©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die

Spectralanalyse der Himmelskörper

und

deren Förderung durch Bergobservatorien,

mit besonderer Berücksichtigung

des projectierten astrophysikalisch-meteorologischen Bergobservatoriums im Semmeringgebiete bei Wien.

Von

Dr. Karl Kostersitz.

Erweiterte Bearbeitung des am 5. März 1902 gehaltenen Vortrages.

(Mit Skioptikon-Demonstrationen.)

Mit 1 Tafel und 2 Abbildungen im Texte.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Der Rahmen eines Vortragsabends ist eigentlich wohl etwas zu eng für die Behandlung eines Gegenstandes von so weitem Umfange und so außergewöhnlicher Bedeutung wie die Spectralanalyse der Himmelskörper. Wenn ich mich dessenungeachtet entschlossen habe, eine Darstellung dieses Gegenstandes an dieser Stelle zu versuchen, so war für mich nicht nur meine persönliche besondere Vorliebe für die Spectralanalyse der Himmelskörper, sondern auch die Erwägung bestimmend, dass es sich hier um ein in weiteren Kreisen eigentlich noch recht wenig bekanntes Wissensgebiet handelt, dessen weittragende Bedeutung erst in den letzten Jahrzehnten, namentlich aber erst seit jener Zeit offenbar geworden ist, wo sich die Photographie diesem Zweige der Forschung beigesellt und, wie auf allen anderen Gebieten wissenschaftlicher Untersuchung, so auch hier als „Spectrographie“ eine ganz neue, vielverheißende Ära der Forschung inauguriert hat. Die Errungenschaften dieser Forschungen lassen uns die Spectrographie in ihrer Anwendung auf die Untersuchung der Himmelskörper als einen der großartigsten, ja vielleicht überhaupt als den großartigsten Fortschritt der Himmelskunde im 19. Jahr-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

hundert erscheinen, einen Fortschritt, dessen Bedeutung sich etwa nur noch mit jener mächtigen Förderung vergleichen lässt, welchen die Astronomie durch die Erfindung und Vervollkommnung des Fernrohres erfahren hatte, einen Fortschritt aber auch, der bei der Entwicklungsfähigkeit seiner Grundlagen auf eine leuchtende Linie erfolgreichsten Anstieges in der Zukunft verheißungsvoll hinweist. Hoffentlich gelingt es mir, im Laufe meiner Ausführungen den Beweis für diese Behauptung zu erbringen.

Bevor ich auf den eigentlichen Gegenstand meiner Besprechung eingehe, muss ich an einige allgemeine physikalische Sätze erinnern, welche die Grundlage für alle folgenden Ausführungen bilden.

Wir verstehen unter Licht jene Form von Energiestrahlung, welche durch bestimmte Schwingungen der kleinsten Theilchen eines glühenden (oder luminiscierenden) Körpers erregt wird, durch Vermittlung der Schwingungen jenes hypothetischen, imponderablen, alle anderen Körper und Räume durchdringenden Körpers, den wir Weltäther nennen, sich geradlinig fortpflanzt und durch Reizung der Nervenendigungen in der Netzhaut unseres Auges, der Retina, uns zum Bewusstsein kommt.[1])

---

[1]) Nach Maxwells elektromagnetischer Lichttheorie wird diese Definition in Zukunft wohl ein wenig anders lauten müssen; es wird indes für die Zwecke der folgenden Darstellung genügen, vorläufig noch die obige Auffassung vom Wesen des Lichtes beizubehalten.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die für unser Vorstellen kaum fassbare Geschwindigkeit von etwa 300.000 Kilometer in der Secunde, mit welcher das Licht im Raume sich fortpflanzt, befähigt dasselbe, uns als leicht beschwingter Bote von Geschehnissen zu dienen, welche sich in den weiten Bezirken des Weltalls abspielen, und macht es anderseits auch geeignet, in der Länge der Zeit, welche es braucht, um bestimmte Räume zu durcheilen, einen Maßstab für die Entfernungen und Größenverhältnisse in diesen Räumen abzugeben. Denn bei Anwendung von Maßstäben, welche sich auf bestimmte, unserer Wahrnehmung unmittelbar zugängliche Größen beziehen, könnten wir uns wegen der ungeheuren Ausdehnung jener Räume keine auch nur annähernd richtige Vorstellung von der Größenordnung der wahren Dimensionen dieser Räume bilden. Braucht doch das Licht, das den Weg von der Sonne zu uns, also eine Entfernung von rund 149 Millionen Kilometer, in etwa 8 Minuten zurücklegt, etwa $3\,^1/_2$ Jahre, um von dem uns nächsten Fixstern (α Centauri) bis zu uns zu gelangen, und die letzten, für uns entweder unmittelbar oder mit Hilfe der photographischen Platte wahrnehmbaren Grenzen des Raumes sind in so unermessliche Fernen gerückt, dass Jahrhunderte vergehen können, bevor uns das Licht von jenen Ereignissen Kunde gebracht hat, die sich eben jetzt dort vollziehen.

Muss uns das Licht schon wegen dieser seiner Eigenschaften als ein wunderbarer Himmelsbote erscheinen, so wird unser Staunen noch größer, wenn wir bedenken, dass dasjenige, was wir als „weißes" Licht sehen,

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

keineswegs eine einfache Erscheinung ist, sondern dass in dem weißen Lichte, wie es uns die Sonne zusendet, alle Farben des Regenbogens zu einem einzigen leuchtenden Accorde sich vereinigen. Dieses zusammengesetzte weiße Licht, das also ein Effect der gleichzeitigen Einwirkung aller Spectralfarben auf die Retina unseres Auges ist, können wir durch ein Prisma oder ein Beugungsgitter in seine einfachen, weiter nicht mehr zerlegbaren Bestandtheile, die einzelnen Spectralfarben zerlegen.

Schon Newton hatte beobachtet, dass ein Bündel weißen Sonnenlichtes, das er durch eine kreisrunde Öffnung des Fensterladens in ein verfinstertes Zimmer fallen ließ, beim Durchgange durch ein Glasprisma nicht nur aus seiner Richtung abgelenkt („gebrochen"), sondern auch in ein Band auseinandergezogen („zerstreut") wurde, welches in ununterbrochener Aufeinanderfolge alle Farben des Regenbogens zeigte; er fand ferner, dass durch die Wiedervereinigung dieser Farben abermals weißes Licht entsteht, dass aber, wenn eine dieser Farben allein nochmals durch ein (zweites) Prisma gieng, wohl abermals eine Ablenkung (Brechung) stattfand, aber keine weitere Zerlegung dieses farbigen Lichtes in noch einfachere Bestandtheile.

Hiemit war bewiesen, dass das weiße Licht der Sonne aus unendlich vielen einzelnen, weiter nicht mehr zerlegbaren farbigen Lichtarten zusammengesetzt ist, die wir als „Spectralfarben" bezeichnen. Jeder einzelnen dieser Farben entspricht eine bestimmte Länge der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

die betreffende Farbenempfindung erregenden Ätherwellen — wir bezeichnen sie mit dem griechischen Buchstaben λ —, welche innerhalb des für unser Auge wahrnehmbaren Spectralbezirkes zwischen den Beträgen von etwa $390\,\mu\mu$ für das äußerste sichtbare Violett und $760\,\mu\mu$ für das äußerste sichtbare Roth schwankt.[1]) Es soll aber hier gleich bemerkt werden, dass die Ätherwellen nicht auf den sichtbaren Spectralbezirk beschränkt sind; dieser repräsentiert vielmehr nur einen geringen Bruchtheil der Gesammtheit der von einem glühenden Körper erregten Ätherwellen; der weitaus größere Theil der Strahlung liegt vor dem violetten und nach dem rothen Ende des Spectrums und umfasst einerseits die soge-

[1]) $1\,\mu\mu$ (Millimikron) $= 0{\cdot}000001\,mm = 10$ A E (Ångström-Einheiten); 1 A E $= 0{\cdot}1\,\mu\mu$. Als Beispiel für die Wellenlängen (λ) einzelner Theile des sichtbaren Spectrums möge die folgende kleine Tabelle (Hartmann, Astroph. Journal IX, p. 80) dienen; sie enthält in der ersten Columne die Bezeichnung der wichtigsten Fraunhofer'schen Linien und die Wasserstofflinie $H\gamma$, in der zweiten die Wertung dieser Linien nach der (willkürlichen) Scala Kirchhoffs, und in der dritten die Wellenlängen nach Rowland in $\mu\mu$.

	K	$\mu\mu$
A	401·2	761·90
B	627·3	686·75
C	744·0	656·30
D_1	1073·8	589·62
E_1	1615·4	518·38
F	1968·8	486·15
$H\gamma$	2797·3	434·06
G	2864·1	430·80

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

nannten ultravioletten Strahlen, welche durch ihre chemische Wirkung auf die lichtempfindliche Schicht der photographischen Platte gerade für die Spectralanalyse der Himmelskörper von der allergrößten Bedeutung sind, anderseits die sogenannten ultrarothen Strahlen, welche vornehmlich durch Wärmewirkungen in die Erscheinung treten. Die Grenzwerte der Wellenlängen liegen für die ultravioletten Strahlen, soweit bis jetzt bekannt ist, bei etwa 100 $\mu\mu$ (Schumann), für die ultrarothen Strahlen bei etwa 23700 $\mu\mu$ (Langley).[1])

Newton verwendete bei seinem eben besprochenen Versuche eine kreisrunde Öffnung, durch welche er das Sonnenlicht eintreten ließ; es mussten sich also, da ja durch das Prisma selbstverständlich in jeder einzelnen Farbenart ein farbiges Bild der Lichtquelle erzeugt wird, diese einzelnen, ununterbrochen nebeneinander liegenden kreisförmigen Bilder gegenseitig theilweise überdecken, und es konnte daher kein „reines" Spectrum entstehen, d. h. kein Spectrum, das die einzelnen Spectralfarben rein zeigte. Erst Wollaston gelang 1802 die Darstellung eines solchen reinen Spectrums, indem er statt der kreisrunden Öffnung eine spaltförmige verwendete. Je enger der Spalt ist, desto weniger werden sich die einzelnen, nebeneinander gereihten Bilder des Spaltes gegenseitig überdecken, desto reiner wird das Spectrum sein. Wollaston hatte auch schon in dem so erhaltenen Spectrum eine An-

[1]) Rubens und Aschkinass ist es in jüngster Zeit gelungen, noch längere Wärmewellen, nämlich mit 0·06 *mm* zu erzeugen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse; download unter www.biologiezentrum.at

zahl dunkler Linien bemerkt, ohne aber denselben besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Erst Fraunhofer wies mit Nachdruck auf das Vorhandensein dieser Linien als einer charakteristischen Erscheinung des Sonnenspectrums hin und bezeichnete die wichtigsten derselben mit großen lateinischen Buchstaben; sie werden noch heute nach ihrem Entdecker „Fraunhofer'sche Linien" genannt und bilden die wichtigste Eigenthümlichkeit der Spectren und die Grundlage ihrer genauen Ausmessung. Fraunhofer war es übrigens auch, der, allerdings unbewusst, die ersten vorbereitenden Schritte auf dem Gebiete der Spectralanalyse der Fixsterne unternahm, indem er aufmerksam machte, dass solche dunkle Linien auch in den Spectren der Fixsterne vorkommen. Ja, er konnte sogar schon gewisse typische Verschiedenheiten in dem Aussehen dieser Spectren bei verschiedenen Sternen erkennen und bezeichnete als Repräsentanten dieser Typen die Sterne Sirius, Capella und Beteigeuze.[1]) Doch damals wusste man noch nichts von der Spectralanalyse und konnte daher diese Erscheinung auch nicht deuten; für Fraunhofer war diese Entdeckung übrigens auch nicht Gegenstand weiterer Forschung; er benützte sie nur zur Prüfung seiner optischen Instrumente.

Dem Genius Kirchhoffs war es vorbehalten, in diese Dinge Klarheit zu bringen, indem er einen bestimmten Zusammenhang zwischen dem Aussehen des Spec-

---

[1]) Diese Sterne gelten, wie wir sehen werden, auch jetzt noch als wichtige Repräsentanten von Spectraltypen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

trums und der Art und Beschaffenheit der das Spectrum erzeugenden Lichtquelle nachwies. Er zeigte vor Allem, dass ein glühendes Gas nur Licht von bestimmten, einzelnen Strahlengattungen aussendet, also ein aus hellen Linien bestehendes Spectrum (Emissionsspectrum) gibt, und dass ferner, wenn Licht von einem glühenden festen oder flüssigen Körper hoher Temperatur ausgesendet wird und durch ein mit einer niedereren Temperatur glühendes Gas hindurchgeht, dieses Gas von dem Lichte jenes Körpers, der ja an sich ein durchaus continuierliches Spectrum liefern würde, gerade jene Strahlen absorbiert, die es sonst aussenden würde, so dass also in diesem Falle ein continuierliches Spectrum mit dunklen Absorptionslinien entsteht. (Kirchhoff gab dem von ihm entdeckten berühmten Gesetze die Fassung: „Für jede Strahlengattung ist das Verhältnis zwischen Emission und Absorption für alle Körper bei derselben Temperatur das gleiche.“)

Nunmehr gelangte Klarheit in das Wesen der Spectralerscheinungen. Man hatte erkannt, dass feste oder flüssige glühende Körper Licht von allen Strahlengattungen aussenden, also ein sogenanntes „continuierliches“ Spectrum, d. h. eine durchaus ununterbrochene Aufeinanderfolge der Spectralfarben von Violett bis Roth geben, während glühende Gase (oder Dämpfe) nur Licht von einzelnen bestimmten Strahlengattungen aussenden, also ein „Emissionsspectrum“ erzeugen, das nur aus einzelnen hellen, durch dunkle Zwischenräume getrennten Linien oder Liniengruppen besteht, deren Vertheilung und An-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ordnung im Spectrum für jedes einzelne chemische Element eine so bestimmte und charakteristische ist, dass man auch umgekehrt aus dem Erscheinen bestimmter Spectrallinien in dem Spectrum einer Lichtquelle mit Sicherheit auf die Art und Natur der verbrennenden oder glühenden Stoffe schließen kann. Vor allem waren es die epochemachenden Arbeiten Bunsens, welche dieses mit dem Namen „Spectralanalyse" bezeichnete Gebiet der Forschung, also die Bestimmung von Stoffen aus der Art ihres Spectrums, in mächtigster Weise gefördert und den Namen dieses Forschers mit unvergänglichem Ruhme bedeckt haben.

Zur physikalischen Erklärung der Spectralerscheinungen mögen folgende Bemerkungen dienen.

Wir nehmen gegenwärtig an, dass die Molecüle eines jeden Körpers fortwährend bestimmte Schwingungen ausführen, von deren Intensität die Höhe der Temperatur des betreffenden Körpers abhängt. Eine Steigerung der Temperatur bedeutet also eine Steigerung der Intensität jener Schwingungen und kann endlich einen solchen Grad erreichen, dass uns die Schwingungen der Molecüle durch die Vermittlung des Äthers als Licht zur Wahrnehmung gelangen.

Die einzelnen Körper, seien es nun einfache oder zusammengesetzte, unterscheiden sich in der hier in Betracht kommenden Beziehung durch die specifische Verschiedenheit der Schwingungen ihrer Molecüle, in der Art, dass jedem Körper eine ganz bestimmte Art von

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Molecularschwingungen eigenthümlich ist, auf welche die Molecüle desselben also gewissermaßen abgestimmt sind. Diese Verschiedenheit wird sich nun bei genügender Intensität der Schwingungen, d. h. wenn der Körper leuchtet, in einer Verschiedenheit der Spectralerscheinungen zeigen, indem jedem Körper eine bestimmte Anzahl und eine bestimmte Gruppierung von Spectrallinien zukommen wird, ein charakteristisches Spectrum, dessen einzelne Linien eben den Eigenschwingungen der Molecüle des betreffenden Körpers entsprechen werden.

Doch wird sich hier ein großer Unterschied zwischen gasförmigen Körpern einerseits und festen oder flüssigen Körpern anderseits geltend machen.

In einem gasförmigen Körper sind nämlich nach unserer Vorstellung die einzelnen Molecüle durch so weite[1]) Zwischenräume von einander getrennt angeordnet, dass eine verhältnismäßig lange Zeit zwischen den einzelnen gegenseitigen Zusammenstößen der Molecüle auf ihren (geradlinigen) Bahnen vergeht; es werden also die Molecüle während dieser Pausen genügend Zeit haben, um ungehindert ihre Eigenschwingungen aus-

[1]) „Weit" sind diese Zwischenräume der Molecüle freilich nur im Verhältnis zur eigenen Größe der Molecüle und im Vergleiche zu deren viel engerer Nebeneinanderordnung in festen oder flüssigen Körpern. Wie enge sie thatsächlich nebeneinander liegen, können wir daraus entnehmen, dass in 1 cm^3 Luft noch immer so viele Molecüle vorhanden sind, dass sie, aneinandergereiht, eine Kette bilden würden, mit der wir unseren Erdäquator einigemale umspannen könnten!

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

führen zu können, und werden demgemäß das dem betreffenden Körper charakteristische Linienspectrum erzeugen.

Anders hingegen bei festen oder flüssigen Körpern. Hier folgen nämlich infolge der engen Nebeneinanderordnung der einzelnen Molecüle die Zusammenstöße so rasch aufeinander, dass den Molecülen nicht mehr die zur Ausführung ihrer Eigenschwingungen nöthige Zeit übrig bleibt; es erfolgen vielmehr unter dem Einflusse dieser außerordentlich rasch aufeinanderfolgenden Zusammenstöße Zwangsschwingungen aller Art, und die Folge davon ist die Entstehung eines continuierlichen Spectrums.

Unter diesen Annahmen erklärt sich nun auch die Erscheinung, dass Gase oder Dämpfe beim Durchgange weißen Lichtes durch sie gerade jene Strahlengattungen absorbieren, also in der Reihenfolge der Farben des spectral zerlegten weißen Lichtes auslöschen, die sie sonst als Eigenlicht aussenden würden; und zwar können wir uns dies in folgender Art vorstellen. Weißes Licht stellt, wie wir wissen, eine Summe von Strahlengattungen aller möglichen Art, also von Schwingungen aller möglichen Art vor. Gehen nun diese Schwingungen durch ein Gas, dessen Molecüle ja, wie wir gesehen haben, nur Schwingungen ganz bestimmter Art ausführen, hindurch, so werden nur jene Schwingungen des weißen Lichtes, welche mit den Schwingungen der Gasmolecüle identisch sind, eine Veränderung erfahren, indem die Gasmolecüle gleichsam wie Resonatoren gegenüber den identischen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Schwingungen des weißen Lichtes wirken und auf diese für ihren weiteren Verlauf eine Dämpfung ausüben. Diese Dämpfung wird aber naturgemäß als eine Abschwächung der Wirkung der betreffenden Schwingungen, also als Absorption in die Erscheinung treten, und wir werden im continuierlichen Spectrum dunkle Absorptionslinien sehen.[1]) Es ist so, als wäre ein Gemisch von allen möglichen Tönen durch die auf eine Anzahl ganz bestimmter Töne abgestimmten Saiten einer Harfe gegangen; die Saiten der Harfe werden durch die ihnen gleichen Töne des Tongemisches zum Schwingen — oder, wenn sie bereits in Schwingung waren, zu stärkerem Schwingen — angeregt; aber durch den Energieverbrauch, der zu dieser Arbeitsleistung nöthig war, werden auch in dem Tongemisch, das durch die Saiten der Harfe gegangen ist, gerade auch jene Töne abgeschwächt werden, durch welche die Saiten der Harfe zum (stärkeren) Klingen gebracht wurden.

Auch die Erfahrungsthatsache, dass das wirkliche Eintreten der Absorptionserscheinung in dem besprochenen Falle durch einen gewissen Unterschied der Temperatur zwischen dem glühenden festen oder flüssigen Kör-

---

[1]) Diese dunklen Absorptionslinien sind aber, wie sich ja aus einem folgerichtigen Durchdenken des Gesagten von selbst ergibt, keineswegs völlig schwarze Linien, sondern nur Stellen geringerer Intensität, die selbst auch noch Licht aussenden und nur in Folge der Contrastwirkung gegenüber ihrer weitaus helleren Umgebung uns als dunkle Linien erscheinen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

per (höhere Temperatur) und dem absorbierenden Gase oder Dampfe (niederere Temperatur) bedingt ist, wird nach dem Gesagten nicht schwer zu interpretieren sein; wir müssen uns nur immer gegenwärtig halten, dass die verschiedene Höhe der Temperatur nichts anderes ist, als ein Ausdruck der verschiedenen Intensität der Molecularschwingungen der Körper. Wenn wir an dieser Vorstellung festhalten, dann können wir leicht die bereits besprochene Abhängigkeit der Absorptionserscheinungen von dem Vorhandensein des erwähnten Temperaturunterschiedes deuten; ich glaube dies nicht weiter ausführen zu müssen.[1])

Nach diesen theoretischen Betrachtungen, welche ich wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes hier einfügen zu sollen geglaubt habe, wollen wir nun wieder zu unserer historischen Skizze zurückkehren.

