Ströme einer electromotorischen Kraft von zwei bis drei Daniell entsprachen. Ferner gestatteten dieselben, die Polarisationsconstanten q in absoluten Einheiten anzugeben. Hierüber soll in einer folgenden Mittheilung berichtet werden.

Halle a. S.

XVIII. *Die auswählende Absorption der Energie der Sonne; von S. P. Langley.*

(Hierzu Taf. III u. IV.)¹⁾

Im Jahre 1800 veröffentlichte Sir William Herschel in den Philosophical Transactions seine Untersuchungen über dunkle Wärme, aus welchen er schloss, dass Wärme und Licht ihrem Wesen nach verschieden sind.

Diese Anschauung wurde von den nachfolgenden Autoren dahin modificirt, dass jeder Strahl drei Qualitäten enthalte, Wärme, Licht und chemische Wirkung, während in der Neuzeit viele Physiker zu der weiteren Ueberzeugung gekommen sind, dass Wärme, Licht und chemische Wirkung nicht sowohl specielle jedem Strahl inhärirende Qualitäten sind, als vielmehr Offenbarungsarten einer gemeinsamen Energie; oder, ganz allgemein, dass dieselbe Aetherwelle uns sowohl Wärme als auch Licht und chemische Wirkung liefert, je nach der Natur des von ihm getroffenen Körpers.

Diese letzteren Anschauungen können gleichwohl nicht als von allen Physikern angenommen betrachtet werden.

Dr. J. W. Draper sprach bereits vor geraumer Zeit aus, dass das Wärmemaximum nicht nothwendig in jedem Fall stets im Ultraroth liegen müsse (wenn dies auch in dem prismatischen Spectrum der Fall ist), und dass in einem Normalspectrum es im Orange sich befinde. Diese Folgerungen für das Normalspectrum liessen sich durch kein in seinem Besitze befindliches Mittel experimentell bestätigen. Es war ihm mit den feinsten zu Gebote stehenden Thermoelementen unmöglich, merkbare Wärme beim Gitterspectrum zu erhalten, wenn er nicht alles, was in den beiden

1) Die Tafeln verdankt die Redaction der Güte des Herrn Autors.

Hälften desselben lag, zusammenfasste. Aber es folgte doch, dass, wenn es je möglich wäre, so geringe Wärmemengen zu messen, die Schlüsse an getrennten Strahlen des Gitterspectrums verificirt werden könnten.

Es ist bis jetzt, soweit mir bekannt ist, niemandem gelungen, die Wärme eines Diffractionsspectrums zu messen, ausgenommen im Ganzen; letzteres dadurch, dass man z. B. die ganze obere oder die ganze untere Hälfte eines Spectrums auf die Thermosäule concentrirte und so zu einigen Resultaten gelangte, die zwar nicht werthlos waren, aber doch nicht das Interesse bieten konnten, welches sich an solche anknüpfen muss, die wir dann zu erwarten haben, wenn wir mit hinreichender Annäherung die Energie einer jeden einzelnen Wellenlänge zu messen im Stande sind. Ich habe viele Jahre auf das Studium der strahlenden Wärme der Sonne mit der Thermosäule verwandt, und so konnte ich mich der Hoffnung hingeben, dass es mir bei der langjährigen Erfahrung mit den für dieses Instrument nöthigen Vorsichtsmaassregeln und im Besitz der empfindlichsten Apparate gelingen würde, bessere Resultate als meine Vorgänger zu erhalten. Gleichwohl fand ich, dass die erhaltenen Resultate zu unbestimmt waren, um einen besonderen Werth beanspruchen zu können, und dass die Wissenschaft keinen Apparat besass, der so kleine Mengen strahlender Wärme zu messen gestattete; denn die mittlere Wärme in dem Diffractionsspectrum erreicht unter den günstigsten Umständen nicht ein Zehntel derjenigen im prismatischen und ist gewöhnlich noch viel kleiner.

Ich versuchte daher ein empfindlicheres Instrument als die Thermosäule zu ersinnen, das zu gleicher Zeit ein wirklicher „Messapparat“ und nicht ein blosser „Anzeiger“ für das Vorhandensein einer schwachen Strahlung wäre und gelangte durch fast ein Jahr lang dauernde Versuche zu der Construction des Bolometers (*βολῆ μετρών*), eines Instrumentes, dessen Details in den „Proc. of American Acad. of Arts and Sc. 16. 1881“¹⁾ beschrieben sind. Mit diesem Apparate wurden

1) Beibl. 5. p. 191.

die Versuche in Betreff des Gitterspectrums wieder aufgenommen und wurde der erste unzweifelhafte Nachweis für messbare Wärme, in einem fast linearen Theile des Spectrums, am 7. October 1880 erhalten. Fast das ganze Jahr 1880 verging mit Verbesserungen des Apparates oder mit der Anstellung solcher Versuche, die zuerst auf werthvolle Resultate hoffen liessen.

Man wird sich überzeugen, dass die Resultate beinahe den vollständigen experimentellen Beweis gewähren, den der Gegenstand zulässt, dass jeder Strahl, mag er nun in dem „chemischen“, „sichtbaren“ oder „Wärme“-Theil liegen, sich als Wärme bemerkbar machen kann; und dass das Maximum der Wärme in dem Normalspectrum in der Nähe des Gelb liegt. — Dadurch, dass alle diese Beobachtungen zweimal täglich angestellt wurden, und zwar zu den Zeiten sehr verschiedener atmosphärischer Absorption, sind wir im Stande, den Betrag dieser Absorption für jeden Strahl des Spectrums besonders zu berechnen. Diese Untersuchungen sind nothwendig langwierig und schwierig, aber sie haben zu ganz unerwarteten Resultaten geführt. Eine Uebersicht über die Resultate findet sich am Schlusse der Abhandlung.

Vorläufige Beobachtungen.

Die Messungen mit dem Gitterspectrum haben den Vorzug, dass sie direct sich auf die Wellenlänge eines jeden Strahles beziehen; aber während die Wärme im Gitterspectrum, wie schon erwähnt, im günstigsten Falle immer noch kleiner als ein Zehntel derjenigen im prismatischen ist, ist ihre Wirkung, wenn man so schmale Theile, dass man dieselben als homogen betrachten kann, untersucht, beinahe unmerklich. Die Schwierigkeiten der Messung mit dem Gitter werden noch durch das Uebereinanderfallen der Spectra vergrößert. Für diese ersten Messungen, welche bis zu einer Wellenlänge von einem Tausendstel eines Millimeters¹⁾ angestellt wurden,

1) Für die Messungen ist die Einheit für die Wellenlänge das Mikron (μ) = $\frac{1}{1000}$ mm, oder 10000 mal die Einheit von Ångström. Somit wird die Wellenlänge von Fraunhofer's „A“ 0,76 μ .

habe ich zwei Rutherford'sche Gitter auf Spiegelmetall benutzt, von denen das eine 17296 Linien auf den Zoll oder 681 auf den Millimeter, das andere halb soviel enthielt.

Ich benutzte einen Spalt in einer Entfernung von 5 m ohne Collimator und stellte das Gitter senkrecht zu der optischen Axe; demnach sind die Strahlen durch kein absorbirendes Medium hindurchgegangen, mit Ausnahme der Atmosphäre der Sonne und unserer eigenen.

