläche zwischen den beiden Sonnenatmosphären muss jedoch ein durch Reibung hervorgebrachtes Vermengen der beiden Materien stattfinden, wodurch vielleicht jene Cyklonen und Explosionswirkungen in's Leben gerufen werden, welche sich dem Auge mit Hilfe des Teleskops in der mittleren oder stürmischen Region der Sonne bemerkbar machen, und worüber Sir John Herschel und andere Astronomen bereits ihre Ansichten ausgesprochen haben. Einige der dichtereren Dämpfe würden wahrscheinlich sich mit den leichteren Gasen vermengen und von denselben mechanisch mit fortgerissen werden, wodurch der kosmische Staub gebildet wird, der, wie beobachtet worden ist, in nicht unbedeutender Menge auf unsere Erde niederfällt. Einer übermässigen Vermischung würde durch die dazwischen liegende, neutrale Atmosphäre, die Penumbra, Einhalt geboten werden.

Da das ganze Sonnensystem mit einer Geschwindigkeit durch den Raum sich bewegt, die auf 150 Millionen Meilen jährlich berechnet worden ist, (was ungefähr ein Viertel der Geschwindigkeit ausmacht, mit welcher unsere Erde ihre Bahn beschreibt) so liegt die Möglichkeit nahe, dass die Beschaffenheit des gasförmigen Heizmaterials, womit die Sonne gespeist wird, je nach dem Grade der vorausgegangenen Zersetzung, wobei wahrscheinlich auch andere Himmelskörper mit thätig gewesen sind, variirt. Sollte in solchen Variationen in der Qualität des zugeführten Brennmaterials nicht der Grund für die beobachteten Verschiedenheiten der Sonnenwärme zu finden sein? und ferner, ist es nicht möglich, dass gerade in Folge solcher Veränderungen in der thermalen Beschaffenheit der Photosphäre Sonnenflecke gebildet werden?

Die Ansichten, die ich hier zu vertreten suche, können natürlich nur dann annehmbar erscheinen, wenn sie zunächst wenigstens eine logische Erklärung der immerhin noch einigermaßen mysteriösen Erscheinungen des Zodiakallichtes und der Kometen ermöglichen. Was die erstere anbelangt, so könnte man Mairan's Ansichten wieder aufnehmen, da den Entgegnungen von Laplace durch die Annahme eines continuirlichen, vom Sonnenäquator her in den Raum sich ergiessenden, Stromes begegnet würde. Das Leuchten würde Staubtheilchen zuzuschreiben sein, welche entweder das von der Sonne reflektirte Licht ausstrahlen, oder durch Phosphorescenz leuchten. Es liegt aber noch ein anderer Grund für das Leuchten dieser Theilchen vor, welcher wenigstens nicht ganz unberücksichtigt bleiben sollte. Jedes Staubtheilchen würde durch Reibung der Gase bei seiner Beschleunigung mit Elektrizität geladen werden, und die elektrische Spannung desselben würde bei seiner gewaltsamen Entfernung ganz bedeutend zunehmen, etwa in derselben Weise, wie Dr. Werner Siemens den feinen Wüstenstaub auf der Spitze der Cheops Pyramide in einem Zustande hoher elektrischer Spannung fand. Liesse sich das Zodiakallicht nicht am Ende auch als das Ergebniss einer verzögerten, vom Staube rückwärts nach der Sonne zu statthabenden, elektrischen Entladung erklären? und würde dieselbe Ursache nicht auch für eine grosse Potentialdifferenz zwischen Sonne und Erde sprechen, von welcher letzterer man wohl sagen dürfte, dass sie von dem Strahlenstrome der Sonne gleichsam überstrichen wird? Sollte in der Existenz dieses Stromes nicht auch wohl die Erklärung des Umstandes zu finden sein, dass, trotzdem Wasserstoff offenbar im Ueberflusse im Raume vorhanden ist, derselbe in unserer Atmosphäre, wenigstens vom praktischen Standpunkte aus betrachtet, zu fehlen scheint, während Wasserdämpfe, welche zum Theil auch von der Sonne herrühren mögen, seine Stelle einnehmen? Eine analoge

Wirkung, wenn auch in ganz bedeutend geringerem Masse, kann möglicher Weise auch durch die Erdrotation hervorgerufen werden und dadurch eine elektrische Entladung von dem ausfliessenden Äquatorialstrom nach den Polarregionen hin verursachen, da wo die durch den Strom bei seiner Rückkehr durchbrochene Atmosphäre den geringsten Widerstand bietet.

Es könnte natürlich nicht ausbleiben, dass die Wirkung dieses continuirlichen Ergusses von Sonnen-Materie auch auf die geologische Gestaltung unserer Erde einen höchst wichtigen Einfluss ausüben müsste. Die Geologen haben längst zugegeben, dass es ausserordentlich schwierig sei, die grosse Masse von Kohlensäure zu erklären, wie sie früher oder später in unserer Atmosphäre vorhanden gewesen sein muss, um mit Hülfe des Kalkes jene enormen Dolomit- und Kalksteinlager bilden zu können, woraus die Kruste unserer Erde zum grossen Theil besteht. Man hat ausgerechnet, dass, wenn diese ganze Masse von Kohlensäure zu ein und derselben Zeit in unserer Atmosphäre vorhanden gewesen wäre, dieselbe einen elastischen Druck erzeugt haben würde, der fünfzigmal so stark gewesen wäre, als der unserer gegenwärtigen Atmosphäre; und wenn man nun noch die Menge Kohlensäure dazu rechnet, welche beim Wachsthum der Pflanzen absorbiert worden sein muss, um unsere Kohlenlager bilden zu können, so würde man wahrscheinlich noch den doppelten Druck anzunehmen haben. Animalisches Leben, wovon in jenen Schichten noch reichlich Merkmale vorhanden sind, könnte unter solchen Verhältnissen gar nicht existirt haben, und wir sehen uns daher fast zu der Schlussfolgerung gezwungen, dass die Kohlensäure einer Quelle von Aussen entnommen worden ist.

Mir scheint es, als wenn die Theorie, die ich hier ver-

theidige, möglicher Weise eine Lösung dieses geologischen Räthsels geben könnte. Unsere Erde, die in dem von der Sonne ausfliessenden Strome von Verbrennungsprodukten gelegen ist, oder, man könnte fast sagen, in dem Schornsteine der Sonne, würde von Tag zu Tag mit ihrem gewissen Quantum von Kohlensäure gespeist werden, wovon unsere Lokalatmosphäre soviel assimiliren würde, als nöthig wäre, um in derselben einen Kohlensäuredampf von so grosser Dichtigkeit zu unterhalten, dass derselbe dem von der Sonne ausfliessenden Strome das Gegengewicht halten könnte; wir würden auf diese Weise unseren täglichen Bedarf von diesem wichtigen Bestandtheil unserer Atmosphäre erhalten (so regelmässig wie uns die frischen Semmeln zum Frühstück zugehen), welcher nach M. Reiset's Forschungen, worüber M. Dumas der französischen Akademie der Wissenschaften am 6. März dieses Jahres Mittheilungen gemacht hat, einen constanten Faktor von  $\frac{3}{10\,000}$  der gesammten Materie unserer Atmosphäre repräsentirt. Der Wasserdampf in der Luft würde, was seine Dichtigkeit anbelangt, auf ähnliche Weise erhalten werden, und die unserer Atmosphäre zufließende, resp. von derselben zurückfließende Strömung desselben, würde von der Temperatur unserer Erdoberfläche bedingt werden.

Es ist auch von Wichtigkeit zu zeigen, wie die Erscheinungen der Kometen mit den hier ausgesprochenen Ansichten in Einklang gebracht werden können, und ich gebe mich der Hoffnung hin, dass diese unsere gelegentlichen Gäste mit der Zeit die Vermittler sein werden, die uns das positive Beweismaterial zur Bekräftigung meiner Hypothese verschaffen. Astronomische Physiker behaupten, dass der Nucleus eines Kometen aus einer Ansammlung von Steinen gebildet werde, die den Meteorsteinen ähnlich sind. Gesetzt der Fall diese

Ansicht sei die richtige und die Steine hätten im Sternensysteme Gase in einer Menge absorbiert, die das Sechsfache ihres eigenen Volumens bei atmosphärischem Drucke einnahm, so dürfte sich uns wohl die Frage aufwerfen, was die Wirkung einer solchen Steinmasse sein würde, die sich mit einer Geschwindigkeit nach der Sonne hin bewegt, welche im Perihelium den ungeheuren Betrag von 366 Meilen pro Sekunde erreicht (wie man bei dem Kometen vom Jahre 1845 beobachtet hat), d. h. eine Geschwindigkeit, die dreiundzwanzigmal so gross ist, als diejenige, mit welcher unser Planet seine Bahn beschreibt. Es ist klar, dass eine so zusammengesetzte Masse bei ihrem Eintritt in eine verhältnissmässig dichte Atmosphäre in Folge des Reibungswiderstandes, der noch durch anziehend wirkende Condensation unterstützt wird, eine Temperatursteigerung erfahren müsste. Auf einem gewissen Höhepunkt angelangt, muss diese Steigerung der Temperatur Entzündung hervorrufen und die so erzeugte Wärme würde die in der Steinmasse verborgenen Gase freimachen, die in einer Atmosphäre, welche im Vergleich mit unserer Erde in einem vielleicht 3000mal geringeren Dichtigkeitszustand sich befände,  $6 \times 3000 = 18\,000$ mal das Volumen der Steine selbst einnehmen müssten. Diese Gase würden sich nach allen Richtungen hin ergiessen, sie würden jedoch nur in den Regionen bemerkbar sein, welche sich in Bewegung befänden, wo sie die Atmosphäre zwischen den Planeten mit der erhöhten Geschwindigkeit erreichen und eine Zone von intensiver Verbrennung bilden würden, etwa wie diejenige, welche, nach Dr. Huggin's jüngsten Beobachtungen, die eine Seite des Nucleus umgibt und zwar offenbar die Seite, wo die Bewegung nach vorwärts stattfindet. Der Nucleus würde somit sein eigenes Licht ausstrahlen, während man annehmen darf, dass der Schweif aus Sternenstaub bestehe, der durch Reflexion des Sonnen- und Kometenlichtes leuchtet, wie bereits



von Tyndall und Tait angedeutet worden ist, welche jeder von verschiedenen Voraussetzungen ausgehen.

Das Vorhergehende giebt in Kürze eine Skizze meines Gedankenganges, die ich nunmehr der Kritik der Royal Society zu unterbreiten mir gestatte. Ich bin schon lange der Ueberzeugung gewesen, die wohl hauptsächlich ihren Grund in einer vertrauteren Bekanntschaft mit einigen der irdischen Wärmeeffekte haben mag, dass zur Aufrechterhaltung anerkannter Principien, welche auf die Erhaltung der Energie Bezug haben, die Annahme einer so erstaunlichen und offenbar überflüssigen Verschwendung von Sonnenwärme nicht erforderlich ist, sondern dass diese Wärmemenge, die scheinbar verausgabt wird, ohne den geringsten Nutzeffekt zu erzielen, effektiv aufgefangen und der Sonne immer wieder zugeführt werden könne, und zwar in einer einigermaßen analogen Weise, wie dies durch die Wirkung des Wärme-Rekuperators im Regenerativ-Gasofen geschieht.

Die Grundbedingungen, worauf meine Hypothese beruht, sind folgende: —

1. Dass Wasserdämpfe und Kohlenstoffverbindungen im Sternerraume, resp. in dem Raume zwischen den Planeten vorhanden sind.

2. Dass diese Gasverbindungen, so lange sich dieselben in einem Zustande ausserordentlicher Verdünnung befinden, durch strahlende Sonnenenergie dissociirt werden können.

3. Dass diese dissociirten Dämpfe durch einen Austauschprozess mit einer gleichen Menge reassociirter Dämpfe in die Sonnenphotosphäre zusammengedrängt werden können, wobei die Auswechslung durch die Wirkung der Centrifugalkraft der Sonne selbst bewerkstelligt wird.

Wenn diese Bedingungen eine feste Gestalt annehmen könnten, so würden wir dadurch die genugthuende Ueberzeugung gewinnen, dass unser Sonnensystem nicht länger

mehr die Annahme einer ungeheueren Energieverschwendung durch Ausstrahlung in den Raum aufkommen liesse, sondern vielmehr den Eindruck eines wohlgeordneten, sich selbst ernährenden Systemes auf uns machen müsste, welches es der Sonne ermöglichen würde, ihre Ausstrahlung noch bis auf sehr entfernte Zeiten fortzusetzen.

### Ueber elektrische Entladungen in Vacuumröhren und deren Beziehung zur Sonnenphysik.

*Ein Auszug aus der Antrittsrede des Verfassers bei Uebernahme des Präsidiums der British Association in Southampton, gehalten im August 1882<sup>1)</sup>.*

Zur Erzeugung einer elektrischen Entladung in luftleeren Röhren bediente man sich gewöhnlich des Ruhmkorff'schen Apparates, bis es Mr. Gassiot zuerst gelang, dieselben Erscheinungen mit Hilfe einer galvanischen Batterie von 3000 Leclanché'schen Elementen hervorzurufen. Dr. de la Rue, im Vereine mit seinem Freunde Dr. Hugo Müller hat seine Vorarbeiter weit hinter sich zurückgelassen in der Zusammensetzung von Batterien von hoher Spannung. Bei seinem Vortrage: „Ueber die elektrischen Entladungserscheinungen“, den er im Januar 1881 vor der Royal Institution gehalten hat, bediente er sich einer von ihm selbst erfundenen, aus 14 400 Elementen (14 832 Volt) bestehenden Batterie, die einen Strom von 0,054 Ampère ergab und eine Entladung zwischen den 0,71 Zoll von einander entfernten Polen erzeugte. Während des vergangenen Jahres hat er die Zahl der Elemente auf 15 000 (15 450 Volt) erhöht und brachte den Strom auf 0,4 Ampère, d. h. auf das Achtfache des Stromes, den die von ihm in der Royal Institution benutzte Batterie lieferte.

---

<sup>1)</sup> Siehe „Einige Wissenschaftlich-technische Fragen der Gegenwart“ von Sir William Siemens. Zweite Folge. (Anmerkung des Übersetzers.)

Mit dem ihm zu Gebote stehenden enormen Spannungsvermögen und einem Strome von vollständig gleichmässiger Stärke war Dr. de la Rue in den Stand gesetzt, manche interessante Daten zur Elektrizitätslehre beizusteuern. Er hat unter Anderem gezeigt, dass die wundervollen Erscheinungen der geschichteten Entladung in luftleeren Röhren weiter nichts sind, als die des elektrischen Bogens bei gewöhnlichem Atmosphären-Drucke in modifizirtem und vergrössertem Massstabe. Photographische Aufnahmen gaben bei diesen Experimenten den Vorgang der Entladung mit einer Genauigkeit wieder, die auf andere Weise beim Vergleiche dieser Erscheinungen unerreichtbar ist. Dr. de la Rue wies ferner nach, dass zwischen zwei Polen, vorausgesetzt, dass die Isolation der Batterie ausreichend ist, die Länge des Funkens sich verhält, wie das Quadrat der Anzahl der verwendeten Elemente. Seine Experimente haben ferner bewiesen, dass unter jedem beliebigen Drucke die Entladung im Gase sich nicht als ein Strom im gewöhnlichen Sinne des Wortes, sondern als eine diskontinuirliche Entladung gestaltet. Selbst bei einer anscheinend vollkommen gleichmässigen Entladung in luftleeren Röhren, wenn die Schichten, die man von einem sehr schnell rotirenden Spiegel reflektiren lässt, als unbeweglich erscheinen, ist die Entladung eine pulsirende; nur muss natürlich die Schnelligkeit des Pulsirens eine sehr grosse sein.

Bei Gelegenheit seines Vortrages vor der Royal Institution ahmte er in einer sehr grossen luftleeren Röhre das Nordlicht nach und ist durch seine Experimente zu dem höchst interessanten Schlusse gekommen, dass die brilliantesten Nordlichterscheinungen in eine Höhe von 37 bis 38 Meilen und nicht in die früher übertriebener Weise angenommene Höhe von 281 Meilen versetzt werden müssen.

Der Präsident der Royal Society hat seit Jahren die elektrischen Entladungserscheinungen zum Gegenstande seines be-

sonderen Studiums gemacht und bedient sich bei seinen wichtigen Experimenten einer besonderen Elektrizitätsquelle. In einem an mich gerichteten Schreiben beschreibt Mr. Spottiswoode die Natur seiner Untersuchungen viel klarer, als ich es zu thun vermöchte. Er schreibt: „Ich bin schon lange der Ansicht gewesen, dass die Ungleichförmigkeit, wie sie sich bei elektrischen Entladungen durch verdünnte Gase offenbart, ein wesentliches Element jeder diskontinuirlichen Entladung bilden müsse, und dass die Phänomene der Schichtung als vergrösserte Darstellungen solcher Erscheinungen zu betrachten seien, die, wengleich unter gewöhnlichen Verhältnissen für das Auge unsichtbar, darum doch stets vorhanden sind. Der Wunsch der Frage näher auf den Grund zu kommen, veranlasste Moulton und mich genauere Untersuchungen anzustellen. Die dabei hauptsächlich angewendete Methode bestand darin, eine Unterbrechung eigenthümlicher Art in den Stromkreis einzuführen, wodurch eine leuchtende Entladung für die Annäherung eines Leiters ausserhalb der Röhre empfindlich gemacht wurde. Durch Anwendung dieser Methode vermochten wir neben verschiedenen anderen Phänomenen auch das der Schichtung künstlich hervorzubringen. Wir gelangten auf diese Weise zu einer Reihe von Schlussfolgerungen über den Vorgang der Entladung, von denen ich nur die folgenden hervorheben möchte:

1. Dass eine Schichte mit dem dazu gehörigen dunkelen Raume physikalisch die Einheit der geschichteten Entladung ausmacht; dass eine geschichtete Säule ein durch einen Schritt für Schritt-Prozess gebildetes Aggregat solcher Einheiten ist, sowie dass das negative Glühlicht weiter nichts als eine lokalisirte, durch örtliche Einflüsse modifizierte Schichte repräsentirt.

2. Dass der Ursprung einer leuchtenden Säule an ihrem negativen Ende zu suchen ist; dass das Leuchten ein Aus-

druck des Verlangens nach negativer Elektrizität ist, und dass die dunkelen Zwischenräume diejenigen Stellen sind, wo der negative Pol, gleichviel ob metallisch oder gasförmig, Kraft genug auszuüben vermag, diesem Verlangen entgegenzuwirken.

3. Dass die positive oder negative Elektrizität mehr Zeit zum Passiren einer Röhre als zum Durchlaufen eines Drahtes von gleicher Länge gebraucht, dagegen weniger Zeit als die Crooke'schen Molekularströme zum Passiren von Röhren beanspruchen. Ausserdem, dass besonders bei hohen Verdünnungen, die Entladung des negativen Poles einen zeitlichen Verlauf zeigt, welchem man am positiven Pole nicht begegnet.

4. Dass der Glanz des Lichtes bei so geringer Wärmeerzeugung wahrscheinlich zum Theil der kurzen Zeitdauer der Entladung zuzuschreiben ist, sowie dass bei einer so ausserordentlich schnellen Thätigkeit, wie die der individuellen Entladungen die Beweglichkeit des Mediums als nicht vorhanden betrachtet werden kann, und dass für so unendlich geringe Zeitperioden Gas selbst so unbiegsam und spröde wie Glas erscheint.

5. Dass Schichtungen nicht bloss den Ort andeuten, wo elektrische in leuchtende Energie umgesetzt wird, sondern wirkliche Zusammenhäufungen von Materie sind.

Diese letztere Schlussfolgerung basirt hauptsächlich auf Experimenten mit einer Induktionsrolle, welche auf eine neue Art erregt wurde, nämlich direkt durch eine Wechselstrommaschine ohne Einschaltung eines Commutators oder Condensators. Diese Erregungsweise verspricht von grosser Bedeutung zu werden für spektroskopische Arbeit sowohl als für die Erforschung der Entladung im magnetischen Felde, und zwar theilweise auf Grund der Vereinfachung, die sie gestattet in der Konstruktion der Induktionsrollen, hauptsäch-

lich aber wegen der grossen Kraftvermehrung, die sie in sekundären Strömen hervorruft.“

Diese Untersuchungen gewinnen noch an Bedeutung, wenn wir sie vom Standpunkte der Sonnen- oder, ich möchte fast sagen, der Sternenphysik aus betrachten, da die Beweisgründe zu Gunsten der Annahme immer mehr anwachsen, dass die Zwischenräume zwischen den Sternen nicht leer, sondern ausgefüllt sind mit sehr verdünnter Materie etwa von der Beschaffenheit, wie wir sie in unseren Vacuumröhren wiederfinden. Ebenso wenig darf noch länger behauptet werden, dass die die Sternenzwischenräume ausfüllende Materie sich unseren chemischen und physikalischen Untersuchungen entziehe. Das Spektroskop hat bereits viel Licht auf die Zusammensetzung und physikalische Beschaffenheit der Sonne, der Sterne, der Kometen und selbst der weit entfernten Nebelflecke geworfen, von welch' letzteren unter der geschickten Handhabung Dr. Huggin's und Dr. Draper's aus New-York spectroscopische Photographien genommen worden sind. Ausgerüstet mit einem sehr vervollkommenen Apparat hat der physikalische Astronom seine Kenntnisse auf diesem Gebiete während der kurzen Perioden der letzten beiden Sonnenfinsternisse bedeutend bereichert, der von 1880, welche in Amerika sichtbar war, und der im verflossenen Mai von Lockyer, Schuster und anderen bedeutenden Astronomen des Continents in Ägypten beobachteten. Das Resultat dieser letzten Sonnenfinsterniss-Expedition lässt sich im Folgenden zusammenfassen:

„Verschiedene Temperaturschichten sind in der Sonnenatmosphäre entdeckt worden; die chemische Beschaffenheit der Corona kann jetzt erklärt werden und leuchtet dieselbe offenbar durch ihr eigenes Licht. Der Verdacht in Bezug auf die Existenz einer Mondesatmosphäre hat wieder Nahrung gewonnen und die Lage einer wichtigen Linie ist entdeckt worden. Kohlenwasserstoffe sind in

„der Nähe der Sonne nicht vorhanden, mögen aber wohl  
 „in dem Zwischenraume zwischen Sonne und Erde vor-  
 „zufinden sein.“ —

Für mich persönlich sind die berichteten Resultate von ganz besonderem Interesse, da ich im verflossenen März mit einer Theorie vor die Royal Society zu treten wagte, die auf die Erhaltung der Sonnenenergie Bezug hatte und auf folgenden drei Thesen basirte:

1. Dass Wasserdampf und Kohlenstoffverbindungen in den Zwischenräumen der Sterne und Planeten vorhanden sind;

2. Dass diese gasförmigen Verbindungen im Zustande ausserordentlicher Verdünnung durch die strahlende Sonnenenergie dissociirt werden können;

3. Dass die Wirkung der Rotation der Sonne darin besteht, die dissociirten Dämpfe auf den Polaroberflächen einzusaugen und nach der Verbrennung in der Richtung des Äquators wieder auszuwerfen.

Es gereicht mir daher zur ganz besonderen Genugthuung, dass die hier berichteten Beobachtungsergebnisse meiner Behauptung nicht unbedeutenden Halt gewähren. Die leuchtenden äquatorialen Hervorragungen der Sonne, wie sie durch die amerikanischen Beobachtungen in so auffallender Weise offenbart worden sind (die mir zur Zeit, als ich meinen Vortrag verfasste, noch unbekannt waren), sind in Ägypten nicht beobachtet worden; die ausfliessenden äquatorialen Ströme deren Vorhandensein ich vermuthe, konnten jedoch nur durch Reflexion des Sonnenlichtes oder durch elektrische Entladungen zwischen den Staubtheilchen sichtbar gemacht werden, welche möglicher Weise durch Sonnenstörungen hervorgebracht sind. Professor Langley aus Pittsburg hat mit Hilfe seines Bolometers nachgewiesen, dass die actinischen Sonnenstrahlen hauptsächlich in der Sonnen- und nicht in der Erdatmosphäre absorbiert werden; und Captain Abney hat durch seine neue

photometrische Methode festgestellt, dass die Kohlenwasserstoffen zuzuschreibende Absorption irgendwo zwischen der Sonnen- und Erdatmosphäre stattfindet. Um dieses interessante Resultat noch weiter zu verfolgen und mit der Absicht, das Quantum der atmosphärischen Luft der Erde zwischen seinem Apparat und der Sonne möglichst zu verringern, hat er denselben vor Kurzem auf dem Gipfel des Riffel's aufgestellt und beabsichtigt vor der Sektion A einen Vortrag über diesen Gegenstand zu halten<sup>1)</sup>. Sollten die Zwischenräume zwischen den Sternen wirklich mit Materien, wie Kohlenwasserstoff und Wasserdampf ausgefüllt sein, so würden diese die materielle Verbindung herstellen zwischen der Sonne und ihren Planeten, sowie zwischen den unzähligen Sonnensystemen, aus denen das Weltall zusammengesetzt ist. Tritt dazu ferner noch die Wirkung chemischer Aktion und Reaktion, so dürfte man mit der Zeit wohl im Stande sein, gewisse Eigenschaften thermaler Abhängigkeit und Erhaltung festzustellen, in denen wir vielleicht Principien von höchster Vollkommenheit wiedererkennen würden, die auch auf die verhältnissmässig geringen Bedürfnisse im menschlichen Leben anwendbar sind.

**Briefe an den Herausgeber der „Nature“, die Erhaltung  
der Sonnenenergie betreffend.**

*Über die Erhaltung der Sonnenenergie.*

Mit Ihrer freundlichen Erlaubniss möchte ich mir einige Bemerkungen über die in Nature (vol. XXV, Seite 440) erschienene interessante Abhandlung von Dr. C. William Siemens über die „Erhaltung der Sonnenenergie“ gestatten. Die hauptsächlichste Hypothese, auf welcher der Inhalt dieser Schrift basirt, nämlich die einer schleuderartigen Wirkung der Sonne

---

<sup>1)</sup> Siehe Anhang.



ist nicht unwahrscheinlich; auch sind die daraus gezogenen Schlussfolgerungen keineswegs unlogisch, so lange wir uns nur vernunftgemäss mit der Vorstellung befreunden dürfen, dass der Raum mit so condensirten Molekülen angefüllt sei, wie der Verfasser es voraussetzt. Es liesse sich kein vernünftiger Grund für irgend einen Zweifel daran geltend machen, dass der Raum überall mit Materie ausgefüllt ist. Die Hypothese des Vorhandenseins eines Äthers, der sich spezifisch von Materie unterscheidet, ist eine willkürliche Annahme und eines der letzten Überbleibsel der Wissenschaft des achtzehnten Jahrhunderts. Solange nicht positiv nachgewiesen werden kann, dass Materie in sehr verdünntem Zustande nicht im Stande ist, Lichtvibrationen fortzupflanzen, haben wir keineswegs die Berechtigung, diese Funktion einer besonderen Substanzform zu übertragen. Dass dagegen Materie im Aussen-Raume sich unter denselben Bedingungen befinde wie in den planetaren Atmosphären, ist jedenfalls unwahrscheinlich. Ihre Funktion vibrirende Strahlen zu übertragen erfordert, wie mir scheint, eine weit grössere Elasticität und ihre Verdünnung ist wahrscheinlich eine äusserst grosse.

Nehmen wir daher an, dass überall im Weltall Materie vorhanden ist, und zwar hier als verdichtete Sphären, dort als sehr verdünnte Substanz, während die atmosphärischen Umhüllungen der Sphären sich allmählig in die ausserordentlich verdünnte Materie des mittleren Raumes verlaufen, so liesse sich vielleicht hieraus eine andere Hypothese herleiten, die sich von derjenigen, welche Dr. Siemens aufgestellt hat, einigermaßen unterscheidet. Die Ansichten, welche ich Ihnen vorführen möchte, sind allerdings früher schon veröffentlicht worden, in Anbetracht jedoch der uns vorliegenden neuen Sonnentheorie scheint es mir nicht unpassend zu sein, dieselben nochmals zu wiederholen.

Nach der Hypothese der Nebelflecke zu urtheilen, war

die Sonnenmaterie zu irgend einer Zeit über den ganzen Raum zerstreut. Die Schwerkraft hat daher eine doppelte Wirkung gehabt: nämlich der grössere Theil dieser Materie ist jetzt in eine compacte Masse zusammengezogen, und der äussere Raum wird auch heute noch von dem restirenden Theile der Materie ausgefüllt, welche sich jedoch in einem bedeutend verdünnteren Zustande wie früher befindet. Eine wichtige Folge begleitet jedoch die Condensation und Verdünnung von Gasen. Sie besteht darin, dass condensirte Gase erwärmt, verdünnte dagegen abgekühlt werden, und zwar ohne dass irgend welcher Wärmeaustausch mit äusserer Materie stattfindet. In dem einen Falle wird ein Theil der absoluten Wärme des Gases, der früher latent war, fühlbar, im anderen Falle wird ein Theil der fühlbaren Wärme latent. Wenn ursprünglich die absoluten Wärmegehalte und Temperaturen der Materien gleich waren, so werden Condensation und Verdünnung an und für sich nicht im Stande gewesen sein, die Wärmebestandtheile zu verändern, sondern die Temperaturen würden verändert werden. Bei der Condensation wird die latente Wärme reduzirt, die fühlbare Wärme vermehrt, und die Temperatur steigt. Bei der Verdünnung wird die entgegengesetzte Wirkung hervorgebracht und die Temperatur fällt.

Die obige Betrachtung lässt sich anwenden auf das Problem der Condensation der Nebelflecke sowie auch der von irdischen Gasen. Die Zusammenziehung nebeliger Gase in eine dichte Sphäre muss eine bedeutende Steigerung in der Temperatur derselben bewirken, vorausgesetzt, dass keine Verminderung der absoluten Wärmebestandtheile stattfindet; die Wirkung der Verdünnung auf die dem Raume verbleibende Materie muss dagegen eine Erniedrigung der Temperatur zur Folge haben. Wäre daher die Ausströmung strahlender Wärme von der Sonne her während ihrer Condensation verhütet worden, so würde eventuell das Resultat gewesen

sein, dass die Sonne und die Materie des äusseren Raumes, was ihre absoluten Wärmebestandtheile anbelangt, Masse für Masse dieselbe geblieben wäre, während dieselben auf der anderen Seite in Bezug auf ihre Temperaturen ganz bedeutende Veränderungen erlitten hätten.

Und hieraus ergibt sich noch als ferneres interessantes Resultat, dass der Grad der Zersetzung der Materien ebenfalls derselbe bleiben würde, da in der Sonne, so lange dieselbe auf diese Weise ihre ganze Wärmemenge zurückhielte, nicht mehr chemische Verbindung statthaben könnte, als in der verdünnten Materie des Raumes. Soll chemische Condensation erzielt werden, so müssen zunächst die Wärmebestandtheile reduziert werden. Ein gleicher Grad absoluter Wärme bedeutet eine gleiche motorische Kraft der Atome, und gerade diese motorische Kraft macht es denselben möglich, der chemischen Anziehungskraft zu widerstehen. Man könnte nun wieder annehmen, dass in einer dichten Materie die chemische Anziehung in Folge ihrer durch nähere Berührung der Atome vermehrten Kraft mit grösserem Erfolg wirken würde. Dies ist aber eine irrige Ansicht, weil in Wirklichkeit die Berührung zwischen den Atomen einer dichten Materie keineswegs eine innigere ist, als die der Atome einer verdünnten Materie. In beiden Fällen werden die Atome durch ihre Vibration ununterbrochen in absolute Berührung gebracht. Die Zahl der Kontakte mag im Verhältniss zu der verdünnten Materie sich wie Millionen zu Eins verhalten; davon kann die Wirkung jedoch nicht beeinflusst werden. Wenn die chemische Kraft stärker ist, als die vibrirende, muss die erstere die letztere während der Berührung überwältigen, wo sie schwächer ist, wird sie dazu nicht im Stande sein, und eine häufigere Wiederholung der Kontakte wird ihr dabei im Wesentlichen nicht behülflich sein können.

Alle Materien von gleicher absoluter Wärme müssen daher

auch, was den Grad ihrer chemischen Integration anbelangt, gleich sein, wie sehr die Grade der Spannung oder Condensation derselben auch variiren mögen. Aber die vorausgesetzte Gleichheit absoluter Wärme kann zwischen dichten und verdünnten Gasen nicht bestehen. Die fühlbare Wärme des dichten Gases hat das Bestreben in den mit den abgekühlten verdünnten Gasen gefüllten Raum auszustrahlen. Eine beständige und wirksame Ausgleichung der Temperaturen wird angestrebt. Mit jeder Ausströmung strahlender Wärme aus einer Sphäre in den Raum wird die absolute Wärme der Atome der Sphäre verringert, und die der verdünnten Materie im Raume gesteigert. Die absoluten Wärmebestandtheile variiren mehr und mehr mit dem fortschreitend sich vollziehenden Ausgleich der Temperaturen, woraus auch eine Veränderung der chemischen Verhältnisse resultirt. So vermindert z. B. der Wärmeverlust der Sonne, den der Anziehungskraft entgegenwirkenden Vibrationswiderstand und mit jedem solchen Verluste bilden sich Moleküle von grösserer Complexität. Diese Wärme wird in den Raum ausgestrahlt. Wahrscheinlich wird eine bestimmte Menge dieser strahlenden Wärme aufgefangen und tritt als lokale Wärme in der Materie des Raumes wieder auf. Wird auf diese Weise die Wärme-Intensität der letzteren Materie erhöht, so muss Zersetzung eintreten, und die gesteigerte chemische Condensation in der Sonne wird durch eine gesteigerte chemische Zersetzung in der äusseren Materie ausgeglichen.

Während der ungeheueren Anzahl von Jahren, in welchen Condensation in der Sonne stattgefunden hat, ist dieser Wärmeausströmungsprozess ein continuirlicher gewesen, so dass gegenwärtig, trotz ihrer viel bedeutenderen Temperaturhöhe, die absolute Wärme der Sonnenmaterie eine weit geringere sein muss als die einer gleichen Stoffmasse im äusseren Raume.

Kann die auf diese Weise verloren gegangene Wärme der Sonne von derselben wieder gewonnen werden? Wenn die Sonne dieselbe wiedererlangt, so mag die Ausstrahlung der Sonnenwärme unbegrenzt fortdauern.

In Dr. Siemens' Hypothese bietet sich uns eine Methode der Wiedererlangung dar. Wenn die Materie des äusseren Raumes durch eine solche Polareinströmung, wie sie diese Hypothese voraussetzt, der Sonnen-Atmosphäre zugeführt und dem wirksamen condensirenden Einflusse der Schwerkraft der Sonne unterworfen wird, so muss das Volumen derselben ganz bedeutend vermehrt und ein grosser Theil ihrer latenten Wärme fühlbar werden. Und da ihre absoluten Wärmebestandtheile die der Sonnenmaterie an Zahl bei weitem überschreiten, so muss das Resultat einer solchen Condensation ein sehr hoher Temperaturgrad sein und eine beständige Wiederersetzung der ausgestrahlten Sonnenwärme. Ohne dass irgend welche Integration in dieser einflussenden Materie stattfindet, könnte die Sonnentemperatur lediglich in Folge der Condensation dieser Materie und durch Verwerthung ihres grossen Uebermasses an absoluter Wärme erhalten werden. Bei chemischer Integration und der daraus erfolgenden weit grösseren Condensation müsste natürlich auch die Wärme erzeugende Wirkung eine noch bei Weitem beträchtlichere sein.