Nachdem Kirchhoff und Bunsen die Spectralanalyse entdeckt, bezw. ausgestaltet hatten, war nun auch die Möglichkeit gegeben, jene geheimnisvollen Zeichen richtig zu deuten, welche ein merkwürdiges Naturgesetz in Form dunkler Linien in das Spectrum unserer Sonne

[1]) In etwas anderer Beleuchtung erscheinen alle diese Erwägungen vom Standpunkte der elektromagnetischen Lichttheorie, allgemeiner vom Standpunkte der Elektronentheorie aus (vgl. den Vortrag von W. Kaufmann auf der 73. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Hamburg, September 1901). Es ist hier nicht der Raum, um auf diese ungemein interessante Theorie, die übrigens noch keineswegs vollständig ausgebildet ist, näher einzugehen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

geschrieben hat. Denn es war nunmehr gewiss, dass hier auch eine Absorptionserscheinung vorliege, welche offenbar daher rührt, dass das von einem, vermuthlich zähflüssigen glühenden Kerne (höherer Temperatur) ausgestrahlte Licht des Sonnenballes auf dem Wege zu uns vorerst eine diesen Kern umhüllende Atmosphäre von glühenden Gasen und Dämpfen (niederer Temperatur) zu durchsetzen hat. Und wenn es gelang, diese dunklen Linien nach Lage und Intensität mit Linien von irdischen Stoffen zu identificieren, welche man spectroskopisch bereits untersucht hatte, so konnte man hiemit auch schon den Nachweis als erbracht ansehen, dass diese Stoffe auch in Form glühender Gase oder Dämpfe auf der Sonne vorkommen; und ganz analoge Schlüsse mussten sich dann weiter auch aus der spectroskopischen Beobachtung aller anderen Himmelskörper ziehen lassen, denn die Entfernung der untersuchten Lichtquelle vom Beobachter spielt ja bei diesen Untersuchungen keine Rolle. Und hierin besteht eigentlich der Hauptsache nach das ganze Wesen der Spectralanalyse der Himmelskörper, deren Anwendung uns unter anderem auch zu der Erkenntnis geführt hat, dass zum Aufbau des Weltalls bis in seine fernsten Räume im wesentlichen überall jene einfachen Stoffe verwendet sind, welche auch hier auf unserer Erde vorkommen und als „Grundstoffe“ oder „Elemente“ bezeichnet werden.[1])

[1]) Bis in die jüngste Zeit schien allerdings eine Beschränkung in der Richtung zu bestehen, dass man, abgesehen von den Wasserstoff- und Sauerstofflinien, nur

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Aus dem Gesagten ergibt sich nun sofort auch die außerordentliche Wichtigkeit der genauen Untersuchung und Feststellung von Spectren irdischer Stoffe im Laboratoriumsversuch, da wir durch solche Arbeiten die sichere Grundlage für die Beurtheilung jener Spectren gewinnen, die wir an den Himmelskörpern beobachten. Gerade auf diesem Gebiete nun hat Österreich hervorragende Arbeiten einheimischer Forscher aufzuweisen; ich brauche nur die Namen Professor Dr. Franz Exner und Dr. Eduard Haschek, sowie Hofrat Dr. Josef M. Eder und Professor Eduard Valenta zu nennen, um damit eine imponierende Summe scharfsinniger Geistesarbeit zu kennzeichnen, deren Erfolge von der ganzen wissenschaftlichen Welt voll anerkannt sind. [1])

Ich muss noch ein wenig bei den Arbeiten der genannten Forscher verweilen, insoferne sie eine wertvolle Ergänzung und Vervollständigung der Untersuchungen

---

Metallinien — Wasserstoff zählt übrigens chemisch auch zu den Metallen — in den Spectren der Himmelskörper zu erkennen vermochte. Die neuesten Forschungen haben auch hier Wandel geschaffen, indem außer Sauerstoff, Stickstoff und den Cleveïtgasen noch das Vorkommen eines weiteren Metalloïds in einzelnen Sternspectren nachgewiesen wurde, nämlich Silicium (J. Hunt in Capstadt bei einigen südlichen Sternen, z. B. β Crucis, und Lockyer bei Sirius, Denebola und Rigel). Es ist kein Grund vorhanden, zu zweifeln, dass die Forschung auf diesem Wege noch weiter schreiten werde.

[1]) Der entgegenkommenden Liebenswürdigkeit dieser Forscher verdanke ich auch eine große Anzahl vortreff-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

von Humphreys und Mohler über gewisse Linienverschiebungen bilden. Diese Arbeiten sind insbesondere auch deshalb von großer Bedeutung, weil sie zur bestimmteren und klareren Fassung des so überaus wichtigen Doppler'schen Princips sehr viel beigetragen haben. Es gelang nämlich, nachzuweisen, dass bei Veränderung von Druck, Temperatur und Dichte des leuchtenden Gases Verschiebungen und Veränderungen der Spectrallinien vor sich gehen, welche nicht alle, sondern nur einzelne Linien des Spectrums in ganz bestimmter Weise afficieren

---

licher Spectraltafeln über die Spectra der Elemente, welche beim Vortrage ausgestellt waren. Es möge gestattet sein, auch an dieser Stelle dem herzlichsten Danke für dieses Entgegenkommen Ausdruck zu geben.

Die Herren Exner und Haschek hatten überdies eine große Tabelle zur Verfügung gestellt, welche in augenfälliger Weise einen überaus interessanten Zusammenhang zwischen den Atomgewichten der Elemente und der Linienzahl ihrer Spectren zur Darstellung bringt. Wenn man nämlich, wie es in dieser Tabelle geschehen ist, die Elemente nach ihren Atomgewichten in eine Reihe ordnet, so ergibt sich für die zugehörigen Linienzahlen eine periodische Zu- und Abnahme mit im allgemeinen steigender Tendenz gegen die höheren Atomgewichte hin, und gewisse Formen der hienach gezeichneten Curve, welche also die Linienzahlen als eine ausgesprochene periodische Function des Atomgewichtes darstellt, lassen die Existenz bisher noch nicht bekannter Elemente vermuthen. Sehr merkwürdig ist auch der offenbare Zusammenhang dieser Curve mit der von Humphreys und Mohler für die Linienverschiebungen durch Druck angegebenen Curve: beide bilden zueinander genau verzerrte Spiegelbilder!

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

und von der allgemeinen Verschiebung sämmtlicher Linien nach dem Doppler'schen Princip wohl zu unterscheiden sind.

Dieses Doppler'sche Princip, das ich als eine der wichtigsten Theorien auf dem ganzen Gebiete der Spectralanalyse der Himmelskörper nun vorerst besprechen muss, wurde bekanntlich von unserem berühmten Landsmanne Christian Doppler (1803—1853) aufgestellt und besagt in seiner allgemeinsten Fassung, dass eine von irgend einer Erregungsquelle ausgehende Wellenbewegung in unserer Wahrnehmung dann eine Veränderung erfahren wird, wenn die Entfernung zwischen uns und jener Quelle der Wellenbewegung während der Beobachtung eine Veränderung erfährt, und zwar in folgender Art. Bei Annäherung der Quelle an uns (oder von uns an die Quelle) werden die einzelnen Wellen rascher nacheinander bei uns anlangen, bei Entfernung hingegen langsamer; die Folge davon wird sein, dass im ersten Falle, bei Verkürzung der Entfernung, eine Verkleinerung der Wellenlänge resultiert, im zweiten Falle hingegen, bei Vergrößerung der Entfernung, auch eine Vergrößerung der Wellenlänge. Haben wir es also z. B. mit Schallwellen zu thun, so wird im ersten Falle eine Erhöhung, im zweiten eine Erniedrigung jenes Tones eintreten, den wir hören würden, wenn die Entfernung zwischen uns und der Tonquelle sich nicht verändern würde.[1]

[1]) Wir können dies sehr gut beobachten, wenn wir in einem rasch fahrenden Eisenbahnzuge sitzen, und eine pfeifende Locomotive kommt uns entgegen: der Ton, den

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Haben wir es aber mit einer Lichtquelle als Erreger der Wellenbewegung zu thun, so ist die Sache nicht ganz so einfach. Auf den ersten Blick könnte es scheinen, als müsste sich eine Bewegung der Lichtquelle, wenn die Bewegung nur genügend rasch ist, in einer Änderung der Farbe zeigen; thatsächlich hat auch Doppler selbst diese Meinung gehabt und glaubte in dieser Weise auch die Farben der Fixsterne erklären zu können. Diese Meinung ist aber irrig, denn wir dürfen ja nicht vergessen, dass bei jeder Strahlung, die wir in der Form von Licht sehen, auch eine große Menge unsichtbarer Strahlen, mit kürzeren und längeren Wellen als die des sichtbaren Theiles des Spectrums, zu uns gelangt, nämlich die schon erwähnten ultravioletten und ultrarothen Strahlen. Es wird also bei Annäherung oder Entfernung der Lichtquelle immer eine Ergänzung der sich verschiebenden Strahlen aus dem ultrarothen, beziehungsweise dem ultravioletten Bezirke stattfinden, so dass wir keine Änderung der Farbe wahrnehmen werden. Hieran wird auch die bei einer Bewegung der Lichtquelle allerdings eintretende Verschiebung der Intensitätsvertheilung im Spectrum nichts ändern, denn diese Verschiebung ist selbst bei den größten uns bekannten kosmischen Geschwindigkeiten viel zu gering, als dass sie in einer Änderung des Farbentones uns wahrnehmbar werden könnte.[1])

---

wir beim Herannahen der Locomotive hören, erniedrigt sich plötzlich in Momente des Vorüberfahrens.

[1]) In dem Falle, als uns die Lichtquelle nur einfarbiges Licht, also nur Licht von einer einzigen bestimmten

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Einwendungen solcher Art wurden gegen das Doppler'sche Princip schon bald, nachdem Doppler es aufgestellt hatte, erhoben; namentlich machte Buys-Ballot, der die Richtigkeit dieses Princips für Schallwellen experimentell durch Veränderung der Tonhöhe des Pfiffes einer schnellfahrenden Locomotive bestätigt hatte, auf den Fehlschluss Dopplers in Betreff der Farbenänderung der Fixsterne aufmerksam. So gerechtfertigt nun diese Einwendungen auch waren, so ungerechtfertigt war es aber, damit das Princip selbst im allgemeinen bekämpfen zu wollen und so das Kind mit dem Bade auszuschütten. Das Princip als solches ist vielmehr durchaus richtig, auch für das Gebiet der Lichtwellen, und es ist das große, nicht hoch genug anzuschlagende Verdienst eines anderen österreichischen Forschers, gezeigt zu haben, dass dieses Princip auch auf bewegte Lichtquellen anwendbar ist, und in welcher Weise es hier zur Erscheinung kommen muss. Kein Geringerer als Hofrat Mach war es nämlich, der (1860) zuerst aufmerksam machte, dass die durch Annäherung oder Entfernung der Lichtquelle bewirkte Änderung der Wellenlänge der Ätherwellen eine Verschiebung der Spectrallinien zur Folge haben müsse, also nur mit Hilfe der spectroskopischen Beobachtung constatiert werden könne: bei Entfernung der Lichtquelle, also bei Vergrößerung der Wellenlängen,

---

Wellenlänge zusendet, würde allerdings auch nach dem Doppler'schen Princip eine Änderung des Farbentones resultieren; diese wäre aber ebenfalls viel zu geringfügig, als dass wir sie als solche bemerken könnten.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

werden die Linien nach dem langwelligen Ende des Spectrums, also gegen Roth hin verschoben, hingegen bei Annäherung der Lichtquelle, also Verkürzung der Wellenlängen, nach dem kurzwelligen Ende, also gegen Violett hin.

Es ist nun ohneweiters verständlich, dass alle Linien des Spectrums in gleicher Weise von dieser Verschiebung betroffen werden müssen, da ja in diesem Falle alle zu uns gelangenden Strahlengattungen durch die gleiche Ursache und in gleicher Weise eine Veränderung erleiden (vgl. weiter unten p. 443 Anm. 1).

Durch diese Untersuchungen Machs war nun eigentlich erst das Doppler'sche Princip in seiner ganzen ungeheuren Bedeutung für das astrophysikalische Arbeitsfeld klargestellt und damit der Forschung der Schlüssel in die Hand gegeben, durch welchen sich ihr bisher gänzlich unbekannte Gebiete eröffnen sollten. Denn gerade in der Form, welche Mach ihm gegeben, hat sich das Doppler'sche Princip — dessen Giltigkeit übrigens bezeichnenderweise anfänglich auch wegen seiner anscheinend zu großen „Einfachheit" stark angezweifelt wurde! — im Laufe der Zeit als eine der fruchtbarsten Errungenschaften physikalischer Forschung erwiesen und uns in den Stand gesetzt, nicht nur das Vorhandensein und die Richtung, sondern sogar auch die Größe von solchen Bewegungen der Himmelskörper, u. zw. in absolutem Maße, zu bestimmen, die in der Gesichtslinie, also ohne Veränderung des scheinbaren Ortes des betreffenden Himmelskörpers, erfolgen und deshalb unseren

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gewöhnlichen Messinstrumenten gänzlich unzugänglich hätten bleiben müssen.[1])

Allerdings war die experimentelle Bestätigung des Doppler'schen Principes für den Bereich der Lichtstrahlen durch Versuche im Laboratorium bis in die jüngste Zeit noch immer ausständig, weil es nicht gelungen war, im Laboratorium so große Geschwindigkeiten einer Lichtquelle, wie sie den kosmischen Bewegungen eigen und zur Erkennung von Linienverschiebung noth-

[1]) Die absolute Größe der Linienverschiebung hängt zunächst von der Größe der Geschwindigkeit des Sternes ab und ist überdies für die einzelnen Linien eines Spectrums den Wellenlängen derselben direct proportional. Bezeichnen wir die unbekannte Wellenlänge der dem Sternspectrum angehörenden verschobenen Linie mit λ, die bekannte Wellenlänge der durch das mitphotographierte Vergleichsspectrum einer irdischen ruhenden Lichtquelle gegebenen identischen Linie, welche also unverschoben sein wird, mit λ_o, die zu suchende Geschwindigkeit des beobachteten Sternes mit v, die Geschwindigkeit des Beobachters (Erde) während der Beobachtung mit u, endlich die Lichtgeschwindigkeit, in Kilometern ausgedrückt, mit V, so ist die Beziehung zwischen diesen Größen gegeben durch die Formel: $\lambda - \lambda_o = \frac{(v+u)\,\lambda_o}{V}$. Durch eine entsprechende systematische Versuchsanordnung können wir nun den Wert der durch die Beobachtung gegebenen Größe $\lambda - \lambda_o$ bestimmen. Da uns ferner die Größen λ_o, u und V auch für jeden einzelnen Fall bekannt sind, so sind wir hienach in der Lage, aus den Beobachtungsdaten die unbekannte Größe v, also die Geschwindigkeit des beobachteten Sternes in der Gesichtslinie, zu bestimmen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wendig sind, zu erzeugen. Vor einigen Jahren nun habe ich einem mir befreundeten Gelehrten[1]) gegenüber angeregt, diese experimentelle Bestätigung dadurch zu versuchen, dass man einen Strahl Sonnenlichtes auf ein System von sehr rasch gegeneinander bewegten (rotierenden) Spiegeln fallen, während der Bewegung der Spiegel mehreremal zwischen ihnen reflectieren lässt und dann im Spectroskop beobachtet. Ich hatte weder Mittel noch Gelegenheit, diese Idee auch zu realisieren, und unterließ es auch, sie zu publicieren; es freut mich aber, dass die Richtigkeit dieses Gedankens dadurch ihre volle Bestätigung gefunden hat, dass fast zu gleicher Zeit ein anderer Forscher, Belopolski in Pulkovo, (ganz unabhängig von mir) dieselbe Idee angeregt und mit den ihm zur Verfügung stehenden Mitteln auch durchgeführt hat. Wenngleich die Versuche, namentlich in Bezug auf die Form ihrer Durchführung, noch nicht als abgeschlossen zu betrachten sind, so lässt sich doch schon jetzt sagen, dass die bei diesen Versuchen beobachteten Erscheinungen als eine gute Verification des Doppler'schen Princips bezeichnet werden können.[2])

Übrigens darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Theorie der Linienverschiebungen nach dem Doppler'schen Princip auch durch bestimmte, genau controlier-

---

[1]) Dr. K. Hillebrand, Sternwarte Wien.

[2]) Prof. F. Exner theilt mir mit, dass auch Prof. G. Jäger (Wien) vor einiger Zeit ihm gegenüber auf die gleiche Möglichkeit einer experimentellen Bestätigung des Doppler'schen Principes hingewiesen habe.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

bare astronomische Beobachtungen innerhalb unseres Sonnensystems (Rotation unserer Sonne [p. 459], Revolution der Componenten der Saturnsringe etc.) eine sehr gute Bestätigung findet, wie dies erst in jüngster Zeit auch wieder durch den Director des Lick-Observatory, W. W. Campbell, in ausgezeichneter Weise an der Bewegung unseres Erdmondes gezeigt wurde.[1])

Aus den bereits angegebenen Gründen werden von der Linienverschiebung nach dem Doppler'schen Princip alle Linien des Spectrums (vgl. p. 442) betroffen werden. Dem gegenüber bilden nun die früher erwähnten Verschiebungen und Veränderungen einzelner Spectrallinien in Folge von abnormalen Temperatur-, Druck- und Dichtigkeitsverhältnissen ein wohl zu unterscheidendes Erscheinungsgebiet, dessen Erkenntnis uns vor dem Irrthum bewahren wird, alle in den Spectren der Himmelskörper beobachteten Linienverschiebungen ohne Unterschied nach dem Doppler'schen Princip erklären zu wollen.

Wenn wir uns nun das bisher Gesagte zusammenfassend klar machen, so werden wir leicht jedes Spectrum, das wir beobachten, charakterisieren und nach seinem Aussehen einen Schluss auf die Natur und Beschaffenheit des beobachteten Körpers ziehen können. So wird also z. B. ein continuierliches Spectrum auf einen festen oder flüssigen glühenden Körper als Lichtquelle hinweisen; ein aus hellen Linien bestehendes Emissionsspectrum wird

---

[1]) Vgl. p. 487, Anm. 2.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

auf glühende Gase oder Dämpfe als Lichtquelle schließen lassen; dunkle Absorptionslinien in einem continuierlichen Spectrum werden uns sagen, dass das Licht eines festen oder flüssigen glühenden Körpers durch glühende Gase oder Dämpfe von einer niedereren Temperatur hindurchgegangen ist und daselbst zum Theil verschluckt wurde,[1]) und aus der Stellung, Beschaffenheit und Anzahl der Linien werden wir nicht nur auf die Art, sondern, wie dies die jüngsten Untersuchungen Dr. Hascheks wahrscheinlich machen, auch auf die Menge der die Linien erzeugenden Gase, aus der Vertheilung der Intensität im Spectrum aber auch auf die Temperatur der beobachteten Lichtquelle einen Schluss ziehen können.[2])

So ausgerüstet, können wir nun an die spectroskopische Beobachtung der einzelnen Himmelskörper herantreten und wenden uns zunächst jenem Himmelskörper zu, dessen Licht uns sozusagen den Weg zur Erschließung dieses ganzen herrlichen Forschungsgebietes gewiesen hat, nämlich zur

Sonne.

Wenn wir das durch einen engen Spalt in ein verfinstertes Zimmer eintretende Sonnenlicht mit einem

[1]) Das Anftreten von zu „Banden" vereinigten Liniengruppen ist charakteristisch für das Vorhandensein von chemischen Verbindungen.

[2]) Auf dieser Grundlage hat Baron Harkányi (Ó-Gyalla) sehr bemerkenswerte Untersuchungen über die Temperatur einiger heller Fixsterne und unserer Sonne angestellt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Prisma oder einem Beugungsgitter spectral zerlegen und in geeigneter Weise auf einem Schirm auffangen oder direct beobachten, so sehen wir ein continuierliches Spectrum mit dunklen Absorptionslinien, welche, wie schon oben (S. 436) berührt wurde, dadurch entstehen, dass das von einem, vermuthlich zähflüssigen glühenden Sonnenkern ausgestrahlte Licht, das also für sich ein continuierliches Spectrum ohne alle Linien geben würde, eine diesen Kern umhüllende Atmosphäre von glühenden Gasen und Dämpfen niederer Temperatur durchsetzt. Die Wichtigkeit der Identificierung dieser Linien mit den Linien bekannter irdischer Stoffe zum Zwecke der Constatierung des Vorkommens dieser Stoffe auf der Sonne wurde ebenfalls bereits besprochen. Es muss aber noch erwähnt werden, dass auch umgekehrt das Vorhandensein gewisser noch nicht identificierter Sonnenlinien zur Entdeckung von früher noch nicht bekannt gewesenen irdischen Stoffen (Helium, Cleveït) geführt hat, wie denn auch überhaupt die astrophysikalische Forschung reiche Anregung nicht nur von den Gebieten der allgemeinen Physik und Chemie empfangen, sondern ihrerseits auch wieder auf jene Gebiete in mindestens gleichem Maße ausgeübt hat.