Die Strahlen fallen von dem Gitter auf einen Hohlspiegel (dessen Hauptbrennweite ungefähr 1 m beträgt) und werden von diesem auf die Oeffnung des Bolometers concentrirt, wobei sie ein schmales Spectrum bilden, welches durch das Gehäuse des Apparates geht und auf den Draht des Bolometers fällt. Da dieser Draht sich längs des Spectrums parallel zu den Fraunhofer'schen Linien bewegt, so wird eine Coincidenz mit einer von diesen durch eine Temperaturerniedrigung und einen entsprechenden Ausschlag des Galvanometers angezeigt. Der Apparat ist daher in gleicher Weise für die unsichtbaren, wie für die sichtbaren Strahlen verwendbar. Es ist nicht unwesentlich, zu bemerken, dass sich kein Schirm zwischen Bolometer und Gitter befindet, denn die Temperatur des Schirmes selbst, wenn er verstellt oder zurückgezogen wird, muss die Messungen beeinflussen. Während des Versuchs war das Bolometer fortwährend der Strahlung vom Gitter ausgesetzt, und zwar entweder der von diesem reflectirten oder der von seiner Substanz ausgestrahlten. Die Unterbrechung der Sonnenstrahlung geschieht an dem anderen Ende, 5 m entfernt von dem Gitter. Bei den angewandten Gittern ist eins der zweiten Spectra sehr schwach, ja es fehlt fast. Die Strahlen des zweiten Spectrums liegen nothwendig über denen im ersten mit doppelter Wellenlänge; und da jede Wahrnehmung der Sonnenstrahlung in den empfindlichsten Apparaten auf der Meeresoberfläche in der Nähe von $\lambda = 0,3\mu$ im Ultraviolett verschwindet, so folgt daraus, dass wir in dem ersten Spectrum streng bis zu $\lambda = 0,6\mu$ aber in der That noch weiter messen können, ohne befürchten zu müssen, dass unsere Resultate durch das darüber gelagerte zweite Spectrum, selbst wenn

dasselbe intensiv wäre, beeinflusst würden. Ueber $0,7\mu$, also in der Nähe der Grenze des Roth im ersten Spectrum, liegt $0,35\mu$ im zweiten, wo die Wärme in Wirklichkeit stets zu vernachlässigen ist. Wir sind daher auch, da die Wärmemenge im zweiten Spectrum bei $0,5\mu$ bekannt ist, und da

Fig. 1.

unser äußerster Beobachtungspunkt bei $1,0\mu$ im ersten über $0,5\mu$ im zweiten Spectrum liegt, sicher, dass kein beträchtlicher Fehler hierdurch entstehen kann, wenn für die geringe Wirkung des zweiten Spectrums eine Correction eingeführt wird. Eine weitere Correction erhält man, wenn man das benutzte Gitter durch ein so grob getheiltes ersetzt, dass keine beträchtliche Abweichung vom Spalt bei irgend einem Theil des beobachteten Spectrums verursacht wird. Das Bolometer (dessen constante Stellung zum Hohlspiegel eine derartige war, dass die optische Axe des letzteren den Winkel zwischen seinem centralen Draht und dem Mittelpunkt des Gitters halbirte) wurde zugleich mit dem Hohlspiegel durch eine Tangentialschraube im Bogen bewegt, sodass das Spectrum über seine Oberfläche hinwegzugehen schien.

Die wirkliche Ablenkung eines der Beobachtung unterworfenen Strahles wurde an einem Theilkreis abgelesen, an dem sich der Spiegel und der

das Bolometer tragende Arm verschieben liess. Der ganze Apparat wurde später durch einen vervollkommneteren ersetzt, und sehen wir daher hier von einer besonderen Beschreibung ab. In Fig. 1 ist *S* der Spalt, *G* das Gitter, *M* der Hohlspiegel und *C* der Theilkreis.

Das Licht kam von dem Silberspiegel eines Heliostaten

und ging durch den Spalt in einer Entfernung von 5 m vom Gitter, welches über dem Mittelpunkt des Kreises einer massiven Theilmaschine unverrückbar befestigt war. Dabei steht die Ebene des Gitters immer senkrecht zu der seinen Mittelpunkt mit dem Spalt verbindenden Linie. Spiegel und Bolometer nebst Zubehör waren mit dem Kreis, der beweglich war, verbunden.

Durch eine weitere Correction wurde die Absorption des Metallspiegels berücksichtigt; dagegen konnte die Absorption des eisernen Streifens des Bolometers nur in indirecter Weise in Rechnung gebracht werden. Letzteres geschah durch Vergleichung mit der Wirkung eines Bolometers mit einer berussten Oberfläche. Die ganze Untersuchung ist mit einem solchen Bolometer wiederholt worden, ohne dass die erhaltenen Resultate irgendwie modificirt worden wären. Die Wellenlängen folgen aus den gemessenen Winkeln nach der Formel $ns\lambda = \sin i + \sin r$, wo n die Ordnung des Spectrums, s die Entfernung der Gitterlinien, λ die Wellenlänge des Strahles, i den Einfallswinkel (in unserem Falle 0°) und r den Diffractionswinkel bezeichnet.

Bei den ersten Beobachtungen schien bei einer Prüfung des Diffractionsspectrums bis zu $\lambda = 1,0^\mu$ die Energie in dem unsichtbaren Theile viel geringer als im sichtbaren zu sein. Etwas Bestimmtes ist bis jetzt dem Physiker über die Ausdehnung des normalen Sonnenspectrums nicht bekannt; indessen nimmt man gewöhnlich aus theoretischen Erwägungen für das prismatische Spectrum eine etwas grössere Ausdehnung als die obige an, und ein mit diesem Gegenstande sehr vertrauter Autor (Draper)¹⁾ betrachtete diese Wellenlänge ($1,0^\mu$) als die äusserste bekannte Grenze.

Von Anfang an schien es unwahrscheinlich zu sein, dass die Wärmemenge unter dem Roth wesentlich grösser oder nur gleich sein sollte derjenigen oberhalb; denn dann müsste (da die Wärmemenge bei der letzten Ordinate $\lambda = 1,0^\mu$ sehr klein ist) die Wärmecurve beim Gitter bis ungemein weit unter die äusserste Grenze sich ausdehnen, welche sich für das normale Spectrum aus der Beobachtung ergibt. Gleichwohl brachten

1) Draper, Proc. Am. Acad. 16. p. 233. 1880.

meine weiteren Untersuchungen mich zu der Ueberzeugung, dass diese ungeheuere und nicht bestätigte Ausdehnung wirklich existirt, und dass somit in ganz unabhängiger Weise die Behauptungen von Tyndall und anderen betreffs der grossen Wärme in dieser Region bestätigt werden. Ich konnte allerdings mit dem zur Verwendung gelangten Gitter wegen der übereinander liegenden Spectra die genaue Grenze nicht feststellen, vermuthete aber aus früheren von mir vor zwei Jahren durchgeführten Beobachtungen das Vorhandensein der Sonnenwärme bis zu einer Entfernung von nahezu viermal der Wellenlänge der untersten sichtbaren Linie, $A(\lambda = 0,76\mu)$ oder bis zu $\lambda = 3,0\mu$.

Wir erhalten alle Sonnenstrahlen durch eine absorbirende Atmosphäre, und muss somit zunächst die Grösse dieser auswählenden Absorption für jeden Strahl besonders bestimmt werden. Das ist bis jetzt meines Wissens nie geschehen und bildet einen wesentlichen Theil der vorliegenden Arbeit.

Die grosse Schwierigkeit bei diesen Untersuchungen liegt nach der Beschaffung eines hinreichend empfindlichen Wärmemessers in den variablen Mengen strahlender Energie, welche unsere Atmosphäre selbst bei gleich dicken Luftschichten durchsetzt. Die Sonnenstrahlung selbst ist merklich constant, aber die Variationen der zu uns gelangenden Wärme sind selbst von Minute zu Minute bei anscheinend klarem Himmel bemerkbar. Das Bolometer sieht in der That, wenn ich den Ausdruck gebrauchen darf, Wolken, die dem Auge unsichtbar bleiben. Dass diese fortwährenden Aenderungen in äusseren Ursachen und nicht im Instrument selbst begründet sind, wurde durch Messungen mit einer constanten Wärmequelle zur Genüge bewiesen.

So wurde beispielsweise mit einer Petroleumlampe, die ungefähr am Galvanometer denselben Ausschlag, wie die Sonne verursachte, constatirt, dass eine einzelne Beobachtung einen wahrscheinlichen Fehler von weniger als 1 Proc. enthält.