Dieser Zufluss äusserer Materie zur Sonne wird, nach der Siemens'schen Hypothese, durch einen continuirlichen Ausfluss von Sonnenmaterie in den äusseren Raum ermöglicht, indem auf diese Weise Materie von geringer Wärmeenergie fortgeführt wird, um sich mit der verdünnten Materie im Raume zu vermengen, deren bedeutendere Wärmeenergie dadurch einigermassen reduziert wird. Ein solcher Prozess trägt jedoch in gewisser Beziehung den Charakter des Perpetuum mobile's an sich. Die Sonne giebt und nimmt, und ihre Einkünfte könnten allenfalls den Ausgaben gleich kommen. Auf

diese Weise wäre eine Maschine geschaffen, welche an eine Substanz Kraft abgibt und von derselben Substanz ihre Kraft wiedergewinnt, um sie wiederum an dieselbe Substanz zu übertragen. Es ist jedoch ein anderes Element hierbei zu beachten, welches die Hypothese von dem verdächtigen Charakter des Perpetuum mobile's freispricht. Wenn die Sonne beständig verdünnte Materie in einer Tangential-Richtung von ihrer oberen Atmosphäre auswirft, so muss eine reaktionäre Wirkung auf die Rotationsenergie der Sonnensphäre stattfinden. Sie muss allmählig ihre Rotationsgeschwindigkeit verlieren; selbstredend wird diese Verminderung in ganz ausserordentlich langsamer Weise von Statten gehen, da das Gewicht, welches durch die ausgeworfene Materie verloren geht, sehr gering ist; nichtsdestoweniger muss sich die Folge im Laufe der Zeit bemerkbar machen und gerade dieser Verlust an Sonnenenergie kann möglicher Weise schliesslich die Ursache werden, um durch einen Prozess in der oben beschriebenen Weise eine neue Wärmequelle zu schaffen. Man könnte sich vorstellen, dass ein ähnlicher Prozess, wenn auch nicht in so auffallendem Masse bei den schnell rotirenden, grossen Planeten, wie z. B. beim Jupiter stattfände.

CHARLES MORRIS.

PHILADELPHIA, U. S.

Unter obigem Titel hat Dr. C. W. Siemens am 2. März vor der Royal Society eine Abhandlung vorgelesen, welche in Nature Band XXV, Seite 440 erschienen ist. In dieser Schrift bemüht sich der Verfasser, nachdem er zunächst der Hypothesen Erwähnung gethan, welche Meyer, v. Helmholtz und Sir William Thomson zur Erklärung der Unterhaltung der Sonnenwärme aufgestellt haben, zu zeigen, wie die scheinbar durch Ausstrahlung in den Raum verlorene Sonnen-

energie, möglicher Weise aufgesammelt und dem Centralkörper unseres Sonnensystemes wieder zugeführt werden könne. Dies wird, nach seiner Auffassung, durch die Vermittlung einer überall im Raume vertheilten, verdünnten Materie bewerkstelligt, welche der Empfänger der ausgestrahlten Energie ist und durch die Centrifugal-Thätigkeit der Sonne selbst beständig absorbiert und wieder ausgeworfen wird. Von der im Raume vorhandenen Materie nimmt der Verfasser an, dass dieselbe Sauerstoff und Stickstoff, Wasserstoff, Wasserdämpfe und Kohlenstoffverbindungen enthalte, ausserdem aber auch solidere Bestandtheile, welche wahrscheinlich von der Sonne selbst ausgehende Verdunstungsprodukte seien und den sogenannten kosmischen Staub bildeten<sup>1)</sup>.

Zur Erhärtung seiner Voraussetzung einer im Sternerraum vorhandenen Materie citirt Dr. Siemens unter Anderen Grove und Mattieu Williams, scheint aber dabei ausser Acht zu lassen, dass die Vermittlung der Materie selbst beim Aufsammlen der verloren gegangenen strahlenden Energie und bei der Zurückführung derselben zur Sonne von diesen Autoren behauptet worden ist. Sir William Grove hat in seiner Adresse an die British Association bei Uebnahme des Präsidiums im Jahre 1866 diese den Zwischenraum der Sterne ausfüllende Materie (deren Natur und verwandtschaftliche Beziehungen zu unserer Erde derselbe bereits im Jahre 1843 in seinem bekannten Aufsätze über „die Wechselbeziehungen der Kräfte“ („The Correlation of Forces“) behandelt hat) als

---

<sup>1)</sup> In einer Abhandlung, welche das den Zwischenraum der Sterne ausfüllende Medium zum Gegenstand hatte, und welche ich vor der französischen Akademie der Wissenschaften (Comptes rendus, September 23, 1878, Seite 453) gelesen habe, sprach ich mich dahin aus, dass dieses Medium, in Übereinstimmung mit Newton's und Grove's Ideen, das Mittel zur materiellen Verbindung zwischen den Himmelskörpern bilde und fügte noch hinzu: „Cette théorie d'une échange universelle me paraissait fournir une explication de l'origine des poussières cosmiques.“

eine Wärmequelle der Sonne darzustellen versucht, insofern als die Sonne „auf ihrer Reise im Raume möglicher Weise gasförmige Materien verdichtet und auf diese Weise Wärme erzeugt werden könnte“. Dieselbe Ansicht wird in dem unter dem Titel: „Das Brennmaterial der Sonne“ („The Fuel of the Sun“) von Matthieu Williams im Jahre 1860 veröffentlichten Werke verfolgt, deren Erklärung, wie sie von mir im *American journal of Science* für Mai 1880 in einem Aufsätze „Ueber die chemischen und geologischen Wechselbeziehungen der Atmosphäre“ (The Chemical and Geological Relations of the Atmosphere) in Kürze wiedergegeben ist, etwa auf das Folgende hinausläuft: —

„Die Sonnenwärme wird nach Williams Annahme dadurch erhalten, dass die Sonne die verdünnte Materie überall, wo sie derselben auf ihrer Bahn durch den Sternenraum begegnet, condensirt. Die unregelmässigen Bewegungen, welche der Sonne in Folge der variirenden Anziehungskraft der Planeten aufgezwungen werden, wodurch die verschiedenen Schichten der Sonnen-Atmosphäre gestört und vermengt und jene grossen Störungen in derselben hervorgerufen werden, welche man durch das Fernrohr beobachten kann, bilden für seine Hypothese die in dem Prozesse thätigen Agenten. Die im Raume vertheilte Materie oder der Äther, welcher der Empfänger der Wärmeausstrahlungen im Weltall ist, wird dadurch in die Tiefen der Sonnenmasse hineingezogen, von wo derselbe den vorher condensirten und, was seine thermale Beschaffenheit anbelangt, erschöpften Äther in den Raum zurückdrängt, worauf er selbst comprimirt wird und seine Wärme abgeben muss, um, wenn die Reihe an ihn kommt, selbst in verdünntem und abgekühltem Zustande anderem Äther Platz zu machen, und im Raume einen neuen Wärmervorrath zu absorbiren, welcher nach der Idee des Verfassers in dieser Weise von dem Äther aufgenommen und von



den Sonnen des Weltalls wiederum concentrirt und vertheilt wird.“

Es fällt dem Astronomen zu, die verschiedenen Ansichten über den Hergang dieses Prozesses, den man den Athmungsprozess der Sonne nennen könnte, zu beurtheilen, wie derselbe in der Siemens'schen resp. in der Hypothese von Williams erklärt wird. Ich möchte im Hinblick darauf noch auf die Newton'schen Principia Buch 111, Paragraph 12 aufmerksam machen.

Die in meiner Abhandlung von 1880 erwähnten Ansichten von Grove und Williams, sind noch weiter behandelt in einem Aufsätze über „die Chemie der Himmelskörper von Newton bis auf unsere Zeit“ (Celestial Chemistry from the time of Newton), welchen ich im November 1881 vor der Philosophical Society in Cambridge gelesen habe, und der aus den Verhandlungen der Gesellschaft sowohl in der Chemical News als auch in dem American Journal of Science für Februar 1882 wieder abgedruckt worden ist. Beim Durchlesen dieser Abhandlung wird man finden, wie Dr. Siemens auch erwähnt hat, dass Sir Isaac Newton schon vor 200 Jahren eine Idee gehabt hat von der Existenz eines Äthers im Zwischenraume der Sterne, der theilweise von den Ausflüssen und Ausdünstungen aus den Atmosphären der Erde, der Planeten und der Sonne, sowie aus den Kometen gebildet werde. Newton sprach ferner die Vermuthung aus, dass dieses Medium im Sternenraume „das materielle Prinzip des Lebens“ und „die Nahrung für Sonne und Planeten“ enthalte, indem es „das Brennmaterial der Sonne“ zuführe und dadurch, dass es in reichlicher Menge von der Sonne absorbiert wird, „die Leuchtkraft der letzteren erhalte.“ Die verwandtschaftlichen Beziehungen dieser zwischen den Sternen befindlichen Materie zum irdischen Leben habe ich in der bereits erwähnten Abhandlung auseinanderzusetzen versucht. Neben der darin auf-

geführten Berechnung der Dichtigkeit des lichtbringenden Mediums von Sir William Thomson, wird der Leser auf eine neuerdings über diese Frage angestellte Untersuchung von P. Glan, worüber in den Annalen der Physik und Chemie, No. VIII 1879 berichtet ist, verwiesen, in der Verfasser zu dem Schlusse gelangt, dass die niedrigste Grenze der Dichtigkeit 7000mal grösser sei als die von Thomson berechnete.

Dr. Siemens hat in seiner Abhandlung ferner darauf hingewiesen, dass die Sonnenausstrahlung wahrscheinlich im Sternensysteme Dissociation von Verbindungen, die der Sauerstoff mit Kohlen-, resp. mit Wasserstoff eingegangen hat, bewirken wird, so dass diese Gase die Sonne im freien Zustande erreichen und dort verbrannt werden können. Er macht auf diese Weise aus der Sonne nicht nur eine Compressionsmaschine sondern auch einen Ofen. Während eine solche Dissociation im äusseren Raume keineswegs unmöglich ist, so ist auf der anderen Seite dabei zu bemerken, dass eine vorausgegangene Zersetzung, welcher eine abermalige Verbindung in der Sonnensphäre folgt, in keiner Weise den schliesslichen calorischen Effect der Compression daselbst vermehren würde. Die im Dissociationsprozesse begriffenen Gasverbindungen im Raume würden gerade so viel strahlende Energie absorbiren, als durch ihre darauf folgende Wiedervereinigung frei gemacht wird, so dass das Endresultat in der Sonne immer dasselbe bleiben wird, gleichviel ob die Sonnenausstrahlungen dazu verwandt werden, die im Raume vertheilte Materie zu erwärmen oder zu zersetzen. Es mag noch dabei bemerkt werden, dass nach unseren Begriffen der Sonnenchemie Dissociation von Wasserdämpfen und Kohlensäure ( $\text{CO}_2$ ) weit eher in der Sonne selbst, als in den kalten Regionen des äusseren Raumes stattfinden wird.

Während daher die von Dr. Siemens vorgeschlagene Ergänzung der Hypothese, wenn auch nicht unhaltbar, so doch

unnöthig erscheint, so sind wir jedenfalls Dr. Siemens dafür zu Dank verpflichtet, dass er jene erhabene Idee wieder vor uns gebracht hat, die zuerst vor Newton's Geiste aufgetaucht ist und in unserer Zeit vollere Gestalt angenommen hat, und welche, wie ich in den bereits genannten Schriften zu zeigen bemüht gewesen bin, uns die Elemente einer rationellen Physiologie des Universums darbietet.

T. STERRY HUNT.

MONTREAL, CANADA, APRIL 3. 1882.

In den beiden vorhergehenden Briefen, die von Amerikanern geschrieben worden sind, welche unter den Männern der Wissenschaft einen hervorragenden Platz einnehmen, wird die eine der drei Thesen, worauf ich meine Sonnentheorie basirt habe: nämlich, dass der Raum mit verdünnter Materie ausgefüllt sei, eingeräumt; die nächste und bei Weitem die wichtigste: nämlich die Voraussetzung eines ausfliessenden Äquatorialstromes ist nicht angefochten worden, während die dritte: dass durch aufgefangene Sonnenenergie Dissociation verdünnter Materie im Raume stattfindet, in Frage gestellt wird. Meine Kritiker erachten Beide Dissociation im Raume für unnöthig zur Erhaltung der Sonnenenergie oder wie Dr. Sterry Hunt sich sehr klar ausdrückt:

„Gleichviel ob die Sonnenausstrahlungen dazu verwandt werden, die im Raume vertheilte Materie zu erwärmen oder zu zersetzen, das Endresultat in der Sonne wird immer dasselbe bleiben.“

Ich lasse mir diesen Ausspruch als eine abstrakte Behauptung ganz gerne gefallen; ich kann mir jedoch nicht denken, dass meine Kritiker ihre Ansicht auf Calkulation begründet haben, d. h. auf den Schlussstein, ohne welchen das Spekulationsgewölbe unmöglich als gesichert angesehen

werden darf. Die Resultate der nach dieser Richtung hin angestellten Experimente haben uns gezeigt, dass der Sternerraum, sowie die denselben ausfüllende Materie, intensiv kalt sind, wie schon aus der winterlichen Temperatur der Polarregionen hervorgeht; zudem gefriert selbst in tropischen Regionen Wasser, wenn es seine Wärme in die Luft frei ausstrahlen kann und von der warmen Erde isolirt ist, während einer einzigen Nacht zu einer beträchtlichen Dicke.

Nehmen wir einmal an, dass die verdünnte Materie im Raum eine Temperatur von 100 Grad<sup>1)</sup> nach der absoluten Skala habe (d. h. 174 Grad unter dem Gefrierpunkte des Wassers), und dass diese Materie auf einem 100 000 fach höheren Verdünnungsgrad sich befände, als wenn sie durch adiabatische Compression die Sonnenphotosphäre erreicht. Die in Folge dieser Compression verursachte Temperatursteigerung muss nach Rankine's allgemein bekannter Formel

$$T_2 = T_1 \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} = 0,29 = 2819^\circ \text{ (absolut)}$$

betragen, was einer Temperatur der Sonnen-Photosphäre von 2545 Grad nach der Centigradskala entsprechen würde. Diese Temperatur dürfte wohl kaum ausreichend sein, um den Sonnenglanz hervorzubringen, wozu, wenn auch wahrscheinlich keine bedeutend höhere, so doch jedenfalls eine ebenso hohe Temperatur erforderlich ist, wie der kräftige elek-

---

<sup>1)</sup> In meiner ersten Antwort auf Professor Sterry Hunt's Brief, die wohl etwas in der Eile gegeben war, habe ich eine Anfangstemperatur von 160 Grad (absolut) und eine adiabatische Compression von nur  $\frac{1}{3000}$  des ursprünglichen Volumens angenommen. Diese Zahlen würden auf einen zu engen Wirkungskreis der Sonnenatmosphäre schliessen lassen; und ich habe mir daher die Freiheit gestattet, hier Zahlen an die Stelle der ursprünglichen einzusetzen, wie sie mit der Beweisführung, welche ich an einem anderen Orte geführt habe, mehr im Einklange stehen.

trische Flammenbogen sie besitzt. Obgleich aber bei grösserem Wirkungsfelde möglicher Weise eine höhere Maximal-Temperatur durch Compression erzielt werden könnte, so würde doch nur sehr wenig von der auf diese Weise gewonnenen Wärmemenge für den Zweck der Ausstrahlung in den Raum entbehrt werden können, da die so abgekühlten Gase dem Gesetze der Sonnenschwerkraft in höherem Grade gehorchen würden, als die erhitzten einkommenden Gase, und dieselben würden gewiss nicht ohne Weiteres in den Raum übergehen, wenn nicht eine andere wichtige Kraft darauf einwirkte. Der einfache Lauf des Sonnenballes durch den Raum in majestätischem Schritte, welcher ein Viertel der Schnelligkeit, mit welcher unsere Erde ihre Bahn zurücklegt, nicht überschreitet, könnte unmöglich ein derartiges Resultat hervorbringen, und auch die in meiner Abhandlung von mir als vorhanden angenommene Schleuderwirkung würde nicht im Stande sein, einem bedeutenden und entscheidenden Einflusse der Dichtigkeit auf die Sonnenschwerkraft entgegenzuwirken.

Ganz anders aber gestalten sich diese Verhältnisse, wenn wir annehmen, dass zu der adiabatischen Compression und zu der Wiederausdehnung noch eine weitere Wärmequelle hinzutritt, wie sie der Verbrennungsprozess in sich birgt. Ein Pfund Wasserstoff entwickelt während der Verbrennung ungefähr 60 000 und ein Pfund Kohlenwasserstoffgas 24 000 Wärmeeinheiten. In meinem in der Aprilnummer des Ninteenth Century über diesen Gegenstand veröffentlichten Artikel habe ich nachzuweisen gesucht, dass, wenn nur der zwanzigste Theil der auf den Polarflächen mit einer Geschwindigkeit von 100 Fuss pro Sekunde einströmenden Gase verbrennbare Gase wären, dieselben eine Wärmemenge erzeugen könnten, welche mehr als genügen würde, um den ganzen Reichthum der Sonnenausstrahlung, wie Herschel und Pouillet denselben berechnet haben, zu erklären.

Es liegt kein Grund vor anzunehmen, dass die einströmenden Gase über die Sonnenphotosphäre hinaus vordringen würden; dieselben würden in Flammen aufschlagen, wo immer ihre Temperatur (in Folge adiabatischer Compression) den Punkt der Selbstentzündung erreicht hätte, und die dadurch erzeugten leichten Feuerwolken würden über den dichteren metallischen Dämpfen, welche einen Theil des permanenten Sonnenkörpers ausmachen, nach den Äquatorial-Regionen weiter ziehen, um von da aus mit einer Temperatur in den Raum einzutreten, welche auch dann noch die der einflussenden Gase in gewissem Grade übersteigen wird, während die in den Raum ausgestrahlte Wärme durch die Verbrennung photosphärischer Materie wieder ersetzt wird.

Die Schleuderwirkung selbst würde, ohne Zweifel, auf Kosten der Sonnenrotation erzeugt werden; um jedoch diesen verzögernden Einfluss in seinem vollen Werthe zu erkennen, muss man stets im Gedächtnisse behalten, dass der Gasstrom, wenn er einmal in Bewegung gesetzt ist, nur in seiner Richtung verändert zu werden braucht, indem die von den einströmenden Gasen angenommene Geschwindigkeit einfach sich dem ausfliessenden Strome mittheilt, so dass die erforderliche Rotationskraft nur genügen muss, um die Reibungsverzögerung zu überwinden. Der in der letzten Wochennummer der „Nature“ erschienene, höchst interessante Leitartikel über die in Amerika während der letzten Sonnenfinsterniss gemachten Beobachtungen, welche in diesem Artikel zum ersten Male veröffentlicht worden sind, bestätigen in ganz unerwarteter und höchst auffallender Weise meine Ansicht über das Vorhandensein einer Schleuderwirkung der Sonne, welche ich als die nothwendige Folge der Sonnenrotation in einem mit verdünnter Materie ausgefüllten Raume bezeichnet habe.

Ich bin mir sehr wohl bewusst, dass meine vor der

Royal Society gelesene Abhandlung denjenigen Männern nur wenig Gerechtigkeit widerfahren lässt, welche viel Zeit und Denken auf das Studium der Sonnenphysik verwandt haben, und dass ausserdem viele Punkte von bedeutendem Interesse, die mit den von mir ausgesprochenen Ansichten in Verbindung stehen, nurmehr angedeutet, anstatt vollständig erschöpft worden sind. Ich habe es jedoch, im Grossen und Ganzen genommen, für besser gehalten, meine Hypothese nur in wenigen Hauptlinien einem über unser gegenwärtiges Wissen in der Sonnenphysik wohl orientirten und in seiner Zeit beschränkten Auditorium vorzulegen.

Um einen derartigen Gegenstand in erschöpfender Weise zu behandeln, müsste man keine Abhandlung, sondern nothwendiger Weise schon ein umfangreicheres Werk schreiben, und vielleicht wird Dr. Sterry Hunt, der bereits so viel zur Bereicherung unseres gegenwärtigen Wissens über Sonnenphysik gethan hat, sich angeregt fühlen, seine Arbeiten nach dieser Richtung hin auszudehnen.

C. W. SIEMENS.

12, QUEEN ANNE'S GATE, WESTMINSTER,  
*April 26. 1882.*

### Die Erhaltung der Sonnenenergie.

Dr. Siemens' neue und geistreiche Theorie, welche er uns in seiner Vorlesung vor der Royal Society auseinandergesetzt hat, und die auch in „Nature“ veröffentlicht worden ist, wird zweifelsohne, was ihren mehr physikalischen Charakter anbelangt, in angemessener Weise von Männern kritisirt werden, welche mit den verwickelten Fragen der Sonnenphysik besser vertraut sind, als ich es von mir behaupten darf; es wird mir dagegen vielleicht gestattet sein, auf eine oder zwei Schlussfolgerungen des Verfassers aufmerksam zu machen, welche,

wie mir scheinen will, denn doch einigermaßen den Gesetzen der Mechanik widersprechen. Der Verfasser legt z. B. einen besonderen Nachdruck auf die „bedeutende Rotationsgeschwindigkeit der Sonne“, welche, nach seiner Berechnung, am Sonnenäquator vier und ein halb mal so gross ist, als die Geschwindigkeit am Erdäquator. Dieser „bedeutenden Rotationsgeschwindigkeit“ schreibt Dr. Siemens die angenommene Wirkung zu, dass die Verbrennungsprodukte der in Folge der vorausgesetzten Schleuderwirkung an den Sonnenpolen eingesogenen Gase am Sonnenäquator in den Raum wieder ausgeworfen werden.

Mairan war offenbar der Ansicht, dass die äquatoriale Hervorragung der Sonnenatmosphäre eine Folge der Centrifugalkraft sei, welche durch den Einfluss der Rotationsgeschwindigkeit der Sonne so anwachse, um selbst für die Erscheinung des Zodiakallichtes eine genügende Erklärung abzugeben; und wie Dr. Siemens uns zu zeigen bemüht gewesen ist, kann diese Ansicht möglicher Weise auch richtig sein, wenn man annimmt, dass der Raum, anstatt ein Äthervacuum zu sein, mit ausserordentlich verdünnten Gasen angefüllt ist. La Place, der von der gewöhnlichen Voraussetzung eines leeren Sternenraumes ausgegangen ist, soll jedoch ausgerechnet haben, dass die Sonnenatmosphäre sich nicht weiter als auf  $\frac{9}{20}$  der Distanz des Merkurs, d. h. auf eine Distanz von etwa 16 Millionen Meilen nach Aussen hin ausdehnen könne, und dass in dieser Entfernung dieselbe sich in einem so ausserordentlich verdünnten Zustande befinden würde, dass sie fast die Bezeichnung des Vacuums verdiente. Dass dies so sein muss, wird uns einleuchten, wenn wir bedenken, dass die bedeutende Rotationsgeschwindigkeit am Sonnenäquator, obgleich relativ grösser als die am Erdäquator in dem von Dr. Siemens gegebenen Verhältnisse, so weit davon entfernt ist, eine bedeutende Centrifugalkraft ausüben zu können, dass dieselbe



im Gegentheil in dieser Beziehung weit weniger wirksam erscheint, als die geringere Tangentialgeschwindigkeit am Erdäquator. Dieser Umstand ist hauptsächlich dem entgegenwirkenden Einflusse der Schwerkraft der Sonne zuzuschreiben, welche letztere, wie allgemein bekannt ist, mehr als siebenundzwanzigmal so gross ist, als die Schwerkraft der Erde, welche durch  $g$  repräsentirt wird. Zum Theil trägt ferner der grosse Werth des Sonnenradius mit dazu bei, welcher auch in dem Nenner der Formel  $\left(\frac{v^2}{r}\right)$  vertreten ist, worin der Werth der Centrifugalkraft nach der Tangential-Geschwindigkeit bestimmt wird. Es ist daher zum Mindesten auffallend, dass Dr. Siemens keinen dieser beiden Faktoren erwähnt hat, welche doch mit der Centrifugalwirkung der Centrifugalkraft, d. h. mit der motorischen Kraft, worauf die ganze Wirkung beruht, in so innigem Zusammenhange stehen, und in seiner Abhandlung es vielmehr so dargestellt hat, als ob diese Thätigkeit weiter nichts als eine einfache Funktion der Tangentialgeschwindigkeit am Sonnenäquator sei.

In der Wirklichkeit aber hat die Centrifugalkraft es den beiden oben erwähnten, vereinten Einwirkungen und zwar besonders dem Einflusse der ersteren zu verdanken, dass ihre Wirkung auf ein Atom im Verhältnisse zu dem Gewichte desselben selbst am Sonnenäquator eine fast unendlich geringe ist.

Um diese etwas weitschweifige astronomische Erklärung anschaulicher zu machen, braucht man nur auf die Zahlen zurückzugreifen, welche man in jedem populären Werke über die Sonne finden kann, so z. B., um auf die bekannte Thatsache hinzuweisen, dass die Centrifugalkraft am irdischen Äquator einen Körper um ein 289stel des Gewichtes, welches ihm an den Polen eigen gewesen ist, erleichtert, während der Gewichtsverlust unter ähnlichen Verhältnissen am Sonnenäquator

nur ein 18 000stel beträgt. Oder ferner, um es in noch anderer Weise wiederzugeben: damit die Schwerkraft und die Centrifugalkraft der Sonne sich gegenseitig das Gleichgewicht halten könnten, und damit ein Atom am Sonnenäquator gewichtlos erschiene, würde die Sonne sich 133mal so schnell um ihre Achse zu drehen haben, als sie es gegenwärtig thut, während, um ähnliche Resultate auf der Erde zu erzielen, die Rotationsgeschwindigkeit der Erde nur siebenzehnmal vergrößert zu werden brauchte.

Wo daher die verschiedenen Schichten der Sonnenatmosphäre nicht von austreibend wirkenden, lokalen Kräften, welche durch den Verbrennungsprozess in der Sonne in's Leben gerufen worden sind, momentan beeinflusst werden, würden sich dieselben je nach ihrer relativen Dichtigkeit eine auf die andere lagern und ruhig in dieser Lage auf der Sonnenoberfläche verbleiben und zwar unter dem Einflusse einer Anziehungskraft, welche mindestens siebenundzwanzigmal grösser ist, als diejenige, welche unsere Erde auf ihre Luftumhüllung ausübt. Dass unter solchen Verhältnissen die Centrifugalkraft der Sonne dieselbe in den Stand setzen soll, Verbrennungsprodukte in den Raum zu schleudern, erscheint mir höchst unwahrscheinlich.

Lassen wir aber auch des Arguments wegen das Vorhandensein einer derartigen Thätigkeit wirklich gelten, würde selbst dann wohl der Schlusssatz in Dr. Siemens Abhandlung buchstäblich aufrechterhalten werden können, nämlich dass diese Thätigkeit „es der Sonne ermögliche, ihre Ausstrahlung noch bis auf sehr entfernte Zeiten fortzusetzen“<sup>1)</sup>? Die Ge-

---

<sup>1)</sup> Der Ausdruck in dem Schlussparagraph meiner Originalabhandlung war allerdings wohl danach angethan, um irre zu führen; dagegen ist im Allgemeinen in der Abhandlung von verschiedenen Energie-Verlusten der Sonne die Rede, woraus hervorgeht, dass ich von vorneherein keine Actio in perpetuum angenommen hatte. —

setze der Energie lehren uns, dass keine Arbeit ohne Kraftaufwand vollbracht werden kann, und da in diesem Falle das *Primum Mobile* die Sonnenrotation ist und die auf den Sonnenpolen einfließenden Gase allmählig das Rotationsmoment auf Kosten der Sonne annehmen würden, so müssten diese Gase im Laufe der Zeit die Sonnenrotation auf Null reduciren, worauf die Regenerativthätigkeit aufhören und in Folge dessen die Sonne ausbrennen würde. Die Worte „bis auf sehr entfernte Zeiten“ können daher jedenfalls nur eine beschränkte Bedeutung haben.

E. DOUGLAS ARCHIBALD.

[Um Zeit zu ersparen, haben wir Mr. Archibald's Brief Dr. Siemens vorgelegt, welcher darauf folgende Antwort einsendet. — Ed.]

Dieser Brief zeigt, dass Mr. Archibald der Hauptpunkt meiner Beweisführung in Betreff der Schleuderwirkung der Sonne entgangen ist. Ich glaubte ziemlich klar gezeigt zu haben, dass die Schwerkraft der Sonne die einfließenden und ausfließenden Ströme gleichmässig beeinflussen würde, und dass die Centrifugalwirkung in einem mit Materie gefüllten Raume die Bewegung in der Äquatorialrichtung bestimmen müsse. Um jedoch dieses Problem in eine mathematische Form einzukleiden, wollen wir einmal die Beziehungen näher betrachten, in welchen zwei gleiche Materien  $m_p$  und  $m_a$  zu einander stehen, welche beide um den Radius  $R$  vom Sonnenmittelpunkte entfernt liegen mögen, und zwar die eine den beiden Polen gegenüber und die andere der Äquatorialgegend gegenüber. Die auf diese Massen einwirkende Schwerkraft wollen wir mit  $\frac{gm_p}{R^2}$ , respektive mit  $\frac{gm_a}{R^2}$  bezeichnen, und wenn diese Materien beide gasförmig sind und bei gleicher chemischer Zusammensetzung dieselbe Temperatur besitzen, so

werden sie auch gleiche Volumina repräsentiren, sagen wir einmal jede einen Kubikfuss.

Unter obigen Verhältnissen könnte man annehmen, dass

$$\frac{gm_p}{R^2} = \frac{gm_a}{R^2} \text{ sei;}$$

die Masse  $m_a$  wird jedoch noch von einer anderen Kraft beeinflusst, welche durch die Tangentialbewegung erzeugt wird, welche wir mit  $v$  bezeichnen wollen, während  $\varphi v$  die aus dieser Bewegung hervorgehende Centrifugalkraft repräsentiren soll. Sodann wird die Wirkung der Schwerkraft nach der Sonne hin auf  $\frac{gm_a}{R^2} - m_a \varphi v$  reducirt und da der letztere Faktor eine positive Grösse ist, so erhalten wir:

$$\frac{gm_p}{R^2} > \frac{gm_a}{R^2} - m_a \varphi v.$$

Diese Ungleichheit der anziehenden Kräfte muss die Bewegung nach der Sonne hin zu Gunsten von  $\frac{gm_p}{R^2}$  bestimmen, und da dies für irgend einen Werth von  $g$  und  $R$  geltend ist, so folgt, dass der Polareinfluss sowie der äquatoriale Ausfluss stattfinden muss, vorausgesetzt nur, dass der Raum nicht leer sei, wie La Place angenommen hat, sondern entweder von einem elastischen oder nicht elastischen Fluidum ausgefüllt wird.

Mit anderen Worten: Mr. Archibald glaubt, dass zur Hervorbringung einer Ausströmung von der Sonne her die Centrifugalkraft  $m_a \varphi v$  die Schwerkraft  $\frac{gm_a}{R^2}$  nothwendiger Weise übertreffen müsse, während nach meiner Ansicht die Grösse der ersteren nur die Schnelligkeit der Ausströmung bestimmt, für das Prinzip der Arbeit dagegen ohne Belang ist. Das Auswerfen von Staub hängt lediglich von dem ausfliessenden Strome ab. Ich muss es Mr. Archibald selbst überlassen,

die Geschwindigkeit des Stromes zu bestimmen, welche dazu nothwendig ist, ein Staubtheilchen von gegebener Grösse und von bestimmtem Gewichte, im Gegensatze zu seiner Schwerkraft, von der Sonne fortzubewegen, welche letztere allerdings, wie mir sehr wohl bekannt ist, siebenundzwanzigmal so gross ist, als die Schwerkraft der Erde auf ihrer Oberfläche.

Die Gasströmung wird natürlich auf Kosten der Sonnenrotation erzeugt, allein dieser Energieaufwand ist verhältnissmässig weit geringer, als der Kraftverlust unserer Erde in Folge der Wirkung der Ebbe und Fluth und mag daher, soweit unsere vorliegenden Zwecke dabei in Betracht kommen, unberücksichtigt bleiben. Derselbe wird überdies durch das Schwinden der Materie in der Sonne, wie ich es in meiner Abhandlung zu erklären versucht habe, wieder ausgeglichen.

C. WM. SIEMENS.

#### Dr. Siemens' Sonnenhypothese.

Ich habe bereits seit mehreren Wochen darauf gewartet, dass die folgenden, wie mir scheinen will, ziemlich nahe liegenden Einwendungen gegen Dr. Siemens' Sonnentheorie zur Sprache kommen würden; bis jetzt hat aber Niemand solcherlei Einwendungen erhoben, noch ist in Folge dessen eine Widerlegung derselben von Seiten des Dr. Siemens darauf erfolgt:

1. Auf welche Weise erlangen die im Zwischenraume der Planeten in der Nähe der Sonne befindlichen Gase die genügende radiale Geschwindigkeit, wodurch verhütet wird, dass dieselben eine dichte Atmosphäre um die Sonne herum bilden?

2. Warum haben sich nicht längst schon sehr grosse Atmosphären um die Planeten und vor Allem um den Mond herum gelagert?

3. Warum ist unsere Erde nicht schon vor langer Zeit überschwemmt worden, wenn ein continuirlicher Strom von Wasserdämpfen, welcher im Stande wäre, eine Regenmasse von mehr als 30 Zoll im Durchmesser pro Jahr über die ganze Erdoberfläche hervorzubringen, über unsere Erde hinpassiren muss, um das Brennmaterial zu beschaffen, welches durch die jährlich über die Erde sich ergießenden Wärmestrahlen dissociirt werden soll?

4. Wie kommt es, dass wir die Sterne sehen können obgleich die meisten der Sonnenstrahlen im Bereiche irgend einer annehmbaren Entfernung von der Sonne absorbiert werden?

GEORG FRAS. FITZGERALD.

40, TRINITY COLLEGE, DUBLIN.