Lässt man das Licht der Sonne unmittelbar, ohne Vorschaltung einer Linse oder eines Fernrohres, auf den Spalt des Spectroskops auffallen, so erhält man ein sogenanntes mittleres Sonnenspectrum, d. h. ein Sonnenspectrum, in welchem Licht von allen Theilen der Sonnenoberfläche vertreten ist, und das sich uns in der früher geschilderten Weise darstellt. (Dabei wäre nur noch zu

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

bemerken, dass unter den dunklen Absorptionslinien auch solche erscheinen werden, welche von der in unserer Erdatmosphäre vor sich gehenden Absorption des Lichtes herrühren, die sogenannten Luftlinien.) Um die genaue Bestimmung der Linien des Sonnenspectrums haben sich Ångström, Thollon, Rowland, Müller und Kempf u. a. große Verdienste erworben. Rowlands Messungen werden gewöhnlich als „standard-work" angenommen; eine Einheitlichkeit ist leider noch nicht erzielt.

Durch geeignete Verbindung mit einer Linse oder einem Fernrohr können wir auch ganz bestimmte Theile der Sonnenoberfläche der spectroskopischen Beobachtung unterziehen.

Da zeigen sich nun zunächst in dem Spectrum der Sonnenflecke ganz merkwürdige Erscheinungen, welche nicht nur auf größere Dichte und niederere Temperatur der Dämpfe in den Sonnenflecken schließen lassen, sondern auch nach gewissen Unregelmäßigkeiten und Verzerrungen in einzelnen Linien die Vermuthung nahelegen, dass hier überaus stürmische und heftige Bewegungen vor sich gehen. Allerdings ist die Theorie der ganzen Erscheinung noch ebensowenig gesichert wie die Theorie der Sonne überhaupt, und die Untersuchungen von Julius in Aachen über die sogenannte anomale Dispersion haben uns hier ganz neue Gesichtspunkte eröffnet, welche die Forschung künftighin nicht mehr wird unberücksichtigt lassen dürfen.

Eine andere merkwürdige Erscheinung auf der Sonne, die mit den Flecken und den namentlich in der Nähe der

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Flecken beobachteten Verdichtungen der Lichtintensität, den Fackeln, in engem Zusammenhange zu stehen scheint, sind jene eigenthümlichen, überaus rasch wechselnden Hervorragungen am Sonnenrande, die unter dem Namen Protuberanzen bekannt sind und derzeit als gewaltige Eruptionen glühender Wasserstoffgase und glühender Metalldämpfe angesehen werden. Das Spectroskop lehrt uns die stoffliche Zusammensetzung dieser Protuberanzen kennen, es setzt uns aber auch in den Stand, diese Erscheinung, die wir früher nur bei Gelegenheit totaler Sonnenfinsternisse sehen und beobachten konnten, zu jeder beliebigen Zeit zu beobachten und auch zu photographieren. Wenn wir nämlich den Spalt des Spectroskops auf den Sonnenrand radial einstellen, so sitzen zunächst die Chromosphärenlinien gewöhnlich wie kurze, helle Lanzenspitzen auf den zugehörigen dunklen Absorptionslinien des Sonnenspectrums auf[1]) und verrathen durch dieses Aussehen eine nach außen rasch abnehmende Dichte der betreffenden Gase und Dämpfe. Bei allmählichem Vorbeiführen des Spaltes längs des Sonnenrandes werden sich nun die Protuberanzen durch partieenweises Hellerwerden jener Linien verrathen, welche den sie bildenden Dämpfen eigenthümlich sind. Ist die Dispersion des Spectroskops so groß, dass gewisse charakteristische Protuberanzenlinien genügend weit voneinander abstehen, so können wir sogar bei weit geöff-

[1]) Es sind dies Wasserstofflinien, dann viele Linien von Eisen, ferner Linien von Barium, Calcium, Chrom, Magnesium, Mangan, Natrium und Titan.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

netem Spalte die Protuberanzen im Lichte dieser Linien in ihrer wahren Gestalt erblicken.[1])

In diesem Zusammenhange möchte ich auch erwähnen, dass die Zerlegung des Sonnenlichtes durch das Spectroskop auch benützt werden kann, um Aufnahmen der Sonnenoberfläche in einer einzigen Spectralfarbe zu erhalten, sogenannte monochromatische Aufnahmen. Die Methode besteht im Wesentlichen darin, dass der Spectroskopspalt, auf welchen das Brennpunktsbild der Sonne fällt, senkrecht zur Spaltrichtung in der Ebene des Bildes vor diesem vorübergeschoben wird. Die durch

---

[1]) Allerdings müssen wir bei der Deutung dieser ganzen Erscheinung jetzt etwas vorsichtiger sein, seit die Untersuchungen von Schmid, Julius und Ebert uns auf gewisse Refractions- und Dispersionserscheinungen aufmerksam gemacht haben, welche möglicherweise beim Phänomen der Protuberanzen eine wichtige Rolle spielen und die Erklärung dieses Phänomens als einen lediglich optischer Erscheinung bringen können (vgl. S. 498). Es möge an dieser Stelle auch erwähnt werden, das Leo Brenner im August 1900 in Rovigno bei Beobachtung des Meereshorizontes diesen wie von heftigen Sturme aufgeregt sah, trotzdem in der Nähe Windstille herrschte; ein Schiff am Horizont schien bald in die Luft geschleudert, bald von den Wellen verschlungen, der Rand des Meeres war besetzt mit Protuberanzen, die in auffälligster Weise an die Sonnenprotuberanzen erinnerten. —

Mit der spectroskopischen Beobachtung von Sonnenprotuberanzen beschäftigt sich besonders eifrig schon seit einer Reihe von Jahren der bekannte Director des Haynald-Observatoriums in Kalocsa (Ungarn), P. J. Fényi, S. J.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

diese Bewegung hervorgerufene gleichzeitige Verschiebung des ganzen Spectrums wird in der Art zur Aufnahme verwendet, dass in der photographischen Camera, in welcher sich das Spectrum projiciert, vor der bis auf einen schmalen Spalt verdeckten photographischen Platte eben dieser Spalt im Sinne der Verschiebung des ganzen Spectrums und mit der genau gleichen Geschwindigkeit dieser Verschiebung vorbeigeführt wird, so dass also während der Aufnahme auf die photographische Platte nur Licht jenes Spectralbezirkes fällt, in welchem der vor der Platte vorbeigeführte Spalt bei der Aufnahme orientiert war. Je nach der Gegend des verwendeten Spectralbezirkes wird bei der Aufnahme das Licht jener Stoffe wirksam werden, deren Strahlen diesem Spectralbezirke, beziehungsweise einer bestimmten Linie angehören, und wir werden aus verschiedenen Aufnahmen solcher Art Aufschlüsse über die Vertheilung der verschiedenen Stoffe auf der Sonnenoberfläche erhalten können. Mit Verwendung dieser Methode, welche insbesondere von Hale sehr vervollkommnet wurde (Hales Spectroheliograph), sind nun thatsächlich schon sehr bemerkenswerte Erfahrungen über die Constitution der Sonnenoberfläche gewonnen worden, und es ist auf diese Weise auch gelungen, Photogramme der Sonne zu erhalten, welche die Sonnenfackeln außerordentlich schön und bestimmt zeigen.[1]) Auch Deslandres in Paris hat sich mit spectro-

[1]) Durch Hales Untersuchungen ist man übrigens auch zuerst auf die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens glühender Kohlenstoffdämpfe auf der Sonne aufmerksam geworden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

heliographischen Aufnahmen beschäftigt und sehr interessante Aufschlüsse über das sogenannte „chromosphärische Netz“ der Sonne, ein eigenthümliches Gewebe von Lichtlinien auf der Sonnenoberfläche, erhalten.

Die wichtigste Anwendung findet aber die Spectralanalyse der Sonne bei totalen Sonnenfinsternissen.[1]) Da die vorrückende Scheibe des die Sonne verfinsternden und das zerstreute Licht unserer Atmosphäre abblendenden Mondes allmählich alle einzelnen Randpartien der Sonne nacheinander von der übrigen leuchtenden Oberfläche der Sonne gewissermassen absondert und der Beobachtung für sich zugänglich macht, so ist uns hier Gelegenheit gegeben, mit Hilfe des Spectroskops tieferen Einblick in die physische Beschaffenheit der Sonne zu gewinnen, als es sonst irgend möglich wäre. Wie schon erwähnt, können wir uns das Auftreten der dunklen Absorptionslinien im Sonnenspectrum durch das Vorhandensein einer, den eigentlichen Sonnenkern umgebenden Hülle von glühenden Gasen und Dämpfen erklären, welche von niedererer Temperatur sind, als der Sonnenkern, und von dem weißen Lichte dieses Sonnenkernes jene Strahlengattungen absorbieren, welche sie selbst aussenden. Wenn daher der Mond bei einer totalen Sonnenfinsternis so weit vorgerückt ist, dass der Sonnenkern ganz verdeckt erscheint und wir an der zuletzt noch übrigbleibenden schmalen Sichel der Sonne nur mehr jene letzte, den Sonnenkern

[1]) Vgl. meinen Aufsatz in der Photogr. Correspondenz 1900, VII, über die photograph. Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis vom 28. Mai 1900.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

umschließende Hülle sehen, so wird, wenn unsere Theorie richtig ist, in diesem Augenblicke, wenn gerade das continuierliche Spectrum der Photosphäre verschwindet, ein plötzliches Hellwerden, eine „Umkehrung" aller jener dunklen Linien stattfinden müssen, welche von der Absorption durch diese Hülle (und nicht etwa von der Absorption durch unsere Erdatmosphäre) herrühren. Thatsächlich ist nun diese Erscheinung, welche die Amerikaner als „Flashspectrum" bezeichnen, auch regelmäßig bei totalen Sonnenfinsternissen beobachtet worden.[1]) Die

[1]) Für die Beobachtung der Umkehrung der dunklen Linien in helle außerhalb einer Sonnenfinsternis besitzen wir nur ein einziges Beispiel. Young behauptet, bei seinen auf einem Berge unter besonders günstigen atmosphärischen Verhältnissen angestellten Beobachtungen zweimal alle Linien des Sonnenspectrums (am Sonnenrande) während weniger Augenblicke hell gesehen zu haben. Dass wir bei künstlicher Abblendung der Sonnenscheibe im Fernrohr nicht auch jene Erscheinungen beobachten können, welche bei totaler Verfinsterung der Sonne durch den Mond sichtbar werden, hat seinen Grund darin, dass wir ja, wenn wir auch im Fernrohr gewissermaßen eine künstliche Sonnenfinsternis erzeugen, doch nicht imstande sind, das diffuse Licht der Erdatmosphäre, welches jene zarten Erscheinungen vollständig überstrahlt, zu zerstören. Bei einer totalen Sonnenfinsternis wird aber dieses zerstreute Licht unserer Atmosphäre durch den Kernschatten des Mondes ausgelöscht; denn durch diesen Schatten wird ja aus der Erdatmosphäre ein Kegel herausgeschnitten, in welchen (schon von der Grenze der Atmosphäre angefangen) überhaupt keine Sonnenstrahlen eindringen können. Es ist klar, dass dies der einzige Fall

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

außerordentlich kurze Dauer dieser Erscheinung (höchstens 2 Secunden) lässt auf eine sehr geringe Mächtigkeit dieser sogenannten „umkehrenden Schicht“ schließen.[1])

Auch hier wird übrigens die Forschung künftighin zu untersuchen haben, inwieweit etwa das Phänomen der anomalen Dispersion auch bei dieser Erscheinung mitspielt. Eine Erörterung dieser Frage würde wohl über den Rahmen der vorliegenden Besprechung hinausgehen.

Es möge nur noch auf ein Phänomen hingewiesen werden, das bei totalen Sonnenfinsternissen spectroskopisch beobachtet wird und spectralanalystisch von Bedeutung ist. Es wird nämlich während jener wenigen Secunden, welche bei Beginn der Totalität dem Aufblitzen des Flashspectrums unmittelbar vorhergehen und bei Ende der Totalität dem Flash unmittelbar folgen, im Spectroskop die letzte Schicht der Photosphäre, also jenes Theiles der Sonnenoberfläche zur Beobachtung gelangen, welcher uns das weiße Sonnenlicht zusendet. In diesen Secunden wird der vom Monde noch nicht verdeckte Theil der Photosphäre eine feine Sichel bilden, welche wie ein gekrümmter Spalt im Spectroskop wirken und das normale Sonnenspectrum mit den dunklen Linien geben wird.

---

dieser Art ist. Vielleicht bleibt es einer späteren Zukunft vorbehalten, auf einem anderen Wege die Bedingungen zu finden, unter welchen uns die erwähnten und noch andere Erscheinungen, die wir bei totalen Sonnenfinsternissen beobachten, auch außerhalb einer totalen Sonnenfinsternis sichtbar werden können.

[1]) Pulsifer hat dafür den Betrag von 900 *km* gefunden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die Amerikaner bezeichnen dieses Spectrum als „cusp". Die Linien dieses Cuspspectrums kehren sich dann in die bei Beginn der Totalität aufblitzenden hellen Linien des Flash um. E. B. Frost hat nun versucht, aus der verschiedenen Länge der Linien auf den bei der totalen Finsternis vom 28. Mai 1900 erlangten Spectrogrammen die Höhen der Ursprungsschichten jener Stoffe zu berechnen, welchen die beobachteten Linien angehören, und daraus Schlüsse auf die Lagerung der einzelnen Stoffschichten auf der Sonne gezogen. Es scheint hienach, als wären diese einzelnen Stoffschichten auf der Sonne in der That so übereinander gelagert, wie es den Atomgewichten der einzelnen Elemente entsprechen würde.

Bei Untersuchung der Spectrogramme dieser Finsternis wollen übrigens einige Beobachter auch die Bemerkung gemacht haben, dass die hellen Linien des Flash nicht durchaus mit den correspondierenden dunklen Linien des Cusp zusammenfallen. Dass wir in dem Spectrum der veränderlichen Sterne langer Periode, wie auch in dem Spectrum der sogenannten Neuen Sterne (in einer bestimmten Phase ihrer Erscheinung) Doppellinien beobachten, welche aus je einer hellen und einer dunklen Componente bestehen, will ich hier nur erwähnen, ohne jedoch weitere Folgerungen an diese Analogie zu knüpfen.[1])

[1]) Wie beim Phänomen des Flash-Spectrums überhaupt, so wird vielleicht auch bei diesem Auseinanderfallen der Linien des Flash und des Cusp auf die anomale Dispersion zu recurrieren sein. Die Erscheinung der anomalen Di-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Jedoch glaube ich, den Hinweis darauf nicht unterlassen zu sollen, dass es nach neueren Untersuchungen von W. Lockyer (Proceed. of the Roy. Soc., vol. LXVIII) den Anschein gewinnt, als sollten wir unsere Sonne zu den veränderlichen Sternen mit langer Periode rechnen; und zwar zunächst mit einer Periode von 11·1 Jahren, zusammenfallend mit der Sonnenfleckenperiode.[1]) Ferner zeigt sich, dieser 11·1 jährigen Periode übergelagert, ein Cyklus von 35 Jahren, innerhalb dessen die Eintrittszeit des Maximums nach dem vorausgegangenen Minimums, sowie auch die Totalfläche der Sonnenflecken sich regelmäßig ändert, und es ist eine sehr bemerkenswerte Thatsache, dass dieser 35jährige Cyklus auch in den Schwankungen gewisser erdmagnetischer und meteorologischer Elemente, in der Häufigkeit der Polarlichter und

---

spersion wurde übrigens in letzter Zeit nicht nur herangezogen, um das bei der Sonnenfinsternis vom 18. Mai 1901 beobachtete Auftreten von Doppellinien im Flash-Spectrum zu erklären, sondern auch, um die bisher angenommene Erklärung des Flash-Spectrums durch das Vorhandensein der „umkehrenden Schicht" überhaupt zu bekämpfen. Mitchell hingegen gelangte auf Grund seiner Untersuchungen der bei der erwähnten Sonnenfinsternis auf Sumatra gewonnenen Flash-Spectrogramme der Expedition des Naval-Observatory zu dem Schlusse, dass kein Grund vorliege, die Annahme des Vorhandenseins der „umkehrenden Schicht" fallen zu lassen (Astrophysical Journal XV, 118).

[1]) Doch müssen wir die Zeit der größten Fleckenhäufigkeit nicht etwa als die Zeit geringster Activität, sondern als eine Zeit vermehrter Sonnenthätigkeit, also als eine Zeit des Activitätsmaximums betrachten.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

magnetischen Stürme, in manchen Klimaschwankungen (E. Brückner), in der Änderung des Standes und der Wanderungen der Alpengletscher (E. Richter) u. s. w. eine Beziehung und Bestätigung zu finden scheint. Mit dieser Charakterisierung unserer Sonne als veränderlicher Stern langer Periode könnten sich vielleicht auch die Vermuthungen Keelers über das Vorhandensein heller Partien im Sonnenspectrum (vgl. weiter unten S. 485) in gute Übereinstimmung bringen lassen.[1])

Die totalen Sonnenfinsternisse bieten ferner auch

[1]) Als ein Analogon zu dieser Veränderlichkeit der Activität unserer Sonne bezeichnet Lockyer den Stern η Aquilae. Die Periode bei diesem Stern ist jedoch viel kürzer als bei der Sonne, nämlich von Minimum zu Minimum $7^d\ 4^h\ 14{\cdot}4^m$ gegenüber 11·1 Jahren bei der Sonne. Der dieser primären Periode übergelagerte Cyklus der Änderung der Eintrittszeiten des Maximums nach dem Minimum beträgt bei der Sonne etwa 3·1 primäre Perioden.

Bei η Aquilae ändern sich übrigens, wie Lockyer mittheilt, auch die ganzen primären Perioden (von Minimum zu Minimum gerechnet) im Laufe von vielen primären Perioden, zum Unterschied von der früher besprochenen Variation, welche bei η Aquilae, wie auch bei der Sonne, nur wenige primäre Perioden umfasst. Diese große Variation vollzieht sich bei η Aquilae innerhalb 2400 primären Perioden. Bei der Sonne ist eine analoge große Variation bisher noch nicht bekannt geworden; das Beobachtungsmaterial ist hier auch noch nicht ausreichend für eine derartige Untersuchung. Was übrigens die vermutheten hellen Partieen im Sonnenspectrum betrifft, so wird das Vorhandensein heller Linien von Vogel u. a. entschieden in Abrede gestellt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

bis jetzt die einzige Möglichkeit, das Licht der Corona zu beobachten. Das eigentliche Wesen dieses bei der totalen Verfinsterung plötzlich aufleuchtenden und nur während der Dauer der Totalität sichtbaren Strahlenkranzes der Sonne, dessen Spectrum aus einigen hellen Linien (darunter eine besonders charakteristische im Grün) besteht, ist derzeit noch völlig räthselhaft und unaufgeklärt; doch scheint nach den neuesten Untersuchungen Perrines[1]) über die totale Sonnenfinsternis vom 28. Mai 1900 ein innerer Zusammenhang zwischen Flecken, Fackeln, Protuberanzen und Corona zu bestehen, wie dies zum Theile auch schon früher vermuthet wurde. Übrigens lassen die mitunter nicht unbedeutend von einander abweichenden Beobachtungsresultate, welche bei dieser Finsternis gewonnen wurden, darauf schließen, dass nicht nur die Methoden der Beobachtung noch nicht zu vollkommener Exactheit ausgebildet sind, sondern dass auch die Forschung hier noch vor einem weiten Gebiete unaufgeklärter, ja vielfach sogar noch völlig unbekannter Thatsachen steht. —

Hatten die bisher besprochenen Spectralbeobachtungen der Sonne die Untersuchung der physischen Beschaffenheit der Sonne zum Gegenstande, so möge jetzt noch erwähnt werden, dass auch Bewegungserscheinungen, nämlich die Rotation der Sonne um ihre Achse, Gegenstand spectroskopischer Untersuchung waren. Und zwar hat Dunér in Upsala unter Zugrundelegung des Dopp-

[1]) Lick-Observatorium.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ler'schen Princips die Rotationsgeschwindigkeit der Sonne bestimmt und ist dabei zu sehr interessanten Ergebnissen über die Verschiedenheit dieser Geschwindigkeit in verschiedenen Zonen der Sonnenoberfläche gelangt.

Als Abschluss der Besprechung der Spectralanalyse der Sonne erwähne ich endlich, dass auch die Frage der ultravioletten, wie auch ultrarothen Strahlung der Sonne Gegenstand eingehender Untersuchung war.