Die Variationen von Minute zu Minute (unter einem anscheinend hellen Himmel) erreichen oft zehnmal den genannten wahrscheinlichen Fehler, und können diese nur durch

vielfache Wiederholung der Beobachtungen an verschiedenen Tagen eliminirt werden. In der That sind 29 derartiger täglicher Beobachtungen bei den Vorversuchen angestellt worden, doch musste eine noch weit grössere Anzahl wegen der beträchtlicheren atmosphärischen Schwankungen zwischen Morgen und Nachmittag unberücksichtigt gelassen werden. Selbst in diesen 29 Tagen, die man als besonders hell betrachten konnte, war nur in zehn Fällen der Himmel am Morgen und Nachmittag genügend constant, um vollständige Versuchsreihen erhalten zu können.

Begreiflicherweise versuchten wir täglich wenigstens zwei Versuchsreihen durch das ganze Spectrum anzustellen, eine, wenn die Strahlen wenig absorbirt wurden, (am Mittag) und die andere, wenn sie eine grössere Absorption erfahren hatten (am Morgen oder Nachmittag). Die Luftmasse, welche die Strahlen passiren, ist für Zenithdistanzen kleiner als 65° proportional der Secante, und für solche grösser als 65° proportional:

$$\frac{0,174 \times \text{der atm. Refraction}}{\cos (\text{scheinbare Höhe})},$$

sowie stets proportional dem Barometerstand gesetzt. Sie ist in Einheiten ausgedrückt, von denen jede den Druck eines Decimeters Quecksilber an der Meeresoberfläche darstellt.

Da dort der Barometerstand 7,6 dcm, so gibt $t^{7,6}$ die Transmission für eine Atmosphäre. Der Transmissionscoëfficient für eine Atmosphäre ist somit der Theil der von einer Sonne im Zenith an einen Beobachter auf der Meeresoberfläche übermittelten Strahlung, und diese ergibt sich als für jeden Strahl sehr verschieden. So zeigt ein Blick auf Tabelle 3, dass von drei Sonnenstrahlen mit den Wellenlängen 0,375, 0,600, 1,000 μ , beim ersten (im Ultraviolett) 61 Proc. der ursprünglichen Energie absorbirt und 39 Proc. durchgelassen werden, beim zweiten (im Orange) 36, resp. 64 Proc. beim dritten (im Ultraroth) 20, resp. 80 Proc. etc.

Vorbereitende Bolometerbeobachtungen zu Allegheny über das Diffractionsspectrum für die Expedition nach Mount Whitney.

Die folgende Tabelle gibt die Tage an, an welchen Bolometerbeobachtungen in Allegheny bis zum Juni 1881 für die

Messung der Wärme im Spectrum und die Bestimmung der atmosphärischen Transmission angestellt wurden, und zwar durch Vergleichung von Mittags- und Nachmittagsbeobachtungen. Diejenigen Tage, an welchen die Mittagsmessungen durch fortwährende Aenderungen am Himmel oder durch andere Ursachen sich als für den genannten Zweck nutzlos erwiesen, sind mit einem Sternchen bezeichnet.

Tage: 1880, Nov. 12*, Dec. 11*, 18*. 1881, Jan. 12*, 18*, 28; Febr. 2, 3*, 5*, 17, 19*, 22*, 26*; März 2*, 10*, 11*, 25*, 28*; April 7*, 16*, 22, 23, 28*, 29, 30; Mai 4*, 26*, 27*, 28.

Die folgende Tabelle enthält die beobachteten Galvanometerausschläge, und zwar so reducirt, dass die Ablenkungen der Stromstärke proportional sind, dabei ist:

d' der Galvanometerausschlag bei hohem Sonnenstand,
 d'' „ „ „ „ „ niedrigem „

Tabelle 1.

$\lambda =$	0,375 μ	0,400	0,450	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000	
28. Jan. 1881	$\left\{ \begin{array}{l} d' \\ d'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 101 \\ 43 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 374 \\ 167 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 383 \\ 268 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 320 \\ 215 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 221 \\ 221 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 144 \\ 116 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 102 \\ 78 \end{array} \right.$
2. Febr. . . .	$\left\{ \begin{array}{l} d' \\ d'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 34 \\ 3 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 80 \\ 20 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 215 \\ 61 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 289 \\ 104 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 307 \\ 141 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 293 \\ 195 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 175 \\ 91 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 93 \\ 47 \end{array} \right.$
17. Febr. . . .	$\left\{ \begin{array}{l} d' \\ d'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 23 \\ 8 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 62 \\ 25 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 120 \\ 58 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 232 \\ 110 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 260 \\ 133 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 227 \\ 151 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 188 \\ 80 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 71 \\ 39 \end{array} \right.$
22. Apr. . . .	$\left\{ \begin{array}{l} d' \\ d'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 19 \\ 6,5 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 43,5 \\ 17 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 154 \\ 63 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 236 \\ 119,5 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 262 \\ 171,5 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 239,5 \\ 180,5 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 177,5 \\ 122,5 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 123,5 \\ 89,5 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 98 \\ 84 \end{array} \right.$
23. Apr. A.M.	$\left\{ \begin{array}{l} d' \\ d'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 59 \\ 41 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 152 \\ 124 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 206 \\ 189 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 263 \\ 258 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 227 \\ 257 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 191 \\ 187 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 121 \\ 122 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 94 \\ 96 \end{array} \right.$
23. Apr. P.M.	$\left\{ \begin{array}{l} d' \\ d'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 59 \\ 32 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 152 \\ 103 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 206 \\ 124 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 263 \\ 188 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 277 \\ 198 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 191 \\ 140 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 121 \\ 80 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 94 \\ 66 \end{array} \right.$
29. Apr. A.M.	$\left\{ \begin{array}{l} d' \\ d'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 13 \\ 10 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 29 \\ 22 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 113 \\ 65 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 151 \\ 126 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 235 \\ 156 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 235 \\ 197 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 139 \\ 135 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 100 \\ 98 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 89 \\ 86 \end{array} \right.$
29. Apr. P.M.	$\left\{ \begin{array}{l} d' \\ d'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 13 \\ 5 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 29 \\ 8 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 113 \\ 49 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 151 \\ 62 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 235 \\ 107 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 235 \\ 116 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 139 \\ 72 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 100 \\ 58 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 89 \\ 66 \end{array} \right.$
30. Apr. . . .	$\left\{ \begin{array}{l} d' \\ d'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 21 \\ 18 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 55 \\ 33 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 121 \\ 97 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 186 \\ 148 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 245 \\ 220 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 259 \\ 232 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 175 \\ 166 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 119 \\ 97 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 90 \\ 80 \end{array} \right.$
28. Mai. . . .	$\left\{ \begin{array}{l} d' \\ d'' \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 8 \\ - \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 34 \\ 2 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 99 \\ 9 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 109 \\ 27 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 144 \\ 52 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 134 \\ 66 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 89 \\ 61 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 64 \\ 33 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 52 \\ 39 \end{array} \right.$

Die nächste Tabelle gibt die Stellung der Sonne und die entsprechenden Luftmassen für jede Reihe der vorhergehenden Tabelle. In dieser Tabelle bezeichnet β den Barometerstand (in Decim.), und M ist bestimmt durch die Formel:

$$M = \frac{0,0174 \times \text{atm. Refraction.}}{\cos. (\text{scheinb. Höhe})}.$$

Tabelle 2.

Datum	Hoher Sonnenstand				Niedriger Sonnenstand			
	Stundenw. der Sonne	Zenith- distanz der Sonne	β .	M_{β} .	Stundenw. der Sonne	Zenith- distanz der Sonne	$\beta_{..}$	$M_{.. \beta_{..}}$
28. Jan. 1881	h m	58° 29'	7,45	14,25	h m	71° 28'	7,45	23,24
2. Febr. . . .	0 09	57 09	7,39	13,63	3 00	70 45	7,39	22,24
17. Febr. . . .	0 38	52 57	7,43	12,33	2 56	66 09	7,42	18,25
22. Apr. . . .	0 12	28 13	7,36	8,35	4 36	66 22	7,36	18,32
23. Apr. V.M.	0 11	27 49	7,40	8,37	2 45	45 30	7,40	10,56
23. Apr. N.M.	0 11	27 49	7,40	8,37	4 26	63 57	7,40	16,35
29. Apr. V.M.	0 06	25 50	7,35	8,17	3 11	48 46	7,35	11,15
29. Apr. N.M.	0 06	25 50	7,35	8,17	5 23	73 36	7,35	35,73
30. Apr. . . .	0 04	25 31	7,41	8,21	3 54	56 31	7,41	13,43
28. Mai. . . .	0 11	19 03	7,35	7,75	5 33	71 14	7,32	22,33

Durch Combination der Beobachtungen bei hohem und niedrigem Sonnenstand für jeden Tag besonders erhält man die Coëfficienten der atmosphärischen Transmission nach der Formel:

$$\log t = \frac{\log d_{..} - \log d_i}{M_{..} \beta_{..} - M_i \beta_i},$$

wo t den Coëfficienten der verticalen Transmission durch Luft bei einem Barometerstand von 1 dcm darstellt. Diese Coëfficienten sind in einer Tabelle zusammengestellt worden, doch sind in der folgenden nur die Mittelwerthe gegeben.