*Den 16. Mai 1882.*

Auf die an mich gestellten, höchst treffenden Fragen von Professor Fitzgerald erlaube ich mir in folgender Weise zu antworten:

1. Die Gase, welche zum grossen Theile aus Wasserstoff, resp. aus Wasserstoffverbindungen bestehen, haben im Vergleich zu den dichteren, die permanente Sonnenatmosphäre bildenden, Gasen ein verhältnissmässig geringes specifisches Gewicht. Wenn wir annehmen, dass diese Gase in der Photosphäre in Flammen aufschlagen, so wird dadurch ihr specifisches Gewicht sehr bedeutend verringert und in Folge dessen eine gewisse entgegengesetzte Wirkung hervorgerufen werden, welche vereint mit der bereits von diesen Gasen gewonnenen Bewegung nach Vorwärts und mit Hülfe des Centrifugal-Impulses, welchen dieselben dadurch erhalten, dass sie mit der tiefer gelegenen Atmosphäre in Reibungscontact kommen, diese Gasmasse zu einem Strome auf der Oberfläche gestalten, welcher von den Polen nach den Äquatorial-Regionen und von da hinaus in

den Raum sich ergiesst. (Um Missverständniss zu vermeiden, gestatten Sie mir hier hinzuzufügen, dass ich die Centrifugal-Wirkung in keiner Weise für ausreichend erachte, die Schwerkraft der Sonne zu überwinden.) Astronomen pflegen gewöhnlich der Ansicht zu sein, dass ein jedes Sphäroid, welches eine Atmosphäre besitzt, in einem luftleeren Raume rotirt; unter solchen Verhältnissen muss die Atmosphäre an der rotirenden Bewegung des soliden Sphäroids Theil nehmen, und nachdem dieselbe am Äquator zu einer bedeutenderen Tiefe angewachsen ist, wird sie einen gewissen Zustand statischen Gleichgewichts behaupten, so lange keine äusseren Einflüsse störend darauf einwirken. Ein solches statisches Gleichgewicht wird aber unmöglich, wenn wir annehmen, dass dasselbe Sphäroid mit seiner Atmosphäre von einem Ocean von unbegrenzten Dimensionen umgeben ist, der aus einer gasförmigen Materie gebildet wird, welche an der Rotation des Sphäroids keinen Antheil hat, wengleich dieselbe dem Einflusse seiner Anziehungskraft unterworfen ist. Gleiche Massen werden unter solchen Bedingungen in der Gegend der Pole sowohl als auch in der Richtung des Äquators gleichmässig angezogen werden, und aus der in Folge der rotirenden Bewegung hervorgerufenen unausgesetzten Störung des Gleichgewichts muss eine continuirliche Ausströmung hervorgehen. Dabei braucht dieser Ausfluss keineswegs lediglich auf Kosten der rotirenden Bewegung des Sphäroids stattzufinden, da der einflussende Polarstrom, wenn er einmal in Bewegung ist, zur Umwandlung in den ausfliessenden Strom weiter nichts bedarf, als dass derselbe durch Wirkung des Reibungswiderstandes in seiner Richtung verändert wird.

2. Was die zweite Frage anbelangt, so setze ich voraus, dass die Atmosphäre eines jeden Sphäroids jedesmal genau von der Masse des letzteren abhängt; und wenn diese Ansicht richtig ist, so muss auch der Mond eine Atmosphäre besitzen,

wenn auch in so verdünntem Zustande, dass man dieselbe mit Hülfe optischer Instrumente kaum wahrnehmen kann; denn wie Wollaston in seiner bekannten Abhandlung, welche im Januar des Jahres 1822 vor der Royal Society gelesen wurde, sich ausdrückt: „sie würde nicht grösser sein, als die unserer Atmosphäre da ist, wo die Anziehungskraft der Erde der des Mondes auf seiner Oberfläche gleichkommt, oder ungefähr 5000 Meilen von der Erdoberfläche. Ich bin mir wohl bewusst, dass die atmosphärische Dichtigkeit, wenn wir annähmen, dass die atmosphärische Luft ein vollständig elastisches Fluidum sei, auf einer Höhe von nur 70 Kilometer, den  $\frac{1}{7000}$  Theil der atmosphärischen Dichtigkeit nicht übersteigen und daher auf grössere Distanzen ganz unbeachtenswerth werden würde; wir haben dagegen Beweise, woraus hervorgeht, dass Boyle und Mariotte's Gesetz nur auf einen verhältnissmässig beschränkten Wirkungskreis<sup>1)</sup> Anwendung finden kann; ferner habe ich in meiner Abhandlung auf andere Beweisgründe aufmerksam gemacht, welche für die Voraussetzung sprechen, dass solche Gase, wie sie in Meteorsteinen enthalten sind, im Raume in beträchtlicher Menge zerstreut sind, sonst hätten die Meteorsteine nicht seit Millionen von Jahren diese Gase in sich zurückhalten können trotz der Wirkung der Diffusion in den leeren Raum.

3. Die Dampfmasse, welche unter den hier angenommenen Bedingungen in condensirtem Zustande auf der Erde sich ablagern würde, würde einerseits von ihrer mittleren Temperatur und andererseits von der Dichtigkeit des Dampfes in der sie umgebenden Sternenatmosphäre abhängen. Angenommen die Dichtigkeit der Sternenatmosphäre, welche, obgleich sie die Erde umgibt, doch nicht an der rotirenden Bewegung derselben Theil nimmt, betrüge den 10 000sten Theil

---

<sup>1)</sup> Siehe Anmerkung Seite 9.



der atmosphärischen Dichtigkeit, so würde der Condensationspunkt der mit Wasserdampf gesättigten Sternenatmosphäre nach Regnault —  $50^{\circ}$  C.<sup>1)</sup> sein; wenn die äusseren Regionen auf diesem Temperaturgrade stünden und mit Wasserdampf gesättigt wären, so würden sich beide in diffusum Gleichgewicht befinden; wenn sie sich auf einer niedrigeren Temperaturhöhe befänden, so würden sie Wasserdämpfe von dem sie umgebenden Medium aufnehmen, und wenn ihre Temperatur höher wäre, würden sie an dasselbe Wasserdämpfe abgeben.

4. Astronomen sind längst der Ansicht gewesen, dass es Sterne giebt, die sich unserem Gesichtskreise entziehen. Diese Hypothese schliesst die der Absorption von Wärme und Lichtstrahlen im Sternenraume in sich; einige Strahlen werden leichter als andere absorbirt; so stellt sich auch heraus, dass der gelbe Strahl bei der Zersetzung von Kohlensäure und Wasserdampf in der Pflanzenzelle der wirksamste ist. Sollten nicht möglicher Weise auch wohl dieselben Bedingungen im Raume vorherrschen und den Strahlen von höchster Brechbarkeit gestatten die grösste Entfernung zurückzulegen, ohne absorbirt zu werden — ich sollte sagen, ohne nutzbar gemacht zu werden — für chemische Arbeit?

C. W. SIEMENS.

12, QUEEN ANNE'S GATE, S. W.

*Den 22. Mai 1882.*

---

<sup>1)</sup> Diese Temperatur ist entschieden zu hoch veranschlagt; wenn wir annehmen dieselbe wäre gleich  $100^{\circ}$  nach der absoluten Centrigradskala, so würden wir eine bedeutend geringere Dichtigkeit für den Dampf im Raume erhalten; jedoch giebt Regnault's Formel nicht die Mittel, dieselbe zu berechnen.

### Über die Erhaltung der Sonnen-Ausstrahlung.

Eine Schwierigkeit wird sich wie mir scheinen will, in Bezug auf die Theorie von Dr. Siemens aufwerfen, wenn wir die ursprüngliche Beschaffenheit der Erde sowie der anderen Planeten betrachten. Was ist nämlich aus der grossen Energiemenge geworden, welche in der Gestalt von Wärme in diesen Körpern vorhanden war? —

Genau wie im Falle der Sonnenrotation, so würde auch die Erdrotation einen continuirlichen cyklischen Strom hervorbringen, wobei die Verminderung der Rotationsenergie vielleicht durch Schwinden wieder ausgeglichen wird; die strahlende Wärme würde in die Potentialenergie der Dissociation verwandelt werden, und diese Energie würde der Erde wiederum in der Gestalt von Wärme an einem anderen Punkte des Stromkreises zurückgegeben werden, wo die Elemente eine abermalige Verbindung eingehen. Nun ist es aber ganz unmöglich, dass die ganze Masse der ausgestrahlten Wärme in dieser Weise verbraucht wird, da wir nach einer gewissen Reihe von Jahren finden würden, dass die Potential- oder (vielleicht auch) die Rotationsenergie beträchtlich abgenommen hätte; und wir müssten daher nothgedrungen zu dem Schlusse kommen, dass die Erde beständig heisser würde. Ein Theil der entwichenen strahlenden Wärme muss daher in den Raum entkommen sein, um nie wieder zurückzukehren.

Dürfen wir daher wohl annehmen, dass mehr Wärme von der Sonne ausgestrahlt wird, als für die Dissociation der Elemente erforderlich ist? Wenn eine solche Annahme gerechtfertigt ist, so dürfen wir wenigstens auch eine genügende Erklärung der langsam abnehmenden Wirksamkeit der Wärme erwarten.

Der Verfasser dieses Briefes hat Recht, wenn er zu dem Schlusse kommt, dass in Übereinstimmung mit meiner Hypothese die Erde ebenfalls einen Strom von Materie in der Richtung des Äquators in den Raum aussenden muss; und wenn Ihr Correspondent einen Blick auf meinen Artikel im *Nineteenth Century* vom verflossenen April werfen will, so wird er finden, dass auf Seite 522 von einem solchen Ausfluss, der von der Erde herkommt, die Rede ist, welchen ich mit der Erscheinung des Nordlichtes in Verbindung bringe. Wenn zu irgend einer Zeitperiode seit dem Bestehen der Welt die Rotationsgeschwindigkeit der Erde bedeutend grösser gewesen ist, als sie heute erscheint (wie Mr. G. Darwin erst vor Kurzem angedeutet hat) und wenn die Temperatur auf der Oberfläche derselben genügend hoch war, um die Entzündung brennbarer Gase herbeizuführen, so wird man auch vernunftgemäss annehmen dürfen, dass dieselbe die Kraft gehabt hat, ihre ausgestrahlte Wärme wiederzuerlangen. Die so wiedererlangte Wärmemenge würde unter allen Umständen geringer sein, als die durch Ausstrahlung verlorene<sup>1)</sup>, und das durch die allmähliche Abnahme der Temperatur herbeigeführte Resultat würde sein, dass eines Tages die Temperatur unter den Verbrennungspunkt gefallen sein müsste, von welchem Tage an keine Wiedererlangung von Wärme mehr stattgefunden haben kann. Der Abkühlungsprozess würde sodann in einem sehr rasch zunehmenden Verhältnisse fortschreiten, bis die Temperatur auf der Oberfläche einen anderen Punkt von verhältnissmässiger Beharrlichkeit erreicht hätte, wo der Ausstrahlung in den Raum durch die von der Sonnenausstrahlung empfangene Wärme

---

<sup>1)</sup> Im Original steht wohl irrthümlich: the amount of heat so recuperated would under all circumstances, be less than that received back by combustion etc.

das Gleichgewicht gehalten würde; und dies ist der augenblickliche Stand der Dinge<sup>1)</sup>.

C. W. SIEMENS.

12, QUEEN ANNE'S GATE, S. W.

Den 16. October 1882.

### Über Dr. C. W. Siemens' neue Sonnentheorie.

Von M. Faye.

*Eine Mittheilung an die Académie des Sciences, veröffentlicht in Comptes Rendus am 9. October, 1882<sup>2)</sup>.*

Diese Theorie hat offenbar unter den Physikern bedeutendes Aufsehen erregt, da die Abhandlung, welche dieselbe enthielt, nachdem sie kaum in London erschienen war, auch schon in verschiedenen Übersetzungen in Frankreich veröffentlicht worden ist, worunter vor Allem die Übersetzung in der letzten Nummer der *Annales de Chimie et de Physique* genannt werden muss. Ich nehme an, dass der Hauptgrund für diese Eile in der Ankündigung der Resultate von neuen Experimenten zu suchen ist, welche von dem Verfasser über die chemische Aktion des Lichtes gemacht worden seien. Es ist allgemein bekannt, dass, unter der Einwirkung des Lichtes und durch Vermittlung des Chlorophyll's der Pflanzen, Wasserdampf und Kohlensäure schon bei gewöhn-

---

<sup>1)</sup> Professor E. J. Stone hat vor Kurzem meine Aufmerksamkeit auf eine höchst interessante Beobachtung hingelenkt, welche für meine Sonnenhypothese spricht: nämlich dass, wenn ein Stern, welcher, sagen wir einmal, der dritten Klasse angehört, was die Grösse seines Lichtkreises anbelangt, plötzlich, (wahrscheinlich in Folge eines Zusammenstosses mit einem anderen Himmelskörper) zu einem Sterne der ersten Klasse aufleuchtet, der auf solche Weise durch seine gesteigerte Temperatur hervorgerufene höhere Glanz desselben sehr rasch wieder abnimmt, bis der frühere Grad des Glanzes wieder erreicht ist, von welcher Zeit an der Stern sein früheres Ansehen behauptet, offenbar durch einen Rekuperationsprozess, der von seiner Rotation abhängt.

<sup>2)</sup> Diese Mittheilung ist in dem Philosophical Magazine vom verflorenen November in der Übersetzung erschienen, wovon das Obige entnommen ist.

lichen Temperaturen zersetzt und auf die verbrennbaren Formen zurückgebracht werden: nämlich auf Kohle und Wasserstoff in den verschiedenen Verbindungen. Dr. Siemens hat versucht, ob das Sonnenlicht allein nicht eine solche Zersetzung hervorbringen könnte, wenn man Wasserdampf und Kohlenoxydgas in ausserordentlich verdünntem Zustande, welche zum Beispiel auf eine Verdünnung auf  $\frac{1}{1800}$  gebracht worden seien, ohne jegliches Vermittlungsmittel der Wirkung desselben aussetzt. Seine Experimente, welche meiner Ansicht nach nur noch der Gegenprobe bedürften, die nicht schwer zu machen wäre, haben vollständig bestätigende Resultate ergeben. So stellte sich unter Anderem heraus, dass verbrannte Gase, die auf einen so hohen Grad der Verdünnung gebracht waren, dass sie nicht länger mehr die Leitung des Induktionsfunken gestatteten, schon, nachdem dieselben wenige Stunden lang dem Sonnenlichte ausgesetzt gewesen, genügende Leitungsfähigkeit gewonnen hatten durch die eingegangenen Verbindungen, um diesen Funken mit der wohlbekanntem Färbung, den derselbe in Kohlenwasserstoff-Verbindungen enthaltenden Medien<sup>1)</sup> annimmt, zu übertragen.

Durch die Resultate dieser wundervollen Experimente, hat Dr. Siemens, welcher dieselben für entscheidend angesehen hat, sich veranlasst gefühlt, weiter nachzuforschen, ob diese Erscheinung im Weltall nicht noch weit wichtigere Funktionen verrichte, als im Pflanzenleben. Angenommen der Raum wäre mit analogen, bereits verbrannten Gasen angefüllt, so würde das Sonnenlicht die Brennstoffe: Wasser- und Kohlenstoff wieder beleben, so dass dieselben vollständig fähig wären, die nöthige Nahrung für eine neue Verbrennung zu liefern.

Die Sonne würde dann diesen Brennstoff an sich heranziehen und wieder verbrennen und auf diese Weise einen nicht

---

<sup>1)</sup> Z. B. in einer luftleeren Glasglocke, in welche zuvor ein Tropfen Terpetinöl eingegossen worden ist.

unbedeutenden Theil der enormen Wärmemenge wieder erlangen, welche wir jetzt durch ihre Ausstrahlung in den Himmelsraum ohne jeglichen Nutzeffekt mit Bedauern verloren gehen sehen.

Dr. Siemens ist auf diese Weise dazu gekommen, die folgende Hypothese aufzustellen: Der Raum ist mit verbrannten Gasen, nämlich mit Wasserdampf und Kohlensäure angefüllt, welche mit indifferenten Gasen, wie Stickstoff etc. vermischt sind, d. h. ziemlich genau mit solchen Gasen, aus denen unsere Atmosphäre sich zusammensetzt, und zwar bei einem Drucke von  $\frac{1}{2000}$ . Diese Gase werden unter der Einwirkung des Sonnenlichtes zum Theil in Brennstoffe verwandelt; die Sonne zieht sodann durch einen Mechanismus, ähnlich dem des Flügels eines Centrifugalventilators die letzteren an sich heran, und sendet sie, nachdem sie dieselben zuvor verbrannt hat, in den Raum wieder zurück. Diese unermessliche Wärmequelle würde unaufhörlich ergänzt werden, und nur der Theil der von ihr ausgestrahlten Wärmemenge würde verloren gehen, welcher nicht von dem kosmischen Medium von einer Dichtigkeit von  $\frac{1}{2000}$  absorbiert würde.

Es ist durchaus nicht in Abrede zu stellen, dass dem Physiker Luft, die auf die Verdünnung von  $\frac{1}{2000}$  gebracht worden ist, beinahe als absolutes Vacuum erscheinen würde, und zwar um so mehr, da in einem solchen Vacuum der elektrische Funken in der That nicht länger passiren kann. Für den Astronomen ist dagegen ein solches Medium sehr dicht. Wenn in der Astronomie von dem Widerstande eines Mediums oder von dem Widerstande des Äthers die Rede ist, und wenn wir mit Hülfe der genauesten Beobachtungen und der gründlichsten Berechnungen die Spuren dieses Widerstandes aufzusuchen bemüht sind, so haben wir es mit einem ganz anderen Gegenstande zu thun.

Ohne auf derartige Diskussionen eingehen zu wollen,

will ich hier nur anführen, dass z. B. die Flugbahn einer Kanonenkugel, welche mit einer Geschwindigkeit von 500 Metern pro Sekunde die Luft durchschneidet, schon nach wenigen Sekunden in Folge des Luftwiderstandes genügend verändert worden ist, um den Artilleristen zu zwingen, denselben auf seinen Tabellen in Anrechnung zu bringen.

Wenn die Luft auf  $\frac{1}{2000}$  reducirt ist und das Wurfgeschoss die Schnelligkeit der Bewegung der Himmelskörper annähme, sagen wir zum Beispiel eine sechzigfach grössere Geschwindigkeit, so werden jene wahrnehmbaren Wirkungen bei einer grossen Anzahl von vorwärts schiessenden Himmelskörpern, welche, was ihre Dimensionen anbelangt, mit denen unserer Kanonenkugeln vergleichbar sind, zweimal so gross sein, als die Wirkungen, welche wir auf unseren Schiessplätzen beobachten, und zwar nicht erst nach einigen Jahren oder gar nach Jahrhunderten, sondern schon nach einigen Sekunden.

Ferner will mir scheinen, als ob der berühmte englische Physiker einigermassen übersehen habe, die Masse von Materie, welche er zum Sonnensysteme hinzufügt, näher in's Auge zu fassen.

Unter dem Einflusse der Anziehungskraft würde diese Materie sich mit den bereits existirenden Sternen und vor Allem mit der Sonne vereinigen und deren Masse unaufhörlich vermehren. Nichts ist leichter als sich eine Idee hiervon zu bilden. Ein Liter Luft, welche die erforderliche Menge Wasserdampf enthält, wiegt zum Mindesten ein Gramm bei gewöhnlichem Drucke. Bei einem Drucke von  $\frac{1}{2000}$  würde dies 0,0005 Gramm ausmachen und ein Kubikmeter würde sonach 0,0005 Kilogramm wiegen. Gehen wir von diesen Zahlen aus und beschränken wir das Sonnensystem auf eine Sphäre, welche alle Planeten bis auf die Entfernung des Neptuns umfasst, so würde das Gewicht der auf Grund dieser Hypothese hinzugefügten, ausserordentlich verdünnten Materie in Kilogramm: —

$\frac{4}{3} \pi (6\,400\,000 \times 24\,000 \times 30)^3 \times 0,0005 \text{ Kilogramm}^1)$   
ausmachen.

Das wirkliche Gewicht der Sonne beträgt in Kilogramm: —

$$\frac{4}{3} \pi (64\,000\,000)^3 \times 5,6 \times 324\,000^2).$$

Der erstere Faktor ist 100 000mal so gross als der zweite.

Die besagte Hypothese vermehrt daher die Materie des Sonnensystems, worüber die Astronomie bis heran so genau Rechnung geführt hat um das 100 000fache der Sonnenmasse.

Es ist wohl kaum anzunehmen, dass die Astronomen derartige Hypothesen adoptiren werden. Dieselben würden gewiss mit Freuden sich mit dem Gedanken vertraut machen, dass die Natur die Sonne mit Nahrungsquellen versehen habe, welche ihre Wärme länger ausreichen machen würden; da jedoch die endliche Erkaltung der Sonne noch in ziemlich weiter Ferne liegt, so wird man sich mit dem Gedanken trösten, dass die Dinge dieser Welt, selbst die vorzüglichsten nun einmal nicht für immer gemacht zu sein scheinen.

Was aber die Experimente von Dr. Siemens anbelangt, worauf diese Hypothese beruht, so werden dieselben darum in den Augen der Astronomen keineswegs an ihrer Wichtigkeit verlieren. Die Hauptsache ist, der lebendigen Natur wiederum eines ihrer Geheimnisse abzulauschen, eines der Gesetze der organischen Welt; und der Wunsch der Astronomen wird daher nur dahin gehen, dass Dr. Siemens die Bahn, auf welcher er so glänzend begonnen hat, weiter verfolgen möge, selbst wenn der Astronom sich darum auch

---

1) Die erste Zahl ist der Radius der Erde in Metern ausgedrückt; die zweite giebt die Distanz unserer Erdkugel von der Sonne in Erd-Radien; die dritte drückt die Entfernung des Neptuns in Theilen der Sonnendistanz aus.

2) Die erste Zahl giebt den Radius der Erde in Decimetern; die zweite die mittlere Dichtigkeit unserer Erdkugel in ihrem Verhältnisse zum Wasser; die dritte Zahl giebt die Masse der Sonne in ihrem Verhältnisse zu der der Erde.



noch nicht der Hoffnung hingeben zu dürfen glaubt, dass die dadurch erzielten Resultate ein helleres Licht auf seine eigenen Forschungen werfen werden.

**Antwort auf die Einwendungen von M. Faye gegen  
Mr. C. W. Siemens' neue Sonnentheorie.**

*Ein Brief von Mr. C. W. Siemens an M. Dumas, veröffentlicht in den Comptes Rendus  
am 30. October 1882<sup>1)</sup>.*

Ich habe M. Faye's Mittheilung, welche er am 9. October unter dem Titel: „Über die neue Sonnentheorie von Mr. C. W. Siemens“ in den Comptes Rendus veröffentlicht hat, sorgfältig studirt und mich dadurch veranlasst gefühlt, einige ergänzende Erklärungen an Sie zu richten in der Erwartung, dass Sie so freundlich sein werden, der Académie des Sciences davon Mittheilung zu machen, sollten Sie dieselben dieser Ehre würdig erachten.

Als ich am 20. Februar 1882 vor der Royal Society in London meine Schrift „Über die Erhaltung der Sonnenenergie“ las, hatte ich weder erwartet, noch selbst den Wunsch gehegt, dass die astronomische Hypothese, wozu ich allmählig durch Beobachtungen auf dem Gebiete der Physik gelangt war, so ohne Weiteres würde angenommen werden, ohne dass Einsprüche dagegen laut würden. Es gereichte mir daher zu grossem Vergnügen, als ich in den *Annales de Chimie et de Physique* eine Übersetzung meiner Schrift veröffentlicht sah, und zwar in der ausgedehnteren und mehr allgemein behandelten Form, in welcher ich dieselbe in der Aprilnummer des Nineteenth Century wiedergegeben hatte; eine noch weit grössere Genugthuung aber war es für mich, als ich erfuhr, dass ein Astronom von so hohem Ansehen, wie M. Faye es

---

<sup>1)</sup> Dieser Brief ist zum Theil in der Decemberrnummer 1882 des *Philosophical Magazine's* in der Übersetzung erschienen.

besitzt, meine Abhandlung einer Diskussion vor der Académie des Sciences würdig befunden habe.

M. Faye, welcher den physikalischen Theil meiner Forschungen im Allgemeinen gut heisst, stellt die Anwendbarkeit derselben auf die Astronomie, und zwar aus folgenden Gründen, in Frage:

1. Dass das Vorhandensein eines gasförmigen Mediums im Weltall bei einem Atmosphärendrucke von  $\frac{1}{2000}$  den Bewegungen der Planeten einen übermässigen Widerstand entgegenzusetzen würde.

2. Dass der so vertheilte Dampf allmählig nach der Sonne hin würde herangezogen werden, wodurch deren Masse bedeutend vergrössert werden müsste.

Was die zweite von M. Faye's Einwendungen anbelangt, so gestatten Sie mir wohl darauf aufmerksam zu machen, dass der Grad der Diffusion, wie er nach meiner Annahme im Raume vorwaltet, ein solcher ist, dass dadurch die Beständigkeit des statischen Gleichgewichts zwischen den Kräften der Expansion und Diffusion einerseits und zwischen der Anziehungskraft nach der Sonne hin und der der Himmelskörper andererseits, gesichert wird. Wenn kein solches Gleichgewicht bestünde, so würde M. Faye's Entgegnung meine Theorie ohne Weiteres über den Haufen werfen. Ausserdem aber bin ich auch nicht abgeneigt zuzugeben, dass, wenn Mariotte's Gesetz mit Bezug auf die Spannung der Gase unbeschränkt geltend gemacht werden könnte, der Druck des zwischen den Planeten befindlichen, gasförmigen Mediums fast über alle Begriffe hinaus reduziert werden würde; aus Gründen jedoch, die von der dynamischen Theorie der Gase herzuleiten sind und nach dem zu urtheilen, was Mr. Crookes uns über die Art und Weise mitgetheilt hat, wie Gase, welche auf einen ausserordentlichen Grad der Verdünnung gebracht worden sind, sich in Röhren verhalten, scheinen mir keine Vernunftsgründe vor-

zuliegen, warum dieses Gesetz unbedingt auch auf Wasserdämpfe Bezug haben soll, welche über die Grenzen unserer und der Sonnenatmosphäre hinausliegen<sup>1)</sup>.

Was die erste Einwendung anbelangt, so gebe ich zu, dass eine Dichtigkeit von  $\frac{1}{2000}$  Atmosphäre die Wirkungen im Gefolge haben würde, welche M. Faye so klar auseinandergesetzt hat; und ich erinnere mich gesagt zu haben (siehe *Proceedings of the Royal Society Seite 395*), dass eine Dissociation dieses kosmischen Dampfes in Folge der Wirkung der Sonnenausstrahlung stattfinden müsse, wenn die Resultate meiner Experimente über die Dissociation des Dampfes durch den Einfluss der Sonnenenergie als erwiesen angesehen würden, und wenn man ferner voraussetze, dass der Sternenraum mit Dampf angefüllt sei bei einem Drucke, welcher die Grenze von  $\frac{1}{2000}$  einer Atmosphäre nicht übersteige, was dem höchsten Grade der Verdünnung, welchen ich bei meinen Experimenten zu erzielen im Stande war, entspricht. Man sollte dabei im Auge behalten, dass diese Stelle in meiner Abhandlung nur auf die physikalischen Erscheinungen, welche in den Bereich meiner Experimente fallen, Bezug hat, und dass, wenn Wasserdampf und Kohlenverbindungen durch die direkte Ausstrahlung der Sonne bei einem so hohem Drucke wie dem von  $\frac{1}{2000}$  einer Atmosphäre zersetzt werden, Dissociation gewiss um so mehr in dem verdünnteren Medium effectuirt werden kann.

An einer anderen Stelle meiner Originalabhandlung (Seite 397), wo ich meine Hypothese auf die Kometen anzuwenden versucht habe, nehme ich an, dass die letzteren, selbst in ihrem Perihelium, sich in einem Medium von einer Dichtigkeit bewegen, welches  $\frac{1}{3000}$  einer Atmosphäre nicht überschreite, und dass eine solche Dichtigkeit genügen würde, um durch die Reibungscompression Weissglühhitze hervorzurufen. Dies dürfte jedenfalls indirekt ein Beweis dafür sein, dass ich vom

<sup>1)</sup> Siehe Anmerkung Seite 9.

Sternenraume angenommen hatte, derselbe sei mit Dämpfen von einem Drucke angefüllt, der bedeutend niedriger sei als  $\frac{1}{3000}$  einer Atmosphäre; und ich habe damals (als mir noch jegliche Daten von Experimenten, sowie alle Observationsresultate fehlten), bereits von dem Sternenmedium gesagt, dass dasselbe sich in einem ausserordentlich verdünnten Zustande befinde, ohne eine bestimmte Grenze für diese Verdünnung festzustellen.

Seitdem ist man durch Beobachtungen auf neue That- sachen gestossen, die danach angethan sind, meine Hypothese einer verdünnten, den Raum ausfüllenden, Materie von analoger Beschaffenheit, wie wir sie in unseren Vacuumröhren wirklich hervorzubringen im Stande sind, zu bekräftigen. Die äquatorialen Hervorragungen der Sonnenatmosphäre, welche während der Sonnenfinsterniss im Jahre 1880 in Amerika beobachtet worden sind, geben uns eine gewisse Berechtigung zu der Annahme, dass Materie im Raume vorhanden ist, welche sich auf eine Strecke von mehreren Millionen Meilen von der Sonne aus erstreckt, und welche zweifelsohne sichtbar erscheint durch feste Staubtheilchen, die durch den Lichtreflex der Sonne und theilweise auch durch elektrische Entladungen von Atom zu Atom nach der Sonne hin erleuchtet werden.

Meine Hypothese hat aber noch eine direktere Bestätigung gefunden durch die Resultate der bemerkenswerthen spektroskopischen Erforschungen, worüber Capitain Abney uns vor der Sektion A der British Association im verflossenen August Mittheilung gemacht hat, wodurch nachgewiesen wird, dass Kohlenstoffverbindungen der Äthyl- oder Alkoholgattung, welche auf einem niedrigen Temperaturgrade stehen, zwischen der Sonne und unserer eigenen Atmosphäre vorhanden sind, und die neuesten Beobachtungen, welche Professor Langley mit Hülfe seines Bolometers in Amerika gemacht hat, dienen nur dazu (obgleich dieselben einen ganz anderen Zweck im

Auge hatten), die Beobachtungsergebnisse, welche Captain Abney auf dem Riffel erzielt hat, noch zu bekräftigen. Zu diesem Beweismaterial können wir noch die interessante Beobachtung von Professor Schwedoff hinzufügen (worüber Professor Silvanus Thompson vor der Sektion A der British Association Bericht erstattet hat), wonach grosse Hagelkörner, scheinbar kosmischen Ursprunges von Zeit zu Zeit auf die Erde gefallen sein sollen.

Wenn wir nun annehmen, dass diese Beobachtungen auf Thatsachen begründet sind, so fehlen uns nicht mehr die physikalischen Mittel für eine annähernde Bestimmung der Dichtigkeit des Dampfes im Sternenraume, welche in diesem Falle als eine Funktion der Temperatur im Raume angesehen werden muss. Und da Gorschow am 30. November 1871 in den arctischen Regionen eine Temperaturhöhe von  $-63^{\circ}$  C. beobachtet hat, so folgt, dass das Sternenmedium (welches, wenn es aus Dämpfen gebildet wird, im Stande ist, Wärme gebende Strahlen aufzufangen) auf einem Temperaturgrade stehen muss, welcher zwischen  $-63^{\circ}$  und dem absoluten Nullpunkt ( $-274^{\circ}$ ) zu suchen ist.

Wir verdanken Regnault unsere genauesten Kenntnisse über die Dichtigkeit der Dämpfe bei verschiedenen Temperaturen; seine Untersuchungen haben sich jedoch nicht auf Temperaturen unter  $-32^{\circ}$  C. erstreckt und seine Formeln können daher nicht unbedingt auf Temperaturen unter diesem Grade Anwendung finden; nichtsdestoweniger geben uns dieselben die Mittel an die Hand, die Dichtigkeit des Dampfes bei niedrigeren Temperaturen annähernd zu bestimmen, und wir sind auf diese Weise zu der Ansicht gelangt, dass bei einer Temperatur von  $-130$  Grad die Dichtigkeit des Wasserdampfes  $\frac{1}{5\,000\,000}$  einer Atmosphäre nicht überschreitet. Wenn wir ferner annehmen, dass nur ein Fünftel der gasförmigen Materie, welche den Raum füllt, aus Wasserdampf besteht,

während die restirenden vier Fünftel aus Kohlenwasserstoffen, Kohlensäure und Stickstoff zusammengesetzt sind, so kann der Totaldruck des Dampfes  $\frac{1}{1\,000\,000}$  einer Atmosphäre nicht überschreiten.

Diese Dämpfe würden sich durch den Raum mit einer Geschwindigkeit bewegen, die wahrscheinlich der Hälfte der Tangentialgeschwindigkeit auf der Sonnenoberfläche oder ungefähr einem Kilometer pro Sekunde gleichkäme. Es könnte mit Leichtigkeit nachgewiesen werden, dass eine Säule von dissociirten Gasen, die mit einer solchen Geschwindigkeit nach den Polarflächen der Sonne hin sich bewegten, bei einer Distanz von 5 500 000 Kilometern von der Sonne (was der mittleren Distanz des Merkurs, des der Sonne zunächst gelegenen Planeten, gleichkommt) einen Durchschnittsfächeninhalt eines Stromes nach der Sonne hin repräsentiren würde, der 140 000 Milliarden Quadratkilometer umfasste, d. h. weit mehr als genügend wäre, um das nöthige Material zu beschaffen, welches durch Verbrennung die Wärme geben soll, welche zur Erhaltung der Sonnenausstrahlung erforderlich ist.

Möglicherweise dürfte der hervorragende Direktor des Bureau des Longitudes zu der Ansicht hinneigen, dass ein gasförmiges Medium von einer Dichtigkeit von höchstens  $\frac{1}{1\,000\,000}$  unseres Atmosphärendruckes immer noch in einem Grade störend auf die Bewegungen der Planeten einwirke, welcher sich mit den durch astronomische Beobachtungen constatirten Thatsachen nicht in Einklang bringen liesse. In dem Falle würde es selbst genügen, eine noch geringere Temperatur im Raume anzunehmen und in Folge dessen eine noch ausge dehntere Verdünnung der im Zwischenraume der Sterne befindlichen gasförmigen Materie.

### Ueber Mr. C. W. Siemens' neue Sonnentheorie.

Von M. G. A. Hirn.

*Eine Mittheilung an die Académie des Sciences, veröffentlicht in den Comptes Rendus am 6. November 1882<sup>1)</sup>.*

Der bedenklichen Einwendung, welche M. Faye gegen Mr. Siemens' neue Theorie über die Erhaltung der Sonnenenergie vorgebracht hat, könnte noch eine zweite beigelegt werden, welche ebenfalls höchst wichtig ist. Diese Einwendung lässt sich in wenigen Worten zusammenfassen:

Bis heute herrscht über die wirkliche Höhe der Sonnentemperatur noch keine allgemeine Uebereinstimmung. Père Secchi berechnete dieselbe auf Millionen von Graden. Andere Physiker, besonders die französischen, haben dieselbe in ihren Berechnungen auf ungefähr zwanzigtausend Grad herabgebracht. Nach den grossartigen Experimenten von Mr. Langley (von Alleghany) zu urtheilen, giebt diese letztere Zahl jedenfalls die Minimalhöhe der Sonnentemperatur. Soviel ist gewiss, wenn wir von den werthvollen Schriften unseres betrauten Kollegen Henry Sainte-Claire Deville über Dissociation ausgehen, dass keine der chemischen Verbindungen, die uns auf unserer Erde bekannt sind, auf der Oberfläche der Sonne existiren könnte. Alle Verbindungen, selbst diejenigen, welche in unseren Laboratorien als die widerspenstigsten erscheinen, würden zersetzt und auf ihre Elemente, woraus sie zusammengesetzt sind, reduzirt werden. Und dies wird in der Sonnentheorie von M. Faye zugegeben.