Mit der Erforschung der ultravioletten Strahlung der Sonne haben sich Ångström, Cornu, Schumann, Oskar Simony u. a. erfolgreich beschäftigt, und ich möchte hier besonders die schönen Untersuchungen, die mein verehrter Freund Professor Dr. Oskar Simony auf dem Gipfel des Pic de Teyde (Tenerifa) durchgeführt hat, auch deshalb hervorheben, weil sie mir ein nicht unwichtiges Glied in der langen Kette jener Beweise zu sein scheinen, welche für die Zweckmäßigkeit der Errichtung von Bergobservatorien (von denen weiter unten ausführlicher die Rede sein soll) sprechen. Haben doch diese und ähnliche Untersuchungen ergeben, dass die ultravioletten Strahlen, welche ja durch ihre chemische Wirkung auf die lichtempfindliche Schicht der photographischen Platte gerade für die Spectralanalyse der Gestirne, wie überhaupt für das gesammte Gebiet der Astrophysik, von der allergrößten Wichtigkeit sind, durch unsere Erdatmosphäre eine außerordentlich starke Absorption erleiden; die ultravioletten Strahlen werden also auf hohen Bergen naturgemäß viel kräftiger wirken als in der Niederung.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Nach Schumanns Untersuchungen erstreckt sich das Gebiet der unserer Beobachtung bisher zugänglich gewordenen ultravioletten Strahlen ungefähr bis zur Wellenlänge von 100 $\mu\mu$.[1])

Untersuchungen über die ultrarothe Strahlung der Sonne wurden während der beiden letzten Jahrzehnte in größtem Maßstabe und mit sehr schönem Erfolge von Langley angestellt. Auch Rubens und Aschkinass haben auf diesem Gebiete erfolgreich gearbeitet.[2])

Langley hat diesen ausgedehnten Spectralbezirk (achtmal so lang als das sichtbare Spectrum!) mit Hilfe eines auf die Wärmewirkung der ultrarothen Strahlen berechneten Apparates, des sogenannten Bolometers, untersucht, dessen außerordentliche Empfindlichkeit nach Langleys Angabe noch Temperaturdifferenzen von ein Milliontel eines Centigrades zu erkennen gestattet. Die Ergebnisse dieser mühevollen Untersuchungen wurden vor kurzem veröffentlicht und haben für die äußersten ultrarothen Strahlen Wellenlängen von etwa 23700 $\mu\mu$ ergeben.[3])

---

[1]) Vgl. oben S. 428.

[2]) Vgl. oben Anm. 1 S. 428.

[3]) Es scheint sich hier eine höchst bedeutungsvolle Brücke zu den von Hertz entdeckten elektrischen Wellen bilden zu wollen, indem es Lampa in Wien vor kurzem gelang, solche Wellen mit der Länge von 4 Millimeter zu erzeugen. Und diese Thatsache kann uns noch bedeutungsvoller erscheinen, wenn wir sie vom Standpunkte der von Maxwell aufgestellten elektromagnetischen Lichttheorie aus betrachten. Allerdings ist der trennende

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Mit diesen wenigen Andeutungen über die Spectralanalyse der Sonne muss ich mich begnügen und wende mich nun zur spectroskopischen Beobachtung der

Planeten und Trabanten unseres Sonnensystems.

Da die Planeten und Trabanten unseres Sonnensystems kein eigenes Licht ausstrahlen, sondern nur durch reflectiertes Sonnenlicht uns sichtbar werden, so wird auch ihr Spectrum im allgemeinen das der Sonne sein und nur, je nach der größeren oder geringeren Dichte und Mächtigkeit der Atmosphären der einzelnen Planeten und Trabanten, eine mehr oder weniger starke Vermehrung oder Verbreiterung von Absorptionslinien aufweisen und im Falle von Veränderungen in der Atmosphäre der Planeten auch selbst Veränderungen erleiden, wie dies z. B. durch die Beobachtungen Vogels am Spectrum des Planeten Saturn wahrscheinlich gemacht worden ist. Nur die beiden äußersten Planeten Uranus und Neptun scheinen ein etwas abweichendes Spectrum zu besitzen, während andererseits das Spectrum unseres Erdmondes mit dem Sonnenspectrum völlig identisch ist, woraus wir schließen können, dass unser Mond keine merkliche Atmosphäre besitzt.

Einen Triumph besonderer Art hat die Spectroskopie bei Beobachtung des Ringsystems des Planeten Saturn zu verzeichnen. Maxwell hatte schon früher

---

Raum, über den jene Brücke sich spannen soll, noch ein sehr weiter.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

auf Grund theoretischer Erwägungen die Behauptung aufgestellt und rechnerisch bewiesen, dass die einzelnen Ringe des Saturn nicht aus je einem zusammenhängenden Massenstücke bestehen können, sondern aus einer Unzahl kleiner, selbständiger Körperchen zusammengesetzt sein müssen, welche dicht aneinandergedrängt den Planeten in selbständigen Bahnen umkreisen und nur durch ihre große Anzahl und enge Nebeneinanderordnung auf uns den Eindruck zusammenhängender Ringe machen. Wären nun die Ringe wirklich zusammenhängende Massen, so müssten selbstverständlich die äußeren Partieen jedes Ringes mit größerer Geschwindigkeit sich um den Planeten drehen als die inneren, während umgekehrt im anderen Falle, wenn wir es mit einer großen Anzahl selbständiger Körperchen in jedem Ringe zu thun haben, nach bekannten mechanischen Bewegungsgesetzen (drittes Kepler'sches Gesetz) die weiter entfernten Körperchen, also die äußeren Partieen des Ringes, langsamer den Planeten umwandern müssen als die näheren, die inneren. Bei spectroskopischen Beobachtungen wird sich nun die Verschiedenheit dieser Bewegungsgrößen nach dem Doppler'schen Princip in einer verschiedenen Größe der Linienverschiebungen zeigen, indem die Spectrallinien für die äußeren Ringpartieen weniger verschoben sein werden als für die inneren, und thatsächlich gelang es einem der bedeutendsten Astrophysiker des 19. Jahrhunderts, dem der Wissenschaft leider viel zu früh entrissenen früheren Director des Lick-Observatory, James E. Keeler, durch seine mühevollen, ausgezeichneten Beobachtungen den

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Nachweis der Richtigkeit der Maxwell'schen These zu erbringen.

Dieser Nachweis bildet eines der schönsten Ruhmesblätter in dem unverwelklichen Lorbeerkranze, der Keelers unsterbliche Stirne schmückt. Keelers Arbeiten überhaupt füllen eines der glänzendsten Capitel in der an schönen Erfolgen so reichen Geschichte des Lick-Observatoriums. Möge Keelers Nachfolger in der Leitung dieses Observatoriums, W. W. Campbell, eine längere Reihe von Jahren fruchtbarer Forschung beschieden sein; die trefflichen Arbeiten, die Campbell bisher ausgeführt, beweisen, dass er Keelers Thätigkeit in erfolgreichster und erfreulichster Weise fortsetzt.

Ich kann und darf es nicht unterlassen, bei dieser Gelegenheit zu bemerken, dass an die Existenz und die großartigen Erfolge des Lick-Observatoriums eigentlich jene Bestrebungen anknüpfen, welche ich seit einigen Jahren in Österreich zu verfolgen mich bemühe, und welche die Errichtung eines großen astrophysikalisch-meteorologischen Bergobservatoriums im Semmeringgebiete zum Gegenstande haben. Ich glaube im Zusammenhange meines Vortrages zum Hinweise auf diese Bestrebungen umsomehr berechtigt zu sein, als gerade die Spectralanalyse der Gestirne eines jener Forschungsgebiete ist, welche sich von dem Bestande eines großen derartigen Bergobservatoriums die mächtigste Förderung erwarten dürfen.

Als Beweis dieser Behauptung können jene Gutachten dienen, welche von zwölf hervorragenden Fach-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gelehrten des In- und Auslandes auf Ersuchen des niederösterreichischen Landesausschusses — der sich im Verfolge eines von Dr. Kolisko im Jahre 1899 im niederösterreichischen Landtage eingebrachten Antrages mit meinem Projecte beschäftigt hat — abgegeben wurden und in meiner Broschüre „Die Photographie im Dienste der Himmelskunde und die Aufgaben der Bergobservatorien" (Wien 1900, bei Carl Gerolds Sohn) vollinhaltlich abgedruckt sind. Diese Gutachten, unter denen das Gutachten Keelers, gewiss des berufensten Fachmannes in dieser Frage, nach Inhalt und Umfang einen hervorragenden Platz einnimmt, sind eine wahre Fundgrube reicher Belehrung; ich darf dieselben aber gleichzeitig auch als eine von höchster autoritativer Seite ausgegangene, überaus schmeichelhafte Anerkennung der Zweckmäßigkeit und der hohen Bedeutung meiner Bestrebungen für mich in Anspruch nehmen; sie sind mir reicher Lohn für so manche Enttäuschung und Anfeindung.

Ich darf wohl als bekannt voraussetzen, dass meine Bestrebungen erfreulicherweise auch insoferne auf fruchtbaren Boden gefallen sind, als die allgemeine Erkenntnis der weittragenden Bedeutung dieses Projectes sowohl für die wissenschaftliche Forschung, wie für die Förderung des gesammten geistigen und culturellen Lebens in Österreich unaufhaltsam in immer weiteren Kreisen sich Bahn bricht.[1])

[1]) Zum Beweise dieser Behauptung darf ich wohl, abgesehen von der Zustimmung der ganzen astronomischen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Dieses sieghafte Vordringen meiner Idee muss ich auch deshalb mit großer Freude begrüßen, weil es nur

Gelehrtenwelt und von der beifälligen Aufnahme, welche meine auf den Gegenstand bezughabenden Vorträge und Broschüren gefunden haben, auch auf das gnädige Interesse hinweisen, das Seine k. k. Hoheit der durchlauchtigste Herr Erzherzog Rainer meinem Projecte entgegenzubringen geruht hat, und an dieser Stelle auch erwähnen, dass ich am 21. März 1902 die hohe Ehre hatte, in der Wohnung Seiner Excellenz des Herrn Landmarschalls in Niederösterreich, Josef Freiherrn von Gudenus, der sich für mein Project lebhaft interessiert, vor einem erlesenen Zuhörerkreise (dem u. a. auch Seine Excellenz der Herr Statthalter in Niederösterreich, Erich Graf Kielmansegg, Seine Excellenz der Herr Oberstkämmerer Seiner Majestät des Kaisers, Graf Traun, Seine Excellenz Herr Oberstjägermeister Seiner Majestät des Kaisers, Leo Freiherr v. Gudenus, Herr Landesausschuß Franz v. Pirko, Herr Siegfried Graf Wimpffen, Herr Albert Freiherr v. Rothschild und zahlreiche Mitglieder des Wiener Hochadels angehörten), einen sehr beifällig aufgenommenen Projectionsvortrag über Himmelsphotographie und über das von mir projectierte Bergobservatorium zu halten. Bezüglich der näheren Ausführung und Begründung meiner Projectsidee erlaube ich mir auf meine beiden Broschüren zu verweisen: 1. „Die Photographie im Dienste der Himmelskunde und die Aufgaben der Bergobservatorien." Mit 12 Gutachten von Fachgelehrten des In- und Auslandes. (23 Illustrationen und 2 Tafeln in Heliogravüre.) 2. „Über Bergobservatorien und das projectierte astrophysikalisch-meteorologische Höhenobservatorium im Semmeringgebiete bei Wien." (15 Illustrationen.) Beide Broschüren im Verlage von C. Gerolds Sohn, Wien, I., Barbaragasse 2.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

dazu beitragen kann, jene anscheinend fachlich begründete Opposition, die meinem Projecte anfänglich von gewisser, hier nicht näher zu bezeichnender Seite gemacht wurde, in das richtige Licht zu rücken.

Wenn aber, wie dies in jüngster Zeit mit Benützung der Publicität eines viel gelesenen Wiener Blattes geschehen ist, als Ersatz für dieses angeblich „zu kostspielige" Project die Errichtung eines österreichischen Institutes für die Bearbeitung fremder astronomischer Beobachtungen vorgeschlagen wird, so beweist ein solcher Vorschlag nicht nur ein schlimmes Mistrauen in das Verständnis und die Opferwilligkeit unserer maßgebenden Kreise, sondern auch eine so vollständige Unvertrautheit mit den einschlägigen sachlich-wissenschaftlichen und persönlichen Verhältnissen, dass man ihn kaum als ernst gemeint auffassen kann. Es involviert dieser Vorschlag aber auch eine ebenso leichtfertige wie durchaus ungerechtfertigte Herabwürdigung der wissenschaftlichen Bedeutung Österreichs und seiner Forscher.[1])

In unserem schönen Vaterlande ist trotz widriger Verhältnisse aller Art schon so Großes und Bedeutendes

---

[1]) Man möge mir keineswegs den Hinweis auf das Berliner Astronomische Recheninstitut als Einwand entgegenhalten. Soweit Beobachtungen überhaupt fremder Bearbeitung überlassen werden, ist eben schon durch dieses Institut in ausreichender Weise für solche Thätigkeit vorgesorgt; in jedem anderen Belange ist aber der im Texte erwähnte Vorschlag einfach undiscutierbar.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

geschaffen worden, dass wir uns wohl auch die Kraft zutrauen dürfen, einmal in einer großen eminent civilisatorischen Frage an der Spitze der Geister zu marschieren; ich wenigstens habe dieses patriotische Vertrauen und kann nur jeden, der es nicht hat, herzlich bedauern; daher gebe ich aber auch die Hoffnung nicht auf, dass meine Anregung zur That werden und das Höhenobservatorium in unseren heimatlichen Bergen über kurz oder lang erstehen werde, der Wissenschaft zum Frommen, unserem Vaterlande zum Ruhme, unserem erhabenen Monarchen zur Ehre: Das walte Gott! — — —

Doch nun wollen wir nach diesem kleinen Excurs wieder zurückkehren zu unserem Saturn und seinen Ringen.

Die spectroskopische Beobachtung hat bei diesem Planeten noch ein anderes beachtenswertes Ergebnis geliefert, nämlich den Beweis der Abwesenheit einer Atmosphäre auf den Ringen. Schon Vogel und Keeler haben auf Grund visueller spectroskopischer Beobachtungen die Behauptung aufgestellt, dass die Ringe des Saturn keine Atmosphäre besitzen können, weil ein im Sonnenspectrum nicht vorhandenes starkes Absorptionsband, welches das Spectrum des Planeten im Orange zeigt, und das von der Absorption durch die Atmosphäre des Planeten herrührt, im Spectrum der Ringe fehlt. In jüngster Zeit nun ist es Ellermann in Chicago (am 18. August 1898) gelungen, durch eine mit dem 40"-Refractor des Yerkes-Observatory gemachte Aufnahme des Spectrums des Planeten und

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

seiner beiden Ringe (auf einer roth empfindlichen Platte der Erythro-Co.) dieses Factum auch photographisch zu bestätigen. Der Spalt des Spectrographen wurde so auf den Planeten eingestellt, dass er die Äquatorialgegend gerade durchschnitt; infolge dessen erschien in der Mitte des Spectralfeldes das Spectrum des Planeten und zu beiden Seiten, durch schmale, dunkle Zwischenräume getrennt, das Spectrum der Ringe. (vgl. Fig. 1) Das auf diese Weise erhaltene Spectrogramm zeigte nun thatsächlich auch die erwähnte Verschiedenheit zwischen den Spectren des

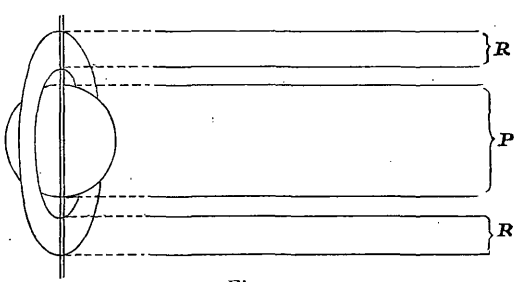

Fig. 1.

Planeten und seiner Ringe. Dass Beobachtungen solcher Art zu den allersubtilsten und schwierigsten gehören, bedarf keiner weiteren Begründung.

Bei Besprechung der spectroskopischen Beobachtung der Planeten müssen auch die Untersuchungen erwähnt werden, welche Belopolski in Pulkovo über die Rotation der Venus angestellt hat. Durch diese Beobachtungen ist das Vorhandensein einer etwa 24 stündigen Rotation dieses Planeten wahrscheinlich gemacht

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

worden.[1]) Unumstößlich ist dieses Ergebnis allerdings noch nicht festgestellt, und Belopolski verwahrt sich auch in echt bescheidener Gelehrtenart selbst gegen eine derartige Deutung seiner Untersuchungen, mit welchen er nur den Weg zu weiterer Forschung auf diesem schwierigen Gebiete gezeigt haben will.

Ein weiteres Glied in der Reihe jener Himmelskörper, welche wir zu unserem Sonnensystem zählen dürfen, und zwar mindestens sicherlich insoferne, als sie für uns innerhalb der Grenzen unseres Sonnensystems sichtbar werden, bilden die

Kometen.

Räthselhaft wie die ganze Erscheinung ist auch die physische Constitution der Kometen. Bevor die Spectralanalyse uns jene Wege erschlossen hatte, die uns jetzt zur tieferen Erkenntnis des Baues des Weltalls führen, waren wir auch in Betreff der Kometen vollständig auf vage Vermuthungen angewiesen; seit wir unser forschendes Auge mit dem Spectroskope bewaffnet haben, wissen wir doch wenigstens schon so viel, dass wahrscheinlich Kohlenwasserstoffe bei der Constitution dieser Himmelskörper eine Rolle spielen.[2]) Das Spectrum aller Kometen weist nämlich eine auffallend große Ähnlichkeit mit dem Spectrum der Kohlenwasserstoffe auf; es besteht vornehmlich aus drei von einem äußerst

[1]) Übereinstimmend mit früheren visuellen Beobachtungen von Leo Brenner in Lussin-piccolo.

[2]) Hasselbergs Untersuchungen haben viel Licht in diese Frage gebracht.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

schwachen continuierlichen Untergrunde sich abhebenden Bändern in Blau, Dunkelgrün und Hellgrün mit den Wellenlängen 4738, 5165 und 5635 AE, die gegen das rothe Ende das Spectrums hin scharf begrenzt, gegen Violett aber verwaschen sind. Die Existenz dieser hellen Linien weist also auf ein selbständiges Leuchten der Kometenmaterie hin, wobei allerdings über die Art dieses Leuchtens sehr verschiedene Vermuthungen bestehen können. In dem continuierlichen Untergrunde konnte Huggins (1881) photographisch Fraunhofersche Linien entdecken, wonach anzunehmen ist, dass ein Theil des Kometenlichtes reflectiertes Sonnenlicht sei. Von dem eigentlichen Emissionsspectrum der Kohlenwasserstoffe unterscheidet sich das Kometenspectrum hauptsächlich dadurch, dass im Kohlenwasserstoffspectrum noch ein rothes und ein violettes Band vorkommen, welche im Kometenspectrum fehlen.

Eine sehr bemerkenswerte Thatsache ist, dass Vogel durch Erhitzen von gepulverten Meteorsteinen in Geißlerröhren und bei Verwendung von starken Inductionsfunken ein dem Kometenspectrum außerordentlich ähnliches Spectrum erhielt. Übrigens zeigen auch nicht alle Kometen genau dasselbe Spectrum; so hat z. B. Vogel im Spectrum des am 19. März 1882 entdeckten Kometen Wells (1882, I) am 31. Mai 1882 plötzlich eine helle Natriumlinie entdeckt, deren Intensität mit der Entfernung des Kometen von der Sonne in deutlichem Zusammenhange stand, während Copeland und Lohse bei demselben Kometen Eisenlinien nachweisen konnten.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 2 (Tafel) ist die Reproduction eines Spectrogrammes des Kometen Swift vom Jahre 1892, welche E. v. Gothard mit dem $10\,^1/_4$"-Reflector seines Privatobservatoriums in Herényi (Ungarn) unter Verwendung eines Quarzspectrographen am 9., 10. und 11. April 1892 mit 4stündiger Exposition aufgenommen hat. Oben und unten sehen wir das als Vergleichsspectrum aufgenommene Spectrum einer Bunsenflamme („Swan-Spectrum") mit den charakteristischen Kohlenwasserstofflinien; in der Mitte der beiden Vergleichsspectra ist das eigentliche Kometenspectrum aufgenommen. Die Coincidenz vieler Linien des letzteren mit den Linien des Kohlenwasserstoffspectrums ist eine auffallende.