Tabelle 3.

$\lambda =$	0,375	0,400	0,450	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
Angenommenes t	0,884	0,892	0,909	0,923	0,942	0,955	0,965	0,970	0,971
$t^{7,6}$	0,392	0,420	0,485	0,544	0,636	0,705	0,763	0,794	0,799

Bemerkenswerth ist, dass, entgegen der allgemeineren Annahme, die Durchlässigkeit der Atmosphäre sich

hier am grössten für die ultrarothten Strahlen ergibt.

Die sämmtlichen brauchbaren neun Beobachtungen sind auf dieselbe Stromstärke von 0,25 Weber reducirt und die Resultate in zwei Reihen, für die Winter- und die Frühjahrsmessungen, zusammengestellt.

Hier folgen auch wieder nur die Mittelwerthe.

Tabelle 4.

$\lambda =$	0,375	0,400	0,450	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
Winter d , (Mittel aus 7 Reihen) . . .	31	88	190	294	328	259	172	111	91
Frühjahr d , (Mittel aus 9 Reihen) .	18	57	139	218	281	271	188	121	94

Die mittleren Mittagsausschläge in der vorigen Tabelle für Winter und Frühling bedürfen noch einer weiteren Correction; zuerst für den darüberlagernden Theil des (schwachen) zweiten Spectrums, wofür man aus vorläufigen Versuchen hier $\frac{1}{30}$ des Betrags beim ersten angenommen hat, zweitens für die auswählende Absorption durch die Silberoberflächen, drittens für die auswählende Absorption durch eine Oberfläche von Spiegelmetall, viertens für die Wärmeabnahme im Gitterspectrum mit wachsendem Diffractionswinkel, die vorläufig dem Bogen r proportional angenommen ist; die auswählende Absorption durch die Substanz des Bolometers wird hier vernachlässigt.

Diese Correctionen drücken sich als Factoren aus, mit welchen die uncorrigirten Ausschläge nacheinander zu multipliciren sind, mit Ausnahme der ersten zu subtrahirenden Correction. (Die zweite und dritte Correction ist hier durch Specialuntersuchungen über Metallabsorption bestimmt worden, welche den Gegenstand einer besonderen Abhandlung bilden werden.)

Die Untersuchungen über die auswählende Absorption von Lampenruss sind unvollständig und müssen daher die gegebenen Werthe noch einer zweiten Correction unterworfen werden.

Tabelle 5.

$\lambda =$	0,375	0,400	0,450	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
Correctionen									
I (subtr.)	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{30} \times d_{0,40}$	$\frac{1}{30} \times d_{0,45}$	$\frac{1}{30} \times d_{0,50}$
II (Factor)	3,005	2,067	1,606	1,448	1,301	1,227	1,192	1,166	1,145
III „	2,000	1,923	1,802	1,695	1,550	1,460	1,408	1,389	1,370
IV „	1,034	1,039	1,051	1,064	1,096	1,138	1,193	1,266	1,366

Wir haben bisher „Wärme“ gemessen, worunter wir die durch bestimmte Agentien in unseren Apparaten zur Beobachtung gelangende Sonnenenergie verstehen. In dem Maasse, als wir oben die specielle auswählende Energie eines jeden dieser Agentien eliminirt haben, können wir auch sagen, dass die resultirenden Werthe der Sonnenenergie selbst proportional sind. Wir wollen damit nicht behaupten, die so wenig behandelte und schwierige Frage streng gelöst zu haben, aber wir betrachten doch die gegebenen Curven als eine erste Annäherung an die Curve der absoluten Energie.

Nach diesen Correctionen werden die definitiven Werthe der Mittagsausschläge in Allegheny:

Tabelle 6.¹⁾

$\lambda =$	0,375	0,400	0,450	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
d , (corr.) Winter 1881 . . .	192,6	363,4	579,3	767,9	724,9	527,9	338,3	215,4	173,6
d „ (corr.) Frühjahr 1881 . .	111,9	235,4	523,7	569,6	621,0	552,5	372,3	238,0	234,6

Die mittlere Luftmasse im Winter ist = 13,88,

„ „ „ „ Frühjahr „ = 9,33.

Wir gehen jetzt zu der Berechnung der Energie ausserhalb der Atmosphäre für homogene Strahlen auf Grund der

1) Man sieht, dass, wenn auch im Winter die absorbirende Luftmasse $1\frac{1}{2}$ mal so gross ist, als im Frühjahr, die von den kürzeren Wellenlängen erhaltene Wärme in der That im Winter grösser ist als im Frühling. Vielleicht ist die Durchlässigkeit der Lichtstrahlen im Winter relativ grösser als im Frühling. Dies mag in gewisser Weise mit dem ungleichen Feuchtigkeitsgehalt in diesen beiden Jahreszeiten zusammenhängen. Die Tension des Wasserdampfes betrug während der Beobachtungen im Winter in der Umgebung 2 mm, im Frühling 8 mm.

gegebenen Werthe über. Zu dem Ende bedienen wir uns der Formel:

$$\log E = \log d, - M, \beta, \log t,$$

Hier bezeichnet E die Energie in einem Strahle ausserhalb der Atmosphäre (d. h. vor der tellurischen Absorption), $d,$ den mittleren Galvanometerausschlag zu Mittag, $\beta,$ den Barometerstand in Decimetern oder die verticale Luftmasse; $M\beta,$ die entsprechende Luftmasse für die Zenithdistanz der Sonne zu Mittag, und t den angenommenen Transmissionscoëfficienten.

Die folgende Tabelle ist nach den im Frühjahr 1881 beobachteten Werthen mit Mittelwerthen für die Transmission zusammengestellt, um die Beziehung zwischen der Energie ausserhalb der Atmosphäre und derjenigen bei hohem und niedrigem Sonnenstand zu Allegheny zu zeigen, wobei die verschiedenen absorbirenden Luftmassen bei den Beobachtungen bei niedrigem Sonnenstand auf denselben Werth, den doppelten als bei hohem Sonnenstand, reducirt sind.

Tabelle 7.

$\lambda =$	0,375	0,400	0,450	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
$E =$ Energie vor d.									
Absorption . . .	353	683	1031	1203	1083	849	519	316	309
$d,$ = Energie nach d.									
Absorption, (corr.									
hoh. Sonnenstand)	112	235	424	570	621	553	372	238	235
$d,,$ = Energie nach d.									
Absorption, (corr.									
niedrig. Sonnenst.)	27	63	140	225	311	324	246	167	167

E kann aus $d,$ und $d,,$ durch die bereits gegebene Formel berechnet werden und sind damit die Curven in Taf. III gezeichnet.

Die mittlere Curve gilt für hohen Sonnenstand. Man kann annehmen, dass die Fläche der Curve die wirklich durch die Actinometer zu Mittag beobachtete Wärmemenge, mit Ausnahme derjenigen unter der Wellenlänge $1,0\mu$, darstellt.

Die untere Curve gilt für niedrigen Sonnenstand. Ihre Fläche ist derjenigen Wärmemenge proportional, die beim

Scheinen der Sonne durch die doppelt so dicke absorbirende Luftmasse als zu Mittag erhalten wird.