Die natürlichen und direkten Folgen der vorgenannten Thatsache würden sein, dass die chemischen Verbindungen,

---

<sup>1)</sup> Diese Mittheilung ist in der Dezembernummer des *Philosophical Magazine's* in englischer Übersetzung erschienen, dem Obiges entnommen ist.

von welchen Mr. Siemens voraussetzt, dass sie allmählig im Raume durch die Sonnenausstrahlung zersetzt werden, ohne Zweifel, wenn sie unter dem Einfluss der Wirkung der Schwerkraft und in dem Elementar-Zustand nach dem Central-Körper hin zurückkehren, wieder umgeformt werden können, so dass sie die bei ihrer Dissociation im Raume verausgabte Wärme wiedererzeugen; allein diese Wiedervereinigung könnte nur in einer messbaren Entfernung von der Sonnenphotosphäre effektuirt werden, und die wieder hervorgerufenen Verbindungen würden dadurch, dass sie in das Herz der Sonnenphotosphäre hineinfelen, wiederum vollständig dissociirt werden. Diese Thätigkeit würde daher den Verbrauch der ganzen Wärmemenge, welche vorher durch die eingegangene Verbindung entwickelt worden war, zur Folge haben. Hieraus geht offenbar hervor, dass diese Zurückkehr der Elemente nach dem Centralpunkte hin durchaus nichts zur Erhaltung oder, besser gesagt, zur continuirlichen Wiedererzeugung der Sonnentemperatur beitragen würde.

Es will mir scheinen, als ob Mr. Siemens' Theorie auch noch einer anderen entscheidenden kritischen Prüfung unterworfen werden könnte. Wenn die Sonnenausstrahlung, oder, sagen wir, die Wärme, gleichviel ob dieselbe sichtbar oder unsichtbar ist, welche ausgestrahlt oder ausgesandt wird durch irgend einen Himmelskörper, der sich auf seiner Bahn befindet, die chemische Dissociation der hypothetischen, im Sternenraume vertheilten Verbindungen bewirkt, so muss die Intensität dieser Ausstrahlung durch die wirklich effectuirte Arbeit nothwendiger Weise reduzirt werden, und die ganze Wärmemenge, welche für diese Arbeit verwendet wird, geht natürlich für die Sichtbarkeit dieses Sternes verloren.

Hieraus folgt denn, dass die Abnahme des Glanzes der Sonne; der Sterne sowie der Planeten nach einem weit rascher wirkenden Gesetze stattfinden muss als nach dem



des umgekehrten Verhältnisses der Quadrate der Distanzen. Ich sage weit rascher; wir sollten jedoch sagen ausserordentlich rasch. In der That, von dem Augenblicke an, wo die Wiedervereinigung der Elemente auf der Oberfläche der Sonne im Stande wäre, die ganze ausgestrahlte Wärme wieder zu erzeugen, würde diese ganze ausgestrahlte Wärmemenge offenbar wieder dazu verwendet werden, die chemischen Verbindungen im Raume zu zersetzen. Um auf diese Weise aber die Sonne beständig auf ihrer normalen Energie zu erhalten, wäre es nöthig, dass die Entfernung, auf welche die Sonne sichtbar erscheint, weit entfernt davon unbegrenzt zu sein, wie dieselbe wahrscheinlich ist, im Gegentheil eingeschränkt würde, denn, wo immer der Sonnenglanz sichtbar erschiene, da würde Licht vorhanden sein, welches nicht für chemische Dissociation verwendet würde, und es wäre daselbst immer noch ein definitiver Verlust möglich. Wie mir scheinen will berechtigt uns nichts in dem äusseren Erscheinen unserer Planeten und deren Monde zu der Annahme, dass irgend eine andere Reduktion in dem Lichtglanze derselben stattfindet als diejenige, welche von dem umgekehrten Verhältnisse des Quadrates ihrer Entfernung von dem Centralkörper herrührt. Wir sehen Sterne, deren Licht mindestens drei Jahre und andere, deren Licht vielleicht Tausende von Jahren gebraucht hat, um unser Auge zu erreichen. Von dieser Lichtmenge ist daher kein Theil für chemische Dissociation verwendet worden, und nichts könnte diesem Lichte auf die Art und Weise zurückerstattet worden sein, welche Mr. Siemens' geniale Theorie uns angedeutet hat.

Es ist mir wohl gestattet, zum Schlusse meiner Bemerkungen auf die von M. Faye formulirte Einwendung zurückzukommen und zu versuchen, dieselbe an einem Zahlenbeispiele einigermaßen klar zu machen. In einem umfassenden Werke über die Beschaffenheit des Sternenraumes, womit

ich augenblicklich beschäftigt bin, habe ich naturgemäss die Folgen der Wirkung, welche der Widerstand eines im Raume vertheilten Gases auf die Bewegungen der Planeten ausüben müsste, einer genaueren Untersuchung unterworfen. Diesem Werke entnehme ich ein Beispiel, welches sich auf die Anwendung meiner Untersuchungsresultate auf die Bewegung unserer Erde bezieht. Nach La Place würde die Subtraktion respektive die Addition, welche man von oder zu der Zeitdauer, welche unser Sternjahr vor 3000 Jahren gehabt hat, machen könnte, wenn man dabei die zweifelhaften Beobachtungsresultate in Betracht zieht, im Maximum neunzig Sekunden betragen (eine Bestimmung, für welche allerdings in Wirklichkeit auch keine positiven Beweisgründe vorhanden sind.) Nehmen wir jedoch diese Reduktionszahl einmal als die richtige an, so fragt es sich, welche Dichtigkeit ein Gas haben müsste, um diese Reduktion hervorzubringen, und ich suche in meinem Werke nachzuweisen, dass es genügen würde, wenn ein Kilogramm Materie in Dampf, der 700 Tausend Millionen Kubikmeter ausfüllt, enthalten wäre, mit anderen Worten, dass die Dichtigkeit 0,000 000 000 00143 Kilogramm betragen würde. Wie hieraus zu ersehen ist, sind wir noch sehr weit von der von Mr. Siemens angenommenen Reduktion von  $\frac{1}{2000}$  und selbst von dem millionsten Theile derselben entfernt. Wenn wir aber, anstatt nur den Widerstand in Betracht zu ziehen, welchen eine solche Gasmenge der Bewegung unseres Planeten entgegenstellen würde, unsere Aufmerksamkeit auch auf die Folgen hinlenken, welche das Vorhandensein einer solchen Materie auf die Existenz unserer eigenen Atmosphäre ausüben würde, so werden wir finden, dass unsere Atmosphäre in wenigen Minuten durch den Druck, welchen die im Sternenzwischenraume befindlichen Gase von oben auf dieselbe ausüben, fortgeschwemmt werden müsste, wenn unsere 700 Tausend Millionen Kubikmeter nicht noch

mit 10 000 multipliziert werden, und wenn wir die in Frage stehende Dichtigkeit nicht noch auf 0,000 000 000 000 0001 eines Kilogramms reduzieren.

M. Faye hat vollständig Recht, wenn er behauptet, dass es nicht dieser oder jener Grad der Verdünnung, sondern das wirkliche Freisein (von Materie natürlich) ist, welches der Astronom verlangt, um die Stabilität der Bewegungen zu sichern, welche seine Analyse lehrt. Die Existenz eines solchen absoluten Vacuums würde zweifelsohne den Lehrsatz über den Haufen werfen, der heute noch als so unumstösslich gilt, wonach nämlich alle Erscheinungen in der physikalischen Welt auf die Bewegungen und Begegnungen materieller, von einander unabhängiger Atome zurückzuführen ist. Einmal, ob nun früher oder später, wird zweifelsohne dieser Lehrsatz aufgehört haben zu existiren und seine Vertheidiger werden sich wohl oder übel dazu verstehen müssen, in der physikalischen Welt einen grösseren Faktor anzuerkennen, als die Materie in Bewegung. In einem bemerkenswerthen Briefe an Bentley hat Newton sich dahin ausgesprochen, dass derjenige, welcher annehme, dass zwischen zwei Körpern, die sich gegenseitig bei einer unbegrenzten Entfernung von einander anzuziehen scheinen, nichts existire, welches diese Beziehung begründe, überhaupt für jede ernstere philosophische Diskussion vollständig unfähig sei; „aber“ — fügt er unmittelbar hinzu — „ist dieses Vermittlungs-Medium ein materielles oder ein nicht materielles?“ Ich überlasse dem Leser die Beantwortung dieser Frage. Jener grosse Geist ist jedenfalls keinen Augenblick über den letzteren Punkt mit sich im Unklaren gewesen; er hat jedoch, und vielleicht mit Recht, davon abgesehen, eine Lösung dieser Frage vor seine Zeitgenossen zu bringen, welche denselben möglicher Weise unverständlich vorgekommen wäre, wie sie augenscheinlich auch heute noch für so manches Auffassungsvermögen unzugänglich zu sein scheint.

### Über die Erhaltung der Sonnen-Energie.

*Eine Antwort von C. W. Siemens auf die Bemerkung von M. G. A. Hirn, übersetzt aus den Comptes Rendus vom 27. November 1882.*

M. G. A. Hirn hat in den Comptes Rendus vom 6. November eine Mittheilung an die Académie des Sciences, meine Hypothese über die Erhaltung der Sonnenenergie betreffend, veröffentlicht, worauf ich mich zu antworten beeile. Gleichzeitig aber muss ich gestehen, dass ich mich persönlich einigermaßen in Verlegenheit befinde, da M. Hirn seine unwiderstehliche Ansicht gegen die Meinung der Physiker erklärt, welche „alle Erscheinungen in der physikalischen Welt auf die Bewegungen und Begegnungen materieller, von einander unabhängiger Atome“ zurückführen und da derselbe zugleich die Überzeugung ausspricht, „dass der Tag nicht ferne sei, wenn die Physiker gerne zugeben würden, dass in der Natur noch ein gewisses Etwas neben der Materie in Bewegung vorhanden sei.“

Ich für meinen Theil muss gestehen, dass ich ein Anhänger dieses materialistischen Prinzips bin, indem ich die Überzeugung hege, dass dieses allein, gestützt auf Experimente, uns zu richtigen Anschauungen über die grossen Phänomene der Natur führen kann.

Ich werde auf die einzelnen physikalischen und mathematischen Entgegnungen des M. Hirn in derselben Reihenfolge erwidern, in welcher dieselben vorgebracht worden sind.

Die französischen Physiker waren die ersten, welche Zweifel hegten in Bezug auf die übertriebenen Schätzungen der Temperaturhöhe der Sonne, wie sie von Père Secchi und Anderen gemacht worden sind, Übertreibungen, welche vor den glänzenden Erforschungen von Pouillet, H. Sainte-Claire Deville und Anderen, auch was die Schmelzpunkte fester Körper anbelangt, vollständig an der Tagesordnung waren.

M. Hirn taxirt die Sonnentemperatur auf 20 000 Grad und ist zu der sehr richtigen Schlussfolgerung gekommen, dass alle Verbindungen, welche die verschiedenen Körper während ihrer Annäherung an die Sonne eingegangen wären, in jenen intensiv heissen Regionen vollständig wieder dissociirt werden würden, und dass diese Arbeit die ganze, durch die vorhergegangene Verbrennung entwickelte, Wärmemenge absorbiren müsste. M. Hirn betrachtet diese Temperatur als ein Minimum und basirt seine Ansicht auf die Experimente von Professor Langley; ich kann jedoch nicht umhin, meine Meinung dahin auszusprechen, dass M. Hirn in Bezug auf diese Experimente unmöglich genügend unterrichtet sein kann. Das Instrument, welches Professor Langley dabei benutzt hat, das Bolometer, ist eine sehr sinnreiche Abänderung meines elektrischen Pyrometers (*Proc. R. S. 1871* und *Journal of the Society of Telegraph Engineers 1875*), welches häufig bei metallurgischen Untersuchungen angewendet worden ist. Ich habe daher naturgemäss Professor Langley's Erforschungen mit ganz besonderem Interesse verfolgt, und als Professor Langley vor Kurzem Europa besuchte, hat sich mir die willkommene Gelegenheit dargeboten, während seines Aufenthaltes auf meinem Landgute die verschiedenen Fragen der Sonnenphysik genauer mit ihm zu besprechen, und ich kann nicht sagen, dass ich gefunden hätte, dass unsere Ansichten sehr weit auseinandergingen. Ich habe die Temperatur der Photosphäre unter 3000 Grad veranschlagt und basire meine Berechnung auf vergleichende Beobachtungsergebnisse, die ich mit Gasbrennern und elektrischen Lichtbogen gewonnen habe.

Professor Tyndall's interessante Experimente, welche in seinem Werke über „strahlende Wärme“ („*Radiant Heat*“, Seite 260) beschrieben sind, zeigen, dass ein Gasbrenner, welcher ein intensives Licht giebt, leuchtende und nicht leuchtende Strahlen im Verhältnisse von 1 : 25 erzeugt, und

als Temperaturhöhe für einen solchen Brenner kann man 1700 Grad annehmen. Ein Platindraht, welcher durch einen galvanischen Strom beinahe bis auf den Schmelzpunkt (= 1800 Grad nach H. Sainte-Claire Deville) erhitzt worden ist, giebt  $\frac{1}{24}$  der ihm mitgetheilten Energie in leuchtenden und  $\frac{23}{24}$  in nicht leuchtenden Strahlen wieder, während in Tyndall's elektrischem Bogen, welcher durch 50 Grove'sche Elemente hervorgebracht wird, ein Zehntel der erzeugten Strahlen lichtgebende sind.

Von diesen wichtigen Daten ausgehend, habe ich weitere Versuche gemacht und reproducirte zunächst einen den 50 Grove'schen Elementen entsprechenden dynamo-elektrischen Strom; ich fand, dass Tyndall's Bogen durch einen Strom von ungefähr 5 Ampère und 36 Volt hervorgebracht wird und ein Licht von 20 Carcellampen, in horizontaler Richtung gemessen, giebt. Die Temperatur eines Bogens von dieser Art ist von M. Becquerel im Jahre 1860 auf 2070 bis 2100 Grad berechnet worden. Ein durch einen Strom von 43 Ampère und 42 Volt erzeugter Lichtbogen giebt meinen Experimenten zufolge 450 Carcellampen, woraus hervorgeht, dass in letzterem Falle  $\frac{450}{20} \times \frac{5}{43} \times \frac{36}{42} \times \frac{1}{10} =$  (ungefähr)  $\frac{1}{4}$  der Gesamtenergie in der Gestalt von lichtgebenden Strahlen erscheint. Die Temperatur dieses Lichtbogens kann, wenn man nach analogen Verhältnissen bei anderen Lichtquellen urtheilen darf, 2500 Grad nicht überschreiten.

Nach Professor Langley's Daten ist nur ein Viertel der Energie, welche uns von der Sonne her erreicht, lichtgebend (die dunkelvioletten Strahlen miteingerechnet), und selbst wenn man zugiebt, dass ein beträchtlicher Theil dieser lichtgebenden Energie absorhirt wird, ehe dieselbe unsere Atmosphäre erreicht, so folgt immer noch, dass die Temperatur der Photosphäre nicht viel höher sein kann, als die unseres kräf-

tigsten elektrischen Flammenbogens, sagen wir vielleicht 2800 Grad.

Die Gesamtmenge der strahlenden Energie, welche von einer gegebenen Oberfläche ausgeht, hängt zunächst von der Natur des ausstrahlenden Körpers ab. Das Minimalquantum wird von einem festen Körper mit glatter Oberfläche ausgehen, während das Maximum bei einer dicken Masse von glühendem Gase erreicht wird; es ist nämlich in der Physik thatsächlich bekannt und im Falle der Photosphäre noch besonders durch die Experimente vom Professor Langley constatirt, dass Wärmestrahlen glühendes Gas fast ohne jegliche Absorption passiren. Die ungeheure Ausstrahlung der Photosphäre ist daher ein Beweis für die grosse Dichtigkeit ihrer Masse, während ihre Temperatur nach dem Verhältnisse der von ihr ausgehenden lichtgebenden Strahlen bestimmt werden kann, ein Verhältniss, welches dasjenige, welchem wir bei unseren elektrischen Lichtbogen begegnen, nicht bedeutend überschreitet. Was daher auch immer die Temperatur im Innern der Sonne sein mag, so viel steht fest, dass die Temperatur der sie umgebenden Photosphäre nicht die Bedingungen überschreitet, welche nothwendig sind zur Verbrennung, deren Temperaturgrenze bei einer Dichtigkeit, gleich der unserer Atmosphäre, 3000 Grad ist. Der Strom steigt jedoch nicht unter die Photosphäre herab, und es ist daher unnöthig anzunehmen, dass eine zweite Zersetzung der Gasverbindungen in der Photosphäre stattfinden müsse.

Ein anderer Einwand, welchen M. Hirn erhebt, bezieht sich auf die Übertragung des Sternenlichtes durch weite Strecken, die, meiner Ansicht nach, mit einem absorbirenden Medium angefüllt sind. Es will mir aber erscheinen, als ob der Lehrsatz von der Abnahme der Intensität des Lichtes im Verhältnisse zu dem Quadrate der Entfernung nicht ohne Modifikation auf das Licht der Sterne anwendbar sei. Professor

Langley hat nachgewiesen, dass ein beträchtlicher Theil des Sonnenlichtes durch Absorption verloren geht, ehe dasselbe unsere Atmosphäre erreicht und dass dies besonders bei den blauen Strahlen der Fall ist; Mr. J. W. Draper aus New-York hat ferner in seinen wissenschaftlichen Memoiren dargethan, dass es besonders der gelbe Strahl ist, welcher Kohlensäure und Wasser in den Blattzellen der Pflanzen zersetzt, und meine eigenen Experimente über die chemische Wirkung des elektrischen Lichtes auf die Vegetation, welche ich jetzt bereits seit vier Jahren fortgesetzt habe, bestätigen diese Beobachtungen. Auf der anderen Seite zeigen Professor Langley's Diagramme des Sonnenspektrums<sup>1)</sup> grosse Lücken, wo auf das Bolometer kein Effekt hervorgebracht worden ist. Wäre es nicht möglich, dass in dem leuchtenden Spektrum wellenförmige Streifen existiren, welche weniger für die Zersetzung gewisser Dämpfe geeignet und daher im Stande sind, grössere Strecken als andere Strahlen in dem mit solchen verdünnten Gasen angefüllten Raume zurückzulegen? Verschiedene Astronomen haben ihre Ansicht dahin ausgesprochen, dass neben den sichtbaren Sternen noch Millionen von Sternen existiren, deren Licht uns niemals erreicht, eine Hypothese, welche mit meiner Annahme des Vorhandenseins eines allmählig absorbirenden Mediums im Einklang steht.

Die dritte Einwendung des M. Hirn ist auf den mechanischen Widerstand basirt, den ein materielles, im Raume vertheiltes Gas den Bewegungen der Planeten entgegensetzen würde. M. Hirn zeigt, dass um die Sternenverzögerung von 90 Sekunden zu ermöglichen, wie sie La Place für die letzten 3000 Jahre berechnet hat, ein so bedeutender Grad der Verdünnung erforderlich sei, dass ein Kilogramm Gas ein Volumen von 700 000 000 000 Kubikmetern einnehme. Der

---

<sup>1)</sup> Siehe Anhang.



gelehrte Mathematiker sagt uns aber nicht, ob er in seiner Kalkulation auch die Tangential-Bewegung des Planeten in Anrechnung gebracht habe, oder nur die Zeitdauer seines Jahres. Eine Verringerung der Tangential-Geschwindigkeit würde eine Reduktion der mittleren Distanz von der Sonne in sich schliessen, und die Abnahme der Geschwindigkeit würde folglich, nach dem dritten Kepler'schen Satze, sehr wenig Effekt auf die Länge des Jahres ausüben.

Es würde von Interesse sein, das physikalische Gesetz kennen zu lernen, worauf M. Hirn seine Berechnungen des Luftwiderstandes basirt; die klassischen Erforschungen von Poncelet und Anderen beziehen sich fast ausschliesslich auf die Bewegung solcher Flüssigkeiten, die in Kanälen eingeschlossen sind, und lassen sich deren Resultate daher hier nicht anwenden, während uns für die Bewegung von festen Körpern durch uneingegrenzte Flüssigkeiten noch eine auf Experimente wohl begründete Basis fehlt. So weit mir bekannt ist, sind die einzig erfolgreichen Experimente, welche in grösserem Massstabe über den Widerstand uneingegrenzter Flüssigkeiten gemacht worden sind, diejenigen, welche der verstorbene Mr. William Froude für die englische Admiralität in Torquay ausgeführt hat. Die überraschenden Resultate, welche Mr. Froude erzielt hat, sind in einem Paragraphen seiner Adresse an die mechanische Abtheilung der British Association, bei Übernahme des Präsidiums im Jahre 1875, beschrieben. Er sagt:

„Die Theorie der Strom-Linien offenbart uns die auffallende aber wahre Behauptung, dass ein untergetauchter Körper, welcher sich in gleichförmiger Geschwindigkeit durch ein vollkommenes Fluidum bewegt, ganz und gar keinem Widerstande begegnet. Unter einem vollkommenen Fluidum verstehe ich ein solches, welches frei ist von aller Klebrigkeit, wodurch demselben gleichsam eine gewisse Solidität verliehen

werden könnte, und in welchem weder durch das Aneinander-Vorbeigleiten seiner Atome Reibung verursacht wird, noch wenn diese Atome die Flächen des in der Flüssigkeit sich bewegenden Körpers passiren.“

An einer anderen Stelle fährt er fort:

„Obgleich es nicht meine Absicht sein kann, hier eine Liste aufzustellen von den vielen hervorragenden Mathematikern, welche die Theorie der Stromlinie ursprünglich erdacht oder vervollkommnet haben, so muss ich doch aus der Zahl derselben Professor Rankine, Sir William Thomson und Professor Stokes namhaft machen, um diesen Männern mein persönliches Verschuldetsein für die Information und die Erklärungen auszudrücken, welchen ich hauptsächlich (trotz des wenig erschöpfenden Gebrauches, den ich davon gemacht haben mag) die geringe Elementarkenntniss über den Gegenstand verdanke, welche ich allein besitze.“

Auf der anderen Seite finden wir unter den zur Bestimmung des Widerstandes von festen Körpern, die vollständig in Flüssigkeiten eingetaucht sind, gemachten Experimenten auch anemometrische, welche keineswegs übereinstimmende Resultate ergeben. Die englischen Meteorologen, haben aus ihren Beobachtungen des Winddruckes auf eine Oberfläche von einem Fuss im Quadrat einen Widerstand von 61  $\mu$  (engl.) (260 Kilogramm pro Quadratmeter) für eine Geschwindigkeit von 50 Meter pro Sekunde abgeleitet, während General Didion, welcher Scheiben von einem Quadratmeter Flächeninhalt verwendete, für dieselbe Geschwindigkeit einen Totalwiderstand von 194,7 Kilogramm oder nur 40  $\mu$  (engl.) pro Quadratfuss gefunden hat.

Unsere hervorragendsten Mathematiker haben bisheran behauptet, dass diese Verschiedenheit der Resultate von Irrthümern herrühre, welche sich bei den Beobachtungen eingeschlichen haben, und dass ein gegebener Wind mindestens ebenso viel

Druck auf den Quadratfuss einer grossen als auf den einer kleinen Fläche ausüben sollte.

Eine Reihe von wichtigen Beobachtungen ist jedoch erst ganz kürzlich unter der Leitung der Herren Fowler und Baker (der wohl bekannten Ingenieure, welche das Projekt für den grossartigen Brückenbau über den Frith of Forth entworfen haben) gemacht worden, deren Resultate nicht mit der letzteren Ansicht der Mathematiker, sondern vielmehr mit der Theorie, welche Mr. Froude aufgestellt hat, übereinstimmen. Diese Herren haben auf einer kleinen Insel in dem Frith of Forth drei anemometrische Platten aufstellen lassen, wovon die mittlere eine viereckige Oberfläche von 27 Quadratmeter Inhalt hat (12 Fuss Höhe bei 20 Fuss Breite), während jede der Platten zu beiden Seiten von kreisförmiger Gestalt 1,6 Fuss im Durchmesser hat, was einem Flächeninhalt von 0,18 Quadratmeter gleichkommt. Man fand, dass derselbe Wind, der unter normalen Verhältnissen auf die Oberfläche wirkt, einen Druck von 15,4  $\mu$  (engl.) pro Quadratfuss (= 65,1 Kilogramm pro Quadratmeter) auf der kleinen und 8,4  $\mu$  (engl.) pro Quadratfuss (= 35,3 Kilogramm pro Quadratmeter) auf der grossen Platte erzeugte.

Nimmt man ein ähnliches Verhältniss für den Druck desselben Windes auf die Oberfläche eines freistehenden Gebäudes an, so würde derselbe folgerichtig 3  $\mu$  (engl.) pro Quadratfuss der Oberfläche nicht überschreiten, ein Druck, der mehr mit den Beobachtungsergebnissen übereinstimmt, als derjenige, welcher von einer Berechnung hergeleitet wird, die auf die Gleichförmigkeit des Druckes pro Einheit der Oberfläche basirt. Über die enorme Oberfläche eines Planeten vertheilt, würde der Widerstand wahrscheinlich den tausendsten Theil des Widerstandes nicht überschreiten, welcher von den bisherigen, von Physikern als richtig angenommenen Widerstandsgesetzen hergeleitet wird, die auf den Begriff des wirklichen Stosses

begründet sind, während, den von Froude enthüllten Gesetzen gemäss, das Widerstand leistende elastische Fluidum (ohne Grenzen) einfach eine seitliche Schwingung von geringer Intensität ausführt, wenn es dem festen Körper zu passiren gestattet. Die Atmosphäre unserer Erde würde diesen Ansichten zufolge, anstatt fortgeschwemmt zu werden, vielmehr den nützlichen Zweck erfüllen, den Raum vorne und hinten auszufüllen und auf diese Weise die Stelle der schlüpfrig-machenden Masse vertreten. Wenn nicht alle diese physikalischen Erforschungen werthlos sind, so kann der Widerstand, welcher der Bewegung der Planeten in einem elastischen und sehr verdünnten Medium entgegentritt, nur einen geringen Bruchtheil des Widerstandes betragen, den man bis dahin allgemein als richtig angenommen hat.

Sei es mir gestattet, ehe ich schliesse, die folgenden Punkte, welche bereits bei früheren Gelegenheiten von mir als Beweismaterial vorgebracht worden sind, zu Gunsten meiner Hypothese nochmals hier zu rekapituliren: — Das Gas, welches in Meteorsteinen und in dem Nucleus der Kometen enthalten ist; — das Zodiakallicht; — die äquatoriale Hervorragung, welche in Amerika bei Gelegenheit der totalen Sonnenfinsterniss im Jahre 1880<sup>1)</sup> beobachtet worden ist; — sowie die jüngsten spektroskopischen Forschungen von Capitain Abney, welche das Vorhandensein von Kohlenwasserstoffen in dem zwischen der Sonnen- und Erdatmosphäre befindlichen Raume beweisen. Hierzu möchte ich noch die sorgfältigen Beobachtungen hinzufügen, welche Mr. R. C. Carrington über die Sonne gemacht und in seinem Werke „Beobachtungen über die Sonnenflecken“ (*Observations on the Spots of the Sun*) im Jahre 1863 beschrieben hat. Mr. Carrington hat durch diese wichtigen Beobachtungen konstatirt, dass die Winkelgeschwin-

<sup>1)</sup> Siehe „Einige Wissenschaftlich-technische Fragen der Gegenwart“ von Sir William Siemens. Zweite Folge. Anrede an die British Association etc. (Anmerkung des Übersetzers.)

digkeit der Photosphäre vom Äquator bis zu den Polen nicht dieselbe ist. Eine Umdrehung wird am Äquator in 24,9 Tagen vollendet, in 26 Tagen am 25<sup>sten</sup> und in 27,4 Tagen am 50<sup>sten</sup> Breitegrade, indem die Verzögerung auf den beiden Halbkugeln beinahe dieselbe ist. Auf welche Ursache könnte eine solche Verzögerung wohl zurückzuführen sein, wenn nicht auf einen Strom von neuer Materie, welcher auf den Polaroberflächen eintritt und, indem er durch Reibung gegen die Penumbra die rotirende Bewegung erhält, in der Zwischenzone zu grossen Störungen Veranlassung giebt — nämlich zu den Sonnenflecken? Es ist wahrscheinlich, dass eine solche Materie, welche an den Polen in die Photosphäre einträte, eine Bewegung im Innern der Sonnenatmosphäre verursachen würde, analog der unserer irdischen Passatwinde; nur darf man dabei nicht vergessen, dass die Passatwinde das Resultat der Sonnenstrahlen sind, welche die irdische Luft in den Regionen der Wendekreise erhitzen, während in der Sonne eine ähnliche Ursache der Bewegung nicht vorhanden ist. Es kann im Gegentheil mit Leichtigkeit nachgewiesen werden, dass, wenn die Sonne mit ihrer Atmosphäre in einem leeren Raum rotirte, der einzige dadurch hervorgebrachte Effekt eine mässige Anhäufung in einer Richtung perpendicular zur Rotationsachse sein würde; und wenn diese Excentricität erst einmal vorhanden wäre, müsste alle atmosphärische Bewegung in einer Tangential-Richtung aufhören. Die Polarverzögerung, welche in der Photosphäre bemerkbar ist, liefert uns daher meiner Ansicht nach einen unumstösslichen Beweis für das Vorhandensein eines bedeutenden, von Aussen auf den Polaroberflächen einflussenden, Stromes von gasförmiger Materie, der sich nach dem Äquator hin fortbewegt und von da in den Raum des Universums ergiesst. In der Abwesenheit einer entgegenwirkenden Kraft muss dieser unermessliche Strom in der Ebene der Ekliptik sich ausbreiten und schliesslich einen

Theil der zwischen den Sternen vorhandenen Materie bilden; Jahrhunderte mögen vergehen, ehe dieselben Atome, welche auf diese Weise heute die Sonne in einem Zustande der Verbindung verlassen, dissociirt durch die strahlende Sonnenenergie zu derselben zurückkehren.

### Ueber einen Brief von M. Spoerer eine Eigenthümlichkeit der Sonnen-Mechanik betreffend.

*Eine Mittheilung an die Académie des Sciences von M. FAYE, und aus den Comptes Rendus vom 4. December 1882 übersetzt.*

Die Aufmerksamkeit der Akademie ist in jüngster Zeit speziell auf die physikalische Beschaffenheit der Sonne hingelenkt worden. Nach der Theorie von Dr. Siemens, wird die Sonne von einer Materie gespeist, welche an den Polen eintritt, und, nachdem sie den Verbrennungsprocess durchgemacht hat, an der Oberfläche der Sonne entlang nach dem Äquator hinfließt, wo sie durch die Centrifugalkraft von der Sonne hinweg in den Raum geschleudert wird.

Es will mir scheinen, als ob die Centrifugalkraft nicht im Stande wäre, einen solchen Effekt hervorzubringen, da die Schwerkraft der Sonne 48 000 mal so gross ist<sup>1)</sup>. Wenn wir jedoch einen solchen Strom auf der Oberfläche von den Polen nach dem Äquator zu als vorhanden annehmen, so würde uns dadurch eine Erklärung für verschiedene Erscheinungen der Photosphäre — z. B. für die Sonnenflecken gegeben. Diese Flecken, besonders die entfernteren würden nach dem Äquator hingedrängt, und deren heliocentrische Breite mit der Zeit verringert werden. Der folgende Brief von M. Spoerer bezieht sich ganz direkt auf diese Hypothese,

---

<sup>1)</sup> Es sei denn, dass der Gravitation nach dem Mittelpunkte der Sonne hin durch die Repulsivkraft, welche die Sonne auf eine Materie in einem Zustande ausserordentlicher Verdünnung ausüben würde, ungefähr das Gleichgewicht gehalten würde, wie es z. B. bei den Kometenschweiften der Fall ist.

obgleich der gelehrte Beobachter in Potsdam jedenfalls nicht vorgehabt hat, dieselbe zu prüfen, indem der Zweck desselben lediglich war, einen höchst delikaten und wichtigen Punkt in der Theorie der Sonnenflecken zu erläutern.

„POTSDAM, den 27. November 1882.

„Seit meinem letzten Briefe habe ich meine Untersuchungen über die Bewegung der Sonnenflecken, welche ich nach dem Erscheinen eines von M. de Rico in der *Memorie degli Spettroscopisti italiana* im Juni 1882 über diesen Gegenstand veröffentlichten Werkes unternommen hatte, vollendet.

„M. de Rico fand durch Beobachtungen, welche er im Jahre 1881 gemacht hat, dass zwischen den Parallelkreisen von  $+ 15^{\circ}$  und  $- 15^{\circ}$  der heliocentrischen Breite die Mehrzahl der Flecken nach dem Äquator hin gerichtet seien, während die Bewegung in der Breite der vom Äquator entfernteren Flecken nach den Polen hinneigte.

„Carrington hatte dieselbe Bemerkung gemacht, dabei jedoch gefunden, dass die Bewegung eine zu geringe sei, um derselben irgend welche Bedeutung beizumessen. Ich für meinen Theil hatte mich mit der Frage nicht eingehender beschäftigt, da es mir so vorgekommen war, als ob diese geringen Bewegungen ohne Unterschied nach jeder der beiden Richtungen hin stattfände. Ich habe erst vor Kurzem meine Beobachtungen der letzten zwanzig Jahre (von 1861 bis 1880) über diesen Gegenstand wieder aufgenommen und bin zu den folgenden Resultaten gelangt:

„Die Sonnenflecken sind in zwei Gruppen eingetheilt worden:

„1. In solche Flecken, welche während einer einzelnen Rotation beobachtet worden sind.

„2. In Flecken von längerer Dauer, welche mindestens während zweier Umdrehungen beobachtet worden sind. Diese letzteren Resultate haben den Vortheil, dass sie durch die geringe Ungewissheit, welche über die genaue Position des Sonnen-Äquators vorherrscht, nicht merklich beeinflusst werden.

## I.

„In der folgenden Tabelle habe ich nur solche Flecken verzeichnet, welche mindestens  $0,4^{\circ}$  in der Breite während  $n-2$  Tagen sich verändert haben, wobei  $n$  die Anzahl der Beobachtungen bei

jedem Flecken bedeutet. Das Zeichen + zeigt die zunehmende Breite, das Zeichen — die abnehmende Breite an und die Zahl 0 schliesst alle jene Flecken ein, welche sich weniger als  $0,4^\circ$  verändert haben.

Breite.		Nördliche Halbkugel.			Südliche Halbkugel.			Auf beiden Halbkugeln.		
		+	0	—	+	0	—	+	0	—
Von	$0^\circ$ bis $5^\circ$	2	14	4	4	6	2	6	20	6
„	5 „ 10	5	34	10	3	22	9	8	56	19
„	10 „ 15	4	25	6	9	33	5	13	58	11
„	15 „ 20	5	16	5		24	8	5	40	13
„	20 „ 25	5	10	2	2	11	1	7	21	3
Über	25		8	2	4	10	4	4	18	6

„Aus der obigen Tabelle ist ersichtlich, dass eine geringe Überzahl von Sonnenflecken zwischen den Parallelkreisen des 5. und 10. Grades vorhanden ist, deren Bewegung nach dem Äquator hin gerichtet ist, und ebenfalls eine unbedeutende Überzahl von Flecken zwischen dem 20. und 25. Grade, welche sich nach den Polen hin bewegen.