Ich bin Herrn v. Gothard, der sich der Astronomie als Liebhaber aus reiner Begeisterung für die Wissenschaft gewidmet und namentlich auf dem Gebiete der Astrophotographie sich als ein ebenso eifriger wie geschickter Beobachter bethätigt hat, für die besondere Liebenswürdigkeit, mit welcher er mir diese, sowie viele andere sehr schöne Aufnahmen seines Observatoriums zur Verfügung gestellt hat, zu herzlichem Danke verpflichtet, und möchte diesem Danke hiemit gebürenden Ausdruck verleihen. —

Bei den Kometen stehen wir noch vor einer Fülle von interessanten Räthseln, deren Lösung uns übrigens in letzter Zeit vielleicht dadurch etwas näher gerückt worden ist, dass wir erkannt haben, welch große Rolle bei diesen Himmelserscheinungen die elektrischen Kräfte spielen. Da es nahe liegt zu vermuthen, dass solche

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Kräfte auch bei den Lichterscheinungen der Kometenschweife mitwirken, so sind wir meines Erachtens auch durchaus nicht gezwungen, so ungeheure Geschwindigkeiten reell bewegter Materie anzunehmen, wie sie sich z. B. ergeben würden, wenn wir voraussetzen wollten, dass bei der thatsächlich bereits einmal beobachteten[1]) Ausbreitung eines Kometenschweifes über eine Distanz von mehreren Erdbahnradien während ca. 48 Stunden, Bewegung von Materie in dem gewöhnlichen Sinne des Wortes vorhanden gewesen sei. Ich glaube vielmehr, dass wir es auch in diesem Falle mit einer elektromagnetischen Lichterscheinung zu thun haben.[2])

Nicht viel weniger räthselhaft als die Kometen und zweifellos verwandter Natur sind die

Meteore und Sternschnuppen.

Bietet schon die gewöhnliche Beobachtung dieser Himmelskörper wegen der außerordentlichen Flüchtigkeit der Erscheinung und der Unbestimmtheit von Ort und Zeit ihres Aufleuchtens große Schwierigkeiten,[3]) so werden diese Schwierigkeiten, wie leicht einzusehen, noch ins Ungemessene gesteigert, wenn wir das Spectrum dieser flüchtigen Erscheinung bestimmen wollen. Wie bei der

---

[1]) Nach Newtons Angabe hat die Schweifmaterie des Kometen von 1680 in zwei Tagen einen Weg von drei Erdbahnhalbmessern zurückgelegt.

[2]) Vgl. S. 499.

[3]) Vgl. meine Broschüre: „Die Photographie im Dienste der Himmelskunde", Wien 1900, C. Gerolds Sohn.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gewöhnlichen Beobachtung, so kann auch hier eine halbwegs exacte Bestimmung des Phänomens wohl nur mit Hilfe der Photographie erreicht werden.

Zum erstenmale gelang die Aufnahme eines Meteorspectrums am 18. Juni 1897 auf dem Bergobservatorium des Cambridger Harward-College-Observatory in Arequipa, und zwar ganz zufällig gelegentlich einer Aufnahme des Himmels für die spectroskopische „Durchmusterung", welche nach der von Edward Pickering, (Director des Harward-College- Observatory in Cambridge Mass.) angegebenen Methode in dem genannten Bergobservatorium allnächtlich ausgeführt wird. Der mit einem Objectivprisma versehene achtzöllige Bache-Refractor[1]) war in dieser Nacht gerade auf das Sternbild des Teleskops gerichtet, als zufällig ein helles Meteor durch das Gesichtsfeld des Rohres zog. Die Entwicklung der Platte ergab denn auch thatsächlich ein schönes Meteorspectrum, das aus 6 hellen Linien bestand, und zwar den Wasserstofflinien Hε, Hδ, Hγ, Hβ, dann einer Linie mit der Wellenlänge 4633 und einer 6. Linie mit der Wellenlänge 4200.[2]) Von einem continuierlichen Spectrum war keine Spur zu entdecken; entweder findet also auf dem Wege des Meteors durch unsere Atmosphäre eine vollständige Vergasung des eindringenden Körpers statt, oder es war die Intensität des continuierlichen Spectrums zu gering, um auf der Platte einen Eindruck zu hinterlassen.

[1]) So benannt nach seinem Spender.

[2]) Vielleicht identisch mit einer der im Spectrum von ζ Puppis entdeckten Wasserstofflinien der neuen Reihe (S.485).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Durch die besondere Liebenswürdigkeit des Herrn Directors Pickering bin ich in den Besitz eines Diapositivs dieser Aufnahme gelangt; sie gehört zu den interessantesten Aufnahmen, die mir bekannt sind, und ich möchte es nicht unterlassen, den Dank, den ich Herrn Dr. Pickering schon wiederholt für die Überlassung dieses und einiger anderer schöner Diapositive des Harward-College-Observatory ausgesprochen habe, auch hier nochmals herzlich zum Ausdruck zu bringen.

Diese schöne Aufnahme kann vielleicht auch dadurch wichtig werden, weil sie uns möglicherweise in den Stand setzen könnte, Schlüsse auf jene Bedingungen zu ziehen, unter welcher gewisse Wasserstofflinien uns sichtbar werden können, die bisher nur bei Himmelskörpern beobachtet werden konnten; sie wurden zuerst im Spectrum des Fixsternes ζ Puppis entdeckt und haben die bis dahin angenommene Ausnahmsstellung des Wasserstoffes unter den Elementen beseitigt. [1])

Gerade bei diesem Capitel wäre noch viel Interessantes zu bemerken; doch bleibt uns noch ein weites und wichtiges Gebiet zu besprechen übrig, ein Gebiet, auf dem wir gerade der Anwendung der Spectralanalyse die allerwichtigsten und überraschendsten Errungenschaften zu danken haben. Es ist dies die Spectralanalyse der Fixsterne.

Bevor wir uns jedoch diesem Capitel zuwenden, möge nur anmerkungsweise in Betreff der spectroskopischen

---

[1]) Vgl. weiter unten S. 485 und 486.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Beobachtung der Polarlichter und des Zodiakallichtes Folgendes kurz erwähnt werden.

Polarlichter und Zodiakallicht.

Das Spectrum des Nordlichtes, das wegen der Lichtschwäche der ganzen Erscheinung außerordentlich schwierig zu beobachten ist, stellt sich als ein (discontinuierliches) Emissionsspectrum von veränderlichem Aussehen dar, für welches besonders eine Linie im Grün, die „Nordlichtlinie" charakteristisch ist. Vogel hält das Nordlichtspectrum für ein modificiertes Luftspectrum. Nach Zöllner muss das Leuchten des Nordlichtes, wenn es, wie wahrscheinlich, durch elektrische Ströme hervorgerufen ist, bei einer viel niedereren Temperatur stattfinden, als wir sie in Geißlerröhren beobachten könnten. Vielleicht liegt hier eine Analogie mit den Teslaströmen vor. Möglicherweise müssen wir aber auch das Spectrum des Nordlichtes als eine Übereinanderlagerung von zwei Spectren ansehen, ein modificiertes Luftspectrum und ein darüber gelagertes Spectrum, das aus einer hellen Linie gänzlich unbekannten Ursprungs besteht.

Das Spectrum des Zodiakallichtes scheint ein äußerst lichtschwaches reflectiertes Sonnenspectrum zu sein.[1]) Respighi glaubte (im Rothen Meere) die grüne

[1]) Hiemit steht auch in guter Uebereinstimmung die Hypothese, welche Seeliger in neuester Zeit über das Wesen des Zodiakallichtes aufgestellt hat. Seeliger nimmt nämlich zur Erklärung des Zodiakallichtes an, dass „der Raum des Sonnensystems in der Nähe der Sonne bis zu

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Nordlichtlinie im Spectrum des Zodiakallichtes zu erkennen. Doch ist die grüne Linie des Nordlichtes wiederholt schon am ganzen Himmel beobachtet worden, wenn nur irgendwo am Himmel ein Nordlicht war; es kann also sein, dass die von Respighi beobachtete grüne Nordlichtlinie dem Spectrum des Zodiakallichtes nur zufällig übergelagert war.

Mit diesen Bemerkungen über das noch recht wenig aufgeklärte Spectrum des Nordlichtes und des Zodiakallichtes wollen wir uns begnügen und wenden uns zur spectroskopischen Untersuchung der

Fixsterne.

Gleich zu Beginn dieses Capitels möchte ich bemerken, dass die Photographie, wie überhaupt in der ganzen Spectralanalyse der Himmelskörper, so ganz besonders auf diesem engeren Gebiete ein heutzutage schon völlig unentbehrliches Hilfsmittel der Forschung geworden ist und Beobachtungsmethoden von solcher Exactheit ermöglicht hat, wie sie ohne die Photographie ganz und gar undenkbar wären.[1])

Die ersten Versuche auf dem Gebiete der Spectralanalyse der Fixsterne datieren aber aus einer Zeit lange vor Erfindung der Photographie. Fraunhofer, welcher

---

Gegenden, welche die Erdbahn jedenfalls noch umschliessen, mit Theilchen kosmischen Staubes ausgefüllt ist, welche das Sonnenlicht zurückwerfen."

[1]) Vgl. meine oben citierte Broschüre über Himmelsphotographie.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

das Vorhandensein der nach ihm benannten dunklen Absorptionslinien im Sonnenspectrum entdeckt hatte, war es auch, der die ersten vorbereitenden Schritte zur künftigen Ausgestaltung der Spectralanalyse der Fixsterne unternahm, allerdings sozusagen unbewusst: Er constatierte das Vorhandensein dunkler Linien auch in den Spectren der Fixsterne und konnte schon im wesentlichen drei verschiedene Typen von Sternspectren unterscheiden, die er auch beschrieb; es waren dies die Spectren von Sirius, Capella und Beteigeuze. Doch waren das nur tastende, unsichere Versuche, welche übrigens von Fraunhofer gar nicht zum Zwecke der Erforschung der Constitution der Fixsterne unternommen wurden — die Spectralanalyse war ja damals (1817) noch gar nicht entdeckt — sondern nur behufs Prüfung seiner optischen Instrumente. Erst nachdem durch die Arbeiten Kirchhoffs und Bunsens das Wesen der Spectralerscheinungen und der Spectralanalyse bekannt geworden war, konnte Secchi im Jahre 1866 an die berühmte Aufstellung seiner drei Typen von Fixsternspectren schreiten, denen er im Jahre 1868 noch einen vierten Typus hinzufügte.

Anfänglich nur von äußerlichen Merkmalen ausgehend und diese Typen lediglich mit der Farbe der Fixsterne in Zusammenhang bringend, erkannte Secchi aber bald die Abhängigkeit dieser Typen von der physischen Beschaffenheit der beobachteten Sterne, vor allem von ihrer Temperatur. Seine Eintheilung ist folgende:

I. Typus: Weiße oder bläuliche Sterne; höchste Temperatur: Sirius (äußerst wenige, zarte Linien).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

II. Typus: Gelbe Sterne; geringere Temperatur: Capella, Sonne (viele feine Linien).

III. Typus: Röthliche Sterne; noch geringere Temperatur: Beteigeuze (breite Bänder).[1])

IV. Typus: Röthliche Sterne mit Bänderspectrum; geringste Temperatur: LL. 12561 (außerordentlich breite Bänder, alles absorbiert bis auf drei helle Partien in Grün und gelb).

Die Verdienste, welche Secchi auf diesem Gebiete als Pfadfinder sich erworben hat, können nicht genug hoch angeschlagen werden; und wenngleich er das Schicksal aller Pfadfinder theilt, dass später Kommende seine Anschauungen in mancher Richtung corrigieren, so ist doch seine Aufstellung und Deutung der Spectraltypen der Fixsterne in ihren Grundzügen auch heute noch nicht umgestoßen und wird wohl auch immer beibehalten werden müssen.

Auf Secchis Typen fußend, haben dann Vogel und Pickering neue Eintheilungen der Sternspectren gegeben. Vogels Eintheilung ist heute ziemlich allgemein angenommen; nur einzelne Amerikaner, insbesondere Pickering, arbeiten noch mit den Secchi'schen Typen, beziehungsweise den Pickering'schen Classen.

Es ist jedenfalls zu bedauern, dass die Einheitlichkeit, welche sonst unserer Wissenschaft ein so weltumfassendes Gepräge verleiht, gerade auf diesem so außer-

[1]) Secchi bezeichnet also als Hauptvertreter seiner drei ersten Spectraltypen dieselben Sterne, welche schon Fraunhofer durch die Verschiedenheit ihrer Spectra aufgefallen waren.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ordentlich wichtigen Gebiete bisher noch nicht erreicht werden konnte. Es soll aber anderseits auch zugegeben werden, dass die Vogel'sche Classificierung, so geistreich sie ist und so wohlbegründet sie auch sein mag, doch gewiss noch nicht als eine völlig abgeschlossene und allgemein giltige angesehen werden kann. Gegen eine solche Annahme würde nicht nur die Thatsache sprechen, dass die Principien der Spectralanalyse der Gestirne überhaupt heutzutage noch in voller Entwicklung begriffen sind, also selbst noch nicht etwas Abgeschlossenes und Unabänderliches darstellen, sondern auch der Umstand, dass die Vogel'sche Classificierung, die ja als eine entwicklungsgeschichtliche gegeben ist, noch keineswegs eine einwandfreie und lückenlose Reihe von Spectraltypen darzustellen vermag. Immerhin bleibt es aber gewiss ein großer und kühner — durch Secchis Untersuchungen vorbereiteter — Gedanke, würdig eines deutschen Forschers, in den Spectren der Fixsterne ein Bild ihres Entwicklungsganges zu erkennen, ein Gedanke, der, wenn er dereinst zu voller Reife gelangt sein wird, unser Erkennen, wenn ich so sagen darf, um ganze Weltschöpfungsperioden erweitern und vertiefen kann. Vogels außerordentliche Verdienste um dieses Forschungsgebiet noch besonders hervorheben zu wollen, hieße wohl, Eulen nach Athen tragen.

Die Vogel'sche Eintheilung, die ich ihrer Wichtigkeit wegen etwas ausführlicher mittheile, ist folgende:[1])

[1]) Zum Vortrage hatte die Firma Lenoir & Forster in Wien aus ihrem Verlage die zwei großen Scheiner-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

I. Classe. Äußerst zarte, oft gar nicht erkennbare Metallinien; Wasserstofflinien gewöhnlich kräftig; die brechbareren Theile des Spectrums äußerst intensiv, daher die weiße oder bläuliche Farbe der Sterne dieser Classe, welche sich in einem sehr frühen Entwicklungsstadium befinden und eine sehr hohe Temperatur besitzen. Diese hohe Temperatur erklärt auch die geringe Absorption der Metalldämpfe, welche demgemäß nur sehr zarte, feine Linien erzeugen.

a) Keine Cleveïtlinien.

1. Fast nur Wasserstofflinien (sehr stark); die Fraunhofer'sche Linie *D* und die *b*-Gruppe fehlen: α Leonis, α Ophiuchi.

2. Auch Metallinien, aber nur sehr wenige; die Calciumlinie 3933·8 ist weniger intensiv als die Wasserstofflinie Hε: Sirius, Vega.

3. Mehr Metallinien (namentlich Eisen, Magnesium, Natrium); die Calciumlinie 3933·8 mindestens ebenso intensiv wie die Wasserstofflinie Hε: α Cygni, α Aquilae, Procyon. (Übergang zur Classe II *a*.)

b) Cleveïtlinien: die Orionsterne β, γ, δ, ε; ferner Algol (β Perseï).

---

schen Farbentafeln zu Vogels Sternspectren zur Verfügung gestellt; es sei mir gestattet, hiefür auch an dieser Stelle der genannten Firma meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Es würde sich sehr empfehlen, diese schönen und lehrreichen Tafeln auch für den Mittelschulunterricht in den höheren Classen einzuführen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

c) Helle Linien, keine dunklen Linien: β Lyrae, γ Cassiopejae.

1. Nur Wasserstofflinien (Plejone?).

2. Wasserstoff- und Cleveïtlinien.

II. Classe. Scharfe, sehr deutliche Metallinien: der brechbarere Theil des Spectrums weniger intensiv, daher die Gesammtfarbe der Sterne dieser Classe mehr gelblich. Die vermehrte Absorption ist eine Folge der niedereren Temperatur dieser Sterne, welche also bereits ein vorgeschritteneres Stadium der Entwicklung erreicht haben.

a) Sehr zahlreiche Metallinien, insbesondere in Gelb und Grün, leicht kenntlich. Zuweilen im weniger brechbaren Theile schwache Bänder. Niemals helle Linien: Sonne,[1]) Capella, Arcturus, Aldebaran.

b) Außer dunklen Linien und einzelnen schwachen Bändern auch noch mehrere helle Linien. Sehr interessante Spectralform. (Combination von drei Spectren: continuierliches Spectrum, Absorptionsspectrum, Emissionsspectrum.) Hieher gehören 3 Sterne im Schwan (die sogenannten „Wolf-Rayet-Sterne"), ferner 6 in der großen Magellan'schen Wolke von Pickering entdeckte Sterne.[2]) Hieher gehört ferner wahrscheinlich auch η

[1]) Ob nicht im Sonnenspectrum doch einzelne Partien als helle Linien zu deuten sind, ist noch nicht entschieden. Vgl. Keelers Untersuchungen S. 485.

[2]) Hieraus könnte sich die Vermuthung eines Zusammenhanges der Magellan'schen Wolke mit der Milchstraße ergeben, da die anderen Sterne dieser Art nur in der Milch-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Argus und das Spectrum der „Neuen Sterne", der Novae, wenigstens in einer bestimmten Phase ihrer Entwicklung; hievon soll ausführlicher weiter unten die Rede sein, wenn wir die „Neuen Sterne" besprechen.

III. Classe. Außer den dunklen Linien auch noch zahlreiche einseitig verwaschene, dunkle Bänder (charakteristisch für das Bestehen von chemischen Verbindungen!) in allen Farben des Spectrums. Die brechbareren Theile auffallend schwach; Temperatur noch mehr erniedrigt: Röthliche Sterne.

a) Die Bänder nach Violett scharf, nach Roth verwaschen: α Orionis (Beteigeuze), α Herculis, β Pegasi; ferner die Veränderlichen langer Periode (Hauptvertreter: ο Ceti[1]). Bei diesen Veränderlichen treten aber auch

straße vorkommen. Vielleicht ist also die große Magellan'sche Wolke der uns am meisten benachbarte Theil des ganzen Milchstraßensystems. Über helle Partien im Sonnenspectrum vergleiche die Untersuchungen Keelers S. 485.

[1]) Das Spectrum dieses Sternes ist nach einer Aufnahme des Lick-Observatory, welche mir vom Director W. W. Campbell nebst einigen anderen prächtigen Aufnahmen des Lick-Observatory in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt wurde, in Fig. 3 abgedruckt. Es gereicht mir zu einem wahrhaft großen Vergnügen, Herrn Director Campbell hiemit meinen herzlichsten Dank auszusprechen. Ich darf wohl bei diesem Anlasse auch erwähnen, dass Director Campbell mich in einem bald nach Übernahme der Direction des Lick-Observatoriums an mich gerichteten Briefe seiner herzlichsten Sympathien für mein Project der Errichtung eines Bergobservatoriums im Semmeringgebiete versichert, die besten Wünsche für das Ge-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

noch eine große Anzahl heller Wasserstofflinien auf; merkwürdigerweise ist aber H ε dunkel — wahrscheinlich durch Vorherrschen der benachbarten Calciumlinie verursacht.[1])

b) Bänder nach Roth scharf, nach Violett verwaschen. Lauter schwache Sterne (der hellste unter 5. Größe). Sehr bemerkenswerte Spectren. Die charakteristischen Bänder konnten bereits mit jenen der Kohlenwasserstoffe identificiert werden; es ist also hiermit bereits der Nachweis des Vorkommen einer bestimmten chemischen Verbindung erbracht. Die Bänder sind so breit, dass die übrig bleibenden Theile des Spectrums fast wie helle Bänder oder breite helle Linien aussehen (Ähnlichkeit mit dem Spectrum der Kometen).[2])

---

lingen dieses Projectes ausgesprochen und sich bereit erklärt hat, meine Bestrebungen bestens unterstützen und fördern zu wollen. Es sei mir gestattet, Herrn Director Campbell hiefür auch an dieser Stelle herzlich und innig zu danken. — Ueber das Spectrum von o Ceti s. S. 487 u. 488.

[1]) Es ist diese Erscheinung ein Charakteristicum dieser veränderlichen Sterne und unterscheidet sie auch gegenüber den Neuen Sternen, in deren Spectrum auch H ε hell ist (Pickering).

[2]) Secchi hat direct von dem Vorhandensein heller Linien bei diesen Sternen, die seinem IV. Spectraltypus angehören, gesprochen. Vogel hat dies in Abrede gestellt. Dunér, der ursprünglich auch Vogels Meinung beigepflichtet hatte, ist aber in letzterer Zeit wieder zur Meinung Secchis zurückgekehrt, welche übrigens auch durch viele neuere amerikanische Beobachtungen von hellen Linien in den Spectren dieser Sterne ebenfalls wieder zu Ehren gekommen ist.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Als IV. Classe hätten wir dann schließlich jene Sterne zu betrachten, welche schon soweit abgekühlt sind, dass wir sie für gewöhnlich gar nicht mehr sehen, und die uns nur zuweilen in plötzlichem Aufleuchten als sogenannte „Neue Sterne" sichtbar werden.[1])

Zu dieser Vogel'schen Eintheilung wäre zunächst, wenn wir deren entwicklungsgeschichtliche Bedeutung acceptieren, zu bemerken, dass die Zahl der Sterne mit ihrer Entwicklung bedeutend abnimmt, wie dies aus der folgenden, für 1890 geltenden Zusammenstellung (entnommen aus Scheiners „Spectralanalyse der Gestirne") hervorgeht.