Die obere punktirte Curve ist die „Curve ausserhalb der Atmosphäre.“ Ihre Fläche stellt diejenige Wärmemenge dar, welche unsere Apparate ganz ausserhalb der absorbirenden Luft nachweisen würden, und die Vertheilung dieser Wärme (Energie) vor der Absorption. Kennen wir die Werthe für die mittlere Curve in Calorien, so können wir leicht die Grösse der absoluten Wärme vor der Absorption (die Constante der Sonne) ermitteln.

Zu einem ganz anderen Resultat würden wir gelangen, wenn wir diesen letzten Werth durch directe Anwendung unserer logarithmischen Formel auf die gewöhnlichen actinometrischen Beobachtungen (d. h. auf solche, bei denen nur die Wirkung der gesammten Wärmestrahlen durch das Thermometer festgestellt wird) hätten bestimmen wollen. Gewöhnlich ist man so verfahren, doch kann dieser Weg nicht zu richtigen Resultaten führen; denn diese Exponentialformeln sind in der Theorie nur auf homogene Strahlen anwendbar, und die Abweichung von der Theorie involvirt hier einen nachweisbar beträchtlichen Fehler.

Die obigen Werthe (in Tab. 7) sind nur relativ. Um zu absoluten zu gelangen, müssen wir diese Resultate mit den Messungen der Strahlung der Sonne in Calorien oder anderen durch die Actinometer unter nahezu denselben Bedingungen gelieferten Einheiten combiniren. Wir werden damit gleichzeitig einen vorläufigen Werth für die Constante der Sonne erhalten. Als Mittel unserer Beobachtungen mit den Actinometern von Violle und Crova in den hellsten Tagen haben wir 1,81 Cal. in Allegheny im März 1881 beobachtet. Dies ist der absolute Betrag der durch die Fläche der ganzen Curve für hohen Sonnenstand dargestellten Wärme.

In diesem Resultat ist die in dem ganzen Spectrum vertheilte Wärmemenge enthalten, während doch unsere calorimetrischen Messungen in dem Diffractionsspectrum nur bis zu der Wellenlänge 1,0 μ gehen.

Indess, da wir in der That aus späteren Beobach-

tungen (siehe weiter unten) das Ende des Spectrums kennen, können wir mit Hülfe eben dieser Messungen die Curven weiter führen und ihre relativen Flächen mit ziemlicher Annäherung bestimmen. So finden wir durch Ausmessen der gezeichneten Flächen mit einer Correction für die nicht gezeichnete unter $\lambda = 1,0\mu$:

Flächen der äusseren Curve oberhalb	= 1,0 μ	47,26
" " " " unterhalb	= 1,00	26,49
		Summa 73,75
Flächen der Curven für hohen Sonnenstand oberhalb	= 1,0 μ	26,96
" " " " " " " unterhalb	= 1,0	20,00
		Summa 46,96

Diese Flächen verhalten sich also wie $73,75/46,96 = 1,57$.

Wir erhalten dann, wenn wir für die Sonnenstrahlung in Allegheny bei klarem Himmel 1,81 Calor. annehmen, $1,81 \times 1,57 = 2,84$ Calor. als Näherungswerthe für die Constante der Sonne.

Bei allen bisherigen Beobachtungen haben wir von den kleinen Aenderungen analog den Fraunhofer'schen Linien ganz abgesehen und nur die allgemeine Vertheilung der Energie gegeben. Die Bestimmung der Unterbrechungen der Energie infolge von sichtbaren oder unsichtbaren Linien oder Banden bildet eine besondere Untersuchung, deren Resultate weiter unten mitgetheilt werden.

Wir finden aus diesen vorläufigen Beobachtungen, dass das Energiemaximum in dem normalen Spectrum bei hohem Sonnenstand auf der Oberfläche der Erde in der Nähe des Gelb liegt, und dass die Lage des Wärmemaximums in der That von der des Lichtmaximums nicht verschieden ist. Man weiss schon lange, dass bestimmte ultraviolette und violette Strahlen stark absorbirt werden, aber man nahm an, dass die Absorption auch in dem Ultraroth zunähme, sodass der leuchtende Theil des Spectrums auch der am wenigsten absorbirte sei.

Dagegen sehen wir hier, nicht nur, wie enorm die Absorption am violetten Ende ist, sondern auch, dass die Lichtstrahlen, bevor sie zu uns kommen, mehr absorbirt werden, als die Wärmestrahlen (d. h. die Strahlen im äussersten

Roth und Ultraroth), ein Schluss der der gegenwärtig verbreiteten Ansicht widerspricht und von weittragender Bedeutung sein dürfte. Denn wenn die dunkle „Wärme“ durch Strahlung unsere Atmosphäre leichter durchsetzt als die leuchtende Wärme, so müssen wir unsere Ansichten über die Wärmeaufspeichernde Wirkung dieser Atmosphäre und somit über die Bedingungen des Lebens auf unserem Planeten ändern.

Aus den bis jetzt für die Absorption eines jeden Strahles erhaltenen Werthen können wir die Wärmemenge oder Energie vor der Absorption (die Constante der Sonne) nach einem Vorgang, der genau mit der Theorie in Uebereinstimmung steht, berechnen. Nach diesem vorläufigen Werth ist die Constante der Sonne grösser, als gewöhnlich angenommen. Das Verhältniss der dunklen zur leuchtenden Wärme ist durch die auswählende Absorption so vollständig geändert, dass wir unser bisheriges Urtheil nicht nur über die Wärmestrahlung der Sonne, sondern auch über ihre wirkliche Temperatur sehr modificiren müssen.

Die Sonne würde dem Auge ohne unsere Atmosphäre bläulich erscheinen.

Trotz der Sorgfalt, mit welcher die Untersuchungen, die den obigen Schlüssen zu Grunde liegen, durchgeführt sind, hielten wir es bei der Wichtigkeit des Gegenstandes und wegen der von der herkömmlichen Meinung abweichenden Resultate für wünschenswerth, die Beobachtungen unter möglichst anderen Bedingungen zu wiederholen. Sind die bisherigen Schlüsse begründet, so mussten wir auf einem hoch gelegenen Punkte bei directer Bestimmung der Absorption für jeden Strahl zu denselben Resultaten gelangen.

Expedition auf Mount Whitney.

Im Juli 1881 rückte eine im Observatorium zu Allegheny ausgerüstete Expedition im Auftrag des Verfassers unterstützt vom Kriegsministerium und unter der officiellen Leitung des Generals W. B. Hazen zum Mount Whitney in Südcalfornien aus, wo dieselben und andere Beobachtungen an zwei in sehr verschiedener Höhe übereinander gelegenen Stationen

wiederholt wurden. Die Resultate werden binnen kurzem officiell veröffentlicht werden. Für jetzt genügt es anzudeuten, dass die bis dahin erhaltenen Schlüsse bestätigt und erweitert worden sind.

Auf dem Berge wurde in einer Höhe von 13000 Fuss durch das Bolometer eine bis jetzt noch nicht erkannte Ausdehnung des prismatischen Spectrums im Ultraroth in der Nähe der grossen in unserer Prismenkarte mit Ω bezeichneten Absorptionsbande und darüber hinaus beobachtet, und nach der Rückkehr nach Allegheny konnte diese letzte Beobachtung auch in unserer niedrigeren Atmosphäre gemacht werden.

Durch die Freigebigkeit eines Bürgers von Pittsburgh konnte das Observatorium für die Expedition einige besondere Apparate anschaffen, so einen Foucault'schen Siderostat, von den Dimensionen des im Pariser Observatorium befindlichen, aber sonst wesentlich vervollkommenet; ferner einen speciellen Apparat (Spectrobolometer), um die Abweichungen der unsichtbaren Strahlen bis auf weniger als eine Bogenminute genau zu messen etc.