„Die folgende Reihe von Zahlen ist etwas mehr bestimmt.

## II.

„Hier beträgt die Minimal-Verrückung  $0,4^\circ$  in zwanzig Tagen und die Zeichen + und — haben dieselbe Bedeutung wie zuvor. Das Zeichen 0 umfasst alle jene Flecken, deren Bewegung in der Breite eine geringere war als  $0,4^\circ$  während eines Zeitraumes von zwanzig Tagen. Die letzte Zahlenreihe giebt die Bewegung sämtlicher Sonnenflecken ohne Unterschied während einer Zeit von siebenundzwanzig Tagen.

Breite.		Nördliche Halbkugel.			Südliche Halbkugel.			Auf beiden Halbkugeln.			Mittlere Variation für 27 Tage.
		+	0	—	+	0	—	+	0	—	
Von	$0^\circ$ bis $5^\circ$	0	1	0	3	5	2	3	6	2	0,0
„	5 „ 10	2	3	5	2	5	5	4	5	10	— 0,28
„	10 „ 15	3	10	5	6	1	5	9	11	10	— 0,04
„	15 „ 20	5	9	3	1	3	1	6	12	4	+ 0,19
„	20 „ 25	7	2	2	1	3	1	8	5	3	+ 0,63
Über	25	3	1	0	3	2	0	6	3	0	+ 0,91
Summa	.....	20	26	15	16	19	14	36	42	29	



„Die Durchschnittswerthe, welche in der letzten Reihe gegeben werden, sind zum grössten Theil ausserordentlich gering und ihre Bedeutung hängt lediglich von der Regelmässigkeit ihrer Zunahme ab.

Die Zahlen selbst in dieser Colonne sind ungenau; es würde jedoch zwecklos sein die wahrscheinlichen Fehler zu geben, da deren Unbestimmtheit zur Genüge aus einer Vergleichung mit den in den nebenstehenden Columnen gegebenen Zahlen hervorgeht.“

Es ist offenbar, dass alle diese Beobachtungen von Langier und Carrington bis auf M. Spoerer, die sich über eine grosse Reihe von Jahren erstrecken, darin übereinstimmen, dass die Verrückung der Sonnenflecken in geographischer Breite entweder ganz unberechenbar oder doch nur eine sehr geringe ist, und dass die vom Äquator entfernteren Flecken sich eher nach den Polen als nach der entgegengesetzten Richtung hinneigen.

Dieses Resultat steht in direktem Widerspruche zu der Theorie, die ich vorher erwähnt habe. Es wird ausserdem durch Alles, was uns bisher über die anderen Formationen auf der Oberfläche bekannt geworden ist, bestätigt: durch Granulationen, helle Flecken, Auszackungen der Chromosphäre und durch Hervorragungen. Keine dieser Erscheinungen spricht für das Vorhandensein eines bedeutenden Stromes von den Polen nach dem Äquator zu. Dann bleibt uns ferner noch, ganz unabhängig von allen Hypothesen, die durchkreuzende Frage, welche Richtung die Ströme der Photosphäre annehmen. Ich habe diesen Punkt sorgfältig studirt und mich lediglich mit den Flecken von längerer Dauer beschäftigt und bin dabei zu dem Schlusse gekommen, dass dieselben sich weder nach den Polen noch nach dem Äquator hin bewegen, dass die geringen Bewegungen derselben in der Breite vielmehr rein schwingender Natur und auf einen sehr beschränkten Spielraum angewiesen sind.

In der letzten, höchst bemerkenswerthen Mittheilung, welche Dr. Siemens in Erwiderung auf die Einwendungen des

M. Hirn an uns gerichtet hat, behandelt derselbe diese Fragen als Fundamentalfragen. Dr. Siemens glaubt, dass die Zunahme in der Winkelgeschwindigkeit auf einander folgender Zonen, im Verhältnisse zu deren Nähe zum Äquator auf den verzögernden Effekt zurückzuführen sei, welchen eine Materie, die ursprünglich keine rotirende Bewegung besitze, durch ihr Einströmen auf den Polen, in den Polarzonen ausübe. Dieser Polarstrom würde, nach seiner Behauptung, in der Zwischenzone zu jenen ungeheueren Strudeln: den Sonnenflecken, Veranlassung geben.

Es ist genau dieselbe Hypothese, welche vor langer Zeit von Sir John Herschel adoptirt worden ist; und ich würde mich selbst gerne dazu bekennen, wenn ich nur im Stande gewesen wäre, durch die Beobachtungsergebnisse von Langier und Carrington die Existenz von Strömen von den Polen nach dem Äquator zu beglaubigen. Es würde in der That eine Erscheinung vorhanden sein analog derjenigen, welche uns in unserer eigenen Atmosphäre bekannt ist, wo die niedrigeren Ströme nach dem Äquator zufließen und die höher gelegenen, von welchen Herschel annimmt, dass sie auch in der Sonne vorhanden sind, von dem Äquator nach den Polen, indem sie gleichzeitig ungeheuerer Wirbel oder Cyklonen bilden und mit sich fortführen.

Aber weder Langier noch Carrington noch ich selbst haben irgend etwas Ähnliches in der Sonne ausfindig machen können, und wir haben eben gesehen, dass M. Spoerer während seiner zwanzigjährigen Beobachtungen auch nicht die geringste Spur der Bewegungen vom Pole nach dem Äquator entdeckt hat, welche Dr. Siemens für seine Theorie verlangt.

Wenn daher eine Verzögerung der Rotation auf der Oberfläche stattfindet, und dies ist eine unbestreitbare Thatsache, so müssen wir die Ursache nicht etwa in einem Medium ausserhalb der Sonne suchen, wie Dr. Siemens gethan hat,

auch nicht in einer unzulässigen Verflachung ihrer Atmosphäre, wie Sir John Herschel sie annimmt, sondern vielmehr in den auf- und absteigenden Bewegungen, welche beständig in der inneren Masse stattfinden, und die unaufhörlich mit der Photosphäre Materien von geringerer Liniengeschwindigkeit in Berührung bringen, welche dann an der Ausstrahlung der Oberfläche Theil nehmen und gänzlich der Verdichtung entgehen.

### Über die Erhaltung der Sonnenenergie.

*Eine Erwiderung von M. G. A. Hirn auf das kritische Schreiben von Mr. C. W. Siemens, adressirt an die Académie des Sciences und übersetzt aus den Comptes Rendus vom 11. December 1882.*

In den Comptes Rendus vom 27. November versucht Mr. Siemens die verschiedenen Einwendungen, welche ich mir gegen seine neue Theorie über die Erhaltung der Sonnenenergie vorzubringen erlaubt hatte, zu beantworten. Es ist nicht schwer zu zeigen, dass die Erwiderung des hervorragenden Physikers meine Beweisgründe nicht widerlegt.

1. Was die Temperatur der Photosphäre der Sonne anbelangt, so hat mir das als Grundlage gedient, was Mr. Langley in den *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences* am 9. October 1878, Seite 116 veröffentlicht hat.

Mr. Langley hat mit Hülfe einer neuen und originellen Experimentirmethode die Ausstrahlung der Sonne mit der des Bessemerstahls bei der Schmelzung verglichen und gefunden, dass für einen gleichen Flächeninhalt der ausstrahlenden Oberfläche, die erstere siebenundachtzigmal so gross ist, als die zweite; und diese Zahl ist ein Minimum. Die wirkliche Verhältnisszahl muss, nach der Angabe des Autors selbst, sich nothwendiger Weise viel höher stellen, wenn man die Verhältnisse in Betracht zieht, unter welchen das Experiment stattgefunden hat. Mr. Langley zeigt nebenbei, dass die

Temperaturhöhe dieses Stahls im flüssigen Zustande beinahe 2000 Grad betragen würde.

Wenn man die Beschreibung der Experimente von Mr. Langley sorgfältig verfolgt und seine sachverständige Methode in Anwendung der thermo-elektrischen Säule bemerkt, so ist leicht zu ersehen, dass unter dem Ausdrücke „Grösse der Ausstrahlung“ nicht etwa die „Menge der Wärme“, welche in einer gegebenen Zeit ausgestrahlt wird, sondern vielmehr die Intensität der Wärme oder, in anderen Worten, die Temperatur zu verstehen ist. Alle Physiker werden darin übereinstimmen, dass die Experimente von Mr. Langley zu den schönsten über diesen Gegenstand gehören, und meiner Ansicht nach sind dieselben bei der Bestimmung der Minimaltemperatur der Sonne entscheidend, und die von mir dafür angenommene Höhe von 20000 Grad wird dem wirklichen Werthe wahrscheinlich nicht ferne liegen.

Zur Erhärtung meiner Annahme möchte ich ferner noch einen Beweisgrund von sehr verschiedener Natur anführen. Unter den vielen Ansprüchen, welche Herr Clausius an die Dankbarkeit der wissenschaftlichen Welt hat, ist einer der bedeutendsten, die Art und Weise, wie er uns auseinander gesetzt hat, was die Temperatur eines Körpers eigentlich ausmacht. Er zeigt, dass eine Temperatur nicht etwa durch einfach concentrirende Strahlen erhöht werden kann, und dass z. B., wenn man mit Hülfe eines vollständig concaven Spiegels die ganze Wärmemenge, welche von einem 100 Grad warmen Körper ausgestrahlt wird, ansammeln könnte, ein in dem Fokus befindliches Thermometer nicht über 100 Grad steigen würde. Ich sage „über“ 100 Grad, obgleich es offenbar ist, dass die 100 Grad in Wirklichkeit niemals erreicht werden, wenn man in Betracht zieht, wie viele Ursachen in diesem Falle Verlust wirkend dazwischen treten würden.

Hieraus folgt, dass, wenn man mit Hilfe concaver Spiegel und Linsen die Sonnenstrahlen auf eine Oberfläche von sehr geringem Flächeninhalte concentriren könnte, die von einem im Concentrationspunkte aufgestellten Thermometer angegebene Temperatur nur als ein Minimum im Vergleich zu der wirklichen Temperatur der Sonne betrachtet werden müsste. Die bisher gemachten Experimente haben gezeigt, dass in dem Verhältnisse, in welchem wir die Oberfläche der Linsen und Reflektoren vergrössern, auch die Temperatur im Fokus erhöht wird, und eine Grenze dieser Temperaturerhöhung können wir nur errathen. Nun wissen wir aber, dass wir selbst mit Hilfe der unvollkommenen Linsen, welche uns zur Verfügung stehen, Diamant entzünden und Platin schmelzen können; es ist daher mehr als wahrscheinlich, dass mit Hülfe von grösseren und vollkommeneren Reflektoren und Refraktoren, wie wir sie heutzutage konstruiren könnten, der Effekt auch ein verhältnissmässig grösserer sein würde. Nehmen wir jedoch das gefundene Resultat als das höchst zu erreichende an, und ziehen wir dabei in Betracht, dass es in der Natur des Experimentes liegt, dass mehr als neun Zehntel des disponiblen Sonnenlichtes und der Sonnenwärme verloren gehen, insofern es sich um den Effekt auf das Thermometer handelt, so werden wir immer noch als wirkliche Sonnentemperatur eine viel höhere Temperatur als 2000 Grad herausbekommen.

Wenn daher die Temperaturhöhe der Sonne nicht annähernd so niedrig sein kann, wie Mr. Siemens und Andere angenommen haben, so bleibt mein erster Einwand vollständig bestehen: die chemischen Verbindungen, von welchen angenommen wird, dass sie während der Annäherung an die Sonne erzeugt wurden, würden wiederum dissociirt und die dabei entwickelte Wärme während der Dissociation absorbirt werden.

2. Ich gehe gleich zu meiner dritten Einwendung über. Bei den Untersuchungen, die ich zur Bestimmung der ver-

schiedenartigen Wirkungen, welche das Vorhandensein eines materiellen Fluidums im Raume zur Folge haben würde, gemacht hatte, sind einige spezielle analytische Methoden zur Anwendung gekommen, die ich hier nicht erklären kann. Ich will mich daher nur darauf beschränken, zu bemerken, dass ich bei der Aufstellung der Gleichungen für dieses Problem von Grundsätzen ausgegangen bin, welche in der Hydrodynamik allgemein als richtig anerkannt sind und über deren Gültigkeit, meiner Ansicht nach, keine ernstlichen Meinungsverschiedenheiten obwalten können.

Ein Fluidum, welches „in demselben sich bewegenden Körpern keinen Widerstand bietet“ ist allerdings in der Natur nicht vorhanden, und kann nur in einer geistigen Vorstellung bestehen, welche auf Hypothesen beruht, die bis dahin noch nicht bewiesen worden ist. — Die Verbrennung von Sternschnuppen, Meteorsteinen und Aërolithen auf einer Höhe, wo die Dichtigkeit der Luft bis auf ein Zehn-Millionstel und vielleicht selbst noch auf einen geringeren Grad reduziert ist, zeigt, dass diese Körper einen enormen Widerstand in Folge ihrer Planetengeschwindigkeit erleiden, und es ist absolut kein Unterschied vorhanden zwischen diesen Erscheinungen und denjenigen, welche wir auf der Oberfläche der Erde genau zu beobachten im Stande sind. Wenn irgend eine Branche der angewandten Mechanik existirt, in welcher die durch Experimente im kleinen Massstabe bestimmten Gesetze auch in der Praxis für unbegrenzte Verhältnisse ihre Gültigkeit behaupten, so ist es gewiss der Zweig der Hydrodynamik, welcher das Studium der Gesetze des Widerstandes, den ein unbegrenztes Fluidum der Bewegung grosser oder kleiner, in dasselbe eingetauchter Körper entgegensetzt, zu seiner Aufgabe hat, oder umgekehrt, des Druckes, der von einem unbegrenzten, in Bewegung sich befindenden Fluidum auf Körper im Ruhezustande ausgeübt wird. Der Grad der Präcision, welcher

bei *ballistischen* Calculationen erreicht worden ist, und die Genauigkeit, mit welcher man den mechanischen Effekt des Windes auf Hindernisse wie Gebäude, Schiffssegel, Windmühlen etc. berechnen kann, bestätigen vollständig die Richtigkeit der Grundsätze, worauf die Berechnungen basiren. Und wenn wir nicht der Materie neue Eigenschaften beizulegen vermögen und das Gebiet der willkürlichen Hypothese betreten wollen, so sind wir in keiner Weise zu der Behauptung berechtigt, dass ein im Raume verbreitetes, materielles Fluidum sich mit Bezug auf die Planeten, Kometen, Asteroiden in anderer Weise verhalte, als die atmosphärische Luft, je nach dem Grade ihrer Dichtigkeit, grossen oder kleinen Körpern gegenüber sich verhält, welche sich in derselben bewegen, und ganz besonders eben denselben Asteroiden gegenüber in der Gestalt von Sternschnuppen und Meteorsteinen. Mit einem Worte, ich bleibe dabei, dass der Bruch 0,0 000 000 000 000 001 die Dichtigkeit eines materiellen Fluidums im Zwischenraume der Sterne ausdrückt, und dass dessen Existenz, wenn dieselbe als wirklich angenommen wird, unsere Planeten-Atmosphären unmöglich machen würde.

### Über die Sonnenenergie.

*Eine fernere Erwiderung von C. W. Siemens auf die Einwendungen von Messrs. Faye und Hirn, veröffentlicht in den Comptes Rendus am 2. Januar, 1883.*

Nur mit einem gewissen Bedenken erlaube ich mir mich nochmals an die Académie des Sciences zur Vertheidigung meiner Hypothese über die Erhaltung der Sonnenenergie zu wenden; ich hoffe jedoch, dass mir die Herren Faye und Hirn verzeihen werden, wenn ich hier einige Punkte auseinanderzusetzen versuche, worin diese Herren, wie mir scheinen will, physikalische Gesetze und Bedingungen missverstanden haben, worauf ich die Beweisführung meiner Ansichten über eine

Frage, welche die Aufmerksamkeit der Physiker verschiedener Länder auf sich gezogen hat, basire.

M. Faye hat in seiner Antwort an Dr. Spoerer (*Comptes Rendus* 4. December) zwei kritische Bemerkungen über meine Hypothese gemacht, welche, wenn die Richtigkeit derselben zugegeben werden müsste, die eigentliche Grundlage dieser Hypothese über den Haufen werfen würde. Er sagt, dass die Centrifugalkraft der Sonne nur den  $\frac{1}{48\,000}$  Theil der Schwerkraft der Sonne betrage und dass eine Fortschleuderung von Materie in den Raum durch die Wirkung dieser Centrifugalkraft unmöglich sei, es sei denn, dass wir das Vorhandensein irgend einer imaginären Expansionskraft voraussetzen, wie sie z. B. offenbar im Schweife der Kometen thätig ist. Es ist mir besonders darum zu thun hier zu konstatiren, dass mir die Überlegenheit der Anziehungskraft der Sonne über die Centrifugalkraft auf der Oberfläche der Sonne (welche ich auf  $\frac{1}{46\,800}$  geschätzt hatte) sehr wohl bekannt ist; und ich setze keineswegs das Vorhandensein von Expansionskräften voraus, welche von denen verschieden sind, deren Existenz wir in unseren Laboratorien durch Experimente beweisen können.

Um den Ursprung des mächtigen ausfliessenden Stromes vielleicht etwas anschaulicher zu machen, den ich als eine nothwendige Folge des Vorhandenseins einer flüssigen, den Sternenraum füllenden Materie betrachte, in einem wie sehr verdünnten Zustande dieselbe sich auch befinden möge, will ich die Existenz einer gebogenen Röhre annehmen (ähnlich derjenigen, worauf Newton in seinen „*Principia*“ sich bezieht), welche von dem Mittelpunkte der Sonne in die Richtung des Äquators respektive nach der Polargegend hinführt, und deren beide Zweige auf eine beliebige aber gleiche Entfernung in den Raum hinein sich erstrecken. Die Wirkung der Sonnenschwerkraft auf die im Innern der beiden Arme dieser Röhre enthaltene Materie würde, nach dem Mariotte-



schen Gesetze dieselbe Dichtigkeit in beiden Armen auf gleiche Entfernungen (bei gleichen Temperaturen) zur Folge haben. Auf irgend eine Entfernung  $R$  vom Mittelpunkte würde einem Zuwachs von etwa einem Centimeter in Länge in dem einen Arm genau durch einen gleichen Zuwachs auf dieselbe Entfernung  $R$  in dem anderen Arme das Gegengewicht gehalten werden. Wenn nun der Äquatorialarm der Röhre so eingerichtet wäre, dass er an der Sonnenrotation theilnähme, so würde das Gleichgewicht des Druckes nach dem Mittelpunkte hin in den beiden Armen sofort gestört werden; die beiden Zugaben in der Entfernung  $R$  könnten sich nicht länger das Gegengewicht halten, sondern die eine in der Äquatorialrichtung würde sich nach Aussen fortbewegen, und die andere in der Polarrichtung dadurch veranlassen, sich nach Innen zu in Bewegung zu setzen; die Räume, welche diese Materien ausgefüllt hatten, würden sofort von ähnlicher Materie im Innern der Röhre eingenommen werden, und derselbe Mangel an Gleichgewicht würde sofort auch bei diesen gleichen Volumina der neuen Materie wahrnehmbar sein und dieselben zwingen einen weiteren Schritt nach derselben Richtung hin sich fortzubewegen. Dieselbe, auf das Gleichgewicht störend einwirkende Ursache würde sich beständig und für jeden Werth der Distanz  $R$  geltend machen und wenn dann die im Sternenraume befindliche Materie ausserhalb der Röhre freien Zutritt zu derselben hat, so folgt, dass ein Strom gebildet werden muss, der nach der Sonne hin in den Polararm und von der Sonne her in den Äquatorialarm der Röhre sich ergiesst.

Die Sonnenschwerkraft bestimmt die Dichtigkeit der gasförmigen Säulen im Innern der beiden Arme der Röhre gleichmässig ohne deren Fluss aufzuhalten; im Gegentheil, je grösser die von der Schwerkraft der Sonne herrührende Dichtigkeit ist, desto grösser wird auch der Effekt der Rotation auf die Gas-

säule sein und desto gewisser wird auch der Strom durch die hypothetische Röhre fließen. Ich brauche wohl kaum hinzuzufügen, dass, was für den im Innern einer solchen Röhre eingeschlossenen Inhalt erwiesen ist, auch für alle freie Materie Geltung haben muss, welche sich von der Sonne her in radialen und äquatorialen Richtungen in den Raum erstreckt; und die Menge der auf diese Weise circulirenden Materie muss nach den beiden Faktoren berechnet werden: — nach der Tangentialgeschwindigkeit am Sonnenäquator und nach dem ungeheuren Flächeninhalte ihrer Oberfläche in der Gegend des Äquators. Bei seinem Flusse nach Aussen würde dieser Strom sich in immer grössere und grössere Durchschnittsflächen erweitern, wodurch die Abnahme seiner Geschwindigkeit nach Vorwärts, nachdem die Sternendichtigkeit erreicht worden ist, bewirkt wird, wobei seine kinetische Kraft in Potentialenergie oder Druck umgesetzt werden wird, ehe derselbe sich noch mit dem im Zwischenraume der Sterne befindlichen grossen Ocean von gasförmiger Materie vermenget, durch welchen unser ganzes Sonnensystem sich vermuthlich bewegt. Diese Potentialenergie oder der Druck, welcher auf die Materie im Raume einwirkt, dient dazu, durch allmähliche Beschleunigung den Polarstrom zu erzeugen und zwar in der Weise, wie sie an der hypothetischen gebogenen Röhre klar gemacht worden ist.

Die zur Erhaltung dieses Stromes nothwendige Kraft muss von der Rotation der Sonne herkommen; in Anbetracht aber, dass die Materie auf der Sonnenoberfläche bereits mit einer gewissen Geschwindigkeit ankommt, so wird die Sonne nur so viel Rotationsenergie abzugeben haben, als nöthig ist, um eine Veränderung der Richtung herbeizuführen und die in Folge der Aneinanderreibung der Moleküle verlorene Kraft zu ersetzen. Was diese mechanische Arbeit anbelangt, so tritt hier der zweite Satz der Thermodynamik (wie er haupt-

sächlich von Clausius und Rankine entwickelt worden ist) in Kraft, d. h. eine gewisse Wärmemenge der Sonne muss von einem höheren auf einen niedrigeren Grad des Spannungsvermögens herabsinken; ebenso aber, wie die zur Erhaltung der Strömung erforderliche mechanische Kraft nur eine geringe ist im Vergleich zu der bei der Dissociation verrichteten chemischen Arbeit (worauf der zweite Satz der Thermodynamik keine Anwendung findet) so muss auch der damit verbundene abkühlende Effekt ein verhältnissmässig geringer sein, und dieser Wärmeverlust wird möglicherweise durch Schwinden in der Sonne wieder ersetzt (dessen ungeheuren Werth Helmholtz erklärt hat), dadurch dass Planetenmaterie in die Sonne hineinfällt, wie Mayer und Waterston angenommen haben, sowie durch Conventionsströme, die aus dem Innern der Sonne herrühren, wie Sir William Thomson nachzuweisen versucht hat. Es dürfte von Interesse sein dabei zu bemerken, dass die vorausgesetzte mechanische Arbeit der Sonne mit einem möglichst geringen Verbrauch von Sonnenwärme bewerkstelligt wird, da die Höhe der absoluten Temperaturen  $T - T^0$ , worauf die Oekonomie einer jeden kalorischen Maschine beruht, bei der Sonne auf ungefähr 2930 Centigrade sich beläuft, im Gegensatze zu 160 Grad, der höchsten Arbeitstemperatur, welche man bei einer Dampfmaschine erreichen kann.

M. Faye, indem er sich auf die Erforschungen von Dr. Spoerer, sowie auf seine eigenen wichtigen Untersuchungen über die unregelmässigen Abweichungen der Sonnenflecken in der heliocentrischen Breite bezieht, weist darauf hin, dass Sir John Herschel im Irrthum gewesen sei, wenn er die Erscheinung dieser Sonnenflecken auf einen Äquatorialstrom der Sonne zurückführe, dessen Ursprung in einer Polarabflachung der Sonnenatmosphäre zu suchen sei. Ich stimme mit der Ansicht des M. Faye überein, dass die Polarvertiefung der Sonne nur eine sehr geringe sein kann, und dass derselben

daher auch keine merkliche äquatoriale Strömung zuzuschreiben sei; ich kann mich jedoch auf der anderen Seite des Gedankens nicht erwehren, dass, wenn Sir John Herschel sich das Vorhandensein eines Polarstromes von leichter Materie vorgestellt hätte, dessen Ursprung ausserhalb der Sonnenatmosphäre zu suchen sei, seine Schlussfolgerungen mit Bezug auf das Entstehen der Sonnenflecken mit den Beobachtungsergebnissen nicht im Widerspruch gestanden hätten.

Wir haben auf unserer Erde Verhältnisse analog denen, von welchen meine Hypothese voraussetzt, dass sie auf der Sonne bestehen (allerdings in umgekehrter Ordnung) und zwar in der Gestalt eines erhitzten und ausgebreiteten Äquatorialstromes. Der Äquatorialstrom oder Passatwind giebt in unserer Breite zu jenen Cyklonen Veranlassung, deren Annäherung an die westlichen Küsten uns sehr häufig durch den atlantischen Telegraphen angezeigt wird. Diese cyklonischen Ströme ziehen über den atlantischen Ocean her, zuweilen mit einer südlichen zuweilen auch mit einer nördlichen Abweichung; dieselben verfolgen jedoch gewöhnlich und in Übereinstimmung mit den Gesetzen der Kreisbewegung einen westlichen Lauf, und wenn man sie von irgend einem Punkte im Raume aus beobachten könnte, so würde man wahrnehmen, dass dieselben die Bahn um die Erde herum in ungefähr dreiundzwanzig Stunden und vierzig Minuten zurücklegen. Der angenommene Sonnenstrom würde auf seinem Wege von den Polen nach dem Äquator Cyklonen verursachen, welche eine Beschleunigung im entgegengesetzten Sinne zeigten, d. h. derselbe würde bewirken, dass eine Umdrehung der Sonne in vielleicht siebenundzwanzig anstatt fünfundzwanzig irdischen Tagen vollendet wird. Deren Abweichungen würden in der heliocentrischen Breite auf der einen Seite von dem sich anschwellenden Strome beeinflusst werden, welcher dieselben nach dem Äquator hindrängen würde, und auf der anderen Seite durch ihre eigene

Wirbelbewegung in dem dichten metallischen Dampfe der Sonne, welche dieselben nach dem Pole hintreiben würde. Man wird natürlich verlangen, dass ich für diese letztere von mir behauptete Wirkung auch eine Erklärung gefunden habe, und ich schreibe dieselbe dem Umstande zu, dass ein Cyklon, welcher z. B. einen Grad in 30 Grad Breite einnimmt, bei seiner Vorwärtsbewegung in der Breitenrichtung weniger Materie auf der Seite nach dem Pole hin zu verrücken hätte, wo der Sonnendurchmesser geringer ist, als auf der Seite nach dem Äquator zu, wo der Sonnendurchmesser grösser ist. Da derselbe somit weniger Masse in dem kleineren Kreise, der nach dem Pole hinläuft, fortzubewegen hätte, so würde er auch geringeren Widerstand in dieser Richtung zu überwinden haben und in Folge dessen sich nach dem Pole hinwenden. Die verhältnissmässige Bedeutung der beiden Kräfte würde von der Tiefe abhängen, in welcher der Cyklon in dem inneren metallischen Dampfe sich eingenistet hätte, oder aber von der Grösse des Fleckens und seiner Winkelentfernung vom Pole. Dieser Wirbeldruck würde nothwendiger Weise mit dem Grade der Sonnenbreite zunehmen, und wir würden darin eine rationelle Erklärung für Dr. Spoerer's wichtige Beobachtungen finden, die dahin lauten, dass die Flecken in hoher Breite nach dem Pole hinneigen, während jene der Äquatorial-Regionen sich häufiger nach dem Äquator hinwenden. Es wäre interessant zu erfahren, ob in derselben Breite die tiefer gewurzelten oder grösseren Flecken nicht häufiger nach dem Pole und die kleineren oder mehr auf der Oberfläche befindlichen nach dem Äquator hinneigen.

Wenn die beobachtete Verzögerung der Sonnenphotosphäre von der plötzlichen Übertragung der Materie von einem niedrigeren zu einem höheren Radius des Sonnenkörpers herrührt, so könnte die dadurch hervorgebrachte verzögernde Wirkung in der Nähe des Äquators jedenfalls nicht geringer sein, als

in der Nähe des Poles, und es würde offenbar kein Grund vorhanden sein, warum die Sonnenflecken am Pole oder am Äquator selbst weniger sichtbar sein sollten, als in den beiden Zwischenregionen. Wenn man annehmen darf, dass die tiefer gelegene Atmosphäre der Sonne aus verhältnissmässig dichten metallischen Gasen von hoher Temperatur besteht, so würde die Wirkung der Wirbelbewegung sich darin äussern, photosphärische Materie in den Strudeltrichter hineinzuziehen; hier würde die Sonnen-Dissociation, wovon M. Hirn gesprochen hat, ohne Zweifel vor sich gehen, welche zunächst eine lokale Temperaturerniedrigung — das Eintreten einer Verdunkelung — veranlassen würden, und sodann eine explodirende Wirkung, welche durch eine vorübergehende Befreiung von Druck ganz im Innern der Sonne verursacht würde. Helleuchtende Lichtströme müssten ebenfalls auf dem dunklen Hintergrunde jedesmal dann erscheinen, wenn die dissociirte Materie wiederum die genügende Temperaturhöhe erreicht hätte, um eine abermalige Verbrennung zu gestatten. Insofern stimme ich daher mit M. Hirn überein, dass eine abermalige Dissociation auf der Sonnenoberfläche in der Wirklichkeit wohl stattfinden mag, der schliessliche Wärmeeffekt dagegen, welcher von einem ein- und ausfliessenden Strome herrühren würde, wie ich ihn angenommen habe, müsste durch die chemische Beschaffenheit dieses Stromes bei seinem Eintritte in die Sonnenphotosphäre respektive beim Verlassen derselben bestimmt werden und die in der Zwischenperiode stattfindenden Veränderungen würden wohl im Stande sein lokale Störungen hervorzurufen, ohne jedoch den vorausgesetzten endgültigen Nutzeffekt zu beeinflussen.

M. Hirn basirt seine Einwendungen gegen die Möglichkeit meiner Hypothese auf zwei bestimmte Punkte (*Comptes Rendus* 11. December), worauf ich mir gestatten möchte Folgendes zu erwidern:

Was die Temperatur der Sonnenphotosphäre anbelangt, so bewundere ich mit ihm die geniale Durchführung und den Werth der Untersuchungen von Mr. Langley „Über die Temperatur der Sonne“ („*On the Temperature of the Sun*“), über deren Resultate uns in dem Protokoll der amerikanischen Akademie für Kunst und Wissenschaft für May 1879 (*Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences for May 1879*) berichtet worden ist, obgleich ich mich mit einigen der Schlussfolgerungen, die M. Hirn aus den Forschungsergebnissen von Mr. Langley zieht, nicht einverstanden erklären kann. Ich stimme vollständig mit Mr. Langley's Schlussfolgerung überein, dass die Bestimmungen von M. Violle, der für die Photosphäre eine Temperaturhöhe von 1500 Centigrad ausgerechnet hat, offenbar bedeutend zu niedrig gegriffen sind, und dass die Temperatur der Photosphäre augenscheinlich über 1800 Centigrad und möglicherweise noch bedeutend mehr beträgt<sup>1)</sup>, und ich habe auch nichts gegen die Ansicht von Mr. Langley einzuwenden, dass die von der Sonne ausgehende Wärmeausstrahlung zum Mindesten etwa hundertmal grösser sein müsse, als die des geschmolzenen Platins, da mir aus dem Ganzen klar geworden ist, dass Mr. Langley sich gegen die Auffassung verwahrt, als ob er behaupten wolle, dass diese grössere Ausstrahlung eine bedeutend höhere Temperatur als die von 1800° C. voraussetze, welche letztere er in der That als seine Minimaltemperatur angenommen hat.

In seinem quantitativen Experimente wird die glatte Oberfläche eines flüssigen Metalles mit der gasförmigen Photosphäre

---

<sup>1)</sup> M. Violle giebt in einem Briefe an die Académie des Sciences, welcher auch in den *Comptes Rendus* vom 22. Januar 1883 erschienen ist, zu, dass die Temperaturhöhe der Sonnenphotosphäre mehr als 1800 Grad betragen müsse, und nimmt dafür den von mir aufgestellten Werth an, welcher dieselbe auf beinahe 3000 Centigrad bringt.

verglichen, wobei der wichtige Faktor  $m$  in der Dulong'- und Petit'schen Formel nicht in Betracht gezogen wird; auch hat Mr. Langley nicht etwa den Versuch gemacht, ein Abhängigkeitsverhältniss zwischen Ausstrahlung und Temperatursteigerung festzustellen.

Ich möchte hier noch bemerken, dass die Sonnentemperatur von  $2800^{\circ}$  C., wozu ich auf einem anderen Wege der Schlussfolgerung gelangt bin, die Minimaltemperatur von Mr. Langley um gerade  $1000^{\circ}$  C. überschreitet — ein Resultat, welches dem Langley'schen, meiner Ansicht nach, vollständig nahe genug kommt, um seine Beobachtungsergebnisse in Bezug auf die Menge der Ausstrahlung mit den meinigen in Einklang zu bringen.

Sir William Thomson's Ansicht über diese Frage wird jedenfalls von allen Physikern für höchst interessant erachtet werden; in einem Vortrage, den er erst ganz neulich vor der Philosophical Society in Glasgow über photometrische Messung gehalten hat, sagt er: „Im Jahre 1878 hat Rosetti für die Sonne eine Temperatur von ungefähr  $9000^{\circ}$  ausgerechnet; der wahrscheinlichste Werth, der für diese Temperatur bis jetzt aufgestellt worden ist, dürfte jedoch wohl der von C. Wm. Siemens angegebene von ungefähr  $3000^{\circ}$  C. sein.