Potsdamer Durchmusterung:

Classe Ia	. . .	2165 Sterne
„ IIa	. . .	1240 „
„ IIIa	. . .	288 „
„ IIIb	. . .	9 „

Mit der Erforschung der Sternspectren hat der unvergessliche Keeler schon zur Zeit seines Aufenthaltes auf der Alleghany-Sternwarte sich eingehend beschäftigt und ist nebst vielen anderen Ergebnissen seiner Arbeiten u. a. auch zu dem Resultat gekommen, dass das Spectrum von Beteigeuze (α Orionis) eine außerordentlich große Ähnlichkeit mit dem Sonnenspectrum besitzt und sich von diesem nur durch eine andere Vertheilung der Intensität unterscheidet. Auch mahnt, wie Keeler sagt, das Aussehen des Spectrums dieses Sternes an das

[1]) Vgl. weiter unten „Neue Sterne" (S. 489 ff.)

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Vorhandensein heller Partieen. Keeler zieht daraus den interessanten Schluss, dass solche Partieen heller leuchtender Intensität auch im Sonnenspectrum vorhanden sein könnten. Auch Draper hatte schon früher diese Vermuthung ausgesprochen, und es darf bei diesem Anlasse wohl darauf hingewiesen werden, dass die Nichtcoïncidenz mancher heller Linien des Flashspectrums mit den correspondierenden dunklen Linien des gewöhnlichen Sonnenspectrums, beziehungsweise des Cuspspectrums,[1]) welche sich nach einigen, bei der totalen Sonnenfinsternis am 28. Mai 1900 gemachten Beobachtungen als wahrscheinlich herausstellen soll, vielleicht auch in diesem Sinne gedeutet werden oder Keelers Annahme doch unterstützen könnte.[2])

Das Capitel über die Spectralanalyse der Fixsterne gibt auch Anlass zur Besprechung des merkwürdigen Spectrums von ζ Puppis, von dem schon in einem anderen Zusammenhange kurz die Rede war.[3]) Hiezu sei zunächst Folgendes bemerkt. Die Vertheilung der Linien in den Spectren der Elemente ist eine solche, dass die Linien sich mit einer gewissen Gesetzmäßigkeit in bestimmten Reihen, „Serien", anordnen lassen; nur der Wasserstoff schien von dieser Regel eine Ausnahme zu machen und sich durch die Einfachheit seiner Linien von den Spectren der anderen Elemente zu unterscheiden. Da wurde nun im Jahre 1897 im Spectrum von ζ Puppis

[1]) Vgl. S. 455.
[2]) Vgl. S. 457 und Anm. 1, S. 457.
[3]) Vgl. S. 474.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

eine zweite Reihe von Wasserstofflinien entdeckt. Hiemit war erwiesen, dass diese bisher angenommene Ausnahmsstellung für den Wasserstoff nicht gilt, sondern dass auch in dieser Richtung eine vollkommene Analogie mit den anderen Elementen hergestellt ist. Diese Analogie geht sogar soweit, dass auch schon an gewissen Wasserstofflinien der ersten (Haupt-) Reihe die nach der Theorie erforderliche Duplicität nachgewiesen wurde (Michelson). Eine weitere Bestätigung finden alle diese Ergebnisse in den Untersuchungen von Pickering und Miss Maury an den Spectren der Sterne vom V. Pickeringschen Typus. Vielleicht kann sich diesen Untersuchungen auch erfolgreich die Untersuchung des bereits erwähnten, in Arequipa photographisch aufgenommenen Meteorspectrums[1]) anreihen.

Höchst merkwürdig ist das von Espin entdeckte Vorhandensein heller Linien bei einzelnen veränderlichen Sternen langer Periode, von denen wir jetzt sprechen wollen, und noch merkwürdiger die Thatsache, dass diese Linien einen temporär veränderlichen Charakter zu zeigen scheinen. Nach Scheiners Meinung sollen diese hellen Linien auf Gasausbrüche minderen Umfanges hindeuten, so dass wir in diesen veränderlichen Sternen langer Periode gewissermaßen ein Übergangsglied zu der Gruppe der sogenannten neuen Sterne erblicken könnten; bei diesen letzteren wären dann die Gasausbrüche so heftig, dass der ganze Stern dadurch in

[1]) S. 473 ff.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Mitleidenschaft gezogen würde. Diese Anschauung hat eine nicht ganz einwandfreie Hypothese über das Wesen der Neuen Sterne zur Voraussetzung; wir kommen darauf noch bei den Neuen Sternen zu sprechen (S. 492 u. 493).

Als Hauptvertreter des Typus der veränderlichen Sterne mit langer Periode (von den kurzperiodischen soll in einem anderen Zusammenhange die Rede sein) gilt der schon im 17. Jahrhundert als veränderlich erkannte Stern o im Walfisch (die berühmte Mira Ceti), welcher nach dem allgemeinen Aussehen seines Spectrums in die Vogel'sche Classe IIIa (Secchis Typus III) einzureihen ist. Director Campbell hat mir auch eine am Lick-Observatory gemachte Spectralaufnahme dieses Sternes (vom 29. August 1898) im Maximum seines Lichtes zur Verfügung gestellt, welche in Fig. 3 reproduciert ist.[1]) In der Mitte sehen wir das Sternspectrum und zu beiden Seiten das als Vergleichsspectrum aufgenommene Wasserstoffspectrum. Das Sternspectrum, das mit dem Mills-Spectrographen[2]) photographiert ist, zeigt den

[1]) S. Anm. 1, S. 482.

[2]) Der Mills-Spectrograph ist ein von dem bekannten amerikanischen Mäcen Mills für das Lick-Observatorium gespendetes, nach Keelers Angaben gebautes Instrument, das nach einem von Director Campbell mir gütigst gewidmeten Photogramm in Fig. 4 reproduciert ist. Es ist vielleicht derzeit das beste Instrument seiner Art und hat in der Hand von Beobachtern vom Range eines Keeler, eines Campbell u. a. geradezu staunenswerte Leistungen vollbringen geholfen. Von der Präcision, mit welcher dieses herrliche Instrument arbeitet, kann man sich eine

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Spectralbezirk in der Umgebung der Wasserstofflinie Hγ (λ 4270 bis 4470). Von den hellen Wasserstofflinien ist namentlich die Linie Hγ selbst (die starke helle Linie in der Mitte des ganzen Spectrums) hervorzuheben. Aus der Verschiebung der dunklen Linien ergibt sich unter Zugrundelegung des Doppler'schen Princips eine Geschwindigkeit in der Gesichtslinie von + 62·8 *km*. Die helle Wasserstofflinie Hγ ist ihrerseits wieder gegen die dunklen Linien nach Violett zu verschoben. Der Grad dieser Verschiebung hängt von der Dauer der Exposition der photographischen Aufnahme ab. (Die Linie Hγ wird immer überexponiert, wenn die dunklen Linien gerade richtig exponiert sind.) Aus den ungleichmäßigen Verschiebungen der hellen Linien schließt jedoch Campbell mit Recht, dass dieselben überhaupt nicht auf eine Bewegung im Visionsradius, sondern auf Druckänderungen oder andere Ursachen zurückzuführen seien, also auf Änderungen in der physikalischen Beschaffenheit des Sternes. [1])

Vorstellung machen, wenn man hört, dass sich aus der mit diesem Instrumente beobachteten Verschiebung der Spectrallinien des Mondspectrums für 1900 I $9^d\ 4^h\ 30^m$ (Sternzeit Mt. Hamilton) eine Geschwindigkeit des Mondes im Visionsradius von + 1·46 *km* gegenüber der für diesen Zeitpunkt theoretisch berechneten Geschwindigkeit von + 1·14 *km* ergeben hat. Es war also nicht nur möglich, eine verhältnismäßig so geringe Geschwindigkeit mit dem Mills-Spectrograph sicher zu constatieren, sondern sogar deren Größe bis auf einen geringfügigen Fehler von + 0·32 *km* zu bestimmen — gewiss ein ganz außerordentliches Resultat (vgl. Astrophysical Journal XI, 142 ff.)

[1]) Astrophysical Journal IX, 31.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die früher erwähnte Vermuthung Scheiners über die Ursachen des Auftretens der hellen Linien in den eben besprochenen Spectren der veränderlichen Sterne langer Periode führt uns nun zu einem weiteren, ungemein interessanten Gliede der Fixsternwelt, zu den sogenannten

Neuen Sternen.

Das plötzliche Aufflammen eines bisher nicht bemerkten Sternes gehört gewiss zu den merkwürdigsten Himmelserscheinungen und ist geeignet, auch den Sinn nüchterner Gemüther wenigstens für einige Zeit zu jenen unermesslichen Fernen hinzulenken, aus denen das Licht uns Kunde bringt von dem ewigen Wechsel von Werden, Bestehen und Vergehen ganzer Welten und Weltsysteme. Und in der That hat es den Anschein, als ob wir bei den Neuen Sternen Zeugen einer der großartigsten Episoden in diesem Wechsel von Werden und Vergehen wären, Zeugen eines Ereignisses, das in das Leben einer ganzen Welt mit der furchtbaren Gewalt einer Katastrophe eingreift und gewissermaßen als ein Weltuntergang — oder aber vielleicht als eine unter den erschütterndsten Wehen sich vollziehende Wiedergeburt einer Welt sich darstellt.

Es ist selbstverständlich, dass eine so auffallende und räthselhafte Erscheinung auch schon vielfache Erklärungsversuche gefunden hat; aber erst seit Einführung der spectrographischen Beobachtungsmethoden in die Astrophysik hat die Forschung erfolgreiche Schritte gethan, von denen wir hoffen dürfen, dass sie uns aus dem Gebiete unbestimmter Vermuthungen herausführen und in

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

ihrer weiteren Entwicklung der Erkenntnis der Wahrheit thatsächlich näher bringen werden. Insbesondere durch die zahlreichen Beobachtungen der am 22. Februar 1901 von dem englischen Amateurastronomen Anderson entdeckten Nova Perseï wurden unsere Kenntnisse über diesen Gegenstand außerordentlich bereichert. Es war dieses auch der erste Neue Stern, welcher sofort bei Beginn seines Aufleuchtens bemerkt wurde und während einer sehr langen Zeit seiner Sichtbarkeit spectrographisch beobachtet werden konnte.

Von den zahlreichen Hypothesen zur Erklärung der Neuen Sterne möchte ich hier nur jene ausführlicher besprechen, welche von unserem berühmten Landsmanne Professor Seeliger in München herrührt, weil sie die meiste Wahrscheinlichkeit für sich hat und sich auch, trotz anfänglichen vielseitigen Widerspruches, immer mehr Anhänger erwirbt; sie ist auch bis jetzt die einzige Hypothese, die weder bekannten physikalischen Gesetzen einen Zwang anthut, noch auch bisher mit den beobachteten Spectralerscheinungen wesentlich in Widerspruch gerathen ist.

Auf der eigentlich erst durch Einführung der photographischen Beobachtungsmethode voll erkannten Thatsache fußend, dass fein vertheilte, nebelige Materie vielfach im Weltraum zerstreut vorkommt und gewiss in Wirklichkeit in noch viel reicherem Maße vorhanden ist, als wir das bisher zu erkennen vermochten, nimmt Seeliger an, dass ein schon bis zur Unsichtbarkeit abgekühlter Stern auf seinem Wege durch den Raum in

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

eine Wolke kosmischen Staubes eindringt und durch die hiebei sich vollziehende Umsetzung von Bewegungsenergie in Wärmeenergie eine so bedeutende Steigerung seiner Temperatur erfährt, dass ein plötzliches Erglühen und Aufflammen seiner Oberfläche und wohl auch der unmittelbar benachbarten Schichten der kosmischen Wolke stattfindet, also ein Phänomen, das in dem plötzlichen Erglühen und Aufflammen der in unsere Erdatmosphäre eindringenden kosmischen Körperchen, die uns als Meteore und Sternschnuppen sichtbar werden, ein sehr gutes Analogon findet. Sobald nun die Welle der in einem solchen Falle gewissermaßen vor sich gehenden Lichtexplosion zu uns gelangt, thut der gestirnte Himmel für uns ein neues leuchtendes Auge auf, und wir erblicken den „Neuen Stern". Setzen wir nun noch voraus, dass der in die kosmische Wolke eindringende Weltkörper, wie es ja mit fast absoluter Sicherheit anzunehmen ist, auch eine Rotation besitzt[1]) und auf seinem rasenden Fluge

[1]) Dass eine solche Rotation, wenn sie nicht schon vorhanden wäre, auch erst während des Aufflammens der Nova entstehen könnte, sucht Halm in Edinburg durch die Annahme wahrscheinlich zu machen, dass die kosmische Wolke nach ihrem Schwerpunkte zu an Dichtigkeit zunimmt, und dass der dunkle Weltkörper die Wolke excentrisch, d. h. in einer beliebigen Richtung zwischen ihrem Schwerpunkte und ihrer äußeren Begrenzung, durchschneidet; die Verschiedenheit des Reibungswiderstandes — größer gegen den Schwerpunkt der Wolke zu, geringer an der entgegengesetzten Seite — wird dann den eindringenden Weltkörper in Rotation versetzen.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

durch jene kosmische Wolke selbstverständlich auch außerordentliche Drucksteigerungen in der ihn umgebenden Hülle von Gasen erfährt, so lassen sich, wie dies Halm in Edinburg versucht hat, die Spectralerscheinungen, welche wir bei den Neuen Sternen beobachten, vor allem gewisse Linienverschiebungen, ziemlich ungezwungen erklären, und es ist durchaus nicht nothwendig, so „unheimliche" Geschwindigkeiten anzunehmen, wie sie sich ergeben würden, wenn wir alle Linienverschiebungen in dem Spectrum der Neuen Sterne auf Grund des Doppler'schen Princips erklären wollten.[1])

Weniger gut lässt sich die Erscheinung der Neuen Sterne durch die Hypothese erklären, auf welche oben (S. 487) hingewiesen wurde. Nach dieser hätten wir es hier mit gewaltigen Ausbrüchen glühender Gase aus dem

[1]) Hier reihen sich, zur Stütze der Seeliger'schen Hypothese, sehr gut auch jene Erscheinungen an, die wir schon im ersten Theile dieser Besprechung als Linienverschiebungen infolge von anormalen Temperatur-, Druck- und Dichtigkeitsverhältnissen in der Lichtquelle kennen und deuten gelernt haben. Hiemit ist ganz gut auch die Thatsache vereinbar, dass die hellen Linien im Spectrum der Nova Perseï, aus deren Verschiebung anfänglich (nach Vogel) eine Geschwindigkeit von — 700 *km* sich ergeben hätte, im Verlaufe der Erscheinung Veränderungen in Aussehen und Lage erlitten, während die dunklen Absorptionslinien, besonders zwei schmale, scharfe Calciumlinien, aus welchen eine Geschwindigkeit von + 18 *km* sich ergab, ihre Lage unverändert beibehielten, so dass also die aus diesen Linien abgeleitete Geschwindigkeit höchst wahrscheinlich der Wirklichkeit entspricht.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Inneren eines Sternes zu thun, dessen Oberfläche bereits bis zur Schlackenbildung abgekühlt war und nun durch irgend einen Anlass zerreißt (Zöllner). Auch die von Lohse und Wilsing aufgestellten Hypothesen konnten, so geistreich sie auch sind, nicht allen Einwendungen, die gegen sie erhoben wurden, standhalten.

Vogel reiht das Spectrum der Neuen Sterne in die Classe IIb ein, also zahlreiche dunkle Linien, einzelne schwache Bänder, mehrere helle Linien. Als besonders charakteristisch kann für die Neuen Sterne das Auftreten von Doppellinien mit einer hellen und einer dunklen Componente bezeichnet werden, von denen die helle stark gegen Roth verschoben ist, während die dunkle nur wenig von ihrer normalen Lage abweicht. Wir haben hier also eine Übereinanderlagerung von drei Spectren: ein continuierliches Spectrum, ein Absorptionsspectrum und ein Emissionsspectrum. Nun wird es ja auch thatsächlich in der Erscheinung eines jeden Neuen Sternes eine Phase geben, in welcher ein derartiges Spectrum beobachtet wird; es wäre aber durchaus irrig, zu glauben, das dieses Spectrum einem Neuen Sterne vom ersten bis zum letzten Augenblicke seiner Sichtbarkeit eigen sei. Vielmehr hat gerade die Beobachtung der Nova Perseï gezeigt, dass das Spectrum anfänglich so gut wie gar keine Absorptionslinien hatte, also den Eindruck eines durchaus continuierlichen Spectrums machte; dann traten allmählich feine Absorptionslinien auf, bis endlich nach einigen Tagen das erwähnte typische Spectrum der Neuen Sterne sich einstellte.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Höchst merkwürdiger Weise blieb aber auch dieses Spectrum nicht unveränderlich, sondern es zeigte sich ein zuerst von v. Gothard in Herényi (Ungarn) und Pickering in Cambridge (Mass.) beobachteter, mit gleichzeitigen periodischen Änderungen in der Helligkeit des Sternes zusammenfallender periodischer Wechsel in dem Aussehen des Spectrums zwischen zwei wesentlich von einander verschiedenen Erscheinungen. Das eine Spectrum, das sogenannte normale, war ein continuierliches Spectrum mit mehreren hellen Bändern und einer Reihe dunkler, scharfer Linien, namentlich am kurzwelligen Ende des Spectrums; das andere „eigenthümliche" (peculiar) Spectrum zeigte nur helle, von ganz feinen, dunklen Linien durchzogene Bänder und fast gar keinen continuierlichen Untergrund.

Im weiteren Verlaufe näherte sich dann später das Aussehen des Spectrums dieser merkwürdigen Nova, wie dies auch bei anderen Neuen Sternen schon beobachtet worden war, immer mehr dem Spectrum der Nebelflecke; v. Gothard glaubt sogar auf Grund seiner Beobachtungen annehmen zu sollen, dass die Neuen Sterne allmählich in planetarische Nebel sich verwandeln.

Die Fig. 5 und 6 illustrieren sehr schön einerseits das typische Spectrum der Neuen Sterne mit den charakteristischen Doppellinien und anderseits die spätere Verwandlung dieses Spectrums in ein dem Nebelspectrum sehr ähnliches Spectrum und sind Reproductionen von Aufnahmen, welche v. Gothard in seinem Privatobservatorium gemacht und mir freundlichst zur Verfügung

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gestellt hat. Fig. 5 zeigt das Spectrum der Nova Aurigae nach einer Aufnahme vom 14. Februar 1892 mit sehr schönen Doppellinien, Fig. 6 ist das Spectrum desselben Sternes nach einer Aufnahme vom 23. November 1892 und gibt schon fast vollständig das Bild des Spectrums eines planetarischen Nebels.[1])

Hiemit könnten wir die Discussion der Nova Perseï, soweit es sich um den Rahmen der vorliegenden Darstellung handelt, eigentlich abschließen; wenn ich dessenungeachtet glaube, noch einige Bemerkungen über diese Himmelserscheinung anfügen zu sollen, welche über das Gebiet der rein spectralanalytischen Betrachtung hinausgreifen, so dürfte dieser Excurs wohl durch die außerordentliche Bedeutung der Erscheinung dieses Neuen Sternes gerechtfertigt erscheinen.