Sir William Herschel wies im Jahre 1800 nach, dass die Wärme sich über das sichtbare Spectrum hinaus erstreckte.¹⁾ Nach ihm bestand ungefähr die eine Hälfte aus dunkler, und die andere Hälfte aus leuchtender Wärme. Seebeck und Melloni zeigten in zahlreichen Abhandlungen, dass die Vertheilung der Wärme von der Substanz des Prismas abhing und zum Theil von der Absorption durch dieselbe herrühre. 1840 gab Sir John Herschel²⁾ ein Thermograph des unsichtbaren Spectrums, wonach die Absorption im Ultraroth eine ungleichförmige war. J. W. Draper beobachtete 1842³⁾ drei breite Banden in dieser Region, die er mit α , β , γ bezeichnete. 1846 scheinen Foucault und Fizeau dieselben Linien beobachtet zu haben. Draper⁴⁾

1) W. Herschel, Phil. Trans. 90. (II) p. 294 u. 438. 1800.

2) J. Herschel, Phil. Trans. 130. (I) p. 1. 1840.

3) Draper, Phil. Mag. 22. p. 120. 1843.

4) Draper, Phil. Mag. (4) 13. p. 153. 1857.

bemerkte, dass er nach früheren Untersuchungen zu der Ueberzeugung gekommen sei, der wärmste Theil des Normalspectrums liege im Gelb. J. Müller¹⁾ wies durch eine Construction nach, wie man aus dem verzerrten prismatischen Spectrum das Normalspectrum erhalten kann. Er vermuthet, dass die Wellenlänge der äussersten ultrarothten Strahlen ungefähr $1,8\mu$ beträgt, und nach seinem Diagramm befindet sich nahezu $\frac{2}{3}$ der Wärme im ultrarothten Theil. Tyndall²⁾ gibt die Lage des Wärmemaximums im prismatischen Spectrum an und erachtet die unsichtbare Strahlung der Sonne für zweimal so gross als die sichtbare. 1871 veröffentlichte Lamansky³⁾ eine Zeichnung, nach welcher drei Lücken in der Ultrarothcurve durch die Thermosäule nachgewiesen wurden. Er wiederholt die gebräuchliche Ansicht, dass diese Strahlen von der Atmosphäre stark absorbirt werden. 1879 spricht Mouton⁴⁾ in einer beachtenswerthen Abhandlung von vier bekannten Banden im Ultraroth mit den Wellenlängen 0,85, 0,99, 1,23, $1,48\mu$.

Sind unsere Karten richtig, so ist bei $1,48\mu$ keine beträchtliche Bande vorhanden, und $2,14\mu$, das er als die Grenze des Spectrums bezeichnete, ist der wärmste Punkt in seiner Umgebung. Doch hat er wahrscheinlich durch seine sinnreiche Methode die Existenz der Bande wahrgenommen, deren Wellenlänge in unseren Zeichnungen mit $1,37\mu$ bezeichnet ist, und hatte er damit die entfernteste damals sicher beobachtete Bande erreicht. Abney⁵⁾ photographirte im Jahre 1880 das ultraroth prismatische Spectrum bis zur Wellenlänge $1,075\mu$ mit einer bis dahin gänzlich unbekannten Genauigkeit, gab zugleich die Wellenlängen von Linien, für die er durch Extrapolation $\lambda = 1,240\mu$ bestimmte, und wies eine noch darüber hinaus liegende Bande nach.

1) Müller, Pogg. Ann. **105**. p. 543. 1858.

2) Tyndall, Phil. Trans. **156**. (I) p. 83. 1866.

3) Lamansky, Pogg. Ann. **146**. p. 200. 1872.

4) Mouton, Compt. rend. **89**. p. 295. 1879. Beibl. **3**. p. 768. 1879.

5) Abney, Phil. Trans. 1880. (I) p. 653—667. Beiblätter **5**. p. 507. 1880.

Neuerdings hat Abney¹⁾ eine Zeichnung des Diffractions-spectrums bis $\lambda = 0,9682\mu$ veröffentlicht.

Nach dieser Zeichnung von Abney glaubt Draper, die von ihm 1842 beobachteten Linien α , β , γ mit den Gruppen identificirt zu haben, die Abney bei $\lambda = 0,8150$ bis $0,8350$, $0,8930$ bis $0,9300$ und $0,9350$ bis $0,9890$ nachgewiesen hat.

LAMANSKY.

Fig. 2.

In unserer Zeichnung befindet sich Draper's α , β , γ an der von ihm angegebenen Stelle. Draper hielt sie für die von ihm, Foucault und Fizeau und Lamansky beobachteten Linien. Nach ihm also würde die unterste Grenze für seine eignen und andere ihm 1881 bekannte Untersuchungen sich nicht weit über die Wellenlänge $1,000\mu$ hinaus erstrecken. Gleichwohl scheint der niedrigste Punkt bei Lamansky tiefer gelegen zu haben, und geben wir zum Vergleich mit unseren Karten eine Copie der Curve von Lamansky (Fig. 2). Diese kurzen Notizen enthalten nur das, was unmittelbar mit unserem Gegenstand in Beziehung steht, und sind nicht als Geschichte desselben zu betrachten.

1) Abney, Proc. of the Am. Acad. 1881.

(Fortsetzung im nächsten Heft.)

Fig. 1.

PRISMATISCHES SPECTRUM.

Fig. 2.

NORMAL-SPECTRUM.

so macht eine von neuem angeschmolzene Capillare das Pyknometer wieder gebrauchsfähig. Das Trocknen geschieht am besten durch Erwärmen und Aussaugen der Luft mittelst eines bis auf den Grund des Gefäßes reichenden Haarröhrchens. — Folgende Zahlen mögen als Belege für die mit so geringen Mengen zu erreichende Genauigkeit dienen. Waren P das Gewicht des Pyknometers, Pw das Gewicht des Pyknometers mit Wasser bei 0° , Pk das Gewicht des Pyknometers mit dem zu untersuchenden Körper auch bei 0° und d die Dichte, so fand ich für:

Zimmtsäure-Glycerinester.¹⁾

1)	$Pw = 4,4760$	$Pk = 4,8112$	
	$P = 3,0527$	$P = 3,0024$	
	$\text{Wasser} = 1,4233$	$k = 1,8088$	$d = \frac{1,8088}{1,4233} = 1,2708$
2)	$Pw = 4,3351$	$Pk = 4,6575$	
	$P = 3,0230$	$P = 2,9906$	
	$\text{Wasser} = 1,3121$	$k = 1,6669$	$d = \frac{1,6669}{1,3121} = 1,2704.$

Zimmtsäure-Propylester.

1)	$Pw = 4,1038$	$Pk = 4,1515$	
	$P = 2,5107$	$P = 2,4845$	
	$\text{Wasser} = 1,5931$	$k = 1,6670$	$d = \frac{1,6670}{1,5931} = 1,0463$
2)	$Pw = 4,1756$	$Pk = 4,2879$	
	$P = 2,2854$	$P = 2,3107$	
	$\text{Wasser} = 1,8902$	$k = 1,9772$	$d = \frac{1,9772}{1,8902} = 1,0465.$

Berlin, am 13. Januar 1883.

XIII. *Die auswählende Absorption der Energie der Sonne; von S. P. Langley.*

(Fortsetzung von p. 244.)

Neue Beobachtungen über das unsichtbare prismatische Spectrum.

Nach der Rückkehr von Mount Whitney wurden mit den dort zur Anwendung gekommenen, oben erwähnten

1) Näheres über die Ester der Zimmtsäure sei einer künftigen Abhandlung vorbehalten.

Apparaten fast an jedem klaren Tage der ersten sechs Monate von 1882 Beobachtungen angestellt. Es waren dies vier im Januar, acht im Februar, neun im März, neun im April, neun im Mai, zwölf im Juni, im ganzen 51 Tage.