Wenn M. Hirn, indem er sich auf die Untersuchung von Clausius bezieht, die Ansicht ausspricht, dass die Temperatur im Brennpunkte des Lichtes oder der Wärme niemals diejenige der Oberfläche, von welcher die strahlende Energie herkommt, überschreiten könne, so nehme ich durchaus keinen Anstand, ihm dies einzuräumen. Es ist offenbar, dass die im Brennpunkte eines guten, nach der Sonnenscheibe hin gerichteten parabolischen Reflektors erzeugte Temperatur die Sonnentemperatur nicht übersteigen kann; ich wage jedoch zu behaupten, dass die erstere der letzteren viel näher gebracht werden kann, als M. Hirn zuzugeben geneigt zu sein scheint,



wenn nämlich der Reflektor sorgfältig gemacht ist, genügende Grösse besitzt und auf beträchtlicher Höhe aufgestellt wird. Es ist dies eine Frage, mit der ich mich besonders beschäftigt habe, und vor einigen Jahren habe ich auf meinem Landsitze bei Tunbridge Wells, welcher ungefähr 160 Meter über dem Meerespiegel gelegen ist, einen Heliostat mit einem sorgfältig versilberten parabolischen Reflektor von 18 Centimeter Durchmesser aufgestellt. Der Hauptzweck, den ich dabei im Auge hatte, war, festzustellen, ob Dissociation im Brennpunkte erzielt werden könne. Die erzeugte Wärme war so gross, dass das Ende eines durch eine Oeffnung an dem Scheitel des parabolischen Reflektors gesteckten Kohlenstabes hellleuchtend wurde, jedoch nicht etwa in bedeutenderem Grade, als es in einem elektrischen Bogen von geringer Kraft der Fall gewesen sein würde. Eines meiner Experimente bestand darin, eine gewöhnliche Gasflamme durch den Brennpunkt zu leiten, wobei sich herausstellte, dass die Sonnenstrahlen wohl genügten, um die Gasverbrennung zu verzögern, nicht aber, um derselben vollständig Einhalt zu gebieten. Die dabei erzielte Wirkung war in der That ähnlich derjenigen, welche man im Regenerativ-Gas- (oder Siemens'schen) Ofen beobachtet, wenn derselbe zur Fabrikation von Gussstahl oder Gusseisen (*fer fondu*) verwendet wird. In diesem Schmelzofen erreicht das Metall annähernd dieselbe Temperatur wie in der Bessemer Birne, während der oberhalb des metallischen Bades gebogene Theil des Ofens einen bedeutend höheren Temperaturgrad annimmt, da die Wärme der Flamme dem Metalle erst durch eine Schlackenlage von ziemlicher Dicke mitgetheilt wird. Es ist interessant zu beobachten, dass die Flamme, wenn dieser Ofen auf seinem höchsten Hitzegrad angelangt ist, ein entschieden bläuliches Aussehen hat und der Verbrennungsprozess wird bedeutend verzögert in Folge einer statthabenden theilweisen Dissociation. Die aus reiner Kieselerde aufgeführten Wände

des Ofens erreichen nothwendigerweise beinahe dieselbe Temperatur wie die Flamme selbst; wenn man jedoch zuerst die Ofenthür öffnet und darauf den Gaszufluss abschneidet, so ist sofort eine ausserordentliche Abnahme der strahlenden Energie bemerkbar, woraus hervorgeht, dass die glühende gasförmige Atmosphäre das solide feuerfeste Material, woraus die Seiten bestehen, an Wärme ausstrahlender Kraft bei weitem übertrifft.

Der einzige Weg, wodurch es mir möglich geworden ist, Wärmeeffekte zu erzielen, welche die des Regenerativ-Gasofens noch übertreffen, war mit Hülfe meines elektrischen Schmelzofens, den M. Dumas auf der elektrischen Ausstellung in Paris in Augenschein genommen und für interessant genug befunden hat, vor der Akademie in Erwähnung zu bringen. Durch die Anwendung eines Stromes von 250 bis 300 Ampères gelang es mir 4 Kilogramm Platin in 15 Minuten zu schmelzen, wenn der Prozess mit kaltem Schmelztiegel begonnen wurde, und da mir daran gelegen war, einige weitere Experimente über das Giessen auf elektrischem Wege zu machen, so bewog ich meinen Freund, den Professor Huntington mit mir eine Reihe von Untersuchungen vorzunehmen, deren Resultate im verflossenen August vor der chemischen Abtheilung der British Association in Southampton zur Mittheilung gekommen und in dem technischen Journal *The Engineer* vom 8. September 1882 veröffentlicht worden sind, wovon eine Uebersetzung mit den nöthigen Ergänzungen bereits in einer meiner früheren Broschüren erschienen ist<sup>1)</sup>.

Die Schwierigkeit, welche uns bei der praktischen Verwendung dieses Schmelzofens für metallurgische Zwecke entgegentrat, war hauptsächlich dem Umstande zuzuschreiben, dass während der Schmelzung ein beträchtlicher Theil des behandelten Materials resp. Metalles die gasförmige Form an-

<sup>1)</sup> Siehe: „Einige wissenschaftlich-technische Fragen der Gegenwart“ von Sir William Siemens. Zweite Folge. Seite 98. (Anmerkung des Übersetzers.)

nahm und aus der engen Kammer des Ofens mit bedeutender Kraft durch die geringsten Spalten entwich. So wurde zum Beispiel bei einem Experimente eine Ladung Kupfer von 340 Gramm Kupfer ungefähr eine halbe Stunde lang behandelt, und nach Ablauf dieser Zeit verblieben nur 21 Gramm in dem Schmelztiegel, während der Rest den Raum in der Gestalt eines dicken und nicht leicht zu condensirenden Dampfes ausfüllte. Die Temperatur des Ofens war bei diesen Experimenten praktisch nur durch den Wärmegrad begrenzt, worauf angelangt selbst die feuerfestesten Stoffe, wie z. B. Wolfram, die gasförmige Form annehmen, und der Umstand, dass Verdunstung der Metalle stattfand, ehe noch deren Guss vollendet war, bringt mich zu der Schlussfolgerung, dass der Verdunstungspunkt derselben nicht weit über ihrem Schmelzpunkte gelegen sein kann.

Was nun den Reibungswiderstand eines verdünnten Mediums anbelangt, so hält M. Hirn es für nothwendig, an dem ausserordentlichen Verdünnungsgrad von 0,000000000000001 Kilogramm, welchen er in seiner vorigen Mittheilung als zulässig angeführt hat, fest zu halten. Selbst dieser Verdünnungsgrad würde am Ende für meinen Zweck genügen, wenn derselbe auf eine Distanz von der Sonne gleich der des Neptuns oder Uranus angewendet werden soll; ich hoffe jedoch, dass ferneres Beweismaterial zur Erhärtung meiner Schlussfolgerungen beigebracht werden wird, die dahingehen, dass der Planeten-Widerstand, wenn derselbe nach den jetzt allgemein auf ballistische Probleme angewandten Formeln berechnet wird, ganz bedeutend grösser befunden würde, als der wirkliche Widerstand in einem unbegrenzten Medium. Mr. Froude hat nicht bestritten und ich selbst habe keineswegs übersehen den grossen Reibungswiderstand, welchem ein durch die Luft sausesendes Geschoss von verhältnissmässig kleinen Dimensionen oder ein Meteorstein begegnen muss, wenn er

mit einer Geschwindigkeit die Grenzen unserer Atmosphäre passirt, die während seiner Annäherung an die Erde noch bedeutend durch deren Anziehungskraft vergrössert wird; aber sowohl Froude's Theorie der Stromlinie als auch meine eigenen Beobachtungen bezüglich der Anemometerplatten von grossem und kleinem Flächeninhalte lassen dahin schliessen, dass der Widerstand eines verhältnissmässig grossen Körpers oder einer grossen Oberfläche gegen ein freies Medium weit näher dem einschliessenden Mantel als dem Flächeninhalte derselben proportional ist. Ich möchte noch hinzufügen, dass die jüngsten Beobachtungsberichte der Herren Fowler und Baker von der Frith of Forth die in meiner letzten Mittheilung erwähnten Resultate bestätigen, und ich hoffe, mit Hülfe eines augenblicklich in der Construction begriffenen Apparates bald in der Lage zu sein, noch weiteres Beweismaterial zur Unterstützung meiner Ansichten veröffentlichen zu können.

**Bemerkungen über Dr. Siemens' letzte Mittheilung über  
Sonnenenergie von M. Faye.**

*Der Académie des Sciences mitgetheilt und übersetzt von den Comptes Rendus vom  
8. Januar 1883.*

Wenn Mr. Siemens, welcher ausnahmsweise erfolgreich in der Behandlung elektrischer Kräfte und hoher Temperaturen gewesen ist, auf seine Experimente Bezug nimmt, so kann der Leser nur grossen Vortheil aus dem Studium seiner Mittheilungen ziehen, wenn er dagegen die physikalische Beschaffenheit der Sonne erörtert, so begegnet man vielen Punkten, die man schwerlich zugeben kann.

So habe ich den Einwand erhoben, dass die äquatoriale Centrifugalkraft der Sonne im Vergleich mit der Schwerkraft derselben viel zu schwach sei, um zu gestatten, dass die Sonne am Äquator ankommende Atome in den Raum hinauswerfe.

Mr. Siemens antwortet mir darauf, indem er auf die

hypothetische gebogene Röhre Bezug nimmt, zu welcher Newton bei der Erörterung der Abflachung unserer Erdkugel an den Polen seine Zuflucht genommen hatte; der eine Schenkel dieser Röhre soll der Linie der Pole folgen, während der andere nach irgend einem Punkte am Äquator hin gerichtet ist. Newton liess jedoch die beiden Schenkel der Röhre auf derselben Fläche des Planeten hervorkommen, während Mr. Siemens in seinem Falle, der sich auf die Sonne bezieht, eine gebogene Röhre mit unendlich langen Schenkeln annimmt, welche sich in den kosmischen Raum erstrecken. Wenn Mr. Siemens den Äquatorialarm dieser Röhre an der Rotation der Sonne theilnehmen lässt, so ist es gewiss, dass die Centrifugalkraft an dem äussersten Ende unbegrenzt proportional der Länge der Röhre zunehmen würde, während die Schwerkraft an dem äussersten Ende doch bei weitem rascher im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Länge abnehmen müsste. In Folge dessen würde das Gleichgewicht gestört werden und die Materie aus dem äussersten Ende der Röhre herausströmen und eine Art von Äquatorialstrom bilden, während kosmische Materie in den unbeweglichen Polararm hineingezogen würde. Wenn es nöthig wäre, würde Mr. Siemens alles Gas, womit er das Weltall anfüllt, auf diese Weise durch seine Röhre fliessen lassen.

Indem er diese Bewegung der Sonne anzupassen versucht, hat der gelehrte Verfasser nicht bedacht, dass durch diese Annahme die Sonne ihre Rotation dem sich in's Unbegrenzte erstreckenden Medium mittheilt, welches nach seiner Hypothese dieselbe umgiebt. Dieses Medium würde so rotiren, als ob es auf's Engste mit der Sonne in Verbindung stünde, woran Mr. Siemens jedenfalls nicht denkt; und bei näherer Erwägung, glaube ich, wird er hier auf einige Schwierigkeiten stossen<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Aus meiner früheren Mittheilung über die Schleuderwirkung der

**Über zwei von Professor Young aus New-Jersey erhobene  
Einwürfe gegen die cyklonische Theorie der Sonnenflecken  
von M. Faye.**

*Eine Mittheilung an die Académie des Sciences, übersetzt aus den Comptes  
Rendus vom 26. December 1882.<sup>1)</sup>*

In Simon Newcomb's *Popular Astronomy* verweist Mr. Young, dessen wundervolle spektroskopische Untersuchungen über die Beschaffenheit der Sonne wohl bekannt sind, auf diese Theorie mit den folgenden Worten: „Die Theorie von M. Faye scheint mir überhaupt von allen bis dahin veröffentlichten die vernünftigste zu sein; es ist jedoch schwierig, sie mit dem Mangel an sichtbaren Spuren von Rotation bei der Mehrzahl der Sonnenflecken in Vereinbarung zu bringen.“ Ganz kürzlich hat Mr. Young in einem Werke über die Sonne, welches eben erst in der internationalen Bibliothek von M. Alglave veröffentlicht worden ist, denselben Einwand wieder erhoben und diesmal noch auf eine zweite Schwierigkeit hingedeutet, welche er für entscheidend hält. Es ist bekannt, dass die aufeinanderfolgenden Zonen der Photosphäre nicht dieselbe Winkelgeschwindigkeit haben, und gerade diesen Differenzen in der Schnelligkeit der Bewegung schreibe ich die Bildung der Solarwirbelstürme oder Sonnen-

---

Sonne wird man ersehen, dass dieselbe nicht von der Rotation der den Raum ausfüllenden gasförmigen Materie abhängt. Diese Materie würde in den Polarschenkel der hypothetischen Röhre ohne Rücksicht auf irgend welche Anfangsbewegung des Armes eintreten und am Äquator mit der ihr von der Röhre mitgetheilten Bewegung abgegeben werden.

<sup>1)</sup> Diese Mittheilung über die Natur der Sonnenflecken von M. Faye bestätigt in vielen wichtigen Punkten die von dem Verfasser in seiner letzten Antwort an die Herren Faye und Hirn ausgesprochenen Ansichten. Obgleich M. Faye's Brief, was das Datum seiner Veröffentlichung anbelangt, dem Schreiben des Verfassers vorausgegangen war, so erschien derselbe doch erst, nachdem das letztere bereits abgesandt worden war.

flecken zu. Auf der anderen Seite bedient Mr. Young sich der Formel

$$862' - 186' \sin^2 l,$$

die ich für die tägliche Geschwindigkeit in irgend einer heliocentrischen Breite „ $l$ “ gegeben habe, und findet, dass die Variation von  $l = 20^\circ$  bis  $l = 20^\circ 1'$  nur  $4\frac{1}{6}$  Meilen pro Tag ausmacht, während die Entfernung zwischen den beiden Parallelen 123 Meilen beträgt. Diese Variation erscheint ihm nicht genügend, um Wirbelstürme in der Sonne zu erregen.

Ich weiss diese Einwendungen zu schätzen, halte dieselben jedoch für etwas voreilig. Man hat angenommen, dass Wirbelstürme reissende Wirbel in sich schliessen, und geglaubt, dass die Ränder der Sonnenflecken, wenn dieselben überhaupt Wirbelstürme wären, gewaltsam zerrissen und verzerrt sein müssten; das Ganze sollte sich mit reissender Geschwindigkeit um seinen Mittelpunkt drehen, die leuchtenden Fasern der Penumbra würden zu Spiralen zusammengedreht sein u. s. w. Wenn solches nothwendig der Fall wäre, so würde ich sofort zugeben, dass die Erscheinung der Sonnenflecken unter keinen Umständen cyklonischer Natur ist, und dass eine Geschwindigkeit von 4,1 Meilen pro Tag, bei einem Radius von 123 Meilen, die nicht mehr als eine Winkelgeschwindigkeit von 2 Grad pro Tag am Rande des Wirbels ausmacht, ganz und gar nicht mit dieser Ansicht übereinstimmt.

Ich hoffe jedoch, dass Mr. Young der einfachen Bemerkung, die ich über diesen Gegenstand zu machen im Begriffe stehe, einermassen seine Beachtung schenken wird.

Der obere Theil der Skizze (Seite 118) stellt den Vertikalschnitt eines irdischen Wirbelwinds dar, der untere Theil zeigt einen gewöhnlichen Sonnenfleck mit dem gezackten Rande der Photosphäre, der grauen Penumbra, dem dunkelen

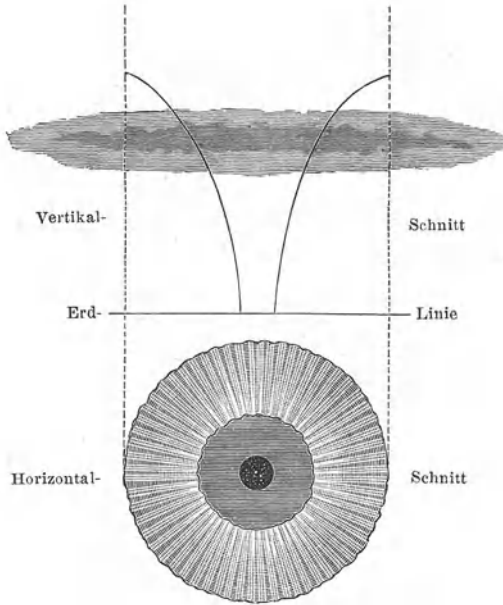
Kern und dem vollständig schwarzen Mittelpunkte, welchen der Rev. Mr. Dawes entdeckt hat, abgesehen von einigen Einzelheiten, die mehr physikalischer als geometrischer Natur sind. Die beiden Figuren repräsentiren den Vertikal- und Horizontalschnitt eines und desselben Gegenstandes, nämlich eines Wirbels um eine Vertikalachse. Wir sehen die irdischen Wirbel vom ersten Standpunkte aus ganz tief unten, fast am Fusse des Wirbels, wo die Bewegung sehr heftig ist, während die obere Öffnung durch Wolken verhüllt ist. Andererseits sehen wir die Sonnenwirbel von oben, vom zweiten Standpunkte aus, welcher den auf die Sonnenoberfläche projectirten Wirbel zeigt, wobei nur der Rand der ungeheuren oberen Öffnung für unser Auge sichtbar ist. Die Rotationsgeschwindigkeit ist daselbst, im Gegensatze zu der am unteren Theile, den wir auf der Sonne nicht wahrnehmen können, sehr langsam<sup>1)</sup>.

Was wir auf der Sonne sehen, würden wir auch auf der Erde beobachten, wenn wir uns hoch über dieselbe erheben und von der Höhe aus eine Horizontal-Projektion des Wirbelsturms oder Orkans in voller Thätigkeit, wenn derselbe eine ungeheurere Öffnung mitten in unsere mit Cirrus beladene Luftströmung macht, betrachten könnten.

---

<sup>1)</sup> Ich kenne nichts Auffallenderes als die einfache geometrische Identität dieser beiden, in ihrem Anblick so verschiedenartigen Erscheinungen, nämlich der Sonnenflecken und der irdischen Wirbelstürme. Da der Kern des Solarwirbelsturms schwarz erscheint, so wird die in demselben sich bewegende Materie kalt und folglich die Wirbelbewegung nach unten gerichtet sein. Und da die Erd-Mechanik dieselbe sein dürfte, wie die der Sonne, so wird auch die Wirbelbewegung bei den irdischen Wirbelstürmen nach unten gerichtet sein, eine Schlussfolgerung, die ich soweit es sich um unsere Wirbelstürme, Wasserhosen und Orkane handelt, bestätigt habe.





Befänden wir uns in genügender Entfernung, so würden wir kaum irgend eine Rotation am Rande wahrnehmen, oder es müsste wenigstens eine sehr geraume Zeit verstreichen, ehe dieselbe sehr deutlich werden würde. Was den dunkelen Mittelpunkt des Wirbelsturms anbelangt, so würden wir von der daselbst stattfindenden ungemein raschen Rotation nichts bemerken können.

Fast das einzige Gesetz der Hydrodynamik, welches auf Wirbel Bezug hat, ist, dass die Winkelgeschwindigkeit eines gut ausgebildeten Wirbels von einem Punkte zum anderen umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung von der Achse variirt. Wenn wir ferner eine Wasserhose untersuchen, welche eine Basis von einigen Metern im Durchmesser hat und aufwärts nach den Wolken, welche den Mund des Trichters verbergen, eine viele hundertmal grössere Öffnung als

die Basis ausstreckt, so würden wir am oberen Rande eine zehntausendfach langsamere und verhältnissmässig un wahrnehmbare Rotation vorfinden. In ähnlicher Weise würde ein Wirbelsturm oder eine Wasserhose, deren Winkelgeschwindigkeit am unteren Rande  $180^\circ$  pro Tag beträgt, was beim Beginne eines Sturmes sehr wohl der Fall sein kann, an dem äussersten oberen Rande, wo der Durchmesser ungefähr zehnmal so gross ist, keine grössere Geschwindigkeit haben, als  $2^\circ$  pro Tag.

Der Unterschied ferner von täglich 4,1 Meilen, den Mr. Young zwischen den Geschwindigkeiten zweier, 123 Meilen von einander entfernter Punkte der Photosphäre ausgerechnet hat, stimmt genau mit einer Winkelgeschwindigkeit von 2 Grad pro Tag überein und dies schliesst keineswegs aus, dass in einer genügenden Tiefe, wo der Durchmesser dieser unmerklichen Sonnenpore auf eine Meile reduziert ist, die Winkelgeschwindigkeit  $30\,000^\circ$  pro Tag betragen wird.

Diese Langsamkeit der Rotation am Rande des ungeheuren Trichters der Sonnenflecken, eben wenn derselbe nach Oben bis in die Chromosphäre verlängert wird, erklärt deutlich die Enttäuschung der Beobachter, die sich darüber beklagen, dass sie sehr selten einige Spuren von Rotation entdecken. Derartige Spuren würden nur an den Rändern sichtbar sein, da in dem Mittelpunkte, wo die Rotation eine weit schnellere ist, nur das dunkle und kalte Gas vorhanden ist, welches mit reissender Geschwindigkeit in den von Dawes aufgefundenen schwarzen Schlund gerissen wird, der genau dem engeren Theile des Trichters unserer Luftwirbel entspricht.

Wenn die von den Rändern getrennten lichten Wolken in dem kalten Mittelpunkte fortleuchten könnten, so würden wir sie sicherlich dem Strome in absteigenden Spirallinien folgen sehen. Sie werden jedoch sehr rasch in den kalten

von Oben einströmendene Wasserstoff eingehüllt und vergehen nicht weit vom Rande. Es würde nutzlos sein in der Penumbra nach Rotationsspuren zu suchen, da dieselbe ebensowenig einen Theil des Wirbels bildet, als die Wolkenumhüllung, welche unsere Wasserhosen und Orkane umgiebt und deren Umriss sichtbar macht. Sie ist zusammengesetzt aus leuchtenden Wolken, welche denen der Photosphäre ähnlich aber viel dünner sind. Dieselben entstehen in dem oberhalb des Trichters gelegenen ruhigen Raume in Folge einer lokalen Temperaturerniedrigung, und die so gebildete Penumbra endet plötzlich und begrenzt regellos den Nucleus, richtig so benannt, weil näher der Achse die aufsteigenden Ströme, welche mit den jene Wolken erzeugenden Dämpfen geschwängert sind, zur Seite gedrängt werden von dem Gase, welches frei geworden ist und von dem unteren Ende des Cyklons emporsteigt. Die spiralförmige Bewegung theilt sich nur im Falle von Segmentbildung dieser Umhüllung mit. Die leuchtenden Fäden verschlingen sich dann örtlich nach verschiedenen Richtungen hin, wie in den wundervollen Diagrammen von Mr. Langley veranschaulicht wird.

Es ist diesem Umstande zuzuschreiben (und wir müssen nothwendig daran festhalten), dass die die Wasserhosen und Wirbelwinde umhüllenden Wolken im Allgemeinen keine Merkmale von dem reissenden Wirbel zeigen, den sie umgeben. Es ist wahr, dass mit Recht angesehene Meteorologen lange Zeit die innere Rotation der Wirbelwinde in Abrede gestellt haben, weil keine sichtbaren Zeichen davon an den Umrissen bemerkbar sind; um dieselben daher zu überzeugen, müsste man Spuren auf der Erde in der Lage umgeworfener Bäume und in den Trümmern unserer Häuser zu finden suchen. Ich habe für meine Person eine Diskussion über diesen Gegenstand vor der Académie übernommen.

In Kürze lasse ich hier meine Erwiderung folgen auf die Einwendungen von Mr. Young, welche auf den ersten Blick so plausibel erscheinen.

1. Die Ungleichheit in der Geschwindigkeit (für welche meine Formel nur einen mittleren Werth giebt, dessen Genauigkeit durch die Anwesenheit der Flecken verliert) zwischen den Parallellinien der Strömungen der Photosphäre und zweifelsohne auch der Chromosphäre sind vollständig genügend, um auf der Sonne Wirbel von jeder Ausdehnung in's Leben zu rufen: von den grössten Flecken, welche unsere Erde mit Leichtigkeit verschlingen würden, bis zu den kaum sichtbaren Poren.

2. Wenn im Allgemeinen keine Rotationsspuren am Rande der Flecken sichtbar sind, so ist der Grund dafür in der Langsamkeit der daselbst statthabenden Rotation zu suchen. Überdies würden solche Spuren auch bei unseren Cyklonen nicht bemerkbar sein, wenn wir von Oben auf die Ränder ihrer ausgedehnten Öffnungen herabschauen würden.

Obgleich wir jedoch selten die Merkmale antreffen, nach welchen Mr. Young forscht, und die in der Wirklichkeit im Allgemeinen nicht vorhanden sein dürften, so lassen sich doch mit Leichtigkeit andere sehr charakteristische Anzeichen aufweisen, welche keineswegs zufälliger Natur sind, sondern bei jedem Sonnenfleckenvorkommen. Ich habe schon vor langer Zeit darauf hingewiesen und will dieselben jetzt hier nur aufzählen.

Es sind dies die bezeichnenden Merkmale einer jeden spiralförmigen Bewegung, welche sich sowohl auf der Sonne als auch in unserer eigenen Atmosphäre vorfinden.

1°. Die Kreisform, welche alle Flecken in ihren ersten Entwicklungsstufen annehmen.

2°. Die ausgedehnte konische Form ihrer Mündung.

3°. Die auffallende Verengerung, welche diese Form in einer tiefer gelegenen Ebene zu erleidet, welche in dem schwarzen Loche von Dawes besonders augenscheinlich gemacht wird.

4°. Das Bestreben derselben sich zu erweitern, während sie gleichzeitig fast immer ihre Kreisform beibehalten.

5°. Das Bestreben derselben in Segmente abzubrechen, welche mit einem gewissen Entwicklungsgrade entstehen und Theilflecken bilden. Diese ihrerseits bilden, sobald sie sich getrennt haben und ein schmales Band der Photosphäre sich zwischen dieselben und die aufsteigenden Ströme des Innern gelagert hat, wiederum für sich vollständige Flecken mit Penumbra, Nucleus und dem schwarzen Mittelpunkte von Dawes, die mehr oder weniger concentrisch placirt sind. Diese Erscheinung ist bei unseren irdischen Wirbelstürmen so häufig und auffallend, dass Meteorologen dasselbe Wort „Segmentation“ adoptirt haben, um sie zu bezeichnen.

6°. Der regelmässige Lauf derselben, indem sie der Linie des Stromes folgen, welcher sie hervorgerufen hat.

7°. Ihre lange Dauer, welche derjenigen unserer Cyclonen, die ganze Wochen hindurch ihre gewaltigen Bahnen auf der Erde beschreiben, gleichkommt und sie oft übertrifft. Dieses lange Bestehen nur vereinbar mit der Kreisbewegung um eine Vertikalachse.

8°. Die Art und Weise ihres Verschwindens, welche von der mechanischen Arbeit derselben abhängt. Diese Arbeit hat den Effekt, die Ungleichheiten in den Geschwindigkeiten der Ströme auf der Oberfläche zu beseitigen, welche nach unten gezogen werden und nachdem sie ihre eigenthümliche Arbeit

vollbracht haben, verschwinden. Wenn auf diese Weise eine mehr gleichförmige Region in einem Wasser- oder Gasstrome momentan hergestellt worden ist, so fällt für den Wirbel die Nahrung fort; derselbe verengt sich in Folge dessen sehr rasch und verschwindet.

9°. Das Wiedererscheinen des Wasserstoffes ringsum die Flecken (oder Poren), welcher von den letzteren verschlungen und in einer gewissen Tiefe wieder frei geworden, sehr rasch ringsum den Wirbel wieder aufsteigt bis zu demselben Höhepunkte, von dem er gekommen ist, und selbst noch über diesen Punkt hinaus schießt in Folge der erlangten Geschwindigkeit. Hiervon stammen die Erzeugung von hellen Flecken, das Erscheinen ausbrechender Protuberanzen und die ausserordentliche vertikale Kreisbewegung des Wasserstoffes, welche unaufhörlich zwischen der Chromosphäre und den tiefer gelegenen Schichten und umgekehrt stattfindet. Dies ist die einzige Erscheinung, welche den Sonnenwirbeln eigenthümlich ist.

Ich habe nachgewiesen und die Meteorologen kommen nach und nach zu der Ueberzeugung, dass die um eine Vertikalachse gebildeten Erdwirbel ihren Ursprung in den oberen Strömungen unserer Atmosphäre haben; von da steigen dieselben auf die Erde herab, wo sie die Oben erlangte und bei ihrer Fortpflanzung nach Unten concentrirte Kraft verausgaben. Es ist interessant bei der Sonne dieses Gesetz der irdischen Mechanik selbst bis zu den geringsten Einzelheiten wiederzuerkennen. Die festgestellte Identität zwischen den Sonnenflecken und unseren Cyklonen giebt uns den Schlüssel zu diesen geheimnissvollen Erscheinungen; und wenn wir dann, von der Erde zur Sonne übergehend, diese Erscheinungen nach einander auf eine Vertikal- und dann auf eine Horizontalebene projecirt sehen, so

sind wir besser in der Lage, uns eine vollständigere Vorstellung von beiden zu machen<sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Aus dieser interessanten Mittheilung geht hervor, dass M. Faye das Entstehen der Sonnenflecken ähnlichen Ursachen zuschreibt, wie ich sie in meiner letzten Antwort an ihn angenommen habe; der wesentliche Meinungsunterschied besteht darin, dass M. Faye der Ansicht ist, dass die erzeugenden Ströme aus dem Inneren entspringen, während ich annehme, dass dieselben von Quellen ausserhalb der Sonne stammen. Nachdem die Frage auf diese Weise in engere Grenzen gebracht worden ist, dürfte dieselbe höchst wahrscheinlich in nicht gar langer Zeit von unabhängigen Beobachtern endgültig entschieden werden.

C. W. S.

---

**A n h a n g.**



### **Sonnenlicht und diffuses Tageslicht in bedeutenden Höhen beobachtet.**

*Auszug aus einer Abhandlung von Capitain Abney, F.R.S., gelesen vor der Sektion A bei der Versammlung der British Association in Southampton im Jahre 1882, nebst einem Berichte über die von Professor Langley in der sich anschließenden Diskussion gemachten Bemerkungen.*

In der Versammlung der British Association in Southampton las Capitain Abney eine Abhandlung, worin er unsere Aufmerksamkeit auf die Thatsache hinlenkte, dass auf bedeutenden Höhen aufgenommene Photographien Hintergründe zeigen, die beinahe schwarz sind im Vergleich zu den darauf projecirten glänzenden Gegenständen; und im Verlaufe seines Vortrages zeigte er, dass die Luft um so dunkeler und das Spektrum um so undeutlicher erscheint, je höher der Beobachter über den Meeresspiegel emporsteigt. Das Spektrum zeigt in der That auf einer Höhe von 8500 Fuss im Violetten und Ultra-Violetten wenig mehr als ein Band, während es auf der Höhe des Meeresspiegels fast das ganze photographische Spektrum wiedergiebt. Der Grund hierfür kann nur im Vorhandensein von Atomen irgend einer reflektirenden Masse zu finden sein, von welchen das Sonnenlicht zurückgeworfen wird. Der Verfasser führte diese Erscheinung auf „Wasserstoff“ (waterstuff) zurück, wovon neun Zehntel auf der Höhe, auf welcher er gearbeitet habe, zurückgeblieben sei. Er zeigte sodann, dass das Ultra-Violett des direkten Sonnenlichtes in seinem Glanze ganz gewaltig zunahm, je höher der Beobachter stieg, jedoch nur bis zu einem gewissen Punkte, da das Spektrum bei 2940 Wellenlänge plötzlich endete. Diese plötzliche Absorption war ausseratmosphärischen Ursachen und vielleicht dem Raume zuzuschreiben. Die Zunahme im Glanze des Ultra-Violett war eine derartige, dass die gewöhnlich unsichtbaren Strahlen *L*, *M*, *N* deutlich gesehen werden konnten, woraus hervorgeht, dass die Sichtbarkeit dieser Strahlen von der Intensität der Ausstrahlung abhängt. Der rothe und ultra-rothe Theil des

Spektrums wurde ebenfalls betrachtet. Er zeigte ferner, dass die Absorptionslinien in ungeschwächter Stärke und Zahl auf dieser bedeutenden Höhe vorhanden waren, und führte so deren Ursprung auf ausseratmosphärische Ursachen zurück. Die von atmosphärischen Ursachen herrührende Absorption strahlender Energie war, der Ansicht des Verfassers gemäss, „Wasserstoff“ (waterstoff) zuzuschreiben, den er Bedenken trug Wasserdampf zu nennen, da das Bandspektrum des Wassers vorhanden war und keine Linien. Die *B* und *A* Linie konnten nach des Verfassers Erklärung ebenfalls nicht tellurische Linien genannt werden, viel weniger noch eine Folge von Wasserdampf sein, sie müssen vielmehr im Zwischenraume der Sonne und unserer Atmosphäre ihren Ursprung haben. Der Verfasser bestätigte schliesslich noch das Vorhandensein von Benzin und Äthyl in derselben Region. Er fand deren Vorhandensein auf der Höhe des Meeresspiegels im Spektrum angedeutet und auf 8500 Fuss Höhe zeigten sich ihre Absorptionslinien mit unverminderter Intensität. Es dürfte hiernach wohl kaum einem Zweifel unterliegen, dass Kohlenwasserstoffe zwischen unserer Atmosphäre und der Sonne und möglicher Weise auch im Raume vorhanden sein müssen.

Nach Capitain Abney bemerkte Professor Langley: Die soeben von Capitain Abney verlesene, höchst bemerkenswerthe Abhandlung hat uns allerdings bereits Aufklärung über einige Punkte gebracht, lässt jedoch den Punkt, welchen ich, mit Erlaubniss der Association, zu unterbreiten im Begriffe bin, im Zweifel. Ich muss dabei bemerken, dass das, was ich hier vorbringen will, sich nur auf die veröffentlichte Broschüre des Capitain Abney bezieht und nicht etwa auf das, was wir soeben gehört haben.

Von dem Sonnenspektrum wird so allgemein angenommen, dass es bereits vollständig aufgezeichnet worden sei, dass die Behauptung: weit mehr als die Hälfte seiner Ausdehnung sei nicht allein nicht verzeichnet, sondern fast noch unbekannt, Staunen erregen mag. Diese Behauptung ist jedoch, meiner Ansicht nach, durchaus wahr, insofern sie sich auf die noch fast unerforschte, von dem älteren Herschel zuerst aufgefundene Region unter Roth bezieht, welche für's Auge unsichtbar, durch das Prisma so zusammengedrängt wird, dass, wengleich seine gesamteten Wärmeeffekte auch mit Hilfe der Thermosäule studirt worden sind, wir doch lediglich den jüngsten Erforschungen des Capitain Abney eine sichere

Kenntniss eines Theils der dort vorhandenen Absorptionslinien verdanken. Denn obgleich der eben genannte Forscher unsere Kenntniss des Spektrums bis auf einen Punkt weit jenseit des untersten sichtbaren Strahles erweitert hat, so verbleibt dennoch eine weit entfernter gelegene Region von grösserer Ausdehnung als das ganze sichtbare Spektrum, dessen Studium man mit Hülfe des Linienbolometers in Alleghany nunmehr begonnen hat.

Das ganze sichtbare und unsichtbare Spektrum wird stark afficirt durch die theilweise Absorption unserer Atmosphäre, sowie durch die der Sonne; und wir müssen zunächst im Auge behalten, dass wir ein zweites und sehr verschiedenes Spektrum erblicken würden, wenn wir aus der atmosphärischen Hülle unserer Erde heraustreten könnten, und liesse sich die Sonnenatmosphäre ebenfalls entfernen, so würden wir noch ein drittes, von den beiden ersteren verschiedenes Spektrum vor uns haben. Die ausgestellten Karten zeigen:

1. Die Vertheilung der Sonnenenergie, wie wir dieselbe empfangen auf der Oberfläche der Erde, über den ganzen sichtbaren und unsichtbaren Theil sowohl auf der prismatischen, als auch auf der normalen Skala. Hierüber habe ich hauptsächlich hier zu sprechen; diese ganze erste Untersuchung ist jedoch nur als nebensächlich zu betrachten im Vergleich zu anderen, welche das Spektrum vor jeglicher Absorption behandeln, worauf ich später noch kurz zurückkommen möchte, obgleich dieselben nur erst unvollständig sind.