Mit der Entdeckung der merkwürdigen periodischen Änderungen in dem Aussehen des Spectrums der Nova Perseï waren nämlich die großen Überraschungen, welche uns dieser Neue Stern bereitete, keineswegs abgeschlossen: die größte sollte uns noch dadurch werden, dass im November 1901 Perrine am Lick-Observa-

[1]) Die planetarischen Nebel zeigen, wie weiter unten ausgeführt wird, ein Emissionsspectrum, das aus einigen charakteristischen hellen Linien besteht. Das mit solchen Spectren fast identische Spectrum der Nova Aurigae in Fig. 6 erscheint demgemäß auch nicht, wie die Spectren der mitphotographierten Fixsterne in ein Spectralband (mit dunklen Linien) ausgezogen, sondern stellt sich als eine Reihe isolierter heller Punkte (in der Mitte des Bildes) dar, deren jeder eine helle Linie repräsentiert.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

torium aus dem Vergleiche verschiedener Photogramme der Nova und ihrer Umgebung constatieren konnte, dass äußerst fein vertheilte, visuell nicht wahrnehmbare nebelige Massen in der Umgebung der Nova, deren Vorhandensein schon früher von Wolf in Heidelberg nachgewiesen worden war,[1]) sich mit großer Geschwindigkeit von der Nova weg bewegen, und zwar mit einer Geschwindigkeit, deren Größenordnung jener des Lichtes oder der Elektricität gleichzusetzen war! Mag es sich hier nun, wie Wolf angedeutet hat, um eine im Raume fortschreitende, weltenzerstörende (oder vielleicht auch weltenbildende?) Explosion von Gasen handeln, oder, wie Kapteyn und Seeliger annehmen, um das von uns beobachtete allmählige Fortschreiten einer von der Nova ausgehenden Lichtwelle, welche uns in diesem Fortschreiten durch Reflexion an der die Nova umgebenden kosmischen Materie allmählich sichtbar wird und dadurch ihrerseits wieder die Art der Vertheilung dieser Materie um die Nova uns zur Erscheinung bringt — jedenfalls sind wir hier, wie überhaupt bei der ganzen Erscheinung dieser merkwürdigen Nova, Zeugen eines der bedeutungsvollsten und interessantesten astronomischen Phänomene, die überhaupt jemals beobachtet worden sind, und es wurde durch dieses Phänomen der Beginn des 20. Jahrhunderts

[1]) Die erste, in ihrer damaligen Grundlage allerdings irrthümliche Mittheilung des Vorhandenseins einer nebeligen Aureole um den Stern, wurde von Flammarion und Antoniadi gegeben; erst Wolf sonderte scharfsinnig Wahrheit von Irrthum.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

in mindestens ebenso denkwürdiger Weise eingeleitet, als vor hundert Jahren der Beginn des 19. Jahrhunderts durch Piazzi's Entdeckung der Ceres.[1])

Von manchen Seiten wurde auch die Frage aufgeworfen, ob bei den merkwürdigen Bewegungen der Nebulositäten in der Umgebung der Nova Perseï nicht vielleicht reelle Bewegung von Materie in dem gewöhnlichen Sinne des Wortes vorliegen könnte; ich möchte glauben, dass es weder nothwendig, noch zweckmäßig sei, dies anzunehmen, und bin übereinstimmend mit Kapteyn in Groningen der Meinung, dass es sich hier um ein Fortschreiten einer Erregung handle, welche nicht nur nach der Größenordnung ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit, sondern auch ihrer Natur nach eine Lichtwelle oder noch wahrscheinlicher eine elektrische Welle ist. Gegen die Annahme reeller Bewegung von Materie möchte ich durchaus nicht etwa die Erwägung einwenden, dass derartige Geschwindigkeiten weit über unser Vorstellungsvermögen gehen; denn die Natur fragt in der ungeheuren Mannigfaltigkeit ihrer Erscheinungen nicht nach der Möglichkeit unseres jeweiligen Vorstellens; sie bringt uns mit jedem Tag neue Belehrung, und was uns gestern noch als unfassbar erschienen ist, das können wir leicht schon morgen nach den Erfahrungen, die wir inzwischen gemacht haben, als etwas Selbstverständliches betrachten. Aber andere Überlegungen bestimmen mich, an dem Vorhandensein einer reellen Be-

[1]) Palermo, Neujahrsnacht 1801.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wegung von Materie in dem gebräuchlichen Sinne dieses Wortes bei der Nebelhülle der Nova Persei zu zweifeln.

Man könnte vielleicht auf die Geschwindigkeiten, welche wir in den Bewegungen der Protuberanzen der Sonne, also auf einem in normalem Zustande befindlichen Himmelskörper beobachten und welche eigentlich auch schon über unser Vorstellungsvermögen gehen, als auf ein Analogon hinweisen. Es wird aber wohl zunächst die Frage berechtigt sein, ob wir bei diesen Bewegungen nicht etwa den Refractionserscheinungen eine große Rolle zuweisen müssen. Und wenn wir dann weiter auf die schon früher erwähnten Untersuchungen von Julius und Ebert über anomale Dispersion und auf die ebenfalls schon besprochenen neueren Arbeiten über partielle Verschiebungen und Veränderungen von Spectrallinien[1]) Rücksicht nehmen, endlich etwa auch an die Schmidsche Theorie der Strahlenbrechung in der Sonne denken, so werden wir vielleicht geneigt sein anzunehmen, dass auch die bei den Bewegungen in den Protuberanzen der Sonne beobachteten „ungeheuren" Geschwindigkeiten nicht durchaus reell sind.[2]) Dazu kommt, dass wir in manchen Ausstrahlungen der Polarlichter Erscheinungen beobachten können, deren Bewegungen mit gewissen Bewegungen in den Protuberanzen der Sonne eine bemerkenswerte äußere Ähnlichkeit besitzen, und dass die Häufigkeit der Polarlichter mit der Periode der Sonnenflecken — die ja ihrerseits wieder mit den Protuberanzen

[1]) Vgl. S. 438.

[2]) Vgl. S. 450, Anm. 1.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

in enger Beziehung stehen,[1]) offenbar durch eine gemeinsame Ursache verbunden ist, so dass die Frage nicht unbegründet erscheint, ob nicht in den Sonnenprotuberanzen in gewisser Beziehung ein Analogon zu der Erscheinung der Polarlichter gegeben sei.

Bei der Discussion der Bewegung der Nebulositäten um die Nova Persei ist ferner darauf hingewiesen worden, dass die außerordentlich rasche Ausbreitung, welche an manchen Kometenschweifen beobachtet worden ist, ein Beispiel einer ähnlichen ungeheuren, für uns unfassbaren Geschwindigkeit materieller Bewegung biete.[2]) Mit diesem Hinweise ist meines Erachtens noch gar nichts bewiesen, weil wir über die Natur der Kometen noch so wenig wissen, dass es wohl nicht statthaft ist, die bei Kometenschweifen beobachteten Geschwindigkeiten als Beweis für die Annahme solcher Geschwindigkeiten in anderen Fällen heranzuziehen, da ja jene Geschwindigkeiten selbst noch nicht erklärt und bewiesen sind. Andererseits hindern uns, wie dies schon oben (S. 471 und 472) angedeutet wurde, die bisher an Kometen gemachten Beobachtungen keineswegs, anzunehmen, dass wir es auch hier mit elektrischen oder elektromagnetischen Lichterscheinungen zu thun haben. Es hat ja bereits Bredichin darauf hingewiesen, dass die Figur der Kometen durch die Annahme des Wirkens von elektrischen Repulsivkräften sich erklären lasse. Und was die elektrischen Lichterscheinungen betrifft, so brauchen

[1]) Vgl. Perrines Untersuchungen S. 458.

[2]) Vgl. S. 472, Anm. 1.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wir ja nur an den Blitz und an die Polarlichter zu denken; in beiden Fällen sehen wir leuchtende Materie mit unfassbarer Geschwindigkeit scheinbar sich fortbewegen, und es ist vielleicht nicht ohne Interesse, darauf hinzuweisen, dass Pickering in einem am 21. Juli 1901 photographierten Spectrum eines Blitzes[1]) eine bedeutsame Ähnlichkeit mit dem am 23. März 1901 aufgenommenen Spectrum der Nova Perseï constatieren zu können vermeinte. — Als hieher gehörig und mit den vorstehend mitgetheilten Erwägungen gut übereinstimmend, möge schließlich noch erwähnt werden, dass auch auf die Möglichkeit hingewiesen wurde, die Bewegungen der Nebulositäten um die Nova Perseï als elektrische Repulsionserscheinungen, ähnlich jenen, die wir bei den Kathodenstrahlen beobachten, oder als Bewegungen in Folge Lichtdruckes aufzufassen.

Nach dieser kurzen Abschweifung wollen wir nun wieder zu unserem Gegenstande zurückkehren.

Wir haben gesehen, dass in dem Spectrum der Neuen Sterne neben den, vermuthlich durch abnorme Druckverhältnisse hervorgerufenen Verschiebungen der hellen Linien auch solche Linienverschiebungen (bei dunklen Linien) auftreten, welche nach dem Doppler'schen Princip[2]) zu deuten sind. Hieran anknüpfend wollen wir nun die Verwertung des Doppler'schen Princips in jenem weiten und ergiebigen Felde der Beobachtung betrachten, das der Anwendung dieses Princips in der

[1]) Astrophysical Journal XIV.

[2]) Das Allgemeine hierüber siehe oben S. 439 ff.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

sich eröffnet. Die Erfolge, welche die Spectralanalyse der Himmelskörper gerade auf diesem Gebiete zu verzeichnen hat, müssen wohl auch der Beurtheilung des Laien als ganz außerordentliche erscheinen; handelt es sich doch hier um die Möglichkeit, Bewegungen zu erkennen und nach Richtung und Größe zu bestimmen, welche gar keine Veränderung des scheinbaren Ortes des beobachteten Himmelskörpers zur Folge haben, sondern lediglich aus der Beschaffenheit seines Spectrums erkannt werden können.

Von einigen Versuchen Secchis abgesehen, der mit unzulänglichen Hilfsmitteln und daher erfolglos arbeitete, wurden Untersuchungen dieser Art zuerst 1867 und 1871 von Huggins und Vogel mit Erfolg ausgeführt, aber damals bald wieder aufgegeben, weil vor Einführung der photographischen Methode diese Beobachtungen viel zu schwierig und zu mühsam waren. Und wenn noch vor wenigen Jahren die damals durchaus erklärliche Befürchtung geäußert werden konnte, dass derartige Untersuchungen sich überhaupt nicht zur Aufnahme in den Arbeitsplan einer Sternwarte eignen würden, so ist diese Anschauung seither durch die Thatsachen längst überholt und glänzend widerlegt worden.

Freilich konnte ein solcher Umschwung erst durch die ausgedehnte Einführung der Photographie, also durch die Umwandlung der Spectroskopie in die Spectro-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

graphie, bewirkt werden, er ist aber ein so vollständiger, dass heutzutage wohl kein bedeutenderes astrophysikalisches Observatorium mehr auf diese Art von Beobachtungen verzichten kann, und die wichtigsten und bedeutendsten Observatorien dieser Art — so das Potsdamer Observatorium, das Yerkes-Observatorium in Chicago, vor allem aber die beiden großen amerikanischen Bergsternwarten, nämlich die Bergstation des Cambridger Harvard-College-Observatory in Arequipa (Peru) und ganz besonders die größte und bedeutendste Bergsternwarte der Erde, das berühmte, herrliche Lick-Observatory auf dem Mount Hamilton in Californien, welche beiden Sternwarten ganz abgesehen von der vortrefflichen instrumentellen Ausrüstung und der hohen wissenschaftlichen Qualification ihrer Beobachter schon durch ihre ausgezeichnete Höhenlage allen anderen Sternwarten gegenüber in enormen Vortheil gesetzt sind — alle diese Observatorien haben auf diesem Gebiete der Forschung wirklich ganz Außerordentliches geleistet.

Es muss in der That unser Staunen erregen, wenn wir sehen, dass es mit Hilfe dieser Beobachtungsmethode möglich ist, die Frage, ob scheinbar völlig unbewegte Fixsterne sich gegen uns oder von uns wegbewegen, unter günstigen Verhältnissen mit einer Genauigkeit von wenigen Zehnteln eines Kilometers zu beantworten![1])

[1]) Die absoluten Beträge der Sterngeschwindigkeiten schwanken zwischen ziemlich weiten Grenzen. Die Bestimmung der Geschwindigkeit des uns als raschest laufend bekannten Sternes der nördlichen Hemisphäre (1830 Groom-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Ich möchte hier nicht unerwähnt lassen, dass sich uns jetzt auch die Perspective eröffnet, mit Hilfe einer auf den ganzen Fixsternhimmel ausgedehnten Anwendung dieser Methode auch der ebenso interessanten wie wichtigen und schwierigen Frage nach der Richtung und Größe der Bewegung unseres Sonnensystems im Weltraume näher zu kommen, als dies auf irgend einem andern Wege bisher möglich war. Amerikanischer Geist und amerikanisches Mäcenatenthum versprechen uns auch auf diesem Gebiete die schönsten Erfolge — ich brauche nur die rühmlichst bekannten Namen Campbell und Mill zu nennen: der eine derzeit Director des Lick-Observatory und einer der tüchtigsten Astrophysiker der Gegenwart; der andere ein ebenso verständiger und begeisterter wie freigebiger Mäcen der Wissenschaft, der würdig in die glänzende Reihe jener hochherzigen Männer eingetreten ist, deren edles Wirken schon die Erreichung so vieler außergewöhnlicher Erfolge in Amerika ermög-

---

bridge) hat für die Bewegung dieses Sternes in der Gesichtslinie eine Geschwindigkeit von — 95 *km* in der Secunde ergeben. (Als negativ bezeichnen wir die Bewegung, wenn der Stern sich uns nähert, als positiv, wenn er sich von uns entfernt.) Im Zusammenhalt mit einer jährlichen Eigenbewegung (Veränderung des scheinbaren Ortes am Himmel) von 7″·05 und einer Parallaxe von wahrscheinlich kaum 0″·14, ergibt sich hieraus für den Stern eine Gesammtgeschwindigkeit im Raume von wenigstens 260 *km* in der Secunde. — Die Formel für die Berechnung der Geschwindigkeit des Sternes aus der Größe der Verschiebung seiner Spectrallinien wurde bereits oben (S. 443) mitgeteilt.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

licht und in diesem Lande einen geistigen Aufschwung sondergleichen herbeiführen geholfen hat. Mill hat schon vor mehreren Jahren durch eine reiche Spende die Anschaffung des nach ihm benannten „Mills-Spectrograph" für den großen 36″-Refractor des Lick-Observatory ermöglicht. Mit Hilfe dieses Instrumentes, das derzeit vielleicht das beste seiner Art ist, und dessen Leistungsfähigkeit schon oben (Anm. 2, p. 487) besprochen wurde, hat nun Campbell seit 1896 am 36″-Refractor zum Zwecke der Bestimmung von Sterngeschwindigkeiten in der Gesichtslinie mehr als 2000 Spectralaufnahmen gemacht. Nach Abzug der spectroskopischen Doppelsterne — von welchen gleich später die Rede sein soll — und der Sterne mit undeutlichen Spectrallinien bleiben noch immer 280 Sterne, deren Geschwindigkeiten in der Gesichtslinie bis auf mindestens 1 *km* genau festgelegt sind. Nach diesen wichtigen Untersuchungen Campbells besitzen die schwächeren Sterne verhältnismäßig größere Geschwindigkeiten als die helleren, eine Thatsache, die für die Erkenntnis des Baues unseres Sternsystems von großer Bedeutung ist. Campbells Versuch, aus den für die helleren Sterne spectroskopisch bestimmten Bewegungen im Visionsradius den von der Ortsveränderung unserer Sonne herrührenden Theil zu ermitteln, muss als ein wesentlicher Fortschritt in den Methoden zur Ergründung der Sonnenbewegung im Weltraume begrüßt werden. Bei allen anderen Methoden, welche bisher zur Ermittlung dieser wichtigen Größe angewendet wurden, hat nämlich immer die Verschieden-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

heit der Entfernung der gemessenen Sterne von der Sonne einen störenden Einfluss ausgeübt. Da nun die Entfernung des gemessenen Sternes bei der Messung der Verschiebung der Spectrallinien selbstverständlich keine Rolle spielt, so fallen bei Campbells Methode jene störenden Einflüsse vollständig weg.

Die richtige Erkenntnis der großen Bedeutung dieser spectroskopischen Durchmusterung des Himmels hat denn auch Mill bewogen, Director Campbell einen Betrag von weiteren 100.000 Mark zum Zwecke der Fortsetzung seiner Spectralbeobachtungen auf der südlichen Halbkugel zur Verfügung zu stellen.[1])

---

[1]) In Amerika gehört es in den Kreisen der „Obersten der oberen Zehntausend" heute gewissermaßen schon zum guten Ton, für die Förderung der Astronomie ein kleines — oder auch großes! — Vermögen hinzugeben. Dementsprechend sind aber auch die Erfolge der astrophysikalischen Forschung in Amerika ganz enorme und erregen die rückhaltlose Bewunderung der ganzen gebildeten Welt. Ob denn wohl bei uns in Österreich die Erkenntnis der hohen Bedeutung dieser Dinge sich jemals zu jener allgemeinen Geltung durchringen wird, die nöthig wäre, um auch hier ähnliche Erfolge zu ermöglichen? Sollen wir denn immer nur im Schlepptau fremder Erfolge mühselig einherkeuchen? — Erscheinungen wie die oben (S. 466) besprochene sonderbare Idee der Errichtung eines österreichischen Instituts zur Bearbeitung fremder astronomischer Beobachtungen sind allerdings eher darnach angethan, in uns bange Zweifel an der gedeihlichen Entwicklung unserer astronomischen Zukunft zu wecken. Aber, Gott sei Dank, es gibt noch Männer in Österreich! Und wenn diese

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Vorgreifend der weiter unten folgenden Besprechung der Nebelflecke muss ich in diesem Zusammenhange als besonders bemerkenswert hervorheben, dass es Keeler gelungen ist, auch an 14 helleren Gasnebeln aus den Linienverschiebungen eine Eigenbewegung zu constatieren. Diese epochemachende Arbeit, welcher visuelle Beobachtungen zu Grunde lagen, wurde in neuester Zeit spectrographisch von Hartmann und Ludendorff in Potsdam mit dem besten Erfolge fortgeführt, und wir dürfen nach den bisherigen Ergebnissen vielleicht sogar hoffen, dass uns diese Beobachtungen auch Aufschluss über Bewegungen geben werden, welche im Innern der Gasnebel sich vollziehen. Die außerordentliche Bedeutung solcher Untersuchungen braucht wohl nicht erst hervorgehoben zu werden.

Die Methode der spectroskopischen Bestimmung der Eigenbewegung der Fixsterne in der Gesichtslinie hat uns aber auch noch ein anderes ungemein interessantes Specialgebiet astrophysikalischer Forschung zugänglich gemacht, indem uns diese Methode die kurzperiodisch veränderlichen Sterne vom Typus des Algol — wie dies schon von Goodricke vermuthet und von Vogel zuerst nachgewiesen wurde — als

---

einander nur erst gefunden haben und fest zueinanderhalten, dann wird es auch bei uns möglich sein, die reichlich vorhandenen trefflichen Kräfte zu sammeln und auf den richtigen Weg zu leiten, der allein zur Erreichung wahrhaft großer Ziele führt!

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Systeme eines hellen und eines diesen umkreisenden dunklen Sternes erkennen ließ[1]) und uns überhaupt in den Stand gesetzt hat, Doppelsterne, deren Componenten, wenngleich beide hell, doch wegen ihrer zu großen gegenseitigen Nähe auch in den mächtigsten Fernrohren nicht mehr getrennt werden können, aus periodischen, durch das rasche Umeinanderkreisen der beiden Componenten bedingten Verschiebungen, beziehungsweise Verdopplungen von Spectrallinien, als Doppelsterne zu erkennen (sogenannte spectroskopische Doppelsterne). Die größten Verdienste um die Erforschung dieses Gebietes haben sich Belopolski in Pulkovo, insbesondere aber der schon wiederholt genannte gegenwärtige Director des Lick-Observatoriums, W. W. Campbell, erworben; nach des letzteren Untersuchungen ist mindestens jeder neunte Stern ein spectroskopischer Doppelstern.

Director Campbell war so gütig, mir auch ein mit

---

[1]) Gewisse Eigenthümlichkeiten der Algolsterne legen übrigens die Vermuthung nahe, daß diese Systeme einen noch complicierteren Bau haben und aus mehr als zwei Componenten bestehen. Aber selbst dort, wo wir nur zwei Componenten annehmen, muss die Dichte der beiden, sehr nahe nebeneinander stehenden Körper so gering sein, dass wir vielleicht annehmen dürfen, wir stehen hier vor dem Beginne der Umwandlung eines Nebelballs in einen Stern. Damit würde auch die Thatsache übereinstimmen, dass alle Algolsterne zur ersten Spectralclasse gehören, also (nach der Vogel'schen Hypothese) sich im Anfangsstadium ihrer Entwicklung befinden.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

dem Mills-Spectrograph aufgenommenes Spectrogramm eines spectroskopischen Doppelsternes, und zwar des Sternes χ Draconis, zur Verfügung zu stellen, das in Fig. 7 reproduciert ist. Die Aufnahme zeigt wieder, wie bei Fig. 3, oben und unten als Vergleichsspectrum künstliche Wasserstofflinien und dazwischen das Spectrum des Sternes in der Umgebung der Linie $H\gamma$ (derselbe Spectralbezirk wie bei Fig. 3). Dieser Stern wurde auch von Campbell als spectroskopischer Doppelstern entdeckt;[1]) seine Bahnelemente wurden auf Grund der Spectrogramme des Lick-Observatory von W. H. Wright berechnet.[2])

Mit diesen Bemerkungen über die spectroskopischen Doppelsterne wollen wir das Capitel über die Spectralanalyse der Fixsterne im engeren Sinne schließen. —

Außer den bisher besprochenen Himmelskörpern finden wir nun noch am Firmament als die letzten Objecte, welche wir in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen wollen, die

Sternhaufen und Nebelflecke.

In Betreff der Sternhaufen ist eigentlich nur zu bemerken, dass sie dasjenige Spectrum zeigen werden, welches der überwiegenden Mehrheit der sie bildenden einzelnen Fixsterne eigen ist.

Anders hingegen bei den Nebelflecken, und zwar bei den eigentlichen Gasnebeln. Wir müssen nämlich

[1]) Astrophysical Journal VI, 291.