Sehr bald ergab sich an diesen Apparaten durch eine bis dahin bei solchen Messungen nicht erreichte Genauigkeit die Möglichkeit, diejenigen Regionen des ultrarothern Spectrums, die bis dahin unbekannt waren und zuerst wohl auf Mount Whitney beobachtet wurden, zu zeichnen. Die äusserst geringe Dicke des Bolometerdrahtes ($\frac{1}{50}$ mm) und die Länge des angewandten Spectrums machten es trotz der Condensation des letzteren möglich, bis dahin nicht beobachtete Linien und Lücken in dem continuirlichen Spectrum zu unterscheiden.¹⁾

Das Spectrum wurde, wie man aus den Karten ersieht, mit der Absicht gezeichnet, gerade diese Unterbrechungen der Energie zu fixiren, die bei den früheren Untersuchungen vernachlässigt waren. Das Bolometer zeigt die „Kälte“ bei den hauptsächlichsten sichtbaren Fraunhofer'schen Linien leicht an, da indessen die Wirkung der einzelnen gering ist, so ist dieselbe in dem Theil des sichtbaren Spectrums oberhalb C nicht angegeben worden.

Die Zeichnung war im April 1882 fast vollständig fertig, später wurden noch, wenn irgend möglich, täglich Beobachtungen angestellt, sodass jeder Theil der Curven drei bis zwanzigmal beobachtet worden ist, und die zufälligen von den momentanen Unterbrechungen der Sonnenenergie durch unsichtbare Wolken herrührenden Variationen hoffentlich eliminirt sind.

Die bolometrische Untersuchung der oben erwähnten 51 Tage lässt sich je nach den Zwecken in zwei Theile zerlegen:

- 1) Zu bestimmen die allgemeine auswählende Absorption

1) Gleichwohl macht sich, da der Draht, wenn auch dünn, doch nicht absolut linear ist, die Kältewirkung geltend, ehe dessen Mitte mit der Mitte der Linie coincidirt. Die Unterbrechungen in der Curve der Energie sind somit immer etwas zu breit, besonders im Anfang, und es ist möglich, dass die von uns beobachteten Banden nur von einer Anhäufung feiner Linien herrühren.

der Erdatmosphäre durch das ganze Spectrum hindurch, und zwar in Verbindung mit den schon hier und auf Mount Whitney gemachten Beobachtungen. Zu diesem Zwecke wurden Messungen bei den folgenden Ablenkungen gemacht: $44^{\circ} 30'$, $45^{\circ} 30'$, $45^{\circ} 53'$, $46^{\circ} 12'$, $46^{\circ} 30'$, $46^{\circ} 45'$, $47^{\circ} 30'$, $48^{\circ} 00'$, $49^{\circ} 00'$, $50^{\circ} 00'$, $51^{\circ} 00'$.

Bei all diesen Punkten sind doppelte Versuchsreihen angestellt worden, und es wurden diese Reihen zweimal täglich beobachtet: einmal im Meridian und dann, wenn die Luftmasse nahezu das Doppelte der im Meridian beträgt, zuweilen auch dreimal, im Meridian, bei der $1\frac{1}{2}$ fachen Luftmasse und schliesslich bei der $1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2} = 2\frac{1}{4}$ fachen.

Mit Bezug auf die Zeichnung bemerken wir, dass die für die Messung ausgewählten Punkte in der Regel mit den Gipfelpunkten der Energiecurve zusammenfallen, doch sind auch noch besondere Beobachtungen über die Natur der Absorption in den Zwischenräumen angestellt, um festzustellen, ob die vor kurzem beobachteten Banden solaren oder terrestrischen Ursprungs sind. Der Theil des in die Beobachtung hineingezogenen Spectrums geht von $\lambda = 0,383\mu$ (oberhalb H im Violett) bis zu $\lambda = 2,28\mu$ (in der Region des Ultraroths, ungefähr zwei Octaven unter *B* nach Fraunhofer).

(Da wir in der That mit Sicherheit schon Wärme im Ultraviolett bei Wellenlängen von ca. $0,3\mu$ nachweisen können, so beträgt die durch das Bolometer nachweisbare Länge des Sonnenspectrums drei bis vier Octaven.)

Der Spalt wird bei jeder Beobachtung besonders beleuchtet und die äusserste Lage der vollen Schwingung des Galvanometers abgelesen. Das Galvanometer selbst hat stets die gleiche Empfindlichkeit. Die Weite des Spaltes beträgt immer 2 mm (mit Ausnahme der Messungen der sehr schwachen Energie am brechbarsten Ende des Spectrums, wo der Spalt erweitert wurde, was wegen der correspondirenden prismatischen Ausdehnung des Spectrums selbst unbeschadet der Genauigkeit geschehen konnte). In der Regel hat dasselbe Bolometer eine Oeffnung von 1 mm (nur bei den schon erwähnten Messungen am Ende wird die ganze Oeffnung desselben genommen).

Diese Beobachtungen der Absorption bei verschiedenen Luftmassen geben offenbar ein Mittel zur Bestimmung der Curve ausserhalb der Atmosphäre, nach der schon mitgetheilten Methode. Weiter ermöglichen sie auch eine Skizzirung des ganzen Spectrums, doch ist ihre Anwendbarkeit dafür eine nebensächliche.

2) Die zweite Art der Beobachtung bezweckt im besonderen die Anfertigung einer Spectralkarte von der Linie C bis zu der untersten Grenze des Ultraroths.

Die Beobachtungen wurden mit Hülfe eines linearen Bolometers mit einem einzigen Streifen von $\frac{1}{5}$ mm Breite ausgeführt. Zunächst wurde eine rohe Skizze des ganzen Ultraroth hergestellt und dann je ein bestimmter Theil des Spectrums (etwa im Intervall einer Abweichung von 15°) mehrere mal im Verlauf eines Tages durchgegangen, wobei die Beobachtung für jede einzelne Bogenminute unter jedesmaliger Oeffnung und Schliessung des Spaltes wiederholt wurde. Dabei wurde wieder die volle Schwingung der Galvanometernadel abgelesen.

Entsprechend den einzelnen Beobachtungen wurden der Reihe nach Zeichnungen in grossem Maassstabe angefertigt. Somit wurde derselbe schmale Theil an verschiedenen Tagen der Untersuchung unterworfen, sodass nach einer eingehenden Prüfung sämtlicher Zeichnungen jeder nicht allen gemeinsame Fehler eliminirt oder nochmals untersucht werden konnte. Die Originalzeichnungen haben einen viermal grösseren linearen Maassstab als die in Taf. IV gegebenen.

An einigen besonders hellen Tagen wurden auf der Zeichnung die Bewegungen der Galvanometernadel direct eingetragen, d. h. der Beobachter am Spectrobolometer bewegte dasselbe mit Hülfe der Schraube durch das ganze Spectrum hindurch, wobei der Spalt fortwährend offen blieb. Der Beobachter am Galvanometer rief die Abweichung der Galvanometernadel bei jeder Bogenminute aus und wurde diese durch eine dritte Person eingezeichnet. Acht derartige Curven wurden zwischen Mittag und Sonnenuntergang erhalten und geben ein Bild der auswählenden Absorption der

Sonne für jeden Theil des Spectrums, wenn die Strahlen durch immer grösser werdende Luftmassen hindurch gehen.

Diese dritte Methode ist sehr werthvoll, wenn viele Beobachtungen in kurzer Zeit angestellt werden sollen, doch ist sie weniger genau, als die oben beschriebenen.

Eine vollständige bolometrische und optische Bestimmung wurde bei einer bestimmten bekannten Linie, gewöhnlich *C*, wenigstens einmal täglich gemacht, um sicher zu sein, dass die Einstellung des Apparates in gleicher Weise für die sichtbaren wie für die unsichtbaren Strahlen genügt.

Beschreibung der Apparate.

Die Sonnenstrahlen werden horizontal von dem Spiegel des grossen Foucault'schen Siderostaten durch eine Oeffnung der nördlichen Wand des Observatoriums reflectirt und aufgefangen von einer ebenen Fläche mit einem Spalt, dessen Backen durch eine Mikrometerschraube auf jede gewünschte Entfernung einander genähert werden können. $4\frac{1}{2}$ m von dem Spalt, in der Entfernung ihres Hauptbrennpunktes, befindet sich eine Collimatorlinse *L* aus einer besonderen Art Flintglas, welche für alle beobachteten unsichtbaren Strahlen nahezu transparent ist. Diese Linse und der Spalt sind an den entgegengesetzten Enden eines durch passende Vorrichtungen gehaltenen Rohres befestigt. Das durch die Collimatorlinse parallel gemachte Bündel Sonnenstrahlen fällt dann zunächst auf ein Prisma *P* von derselben Glassorte (angefertigt von Hilger) wie die Linse. Das Prisma wird von einer kreisförmigen Platte oberhalb der verticalen Axe des von uns schon oben als Spectrobolometer bezeichneten Apparates getragen.