Die weiteren Kurven deuten an:

2. Die Vertheilung der Energie vor der Absorption durch unsere eigene Atmosphäre.
3. Diese Vertheilung auf der Photosphäre der Sonne.

Die Ausdehnung des neuerdings erforschten Feldes ist dargestellt durch diese Zeichnung. (Karte vorgezeigt.) Zwischen  $H$  in dem äussersten Violett und  $A$  in dem entferntesten Roth liegt das sichtbare Spektrum, womit wir vertraut sind, dessen Länge ungefähr 4000 Angstrom'sche Einheiten beträgt. Wenn nun 4000 die Länge des sichtbaren Spektrums repräsentirt, so zeigt die Karte, dass die Region darunter sich auf 24000 mehr erstreckt und der Theil davon, welcher unter Wellenlänge 12000 liegt, ist jetzt zum ersten Male aufgezeichnet worden.

Wir haben bis zu  $\lambda = 12000$  verhältnissmässig vollständige

Photographien, von Capitain Abney veröffentlicht; ausser einigen sehr unbedeutenden Andeutungen von Lamansky, Desains und Mouton fehlen uns jedoch alle weiteren Anhaltspunkte.

Da die Abweichungen proportional den Abscissen und die gemessenen Sonnenenergien proportional den Ordinaten sind, so haben wir hier (1) die Vertheilung der Energie in dem prismatischen und (2) ihre Vertheilung in dem normalen Spektrum. Die Total-Energie ist in jedem der beiden Fälle proportional dem Flächeninhalte der Kurve (wobei die beiden sehr verschiedenen Kurven dieselbe Fläche einschliessen), und auf beiden wird, wenn man die Total-Energie roh in vier Theile zertheilt, ein Theil dem sichtbaren und die übrigen drei dem unsichtbaren oder ultra-rothen Theile entsprechen. Die Total-Energie auf dem ultra-violetten Ende ist so gering, dass wir dieselbe hier ganz vernachlässigen können.

Wir bemerken dabei, dass (in Folge der durch das Prisma herbeigeführten Verdrehung) die grösste, die Wärme repräsentirende Ordinate im prismatischen Spektrum, nach Dr. Tyndall's Beobachtungen, unter Roth liegt, während auf der normalen Skala die grösste Ordinate in dem Orange gelb zu finden ist.

Ich möchte demnächst Ihre Aufmerksamkeit auf die Thatsache hinlenken, dass in jedem der beiden Spektren, und zwar unterhalb  $\lambda = 12000$ , ganz aussergewöhnliche Senkungen und Unterbrechungen der Energie vorhanden sind, denen, wie man sehen wird, das sichtbare Spektrum nichts Ähnliches gegenüber zu stellen hat. Was die Ursache anbelangt, welche diese grossen Risse herbeiführt, die auf so auffallende Weise die Kontinuirlichkeit der Kurve unterbrechen und an einer Stelle, wie Sie sehen, dieselbe vollständig in zwei Theile theilt, so habe ich darüber bis jetzt noch keine endgültige Klarheit erlangt. Da uns aber durch Dr. Tyndall's Beobachtungen bereits die bedeutende Absorption von Wasserdampf in dieser tiefst gelegenen Region bekannt ist, so dürfte es *a priori* nicht unbegründet scheinen, diese Absorption als die Ursache anzusehen. Auf der anderen Seite aber, wenn ich meine Beobachtungen von Mittag bis zum Sonnenuntergang fortsetzte und successive Messungen einer jeden Ordinate vornahm, während die allmählig untergehende Sonne ihre Strahlen durch grössere Tiefen absorbirender Atmosphäre hindurch sandte, so habe ich gefunden, dass die Risse nicht in dem Grade zunahmen, als sie offenbar thun sollten, wenn dieselben einer irdischen Ursache zuzuschreiben wären, und soweit

dieser Umstand in Betracht kommt, sollte man eher annehmen, dass dieselben von dem Einflusse der Sonne herrühren. Meine eigenen Erforschungsmittel sind jedoch nicht in dem Grade geeignet, diesen wichtigen Punkt zu bestimmen, wie die der Photographie, der wir vielleicht doch unsere letzte Entscheidung verdanken mögen.

Durch eingehendes Studium der Photographien, welche Captain Abney von der Region zwischen  $\lambda = 8000$  und  $\lambda = 12000$  aufgenommen hat, bin ich zu der Ansicht gelangt, dass diese Risse durch eine Anhäufung von feineren Linien gebildet werden, welche am geeignetsten mit Hülfe der Camera gesondert werden können, einem Instrumente, das da, wo es überhaupt angewendet werden kann, bei weitem empfindlicher ist, als das Bolometer, während das letztere, meiner Meinung nach, wiederum gewisse Vortheile hat, wo es sich darum handelt, direkte und zuverlässige Messungen von dem Betrage der Energie, welche in einem jeden Strahle vorhanden ist, zu erzielen.

Ein Grund, warum die Ausdehnung dieser grossen Region so seltsam unterschätzt worden ist, liegt in dem trügerisch kleinen Raume, in welchen dieselbe in Folge der Verdrehung des Prismas zusammengedrängt zu sein scheint. Der Wunsch, diese Menge Strahlen zu unterscheiden hat mich dazu geführt, ein spezielles Instrument für diesen Zweck zu erfinden. Das Bolometer, welches ich hier vor mir habe, ist ein Instrument, welches auf Prinzipien beruht, die ich nicht erst des Langen und Breiten zu erklären brauche, da ich wohl annehmen darf, dass alle Anwesenden zur Genüge vertraut sind mit dem Erfolge, welchen die Anwendung dieser Prinzipien auf einem anderen Gebiete erfahren hat, und zwar in der Hand des Dr. Siemens, des Präsidenten dieser Association.

Ich möchte jedoch bemerken, dass diese spezielle Konstruktion die Ueberwindung sehr bedeutender Schwierigkeiten und lange Arbeit erfordert hat. Für das hier vorgezeigte Instrument ist von den Herren Tiffani in New York Platin in Bleche gewalzt worden, welche wie Professor Rood die Freundlichkeit hatte festzustellen, die erstaunenerregende Dünne von weniger als  $\frac{1}{25\,000}$  eines englischen Zolles erreichen (ich habe auch Eisen bis auf  $\frac{1}{15\,000}$  eines Zolles gewalzt), und von diesem Platin ist ein Streifen abgeschnitten worden, der  $\frac{1}{125}$ stel Zoll breit ist. Dieser winzige Streifen, welcher den einen Zweig einer Wheatstone'schen Brücke bildet und vollständig vor

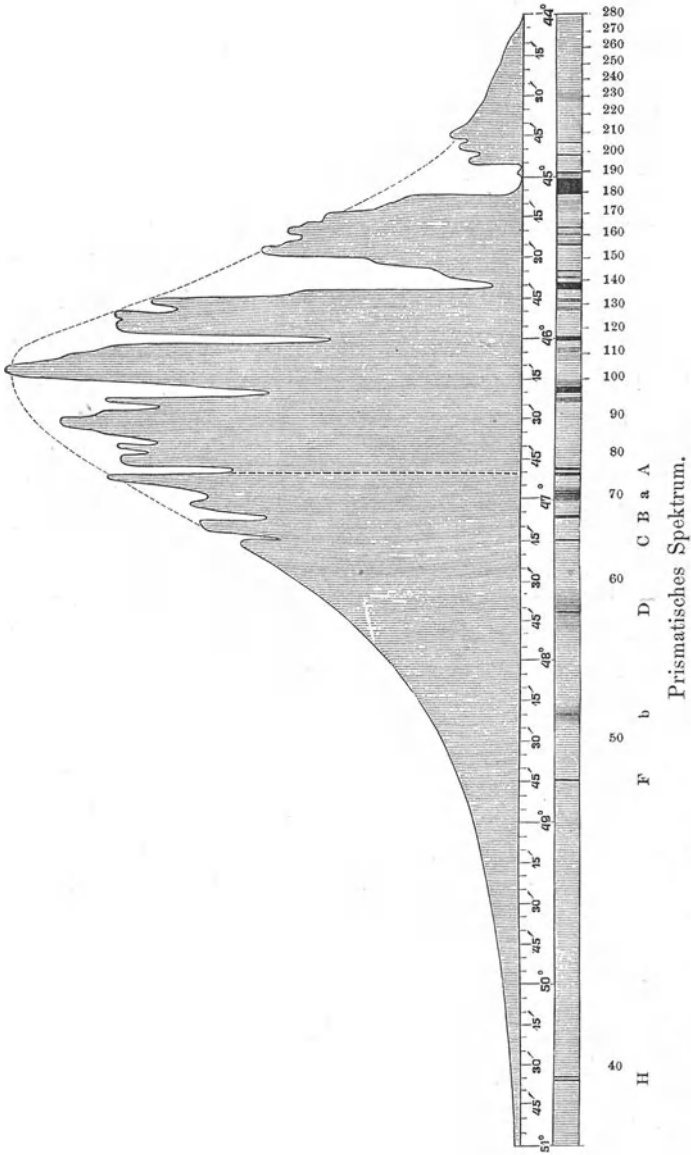
Luftströmungen geschützt ist, ist mit Hülfe eines zusammengesetzten Mikroskopes genau in die Mitte dieses mathematisch richtig gedrehten Cylinders eingesetzt und der Cylinder selbst wird durch die Arme dieses Y genau in seiner Lage gehalten.

Das damit verbundene Galvanometer giebt mit Leichtigkeit Temperaturveränderungen von weit weniger als  $\frac{1}{10000}^{\circ}$  Fahr. an. Da es ein und dieselbe Sonnenenergie ist, deren Wirkungen wir „Licht“ oder „Wärme“ nennen, je nach Art des Mediums, welches uns dieselben übermittelt, so ist „Licht“ für das Auge, was „Wärme“ für das Bolometer ist, und was das Auge als eine dunkle Linie wahrnimmt, fühlt das empfindliche Instrument als eine kalte Linie. Wenn demgemäss Linien analog den dunklen „Fraunhofer'schen Linien“ in dieser unsichtbaren Region existiren, so werden dieselben dem Bolometer, wenn ich so sagen darf, als kalte Bänder erscheinen, und dieser haarfeine Streifen von Platin wird in dem unsichtbaren Theile des Spektrums voran bewegt, bis das Galvanometer die fast unendlich geringe Temperaturveränderung anzeigt, welche durch Berührung des Streifens mit einem solchen „kalten Bände“ verursacht wird. Die ganze Arbeit kann, wie man sieht, nur sehr langsam von statten gehen und ist in der That weiter nichts, als ein längeres Heruntappen im Finstern, welches ausserordentliche Geduld verlangt. Ein Theil der Resultate dieser Arbeit liegen hier vor Ihnen.

Der langwierigste Theil des ganzen Processes war die Bestimmung der Wellenlängen. Ich erinnere daran, dass wir (ausgenommen durch die bereits erwähnte Arbeit des Capitain Abney und vielleicht durch diejenige M. Mouton's) keine direkte Kenntniss von den Wellenlängen in dem infra-rothen prismatischen Spektrum haben, sondern bis dahin dieselben lediglich von Formeln ähnlich der wohlbekannteren Cauchy'schen Formel hergeleitet haben; welche sich alle, soviel ich weiss, hier bei der Probe durch direktes Experimentiren als unrichtig, ergeben haben, wenigstens da, wo das Prisma wirklich angewendet worden ist.

Ich bin bei diesem Theil meiner Arbeit sehr durch die kürzlich von Professor Rowland in Baltimore konstruirten, bemerkenswerthen Konkav-Netze unterstützt worden, von denen ich das Vergnügen habe, Ihnen eines hier vorzuzeigen.

Die durch dasselbe gebildeten Spektra fallen auf einen Schirm, welcher einen feinen Einschnitt hat, der nur nahezu homogene Strahlen durchlässt und diese, welche wiederum die Strahlen von



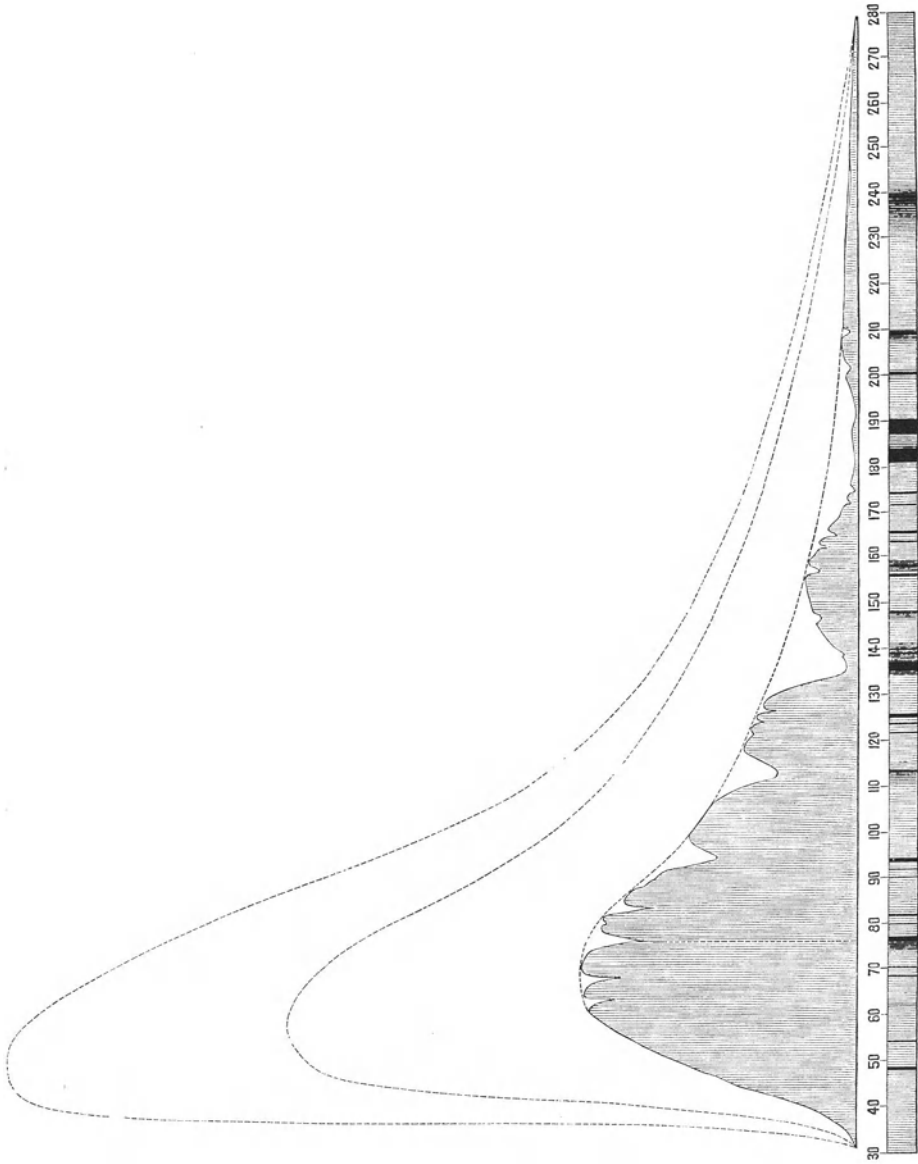
bis zu vier übergreifenden Spektren enthalten mögen, sind dann durch ein Steinsalz oder Glasprisma gegangen, dessen brechende Kante parallel mit den Linien des Netzes gestellt ist. Dasselbe sondert die verschiedenen schmalen Spektralbilder aus ohne Gefahr, dass dieselben übergreifen, und nach ihrem Durchgange durch das Prisma finden wir sie wieder und stellen ihre Lage mit Hülfe des Bolometers fest, welches für diesen Zweck an eine spezielle Art von Spektrometer befestigt ist, wo sein Platinfaden das Fadenkreuz des gewöhnlichen Fernrohres vertritt. Dies ist eine sehr schwierige Arbeit, besonders in dem untersten Theile des Spektrums, wobei ich über vierzehn Tage anhaltend thätig war, um eine einzelne Wellenlänge zu bestimmen.

Das Endresultat verlohnt sich jedoch, meiner Ansicht nach, wohl dieser Mühe; denn wie Sie hier sehen, sind wir nunmehr im Stande, mit annähernder Genauigkeit und durch direktes Experiment die Wellenlänge eines jeden Strahles des prismatischen Spektrums zu bestimmen. Der Endstrahl des Sonnenspektrums, dessen Anwesenheit, mit Bestimmtheit von dem Bolometer gefühlt worden ist, hat eine Wellenlänge von ungefähr 28000 (oder liegt beinahe zwei Oktaven unter dem „grossen A“ von Fraunhofer).

Soweit scheinen wir nur Wärme gemessen zu haben; ich habe jedoch die Kurve diejenige der Sonnen-„Energie“ genannt, weil in einer Reihe von unabhängigen Untersuchungen, deren Resultate hier nicht gegeben werden, die theilweise Absorption des Silbers, des Spiegelmetalls, des Glases und des Lampenrusses (der auf dem Bolometerstreifen zur Anwendung kam), welche das Untersuchungsagens bildeten, in jedem Falle besonders in Rechnung gebracht worden ist. Ich möchte hier noch als Einschränkung hinzufügen, dass meine Beobachtungen über die Absorption des Lampenrusses noch nicht ganz vollständig sind; ich fand denselben vollständig transparent für gewisse infra-rothe Strahlen, und es ist sehr wohl möglich, dass gerade unterhalb der hier angezeigten noch einige matte Ausstrahlungen entdeckt werden.

In Anbetracht der grösseren Aufmerksamkeit, die zweifelsohne bald dieser höchst interessanten, aber so seltsam vernachlässigten Region geschenkt werden muss, welche jedenfalls im Laufe der Zeit mit Hülfe der Photographie und anderer Methoden auch vollständig aufgenommen werden wird, kann ich die gegenwärtige Arbeit weniger als eine Aufnahme, denn als eine Skizze von diesem





Normal-Spektrum (in der Höhe des Meeresspiegels).

neuen bedeutenden Felde betrachten und nur als solche lege ich sie hier vor.

Alles Vorhergehende ist der Hauptuntersuchung untergeordnet, womit ich während der beiden letztverflossenen Jahre in Alleghany beschäftigt gewesen bin, nämlich der Vergleichung der Sonnenspektren auf bedeutenden und geringen Höhen, welche ich hier kurz berühren muss. Durch die Freigebigkeit eines meiner Freunde vom Alleghany Observatorium und mit Hülfe des Generals Hazen, des Commandeurs vom Signalcorps der Armee der Vereinigten Staaten, war es mir ermöglicht, im vergangenen Jahre eine Expedition nach dem Berge Withney in Süd-Kalifornien auszurüsten, wo die wichtigsten der letzterwähnten Observationen auf einer Höhe von 13 000 Fuss wiederholt worden sind. Bei meiner Rückkehr nahm ich eine specielle Untersuchung der theilweisen Absorption der Sonnenatmosphäre vor, deren Resultate ich hier nur vorübergehend erwähnen kann.

Durch derartige Observationen, aber nach Methoden, die zu complicirt sind, um gegenwärtig beschrieben werden zu können, sind wir im Stande von der wirklich beobachteten Energiekurve zu jener überzugehen, welche gesehen würde, wenn der Beobachter ganz oberhalb der Erdatmosphäre stationirt und von der Wirkung ihrer Absorption befreit wäre.

Das hervorragende und bemerkenswerthe Resultat ist die Zunahme des blauen Endes des Spektrums, und ich möchte bemerken, dass, während durch die Untersuchungen von Lockyer, Crova und Anderen längst bekannt gewesen ist, dass gewisse Strahlen von kurzer Wellenlänge mehr absorbirt werden, als die von langer Wellenlänge, die hier vorliegenden Karten zeigen, um wie viel jeder Strahl des Spektrums für sich zugenommen hat, und ich glaube sogar endgültiges Beweismaterial vorbringen zu können für die Verlegung des Punktes der Maximalenergie ohne die Atmosphäre nach der blauen Region zu. Der bisherigen Annahme widersprechend erscheint es hier auch, dass die Absorption im Ganzen nach dem äussersten infra-rothen Ende zu mehr und mehr abnimmt, und auf der anderen Seite, dass die Energie vor der Absorption so enorm viel grösser in der blauen und violetten Region war, dass die Sonne ein entschieden bläuliches Aussehen für das blosse Auge haben müsste, wenn wir uns zu ihrer Betrachtung über die Erdatmosphäre erheben könnten.

Aber selbst wenn wir ausserhalb der Erdatmosphäre versetzt wären, so würde die die Sonne umgebende Atmosphäre immerhin noch bestehen bleiben und Absorption ausüben. Nach speziellen, hier nicht detaillirten, Methoden haben wir in Alleghany in verschiedenen Tiefen für jeden Strahl des Spektrums die Absorption der eigenen Sonnen-Atmosphäre verglichen und sind daher, meiner Ansicht nach, zum ersten Male im Stande, mit annähernder Richtigkeit die ursprüngliche Energievertheilung über das sichtbare und unsichtbare Spektrum zu zeigen und zwar an der Quelle dieser Energie: in der Sonne selbst. Sie werden bemerken, dass eine auffallende Ähnlichkeit in dem Charakter der Sonnen und Erdabsorptionen vorhanden ist, und zwar eine derartige, wie wir sie kaum *a priori* hätten vorhersehen können.

Hier wiederum ist Violett ganz bedeutend mehr als grün absorbiert worden, grün in grösserer Menge als roth und so fort, und der Unterschied ist so erheblich, dass wir bei einer etwaigen Berechnung der Dicke der Sonnenatmosphäre auf Grund der Hypothese einer gleichförmigen Transmission, von dem Masse der Absorption im Infra-roth allein eine äusserst dicke und von dem im Violett eine sehr dünne Atmosphäre erhalten würden.

Das Hauptresultat aber scheint immer noch das zu sein, dass wir, wie bei der Erdatmosphäre, so auch in der Atmosphäre der Sonne eine sehr bedeutende und fortschreitende Zunahme der Energie nach den kürzeren Wellenlängen wahrnehmen. Dieses Endresultat, welches ich, wie Sie mir wohl zu bemerken gestatten, in einer bereits im Jahre 1875 in den Comptes Rendus des französischen Instituts veröffentlichten Mittheilung vorhergesagt habe, ist jetzt vollständig bestätigt, und zwar auch durch direkte photometrische Methoden, die hier nicht näher angegeben sind.

Wenn wir daher fragen, wie die Sonnenphotosphäre dem Auge erscheinen würde, wenn wir sie ohne Absorption erblicken könnten, so scheinen diese Figuren folgerichtig zu zeigen, dass dieselbe blau erscheinen würde. Um uns jedoch auf keine Annahme zu verlassen, haben wir in Alleghany durch verschiedene Methoden diese Farbe wiedererzeugt.

So nehmen wir (um das angewendete Prinzip obenhin anzudeuten) drei Maxwell'sche Scheiben, eine rothe, eine grüne und eine blaue, um Weiss wiederherzustellen, notiren die drei korrespondirenden Ordinaten auf dem Spektrum der Erdoberfläche und vergleichen

diese mit denselben Ordinaten in der Kurve, welche die Energie auf der Sonnenoberfläche giebt; wir arrangiren unsere Scheiben so, dass wir das Verhältniss von Roth, Grün und Blau erhalten, welches man dort sehen würde und erreichen durch ihre Rotation eine Farbe, welche annähernd diejenige der Photosphäre repräsentiren muss und einem Blau in der Nähe des Fraunhofer'schen „F“ sehr ähnlich sieht.

Die Schlussfolgerung ist daher die, dass, während alle Ausstrahlungen, Roth und Infra-roth mit eingeschlossen, von der Sonnenoberfläche in grösserer Menge ausgehen, als wir dieselben empfangen, das blaue Ende verhältnissmässig so bedeutend viel stärker ist, dass die wirkliche Farbe der Sonne, gesehen in der Photosphäre, blau ist — nicht blos „bläulich“, sondern positiv und entschieden blau; eine Behauptung, die ich mir nicht erlaubt habe aufzustellen auf Grund irgend einer Vermuthung, oder einer geringeren Veranlassung, als einzig und allein der langer und fortgesetzter Experimente, welche vor etwa sieben Jahren begonnen, während der letzten zwei Jahre unwiderstehlich zu der gegenwärtigen Schlussfolgerung geführt haben.

Die Masse von Observationen, worauf dieselbe beruht, muss für eine detaillirtere Veröffentlichung an anderer Stelle aufbewahrt bleiben, gegenwärtig kann ich nur der Association meinen Dank aussprechen für die grosse Vergünstigung, die mir die ausserordentlich willkommene Gelegenheit geboten hat, diesen kurzen Umriss von Methoden und Resultaten hier derselben zu unterbreiten.

---

**Dissociation verdünnter zusammengesetzter Gase.**

Von

Professor G. D. Liveing, M. A., F. R. S., F. C. S.

*Auszug aus der Adresse an die Chemische Abtheilung der British Association während der Versammlung zu Southampton im Jahre 1884.*

Ich kann das Thema der chemischen Dynamik nicht verlassen, ohne der genialen Theorie Erwähnung zu thun, wodurch der Präsident der Association die Erhaltung der Sonnenenergie zu erklären versucht. Er nimmt an, dass eine Atmosphäre den Planetenraum durchdringe, welche, ausgenommen da, wo dieselbe durch die Anziehungskraft der Sonne und der Planeten condensirt ist, in sehr verdünntem Zustande sich befinde. Die Sonne und die Planeten gäben von ihrer Rotationsbewegung an die sie umlagernde, condensirte Atmosphäre ab, und auf diese Weise würde eine Thätigkeit ähnlich der des Flügels eines Centrifugal-Ventilators in's Leben gerufen, wodurch der äquatoriale Theil der Sonnenatmosphäre eine solche Geschwindigkeit annähme, dass dieselbe geraume Strecken weit über die Erdbahn hinausströme, während eine gleiche Gasmenge auf den Polen eingesogen werde, um das Gleichgewicht zu erhalten. Die auf diese Weise bis zu einer geraumen Entfernung in den Planetenraum hinausgetriebenen Gase werden sich natürlich ganz bedeutend ausdehnen und sie werden gleichzeitig sehr verdünnt, und solche darunter, welche zusammengesetzt sind, könnten wohl, nach Dr. Siemens Ansicht, in diesem Zustande zersetzt werden und zwar dadurch, dass sie die Sonnenstrahlen absorbiren, wodurch die kinetische Energie der Sonnenstrahlen in die Potentialenergie der chemischen Scheidung umgesetzt würde. Die geschiedenen Elemente oder Theil-Verbindungen werden in der durch die Schleuderwirkung der Sonne hervorgerufenen Circulation als Brennmaterial den Polarregionen der Sonne wieder zugeführt, um die Temperatur derselben durch Condensation und neu einzugehende Verbindung zu conserviren. Ich will den mechanischen Theil dieser Theorie nicht weiter erörtern und nur bemerken, dass die schleuderartige Thätigkeit nur statthaben kann auf Kosten der Energie der Sonnen-Rotation, welche in Folge dessen continüirlich abnehmen und im Laufe der Zeit zu langsam werden muss, um ein merkbares Hinaustreiben der Atmosphäre in entfernte Regionen des Planetenraumes bewirken zu können. Was den chemischen Theil

seiner Theorie anbelangt, so nimmt Dr. Siemens an, dass die den Planetenraum durchdringenden Gase nicht nur von derselben Art sind, wie die Bestandtheile unserer eigenen Atmosphäre, welche nach der kinetischen Gastheorie durch jenen Raum sich verbreiten müssen, sondern dass auch solche Gase vorhanden sind, wie man sie nicht in unserer Luft, wohl aber in Meteorsteinen vorfindet, von denen wohl vorausgesetzt werden darf, dass sie diese Gase auf ihren früheren Wanderungen aufgenommen haben. Unter diesen erwähnt er speziell Kohlenwasserstoffe, welche die selbstleuchtenden Bestandtheile der meisten Kometen bilden. Diesen Gasen im Vereine mit Wasserdampf und Kohlensäure schreibt Dr. Siemens hauptsächlich die Erhaltung der Sonnenenergie zu. Dass Gasverbindungen bei dem ausserordentlich geringen Drucke im Planetenraume durch Sonnenausstrahlung zersetzt werden, widerspricht keineswegs den Gesetzen der Dissociation; denn es ist sehr wohl möglich, dass einige Verbindungen durch blosse Verminderung des Druckes selbst bei gewöhnlichen Temperaturen zersetzt werden, und die absorbirte Ausstrahlung wird um so wirksamer sein, weil sie direkt die vibrirende Bewegung innerhalb des Moleküls affeiren muss, und sie mag daher wohl chemische Zersetzung bewirken, ehe sie in Gestalt einer erhöhten Temperatur auftreten kann, wenn der Zwischenraum zwischen den Molekülen in Folge der Verdünnung des Gases so bedeutend grösser geworden ist. Dr. Siemens führt ferner ein bemerkenswerthes Experiment zur Bekräftigung dieser seiner Annahme an. Wir wissen auch, dass unsere Atmosphäre und vorzüglich der darin vorhandene Wasserdampf im Stande ist, die infra-rothen Strahlen zu absorbiren, sowie dass unter den Fraunhoferschen Linien einige der stärksten Gruppen dem Wasserdampf zuzuschreiben sind; und die wichtigste, von den spektroskopischen Beobachtern während der letzten totalen Sonnenfinsterniss gemachte Observation, nämlich: dass die als „B“ bekannte Liniengruppe, welche eine von den durch Wasserdampf erzeugten Gruppen ist, bedeutend stärker wird, wenn das Sonnenlicht am Mondrande vorbei und somit auch durch die Atmosphäre des Mondes geht, darf wohl als eine Bestätigung der Theorie angesehen werden, dass Gase ähnlich denen unserer Atmosphäre durch den Raum hin verbreitet und um die Planeten herum concentrirt sind. Wenn es aber richtig ist, dass die Verbindungen durch Absorption der Sonnenstrahlen zersetzt worden sind, so müssen wir auch die Zersetzungsprodukte in unserer Atmo-

sphäre wiederfinden; wir müssen daselbst Wasserstoff im freien Zustande, Kohlenoxyd, sowie Acetyl oder einige andere Kohlenwasserstoffe vorfinden. Wassertoff würde, in Folge seines geringen spezifischen Gewichtes, nicht in denselben Verhältnissen, wie die dichteren Gase in den niedrigeren Regionen unserer Atmosphäre concentrirt zu finden sein; dagegen müsste man jedenfalls Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffe in der Luft entdecken können, wenn diese überhaupt irgend einen merklichen Theil der im Planetenraume vorhandenen Gase bildeten. Dass ein grosser Theil der Sonnenausstrahlung aufgefangen wird, ehe dieselbe unsere Erde erreicht, ist ohne Zweifel wahr; denn es sind nicht nur die dunkelen Bänder vorhanden, welche durch unsere Atmosphäre vergrössert worden sind, und welche man vernunftgemäss der Wirkung ähnlicher, den Planetenraum durchdringender Gase zuschreiben darf, sondern wir bemerken auch eine continuirliche Absorption des ultra-violetten Spektrums über die Linie *U* hinaus; und Cornu hat gefunden, dass diese Absorption nicht wesentlich durch unsere Atmosphäre beeinflusst wird, so dass die jene Absorption bewirkende Substanz, welcher Art dieselbe auch immerhin sein mag, wohl ein Agens sein mag in dem Prozesse, den Dr. Siemens erdacht hat, nicht etwa aber das Mittel, um der Sonne irgend einen Theil der strahlenden Energie wiederzuerstatten, welche unsere Distanz von derselben erreicht.

Dr. Siemens erklärt den selbstleuchtenden Charakter der Kometen durch die theoretische Annahme, dass die Ströme von Meteorsteinen, woraus dieselben bestehen sollen, in dem Sternerraume Kohlenwasserstoff und andere Gase in sich aufnehmen und mit fortführen, und dass in Folge der Temperatursteigerung, die durch den Reibungswiderstand einer so zertheilten, mit enormer Geschwindigkeit sich bewegenden Masse sowie durch die anziehende Condensation verursacht wird, die eingeschlossenen Gase herausgetrieben und verbrannt werden, und dass die Flamme das von dem Nukleus ausgestrahlte eigenthümliche Licht erzeugt. Nun zeigt aber das Spektrum der meisten Kometen nur die Hauptbänder eines Bunsen'schen Brenners und wird daher vollständig erklärt durch die Gasflamme, welche Kohlenwasserstoffe, wie man sie in den Meteorsteinen vorgefunden hat, enthält. Dr. Huggins hat jedoch in dem Spektrum mehr als eines Kometen nicht nur Kohlenwasserstoff-, sondern auch Cyangasbänder wahrgenommen, und obgleich Kohlen-

stoff und Stickstoff im elektrischen Lichtbogen sich gerne verbinden, so zeigt eine Leuchtgas-Flamme in der Luft doch keine Spur des Cyangas-Spektrums, und es wäre unserer Leichtgläubigkeit denn doch etwas zu viel zugemuthet, wenn man behaupten wollte, dass Cyangas eines der von den Meteorsteinen aus dem Sternenraume mitgebrachten fertigen Gase sei. Dewar und ich haben jedoch vor Kurzem erst gezeigt, dass wo Stickstoff, der bereits irgend eine Verbindung eingegangen ist, z. B. Ammonium in eine Kohlenwasserstoff-Flamme gebracht wird, Cyangas in genügender Menge erzeugt wird, um auf der Photographie (wenn auch nicht direkt sichtbar) das dem Cyangas eigenthümliche Spektrum, wie es beim Kometen erscheint, hervorzubringen. Es bedarf daher wohl keiner weiteren Hypothese mehr zur Erklärung der Cyangasbänder in den Spektren der Kometen, als dass Ammonium oder irgend welche anderen derartigen Stickstoffverbindungen neben den Kohlenwasserstoffen in glühendem Zustande vorhanden sind.