[2]) Ebendaselbst XI, 131 ff.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

wohl beachten, dass wir manche Gebilde, welche uns selbst in den stärksten Fernrohren noch als Nebelflecke erscheinen, also in einzelne Sterne nicht aufgelöst werden können, doch dann als Sternhaufen werden ansprechen müssen, wenn uns das Spectroskop zeigt, dass wir es thatsächlich nicht mit glühenden Gasmassen, sondern mit Agglomerationen von Fixsternen zu thun haben, welche aber so weit von uns entfernt sind, dass selbst unsere mächtigen Sehwerkzeuge sie nicht in die einzelnen sie zusammensetzenden Sterne aufzulösen vermögen. So müssen wir z. B. nach den Untersuchungen von Scheiner und Ludendorff in Potsdam den bekannten schönen Nebel im Sternbild der Andromeda für einen Sternhaufen halten, dessen Componenten der Mehrzahl nach ein unserem Sonnenspectrum sehr ähnliches Spectrum besitzen (Classe IIa), und zwar erstreckt sich diese Ähnlichkeit sogar bis auf die Vertheilung der Intensität im Spectrum. Es scheint also fast, als ob wir in diesem schönen Spiralnebel ein ähnliches Welten- und Fixsternsystem zu erkennen vermöchten, wie es unser — wahrscheinlich auch spiralig im Weltraume angeordnetes — Milchstraßensystem ist, dem ja unsere Sonne angehört, nur mit dem Unterschiede, dass im Milchstraßensystem die Sterne der ersten Spectralclasse überwiegen. Scheiner hat die sehr begründete Vermuthung ausgesprochen, dass auch alle anderen Spiralnebel keine eigentlichen Gasnebel, sondern Sternhaufen seien.[1])

[1]) Auch das wiederholt beobachtete Aufleuchten kleiner Sternchen im Andromedanebel wird hienach nicht schwer

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Zur Zeit der großen Fortschritte in der Vervollkommnung der astronomischen Sehwerkzeuge, namentlich in jener Periode, welche durch die mit den Riesenreflectoren Herschels und Lord Rosses gemachten denkwürdigen Entdeckungen ihre Signatur erhalten hat, war man der Meinung, die Möglichkeit der Auflösung der Nebelflecke in einzelne Sterne, welche damals mit Hilfe der Teleskope der beiden genannten Beobachter bei vielen Nebelflecken sich ergeben hatte, sei eine ganz allgemeine und finde für uns nur an der Unzulänglichkeit unserer optischen Hilfsmittel eine Grenze. Auch in diese Frage hat wieder das Spectroskop Licht gebracht und uns gezeigt, dass nicht alle Nebelflecke, die wir am Himmel sehen, nur unauflösbare Sternhaufen sind, sondern dass es neben solchen auch wirkliche Nebelflecke,

---

zu erklären sein; denn der Andromedanebel repräsentiert gegenüber unserem Milchstraßensystem — nach Vogels Hypothese von der Deutung der Sternspectren — schon einen weiter vorgeschrittenen Zustand der Entwicklung; und es wird also unter den Gliedern dieses weltenfernen Sternensystems gewiss viele Veränderliche von langer Periode geben, deren hellste dann zur Zeit des Maximums ihres Glanzes uns ganz wohl als Lichtpünktchen im Nebel erscheinen können. (Brenner in Lussinpiccolo theilt sogar mit, dass er einmal [24. August 1895] im ganzen Nebel eine Auflösung in einzelne zahllose Lichtpünktchen angedeutet gesehen habe.)

Was übrigens die Spiralnebel im Allgemeinen betrifft, so hält Seeliger es nicht für unwahrscheinlich, dass gewisse Theile dieser Nebel auf erleuchtete Wolken kosmischen Staubes zurückzuführen seien.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

eigentliche Gasnebel gibt; diese geben sich uns nämlich, wie dies Huggins 1864 entdeckte, dadurch zu erkennen, dass ihr Spectrum nur aus hellen Linien besteht. Die wichtigsten dieser Linien haben die Wellenlängen: 3730 (ultraviolett), 4340 *(Hγ)*, 4860 *(F)*, 4957 und 5004 (eine Stickstofflinie, zugleich die optisch [aber nicht photographisch!] hellste Nebellinie). Wir dürfen also jedenfalls auf die Anwesenheit von Wasserstoff und Stickstoff in den Gasnebeln schließen. Bemerkenswert ist, dass im Gegensatz zu den Spiralnebeln, in welchen wir nach dem früher Gesagten Sternhaufen vermuthen dürfen, alle Ringnebel Gasspectren aufweisen.

Auch auf diesem ganzen Gebiete hat uns aber erst die Verbindung der Photographie mit der Spectralbeobachtung tiefere Erkenntnis vermittelt. Fig. 8 zeigt eine schöne Aufnahme des Spectrums des Ringnebels in der Leyer, welche von Herrn v. Gothard in Herényi mit Hilfe eines Objectivprismas am $10^1/_4$″-Reflector angefertigt wurde.

Die Aufnahme ist am 17. October 1892 mit $3^1/_2$stündiger Exposition gemacht. Da ein Objectivprisma verwendet wurde, so erscheinen alle Fixsterne im Bildfeld des Instrumentes in Spectralbänder ausgezogen. (In der Originalaufnahme sind in diesen Spectralbändern auch die Absorptionslinien ganz deutlich zu erkennen.) Wäre nun der Ringnebel in der Leyer ein Sternhaufen, so müssten wir sein Bild auch zu einem Spectralbande ausgezogen sehen: statt dessen zeigt uns aber das Spectrogramm etwa fünf getrennte einzelne Bilder des Nebels und beweist uns

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

damit dessen Gasnatur. Da nämlich die glühenden Gase des Nebels nur Licht von einzelnen bestimmten Strahlengattungen aussenden, ein mit einem Spaltspectroskop aufgenommenes Spectrum eines solchen Nebels also nur die oben angegebenen hellen Linien auf dunklem Grunde zeigen würde, so kann ein mit einem Objectivprisma, also ohne Spaltvorrichtung, aufgenommenes Spectrogramm nur einzelne nebeneinander angeordnete Bilder des Nebels geben, deren Anzahl, Stellung und Intensität genau der Anzahl, Stellung und Intensität der Nebellinien entsprechen wird. Das in Fig. 8 reproducierte Spectrogramm v. Gothards zeigt dies in der That auch außerordentlich schön; wir sehen die fünf nebeneinanderliegenden Bilder, von denen das hellste dem ultravioletten Strahl (λ 3730) seine Entstehung verdankt, während das ganz frei schwebende der Wellenlänge λ 5004 entspricht. Das Bild ist gleichzeitig auch eine sehr schöne Illustration für die intensive photographische Wirksamkeit der unsichtbaren ultravioletten Strahlen, welche auf die Platte viel stärker eingewirkt haben als die optisch hellsten Strahlen der Stickstofflinie λ 5004.

Um die spectroskopische Untersuchung der Nebelflecke haben sich nach Huggins später besonders noch Draper, Keeler, Campbell, Vogel, Pickering u. a. große Verdienste erworben, und auch v. Gothard hat sich, wie wir sehen, mit Eifer und Geschick an diesen Forschungen betheiligt; nach einer von dem letztgenannten (unter Verwendung eines Quarzspectrographen) gemachten vortrefflichen Aufnahme ist in Fig. 9 das

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Spectrum des großen Orionnebels in der Region der Trapezsterne abgebildet.[1]) Dieses prächtige Gebilde, das an unserem winterlichen Himmel in mildem Lichte glänzt, war auch ein Gegenstand eifrigster und scharfsinnigster Forschung des unvergesslichen Keeler. Es gelang durch spectroskopische Beobachtung nachzuweisen, dass die bekannten Trapezsterne des Nebels mit diesem physisch verbunden, also wahrscheinlich Producte der Verdichtung der Nebelmaterie sind. Bemerkenswert ist auch, dass die Wasserstofflinien auch außerhalb der Region der Trapezsterne noch deutlich zu sehen sind, während die übrigen Nebellinien verblassen;[2]) hieraus würde folgen, dass der Wasserstoff sich weiter zu verbreiten scheint als der Stoff, dessen Leuchten die anderen Nebellinien erzeugt. Keeler hat endlich auch die ungleiche Beschaffenheit der inneren und äußeren Theile des Orionnebels spectroskopisch nachgewiesen und, wie bereits oben (S. 506) erwähnt, als der Erste an 14 helleren Gasnebeln aus beobachteten Linienverschiebungen das Vorhandensein von Eigenbewegungen dieser Objecte dargethan. Diese geistvollen Untersuchungen, welche

[1]) Der helle Längsstreifen ist das (überexponierte) Spectrum eines Trapezsternes; die hellen Querlinien, welche diesen Streifen kreuzen, sind die Linien des eigentlichen Nebelspectrums.

[2]) Unabhängig von der in dem sogenannten Purkinje'schen Phänomen beobachteten Verschiedenheit der physiologischen Wirkung verschieden gefärbter, durch die nämliche Lichtquelle erzeugter Spectrallinien bei verschiedener Intensität der sie erzeugenden Lichtquelle.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

zum Theile mit Hilfe des in Keelers Hand erst zu voller Geltung und Wirksamkeit gelangten Crossley-Reflectors des Lick-Observatory durchgeführt wurden und durch Beobachtungen Pickerings und Barnards ihre Bestätigung fanden, waren die letzte größere Arbeit des großen, viel zu früh dahingeschiedenen Forschers; Ehre seinem Andenken! — — —

Davon, dass v. Gothard auf die allmähliche Umwandlung des Spectrums der Neuen Sterne in die Form des Spectrums der planetarischen Nebel hingewiesen hat, war schon die Rede; thatsächlich ist die vollkommene Ähnlichkeit des am 23. November 1892 aufgenommenen und in Fig. 6 abgebildeten Spectrums der im Februar 1892 erschienenen Nova Aurigae mit dem Spectrum eines planetarischen Nebels höchst auffallend. Auf dieses ganz charakteristische Aussehen des merkwürdigen Gasspectrums der planetarischen Nebel hat auch Pickering, und zwar zu dem Zwecke aufmerksam gemacht, um diese Himmelskörper, die ja ihrem Aussehen nach von Fixsternen sich oft nur sehr schwer unterscheiden lassen, mit Hilfe des Spectroskops (unter Verwendung eines Objectivprismas) leicht als Nebel zu erkennen. Die Zweckmäßigkeit dieser Methode wird wohl am besten durch den Anblick von Fig. 6 illustriert, wenn wir bedenken, dass das Spectrum eines planetarischen Nebels, wie erwähnt, im allgemeinen genau so aussieht, wie das in dieser Figur abgebildete Spectrum der Nova Aurigae vom 23. November 1892, und berücksichtigen, dass, wie es ja in dieser Figur auch zu sehen ist, alle Fixsterne

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

im Bildfelde des Objectivprismas in Spectralstreifen ausgezogen sind.

Hiemit sind wir am Schlusse unserer Darstellung angelangt. In einer Reihe von Bildern — die oft nur skizzenhaft angedeutet sein konnten, da deren weitere Ausführung einen viel zu breiten Raum in Anspruch genommen hätte — haben wir gesehen, wie uns durch das Spectroskop, namentlich in Verbindung mit der photographischen Platte als Spectrograph, eine ganz neue Welt erschlossen worden ist. Prüfend und erkennend sind wir mit diesem wunderbaren Instrumente in ferne Räume des Weltalls vorgedrungen, von denen es noch vor gar nicht langer Zeit schien, als sollten hier unserem Forschen frühe und unüberschreitbare Grenzen gesetzt bleiben, Grenzen, die manche schon mit dem Bannworte des berühmten Dubois-Reymond'schen „Ignorabimus" für alle Zukunft uns verschlossen wähnten: ein einfaches Glasprisma war der Zauberschlüssel, durch dessen Berührung die geheimnisvollen Pforten dieses Märchenlandes klingend aufsprangen, unserem verwirrten Auge den Ausblick auf eine Unzahl der herrlichsten Wunder eröffnend.

Und so erstaunlich sind schon jetzt die Erfolge der Forschung auf diesem doch noch ganz jungen Wissensgebiete, dass es gewiss nicht zu kühn erscheint, wenn wir an die weitere Ausgestaltung dieser Disciplin die freudigsten Hoffnungen für die Zukunft knüpfen und ihre Einführung in die Wissenschaft als den verheißungsvollen Beginn einer neuen Epoche des großartigsten Auf-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

schwunges in der Erforschung des Wunderbaues der Sternenwelt ahnungsvoll begrüßen.

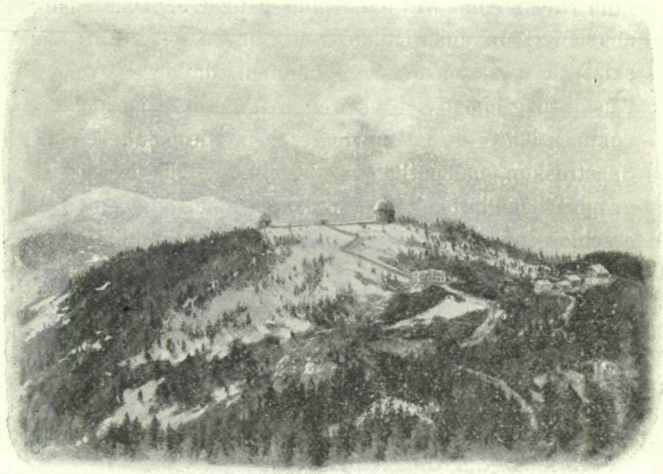

Fig. 10. Das projectierte astrophysikalisch-meteorologische Bergobservatorium auf dem Sonnwendstein.

Die ersten Culturnationen der Welt kämpfen auf diesem friedlichen Plane des Wissens um die Palme des Erfolges; nur uns Österreichern ist es bisher noch verwehrt gewesen, an diesem edlen Wettkampfe mit der Vollkraft unseres Könnens theilzunehmen, und zwar vornehmlich deshalb, weil es bisher noch immer an einer geeigneten Forschungsstätte für derartige Untersuchungen gefehlt hat. Wollen wir hoffen, dass die Be-

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

strebungen zur Errichtung eines großen astrophysikalisch-meteorologischen Observatoriums im Semmeringgebiete bald von Erfolg gekrönt seien; dann wird auch unser schönes Vaterland an jenen hohen wissenschaftlichen Bethätigungen nicht nur vollwertig theilnehmen, sondern, vermöge der ungewöhnlich günstigen örtlichen Lage seiner Arbeitsstätte, auch eine führende Rolle erringen können in einer mächtigen Bewegung der Geister, deren Richtungen nach den höchsten Zielen menschlicher Erkenntnis weisen!

Dem Vortrage folgte die Vorführung von 50 Laternbildern mit dem Skioptikon; unter diesen mögen als die wichtigsten folgende hervorgehoben werden:

1. Exner und Haschek, Funkenspectra (theilweise mit Linienveränderungen) von *Hg, Ti, Fe, Ur, Ba, Ca* und das Sonnenspectrum zwischen den Fraunhofer'schen Linien F und H_1, H_2.
2. Eder und Valenta, Linienverschiebung durch Druck im Spectrum von *Ca* und *Cl*.
3. Harvard-College-Observatory (Arequipa-Station), Komet Swift 1892.
4. v. Gothard, Spectrum des Kometen Swift 1892.
5. Harvard-College-Observatory (Arequipa-Station), Meteorspectrum.
6. v. Gothard, Spectrum von α Lyrae (I, a, 2), β Pegasi (III a) und α Herculis (III a).

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

7. v. Gothard, Spectrum der Wolf-Rayet-Sterne im Schwan (II b).
8. Harvard-College-Observatory (Arequipa-Station), Spectrum des Veränderlichen im Skorpion.
9. Lick-Observatory, Spectrum von o Ceti.
10. v. Gothard, Spectrum der Nova Aurigae, 1892, II, 14.
11. v. Gothard, Spectrum der Nova Aurigae, 1892, XI, 23.
12. v. Gothard, Spectrum eines planetarischen Nebels (G. C. 4628).
13. Lick-Observatory, Spectrum von χ Draconis.
14. Harvard-College-Observatory, Sternhaufen ω Centauri.
15. Wolf (Heidelberg, Königstuhl-Observatorium) Andromeda-Nebel.
16. Lick-Observatory, Spiralnebel in den Jagdhunden.
17. Harvard-College-Observatory (Arequipa-Station), Spiralnebel in der Hydra.
18. Lick-Observatory, Ringnebel in der Leyer.
19. v. Gothard, Ringnebel in der Leyer.
20. v. Gothard, Spectrum des Ringnebels in der Leyer.
21. v. Gothard, Dumbbell-Nebel (G. C. 4532).
22. v. Gothard, Spectrum des Dumbbell-Nebels.
23. Lick-Observatory, Orion-Nebel.
24. v. Gothard, Spectrum des Orion-Nebels.
25. Ansicht der Bergstation des Harvard-College-Observatory in Arequipa.
26. Mills-Spectrograph des Lick-Observatory.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

27. Ansicht des Lick-Observatory im Sommer.
28. Ansicht des Lick-Observatory im Winter.
29. James Lick.
30. Das projectierte astrophysikalisch-meteorologische Bergobservatorium auf dem Sonnwendstein.

Den Herren Campbell, Pickering, Wolf und v. Gothard möchte ich hier am Schlusse für die prächtigen Bilder, die sie mir in so freundlich entgegenkommender Weise zur Verfügung gestellt haben, nochmals meinen wiederholten herzlichsten Dank aussprechen.

Von den Spectrogrammen und Instrumenten des Potsdamer Observatoriums konnte ich leider keine directen Bilder nach Originalcopien erhalten, mit Ausnahme des Bildes eines älteren Spectrographen, das ich der Güte des Herrn v. Gothard verdanke.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

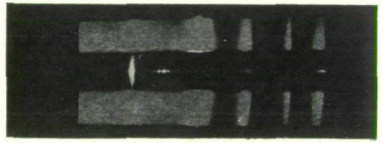

Fig. 2. Spectrum des Kometen Swift (1892).

Nach einer Aufnahme v. Gothards in Herényi (Ungarn). (Als Vergleichsspectrum oben und unten das Kohlenwasserstoffspectrum.)

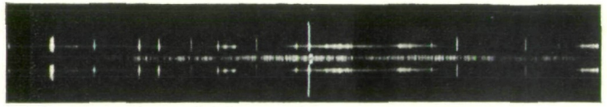

Fig. 3. Spectrum von *o* Ceti.

Nach einer Aufnahme mit dem Mills-Spectrograph des Lick-Observatory. Vergleichsspectrum Wasserstoff; in der Mitte die Wasserstofflinie $H\gamma$ (λ 4340·7). Spectralbezirk λ 4270 bis λ 4470.

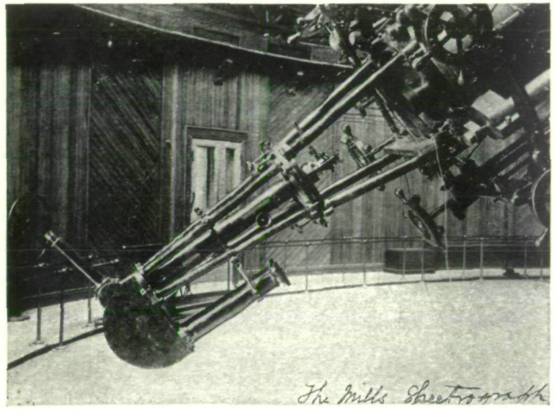

Fig. 4. Der Mills-Spectrograph des Lick-Observatory.

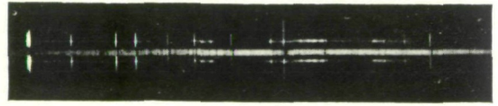

Fig. 7. Spectrum von χ Draconis (spectroskopischer Doppelstern.)

Nach einer Aufnahme mit dem Mills-Spectrograph des Lick-Observatory. Vergleichsspectrum Wasserstoff; Spectralbezirk λ 4270 bis λ 4470; in der Mitte die Wasserstofflinie $H\gamma$ (λ 4340·7).

Fig. 6. Spectrum der Nova Aurigae am 23. November 1892.

Nach einer Aufnahme v. Gothards in Herényi (Ungarn) mit einem $10^1/_4$"-Reflector und Objectivprisma.

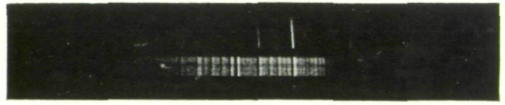

Fig. 5. Spectrum der Nova Aurigae am 14. Februar 1892.

Nach einer Aufnahme v. Gothards in Herényi (Ungarn) mit einem $10^1/_4$"-Reflector und Quarzspectrograph.

Fig. 8. Spectrum des Ringnebels in der Leyer.

Nach einer Aufnahme v. Gothards in Herényi (Ungarn) mit einem $10^1/_4$"-Reflector und Objectivprisma.

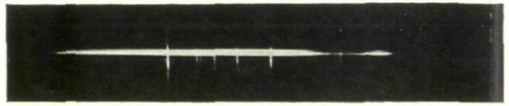

Fig. 9. Spectrum des Orionnebels und der Trapezsterne dieses Nebels.

Nach einer Aufnahme v. Gothards in Herényi (Ungarn) mit einem $10^1/_4$"-Reflector und Quarzspectrograph.