Ganz kürzlich hat Dr. Huggins beobachtet, dass der wichtigste Komet, der in diesem Jahre erschienen ist, ein Spektrum von ganz verschiedenem Charakter hat; er ist jedoch bis jetzt noch nicht im Stande zu sagen, welchen Elementen oder Verbindungen dasselbe wahrscheinlich zuzuschreiben ist. Die Idee, dass die Kometen uns wohl Nachricht bringen dürften von jenen entfernten Regionen des Sternenraumes, wonach unser Sonnensystem sich hinbewegt, wo die Atmosphäre nicht wie die unsrige aus Sauerstoff und Stickstoff, sondern aus Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen zusammengesetzt ist, mag allerdings wohl unserer Fantasie schmeicheln; allein die Gesetze der Oclusion nöthigen uns zu der Annahme, dass die Meteorsteine nicht etwa nur eine verdünnte Atmosphäre von Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen durchwandert haben, sondern dass dieselben vielmehr in einer weit dichteren Atmosphäre von solchen Substanzen sich abgekühlt haben, welche wir uns nur durch die Anwesenheit eines Sternes oder einer grossen Anhäufung von Materie als concentrirt denken können. Dieselben mögen vielleicht von irgend einer nebeligen Masse herrühren, Angesichts der Behauptung von Draper und Huggins, dass in dem grossen Nebelfleck im Orion der Wasserstoff dicht und heiss genug sei, um einige seiner charakteristischen Linien zu zeigen, ausser der *F*Linie, welche man in anderen Nebelflecken bemerkt, und welche die letzte Linie ist, die durch Verringerung der Dichtigkeit verschwindet. Kein Komet, der



unsere Erde zum zweiten Male besucht, kann die Ausscheidung der in ihm eingeschlossenen Gase wiederholen, ohne dass sein Vorrath in der Zwischenzeit wieder erneuert worden ist. Tacchini hat vor Kurzem bemerkt, dass der Encke'sche Komet, welcher nur eine kurze Umlaufzeit hat und nicht über die Grenzen unseres System hinausschreitet, das gewöhnliche Spektrum von drei Bändern zeigt. Wenn diese Observation sich als richtig herausstellen sollte, so dürfte es doch wohl seine Schwierigkeiten haben, die Wiederersetzung der in demselben eingeschlossenen Gase zu erklären. Der Encke'sche Komet ist jedoch nur ein sehr unbedeutender Gegenstand, und man kann daher, was sein Spektrum anbelangt, nicht mit voller Bestimmtheit urtheilen; dahingegen wird es sehr interessant sein demnächst, wenn Halley's Komet wiedererscheint, zu erfahren, ob derselbe nur durch reflektirtes Licht leuchtet, oder ob er uns, wie so viele andere Kometen, auch das Bandspektrum der Kohlenwasserstoffe giebt.

(Aus den Verhandlungen der Royal Society, Nr. 225, 1883.)

#### **Das Abhängigkeitsverhältniss zwischen Ausstrahlung und Temperatur.**

Von

Sir William Siemens, F. R. S., D. C. L., L. L. D.

(Eingegangen am 25 ten April 1883.)

Sir Isaak Newton war der Ansicht, dass die Wärmestrahlung von einem heissen Körper im arithmetischen Verhältnisse mit der Differenz zwischen seiner und der Temperatur der ihn umgebenden Körper zunähme. Dieses Gesetz liefert für einen sehr beschränkten Temperaturbereich eine rohe Annäherung an die Wirklichkeit. MM. Dulong und Petit haben sehr sorgfältige Experimente zur Erforschung des Verhältnisses der Abkühlung heisser Körper durch Ausstrahlung ausgeführt, die sich schon auf etwas höhere Temperaturen erstrecken, und von ihren Beobachtungsergebnissen folgende empirische Formel abgeleitet:

$$\text{Mass der Abkühlung} = m (1,0077)^t \cdot (1,0077^{T-t} - 1).$$

Hier ist  $T$  die Temperatur des heissen Körpers in Centigraden,  $t$  die Temperatur der umgebenden Materie, und  $m$  ist eine Constante, die von der Natur des ausstrahlenden Körpers abhängt. Diese Formel stimmt sehr wohl mit den auf Versuche gegrün-

deten Resultaten für gewöhnliche Temperaturen überein, kann jedoch, wie die Erfahrung lehrt, ebensowenig als das Newton'sche Gesetz, für einen weiteren Bereich Anwendung finden.

Die anomalen Resultate, wozu die Anwendung des Newton'schen Gesetzes und der Formel von Dulong und Petit auf die Abkühlung von Körpern, die sich auf sehr bedeutender Temperaturhöhe befinden, führt, sind hinlänglich beleuchtet durch die Versuche, danach die Temperatur der Sonnenphotosphäre zu bestimmen. Waterston und Père Secchi (in seinem „Le Soleil“ betitelten Werke) erhielten nach der Newton'schen Hypothese 10 000 000 Centigrad als die wahrscheinliche Sonnentemperatur, und Capitain J. Ericsson, der dieselbe Hypothese, aber andere Constanten annahm, gelangte zu einer Temperaturhöhe, die zwischen 2 000 000 und 4 000 000 Centigrad liegt. Auffallend abweichend von diesen Werthbestimmungen sind jene von Pouillet im Jahre 1836 und von Vicaire im Jahre 1872, welche von Dulong und Petit's empirischer Formel die Werthe  $1461^{\circ}$  resp.  $1398^{\circ}$  C. für die Sonnentemperatur ableiten. Zwischen diesen extremen Berechnungen liegen jene von Dr. Spoerer =  $27\,000^{\circ}$  C., von Zoellner =  $27\,700^{\circ}$  C., von Professor James Dewar (1872) =  $16\,000^{\circ}$  C., von Rosetti (1878) =  $9000^{\circ}$  C. und von Hirn (1882) =  $20\,000^{\circ}$  C.

Bei meinen eigenen Untersuchungen über diesen Gegenstand bin ich durch Vergleichung des Sonnenspektrums mit denen des elektrischen Lichtbogens und der Gasflammen hinsichtlich des Verhältnisses leuchtender Strahlen zu dem Endresultate gelangt, dass die Temperatur der Photosphäre  $2800^{\circ}$  C. nicht überschreitet, was sehr nahe übereinstimmt mit der von M. Sainte-Claire Deville angegebenen Grenze, die von Frankland's und Lockyer's Beobachtungen über die Wasserstoff-Linien im Sonnen-Spektrum hergeleitet ist. Sir William Thomson hat in einer der „Philosophical Society“ in Glasgow im Jahre 1882 mitgetheilten Abhandlung die Sonnenausstrahlung pro Einheit des Flächeninhaltes mit der eines weissglühenden Swan'schen Kohlenfadens verglichen und gezeigt, dass die erstere ungefähr siebenundsechszigmal grösser ist; er schliesst aus diesen Daten, dass meine Berechnung der Sonnentemperatur, i. e. ungefähr  $3000^{\circ}$  C., dem wirklichen Werthe nicht sehr ferne liegen kann.

Diese verschiedenartigen und indirekten Resultate haben mich längst zu der Ueberzeugung gebracht, dass weitere experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit der Ausstrahlung von

der Temperatur erforderlich sind; und erst kürzlich bin ich auf den Gedanken gekommen, dass die Schwierigkeiten, gegen welche Dulong und Petit anzukämpfen hatten, indem sie ihre Messungen mit Hilfe eines Quecksilberthermometers vornahmen, wobei die Verluste durch Leitung und Beugung sehr bedeutend und ausserordentlich schwer zu bestimmen sind, möglicher Weise vermieden werden könnten bei der Wahl eines Verfahrens zu experimentiren, welches den Hauptgegenstand meines heutigen Vortrags bildet.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass Messungen der elektrischen Stromstärken sowie des Widerstandes weit genauer ausgeführt werden können, als Wärmemessungen; und es ist daher mein Bestreben gewesen, Wärmeeffekte lediglich durch elektrische Methoden zu bestimmen. In der Bakerian Lecture pro 1871, welche ich die Ehre hatte vor der Royal Society zu halten, (Siehe „Proc. Roy. Soc.“, vol. 19, p. 443) habe ich gezeigt, dass der Widerstand eines Platindrahtes als eine Linear-Funktion seiner Temperatur durch eine empirische Formel ausgedrückt werden kann, deren Konstanten für jeden einzelnen Draht speziell bestimmt werden müssen; hieraus geht hervor, dass umgekehrt die Temperatur eines Drahtes von bekanntem Durchmesser aus den Widerstandsmessungen abgeleitet werden kann. Auf theoretische Betrachtungen fussend, habe ich nachgewiesen, dass die Formel

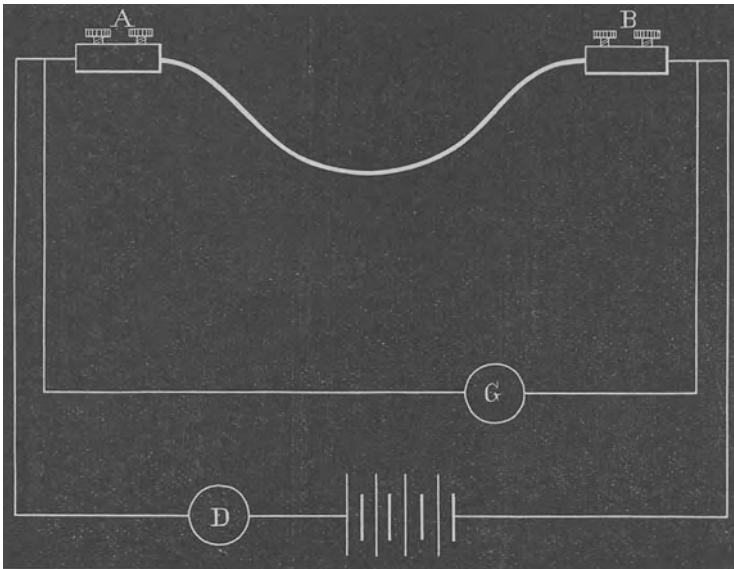
$$\frac{r}{r_0} = \alpha T^{\frac{1}{2}} + \beta T + \gamma$$

die Beziehung zwischen dem Widerstand und der absoluten Temperatur voraussichtlich darstellen würde. Diese Formel stimmt aber mit den Resultaten meiner eigenen Experimente für Platin-, Kupfer-, Silber-, Eisen- und Aluminiumdrähte genau überein (Siehe „Journal of the Society of Telegraph Engineers and Electricians“. Vol. I, p. 123, und vol. III, p. 207) und ist seitdem von Professor A. Weinhöf für Platindraht auf einer Temperaturhöhe von 100° bis 1000° C. (siehe „Annalen der Physik und Chemie“. 1873, p. 225) bestätigt worden.

Der von mir vorgeschlagene Apparat zur Bestimmung der Abhängigkeit der Austrahlung von der Temperatur besteht aus einem Platin- oder einem anderen Drahte von 0,76 mm Durchmesser, der zwischen zwei Verbindungsklemmen eingespannt ist, die von zwei passenden hölzernen Ständern getragen werden und auf folgendem Schema mit (A) und (B) bezeichnet sind. Die Verbin-

dungsklemmen sind mit den Polen einer Sekundär-Batterie verbunden, deren Zellenzahl verändert werden kann. Zum Zwecke der Strommessung ist in diesen Stromkreis ein Elektro-Dynamometer ( $D$ ) eingeschaltet. Im Nebenschluss zu dem Platindraht zwischen

Verbindungsschema für obiges Experiment.



den beiden Verbindungsklemmen befindet sich ein Galvanometer ( $G$ ) von hohem Widerstande.

Das Elektro-Dynamometer ist von der gewöhnlichen Form, worin der Strom durch eine feststehende Rolle geht, sowie durch einen beweglichen, aus einer einzigen Windung bestehenden Draht-ring, der an einer Torsionsfeder in einer Vertikalebene rechtwinklig zur Ebene der festen Rolle aufgehängt ist. Das vom Strome erzeugte Kräftepaar wird durch die Torsion der Feder im Gleichgewicht gehalten, und es ist daher der Torsionswinkel proportional dem Quadrate der Stromstärke. Da der durch das Galvanometer von hohem Widerstande gehende Strom ein Mass für die Spannungsdifferenz zwischen den Endpunkten des Platindrahtes ist, so muss die Ablenkung des Galvanometers, dividirt durch den mit dem Elektro-Dynamometer bestimmten Hauptstrom, proportional dem

Drahtwiderstände sein. Da die Konstante des Instrumentes, sowie der Widerstand des Galvanometers bekannt war, so konnte man den Widerstand des Drahtes berechnen, sobald der Strom durch Aenderung der Zellenzahl, woraus die Batterie zusammengesetzt war, verändert wurde.

Die Messungen wurden in allen Fällen gemacht, wenn das Gleichgewicht zwischen Ausstrahlung und Stromenergie hergestellt war, was aus konstanten Ablenkungen des Elektro-Dynamometers und Galvanometers hervorging.

Nachdem zunächst einige oberflächlichere Beobachtungen zur Prüfung der Zweckmässigkeit des Verfahrens und des Apparates mit zufriedenstellenden Resultaten gemacht worden war, nahm ich am 17 ten April eine Reihe von Experimenten vor, deren Resultate auf Tafel I mitgetheilt sind. Spalte I giebt den durch den Draht fließenden Strom in Ampères, Spalte II die Klemmenspannung in Volts abgeleitet von den Ablesungen am Galvanometer, Spalte III das Umsetzungsverhältniss der Stromenergie in strahlende Energie, dargestellt durch das Produkt der elektro-motorischen Kraft und der Stromstärke, und daher gemessen in Volt-Ampères oder Watts, Spalte IV den Drahtwiderstand, erhalten aus dem Verhältniss der elektromotorischen Kraft zur Stromstärke, Spalte V die entsprechende Temperatur des Drahtes in Centigraden und endlich Spalte VI beschreibt den Wärmezustand des Drahtes, wie er sich dem Gefühle und dem Auge darstellt.

Tafel I.

Länge des Drahtes 102 cm.

Durchmesser 0,76 mm.

Temperatur des Raumes, wo die Experimente gemacht worden sind 18,33° C. (65° F.)

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Ampères.	Volts.	Watts.	Ohms.		
2,91	1,192	3,468	0,4096	—	Eben warm beim Anfassen.
3,999	1,639	6,555	0,4099	—	—
5,738	2,831	16,24	0,4933	100°	—
8,943	5,662	50,64	0,6331	282	—
12,27	9,536	117,00	0,7772	570	verkohlend.
16,66	16,39	273,0	0,9838	881	sehr dunkelroth.
13,19	11,175	147,4	0,8472	653	roth warm.
20,90	22,052	460,9	1,055	1075	glänzend roth.
23,73	26,82	636,4	1,130	1194	sehr glänzend.

10\*

Am 18. April wurden drei fernere Reihen von Experimenten gemacht, deren Resultate in ähnlicher Weise in den Tafeln II, III und IV gegeben werden.

Tafel II.

Länge des Drahtes 102 cm.  
Durchmesser 0,76 mm.  
Zunehmender Strom.

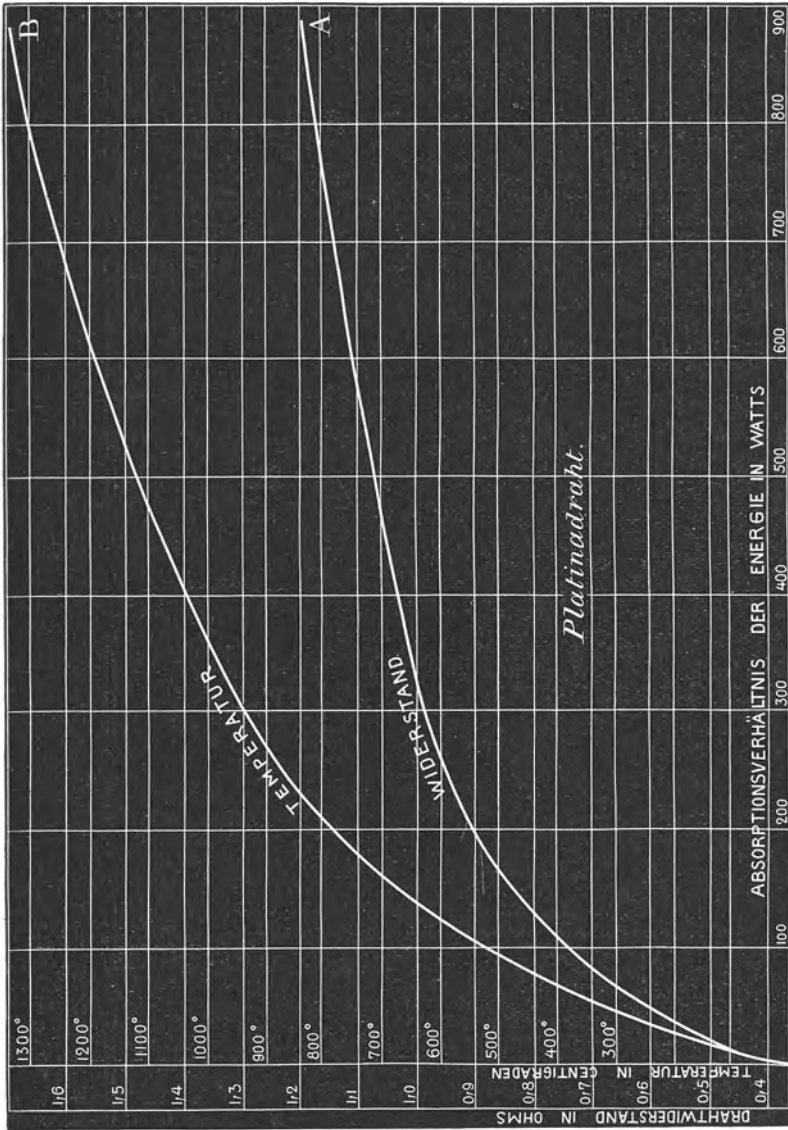
Temperatur des Raumes.	Ampères.	Volts.	Watts.	Ohms.	Korrespondierende Temperatur des Drahtes.	
17,50° C. = 63,5° F.	2,565	0,895	2,295	0,3489	—	Eben warm.
” ”	3,217	1,340	4,310	0,4165	—	—
” ”	6,361	3,204	20,377	0,5037	120°	heiss.
” ”	8,511	5,146	43,798	0,6046	250	—
” ”	10,714	7,599	81,416	0,7029	420	verkohlend.
18,88° ” = 66,0° ”	13,192	11,026	145,45	0,8358	645	entfärbend.
” ”	13,698	11,927	163,38	0,8707	690	dunkelroth.
” ”	15,595	14,602	227,72	0,9363	816	hellroth.
19,44° ” = 67,0° ”	16,222	15,510	251,60	0,9561	852	glänzend roth.
” ”	17,869	19,072	340,02	1,0698	960	gelb.
” ”	25,094	29,80	747,86	1,1875	1260	weiss.

Anmerkung. Die den sehr geringen Stromstärken entsprechenden Temperaturen sind nicht gegeben, da für sehr geringe Ablenkungen die Ablesungen am Elektro-Dynamometer nicht als vollständig zuverlässig angesehen werden konnten.

Tafel III.

Länge des Drahtes 102 cm.  
Durchmesser 0,76 mm.  
Zunehmender Strom.

Temperatur des Raumes.	Ampères.	Volts.	Watts.	Ohms.	Korrespondierende Temperatur des Drahtes.	
15,55° C. = 60° F.	2,744	0,908	2,491	0,3309	—	Eben warm.
” ”	3,629	1,483	5,382	0,4086	—	—
” ”	6,79	3,278	22,258	0,4827	125°	heiss.
” ”	8,995	5,364	48,251	0,5963	270	beinahe verkohlend.
” ”	11,072	7,465	82,653	0,6742	430	verkohlend.
” ”	14,048	11,925	167,52	0,8489	700	dunkelroth.
21,11° C. = 70° F.	16,247	15,496	251,76	0,9538	855	hellroth.
” ”	19,299	19,97	385,40	1,0348	1005	glänzend roth.
” ”	20,073	20,577	413,04	1,0251	1037	sehr glänzend roth.
” ”	22,948	25,643	588,45	1,1175	1164	gelb.
” ”	23,634	26,25	620,40	1,1107	1185	glänzend gelb.
” ”	25,171	28,31	712,59	1,1247	1240	weiss.
” ”	26,190	29,80	780,46	1,1379	1272	”



## Tafel IV.

Derselbe Draht, wie auf Tafel III.

Abnehmender Strom.

Temperatur des Raumes.	Ampères.	Volts.	Watts.	Ohms.	Korrespondirende Temperatur des Drahtes.
17,22° C. = 63° F.	25,101	28,31	710,61	1,1278	1240°
" "	23,016	25,33	582,99	1,1005	1160
" "	18,578	18,327	340,48	0,9864	960
" "	16,997	15,794	268,45	0,9292	875
" "	15,098	13,410	202,47	0,8882	775
" "	12,796	10,132	129,65	0,7918	605
" "	11,06	7,599	84,044	0,6870	440
" "	9,454	5,662	53,530	0,5988	295
" "	7,513	4,097	30,780	0,5452	180
" "	6,507	3,278	21,330	0,5037	130
" "	5,04	2,384	12,016	0,4730	—
" "	3,217	1,371	4,407	0,4258	—
18,33° C. = 65° F.	26,856	31,29	840,33	1,1651	1290

Die auf den vier Tafeln gegebenen Resultate sind in der mit (A) bezeichneten Kurve aufgetragen. Die Abscissen zeigen das Umsetzungsverhältniss der Stromenergie in Wärme und die Ordinaten den entsprechenden Widerstand des Drahtes. Um die jedem Widerstande entsprechende Temperatur des Drahtes zu bestimmen, wurde eine andere Reihe von Versuchen gemacht, welche weiter unten beschrieben sind. Die für  $\alpha$ ,  $\beta$ , und  $\gamma$  erhaltenen Werthe waren:

$$\left. \begin{aligned} \alpha &= 0,0119 \\ \beta &= 0,00112 \\ \gamma &= 0,512 \end{aligned} \right\}$$

daher 
$$\frac{r_t}{r_0} = 0,0119 T^{\frac{1}{2}} + 0,00112 T + 0,512,$$

wobei  $r_0$  den Drahtwiderstand am Gefrierpunkte bezeichnet. Dadurch dass man  $T$  in dieser Formel verschiedene Werthe giebt, kann man eine Kurve bilden, welche das Verhältniss zwischen Widerstand und absoluter Temperatur anzeigt. Eine solche Kurve wurde aufgezeichnet, sie näherte sich für hohe Temperaturen der geraden Linie, wie augenscheinlich der Gleichung gemäss auch der Fall sein musste. Durch Auflösung der Gleichung für den beobachteten Maximalwerth von  $\frac{r_t}{r_0}$  ergab sich für den glänzend rothwarmen Draht eine Temperatur von ungefähr 1100° C. Es ist bekannt, dass Platindraht bei einer Temperatur von circa 1800° C. schmilzt.



Man kann somit die Kurve, welche das Verhältniss zwischen der Temperatur des Drahtes und der absorbirten elektrischen Energie giebt, nunmehr konstruiren. Nimmt man die Abscissen der Kurve proportional den absorbirten Watts und die Ordinaten proportional den Temperaturhöhen in Centigraden, so stellt die punktirte, mit (B) bezeichnete Kurve die Beziehung zwischen Kraft und Temperatur für die in den Tabellen gegebenen Resultate dar.

Ich habe dieses Verhältniss durch eine empirische Formel auszudrücken versucht, um die Kurve noch für höhere Temperaturen fortzusetzen. Die Gleichung:

$$\text{Temperatur} = A (\log. x)^2 + B (\log. x) + C,$$

wobei  $x$  Watts repräsentirt, stimmt mit den Resultaten meiner Experimente überein. Die Konstanten  $A$ ,  $B$  und  $C$  haben folgende Werthe:

$$A = - 63.$$

$$B = 1177.$$

$$C = - 1603.$$

Mr. Mc. Farlane ist in seinem Vortrage, den er am 11 ten Januar 1872 vor der Royal Society gehalten hat, zu der Gleichung gelangt:

$$\text{Mass der Energie} = a + bt + ct^2,$$

wobei  $a$ ,  $b$ ,  $c$  empirische Konstanten sind und  $t$  die Temperaturdifferenz bedeutet, welche er aus den Resultaten seiner Experimente herleitet, die er über einen sehr beschränkten Temperaturbereich von ungefähr 60° C. gemacht hat (siehe „Proc. Roy. Soc.“, Vol. 20, p. 90, 1872). Professor James Dewar leitet aus den Resultaten seiner Experimente, die sich über eine Temperaturskala von 80° bis zu den Siedepunkten von Schwefel und Quecksilber erstrecken, ebenso eine parabolische Formel ab. (siehe „Proceedings of the Royal Institution“. Vol. 9, p. 266).

Nach meiner Gleichung erhalten wir für eine Temperatur von 2780° C. als Mass für die absorbirte Energie 155 000 Watts oder einen sieben und sechzigmal grösseren Werth als für das Absorptionsverhältniss bei einer Temperatur von 1670° C. Da 1670° C. nicht weit unter der Temperatur eines weiss-glühenden Kohlenfadens liegt (wenn wir zurückgreifen auf Sir William Thomson's Berechnung für das Verhältniss der strahlenden Energie pro Einheit der Sonnenoberfläche zu der des glühenden Kohlenfadens), so erhalten wir für die Sonne eine Temperatur von ungefähr 2780°,

was mit meiner früheren, auf andere Gründe basirenden Werthbestimmung sehr nahe übereinstimmt. Der Absorptionseffekt zwischen Sonne und Erde würde die beiden Werthbestimmungen noch näher bringen.

Wenn wir eine natürliche Gleichung für die Kurve bilden wollten, so würde diese offenbar zwei Glieder enthalten:

(I) den Ausdruck für die Ausstrahlung.

(II) das von der Leitung und Konvektion der Luft abhängige Glied. Die durch den Draht bewirkte Leitung der Wärme in die Klemmen kann unberücksichtigt bleiben, da dieselbe bei Benutzung einer beträchtlichen Länge eine kleine Grösse zweiter Ordnung wird. Das erste Glied nehme ich als proportional irgend einer Potenz der absoluten Temperatur an, das zweite mag für den Augenblick mit  $m F(t)$  bezeichnet werden. Dann ergibt sich:

$$\text{Mass der Umsetzung der Energie} = AT^n + mF(t)$$

Nach Prevost's Theorie des Austausches empfängt der heisse Körper selbst strahlende Energie von den ihn umgebenden Körpern. Die strahlende Energie wird daher richtiger durch  $A(T^n - t^n)$  ausgedrückt, wo  $t$  die Temperatur der umgebenden Körper ist. In gleicher Weise dürfte es wahrscheinlich erscheinen, dass Leitung und Konvektion von der Temperaturdifferenz abhängig sein werden. Es ist daher:

$$\text{Das Mass der Energie} = A(T^n - t^n) + mF(T - t)$$

Die Konstanten  $A$  und  $m$  werden von der Natur des ausstrahlenden Körpers und von dem ihn umgebenden Medium abhängen.

Ogleich es für theoretische Zwecke von Wichtigkeit ist, Leitung und Konvektion zu beseitigen, so ist doch wohl in den meisten Fällen ein Medium vorhanden, und Mr. Crookes hat gezeigt, dass, natürlich in gewissen Grenzen, die Druckveränderungen nur einen sehr geringen Effekt auf die durch Leitung und Konvektion verlorene Wärmemenge ausüben.

Ich bin bis jetzt noch nicht im Stande gewesen, irgend welche Experimente zur Bestimmung des Gliedes  $mF(T - t)$  zu machen, es ist jedoch meine Absicht, demnächst weitere Untersuchungen über diesen Punkt anzustellen. Ich verdanke Professor Stokes den Vorschlag eines Verfahrens, das, wie mir scheint, wahrscheinlich nützliche Resultate liefern wird. Derselbe schlägt vor, einen Cylinder von weissem Papier anzufertigen und über dem vom Strome

durchflossenen Drahte zu befestigen. Der Cylinder wird alle, in Folge der Konvektion aufsteigende, erwärmte Luft ansammeln. Die Temperatur derselben, sowie die Geschwindigkeit der Strömung können durch geeignete Mittel gemessen, und somit das Mass des durch Konvektion verursachten Wärmeverlustes berechnet werden.

Voraussichtlich würde die Konvektion vermindert werden, wenn man das Experiment im Vakuum ausführte. Den ursprünglichen Untersuchungen von Dulong und Petit gemäss nahm das Abkühlungsverhältniss in einer geometrischen Progression ab, deren Exponent  $\frac{1}{1,366}$  war, während der Druck nach einer zweiten geometrischen Progression abnahm, deren Exponent  $\frac{1}{2}$  war. In einer vor der Royal Society verlesenen Abhandlung (siehe „Proc. Roy. Soc.“ 1880, vol. 31 p. 239) hat Mr. Crookes einige Experimente über diesen Punkt beschrieben und gezeigt, dass eine Abnahme des Druckes von 760 Millims. bis zu 120 Millims. nur einen sehr geringen Effekt auf die Konvektion ausübt. Von 120 bis zu 5 Millims. war der Effekt etwas mehr bemerkbar. Eine Reduktion des Druckes von 5 Millims. bis zu 2 Millims. verursachte eine doppelt so grosse Abnahme der Abkühlung, wie die ganze Verdünnung von 760 Millims. bis auf 5 Millims. hervorgebracht hatte. Um daher die Wirkung der Konvektion zu beseitigen, muss eine Verdünnung von sehr hohem Grade erzielt werden.

Es erübrigt noch, die Experimente zu beschreiben, wodurch die Konstanten der empirischen Formel:  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$ , welche den Widerstand des Drahtes mit seiner absoluten Temperatur in Verbindung bringen, bestimmt wurden. Der Draht wurde in eine Glasröhre eingeschlossen, deren beide Enden mit Pfropfen versehen waren, durch deren Mitte der Draht ging. Die Röhre selbst wurde in einem Metalltrog befestigt, in dessen Deckel eine genügend grosse Oeffnung angebracht war, um ein Quecksilberthermometer einzulassen, welches mit der Röhre in Kontakt gebracht wurde. Zunächst wurde der Trog mit schmelzendem Eise gefüllt und dann der Drahtwiderstand mit Hilfe einer Wheatstone'schen Brücke gemessen. Nachdem das Eis entfernt worden war, wurden zwei Bunsen'sche Brenner unter den Trog gestellt und die Temperatur allmählig durch Steigerung des Gasdruckes in den Brennern erhöht.

Auf diese Weise wurde eine Reihe gleichzeitiger Beobachtungen der Temperatur des Drahtes und seines entsprechenden Widerstandes bis zu 100° C. gemacht, deren Resultate in der beigegeführten

Tabelle gegeben werden. Dabei wurde bei jeder Ablesung beobachtet, dass das Quecksilber im Thermometer zunächst zur Ruhe gekommen war und auch wirklich die Temperatur des Drahtes repräsentirte. Eine zweite Reihe von Beobachtungen wurde gemacht, während der Draht von  $100^{\circ}$  bis auf den Nullpunkt sich abkühlte, deren Resultate die Tabelle ebenfalls giebt.

Steigende Temperatur.			Fallende Temperatur.		
Temperatur.	Widerstand. Ohms.	$\frac{r_t}{r_0}$	Temperatur.	Widerstand. Ohms.	$\frac{r_t}{r_0}$
$0^{\circ}$ C.	0,5847	1,0000	$100^{\circ}$ C.	0,6827	1,1680
0	0,5837	—	97,7	0,6815	1,1660
0	0,5827	—	95,5	0,6798	1,1631
0	0,5827	—	90,0	0,6741	1,1533
66,3	0,6467	1,1064	78,5	0,6619	1,1324
66,6	0,6469	1,1068	76,6	0,6601	1,1294
67,2	0,6477	1,1081	62,5	0,6463	1,1057
68,5	0,6547	1,1201	48,3	0,6308	1,0792
70,2	0,6557	1,1218	46,6	0,6299	1,0777
72,2	0,6567	1,1235	32,2	0,6147	1,0517
81,6	0,6597	1,1286	31,6	0,6140	1,0505
85,0	0,6657	1,1389	21,6	0,6052	1,0354
86,1	0,6697	1,1458	0	0,5857	1,0000
93,2	0,6727	1,1509	0	0,5857	—
95,0	0,6747	1,1543			
98,8	0,6777	1,1594			
99,5	0,6817	1,1663			

Zur Reduktion der aus diesen Observationen erhaltenen 26 Gleichungen wurde die Methode der kleinsten Quadrate angewendet, und man erhielt:

$$\alpha = 0,0119$$

$$\beta = 0,00112$$

$$\gamma = 0,512.$$

Die folgenden Tafeln geben die Resultate, welche erzielt werden, wenn man anstatt des reinen Platindrahtes einen Platindraht mit 20% Iridiumgehalt anwendet.

Durchmesser des Drahtes 0,73 bis 0,75 mm.

Temperatur des Raumes 15° C. = 59° F.

Länge des Drahtes 100 cm.

## Zunehmender Strom.

Ampères.	Volts.	Watts.	Ohms.	Korrespondirende Temperatur des Drahtes.	Wärmezustand.
2,169	1,638	3,553	0,7552	—	Eben warm.
4,652	3,045	14,165	0,6546	—	warm.
6,858	6,815	46,742	0,9936	442°	heiss.
10,17	11,745	119,48	1,1545	725	verkohlend.
11,477	14,21	163,09	1,2381	873	dunkelroth.
12,932	16,67	215,58	1,2891	965	roth.
15,198	22,04	334,97	1,4502	1252	hellroth.
17,807	29,00	516,40	1,6286	1587	gelb.
20,791	36,25	753,67	1,7436	1787	weiss.

## Abnehmender Strom.

16,762	24,65	413,19	1,4706	1289	
14,210	19,865	282,28	1,3980	1160	
11,828	14,935	176,65	1,2627	918	
10,62	12,76	135,51	1,2015	806	
8,40	8,845	74,299	1,0530	545	
5,487	4,93	27,051	0,8985	279	
4,338	3,625	15,725	0,8364	—	

Eine zweite Reihe von Experimenten wurde mit demselben Drahtstücke gemacht und der Strom nahm zu, bis der Draht brach.

Ampères.	Volts.	Watts.	Ohms.	Korrespondirende Temperatur des Drahtes.	Wärmezustand.
2,743	1,907	5,23	0,6952	—	Eben warm.
7,062	7,005	49,47	0,9919	439°	heiss.
10,492	12,66	132,86	1,2066	816	verkohlend.
15,634	23,69	370,38	1,5153	1372	hellroth.
19,324	33,53	647,93	1,7351	1771	weiss.
21,044	37,99	799,47	1,8053	1899	—
22,414	41,72	935,10	1,8613	2001	—
23,913	45,19	1080,60	1,8898	2053	weissglühend.
25,475	49,91	1271,50	1,9592	2185	—
26,33	53,70	1413,90	2,0395	2325	brach in verschiedene Stücke unmittelbar nach dem Ablesen.

Die Beziehung zwischen dem Widerstand und der Temperatur ist auf der folgenden Tafel gegeben.

Steigende Temperatur.			Fallende Temperatur.		
Temperatur.	Widerstand. Obms.	$\frac{r_t}{r_0}$ .	Temperatur.	Widerstand. Obms.	$\frac{r_t}{r_0}$ .
— des schmel- zenden Eises } 0°C.	1,0072	1,0000	des sieden- den Wassers } . .	1,0924	1,0852
	1,0061			1,0198	1,0131
12,1° C. . . . .	1,0184	1,0117	13,8° C. . . . .	1,0198	1,0131
des sieden- den Wassers } . .	1,0924	1,0852	des schmel- zenden Eises } .	1,0072	1,0000

Die Werthe für  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\gamma$ , abgeleitet nach der Methode der kleinsten Quadrate sind:

$$\begin{aligned}\alpha &= 0,005 \\ \beta &= 0,000694 \\ \gamma &= - 0,7285\end{aligned}$$

Schliesslich kann ich nicht umhin, den Herren E. Lauckert und Eduard Hopkinson D. Sc. meine Anerkennung für ihre Hülfeleistung bei der Ausführung meiner Experimente und bei der Vorbereitung meines heutigen Vortrages auszusprechen.