Wie gross die Empfindlichkeit des Apparates für Wärme sein mag, so können wir offenbar nicht genau die schmalen Spectralgrenzen zwischen Wärme und Kälte aufzeichnen, wenn wir nicht in exacter Weise ihre Lage fixiren können. Zumal wenn wir bedenken, dass diese Strahlen unsichtbar sind, und dass man den ganzen Vorgang mit einem Tappen im Dunkeln vergleichen kann, wird die Nothwendigkeit eines Instrumentes, mit dem man genau den Ort einer warmen oder kalten Linie bestimmen kann, augenscheinlich. Dies ist der Fall beim Spectro-

bolometer, welches wie die anderen erwähnten Apparate, in den Berichten über die Expedition nach Mount Whitney eingehender beschrieben werden wird. (Dasselbe ist von W. Grunow in New-York nach den Angaben des Verfassers angefertigt.)

Fig. 4.

Zwei lange Arme *A* und *A'* drehen sich unabhängig um die oben erwähnte Axe, und wird der von diesen gebildete Winkel auf einem Theilkreis mit zwei Nonien bis auf 10' abgelesen. Der eine von diesen Armen hat die Richtung nach dem Spalt, der andere nach dem durch das Licht beim Austritt aus

dem Prisma gebildeten Spectrum. Dieser letztere trägt an seinem Ende einen Hohlspiegel *M* mit einer Brennweite von 98 cm und auf jeder Seite des Prismas einen genau eben geschliffenen Arm, der nach dem Mittelpunkt des Spiegels gerichtet ist, und auf dem sich ein Wagen mit Y-Trägern verschieben lässt. In diese Träger setzt sich bei *B* der eine von zwei Ebonitcylindern ein, von denen der eine das Bolometer, der andere das gewöhnliche Fadenkreuz und Ocular trägt. Das bei den Messungen für diese Zeichnungen gebrauchte Bolometer setzt dem Spectrum einen einzelnen verticalen Streifen von Platin, $\frac{1}{5}$ mm dick, aus, der mit Lampenruss bedeckt und durch Reversion mit einem Mikroskop genau in die Axe des Ebonitcylinders gestellt ist. Das Fadenkreuz des Oculars ist ebenfalls centrirt in dem zweiten Cylinder und dient dazu, die Lage der Bolometerstreifen optisch zu prüfen, wenn das Bolometer sich in den Trägern befindet. Die optische Axe des Spiegels *M* halbirt genau den Winkel zwischen der Richtung des Armes *A'* und der Mittellinie des das Bolometer tragenden Armes, sodass ein auf die Mitte des Spiegels fallender Strahl von der Mitte des Instrumentes bei *P* nach der Reflexion auf die Bolometerstreifen fällt. *C*, *C'* sind Gegengewichte für die Arme *A*, *A'*.

Um den Apparat für die Beobachtung fertig zu machen, werden die Schrauben bei *D* gelockert, das Prisma entfernt und der Arm *A'* in eine Linie mit der langen Röhre gebracht. Das Ocular wird bei *B* befestigt und dann das Bild des entfernten Spaltes auf den Centraldraht gebracht, während die Ablesung am Theilkreis $0^{\circ} 00' 00''$, also eine Abweichung Null, ergibt. Der Arm wird dann, wie in der Figur, nach der einen Seite bewegt, bis der Spiegel die Strahlen von dem vorher auf seine Platte gestellten und durch Schrauben justirten Prisma auffängt. Nun wird das Prisma (gewöhnlich für die *D*-Linie) auf das Minimum der Ablenkung eingestellt und wird dann für alle anderen Strahlen automatisch eingestellt erhalten. Ist das Fadenkreuz des Oculars auf die *D*-Linie eingestellt, so muss der Kreis eine Ablenkung von $47^{\circ} 41' 15''$ angeben. Dann wird ein lichtstarkes und reines Bild des Spectrums ungefähr 6 mm breit und 640 mm

lang zwischen den Linien *A* und *H* in dem Hauptbrennpunkt von *M* in der Nähe des Prismas erzeugt und das Gehäuse des Bolometers an die Stelle des Oculars gesetzt. Dann schiebt man das Gestell längs des Armes hin, bis der Centralstreifen, vertical und parallel zu den Fraunhofer'schen Linien, genau in den Focus kommt. Man kann nun die Wärme der Sonnenstrahlen in irgend einem Theile des Spectrums durch das Bolometer messen (wobei das Galvanometer beim Durchgang der Fraunhofer'schen Linie einen bestimmten Ausschlag gibt), und wird die Ablenkung für diesen Theil durch den Theilkreis genau angegeben.

Das in Verbindung mit dem Bolometer zur Verwendung gebrachte Galvanometer ist ein Thomson'sches Reflexionsgalvanometer mit einem Widerstand von ungefähr 20 Ohm. Dasselbe wurde speciell für unsere Zwecke von Elliot Bros's in London construiert. Es ruht auf einem mit dem Gebäude gar nicht in Verbindung stehenden Pfeiler. Die Scala ist cylindrisch, mit besonderer Millimetertheilung auf einer transparenten Oberfläche und befindet sich in einer Entfernung von 1 m von dem Spiegel des Galvanometers. Da in der Regel der ganze Ausschlag nicht 5° übersteigt, so ist eine Reduction desselben nicht nöthig. Einige elektrische Hilfsapparate befinden sich neben dem das Galvanometer tragenden Pfeiler. Der Rheostat ist in der Nähe der Scala aufgestellt, und das zur Messung und Regulirung des angewandten Stromes dienende Galvanometer befindet sich auf einem Pfeiler in einem anderen Theile des Zimmers.

Bei den für die Zeichnung des Spectrums angestellten Messungen ist ein Beobachter gewöhnlich am Spectrobolometer beschäftigt, den Kreis auf die gewünschte Ablenkung zu bringen, ferner zu controliren, dass das Licht vom Siderostat genau auf das Prisma fällt, und endlich das Sonnenlicht auf ein gegebenes Zeichen durch Entfernung einer vor dem Spalt an Stricken befestigten Decke zuzulassen. Ein weiterer Beobachter liest am Galvanometer die correspondirenden Ausschläge ab, welche dann ein dritter, der auch das erwähnte Zeichen gibt, in das Beobachtungsjournal einträgt. Die bis jetzt aufgezählten Beobachtungen wurden alle

in einem theilweise verdunkelten Raume vorgenommen, während gewöhnlich noch eine vierte Person ausserhalb den Siderostaten dreht und von etwa vorbeiziehenden Wolken Nachricht gibt.

Beispiel der Beobachtungsmethode.

Als ein Beispiel für die erste Reihe von Messungen wollen wir die mit dem oben erwähnten, von Hilger (London) angefertigten Prisma am 22. Juni 1882 durchgeführten Beobachtungen betrachten. Die Beobachtung bei hohem Sonnenstand wurde um $0^h 15^m$ angestellt. Die Zenithdistanz der Sonne war $17^\circ 10'$; die Luftmasse (nach der Formel $M = 0,0174 \times \text{der Tafelrefraction} / \cos \text{scheinb. Höhe}$) betrug 1,047 mal die Masse darüber; die der Luftmasse entsprechende Barometerhöhe war 7,39 dcm; folglich war die Luftmasse für die Zenithdistanz $17^\circ 0'$ $7,39 \times 1,047 = 7,74$ dcm.

Die Zenithdistanz um $6^h 25^m$, der Zeit der zweiten Beobachtung (im allgemeinen sind Beobachtungen bei einer so grossen Zenithdistanz nicht räthlich) betrug $79^\circ 8'$; der Barometerstand war derselbe wie am Mittag, die Luftmasse das 5,18fache der darüber befindlichen oder $7,39 \times 5,18 = 38,27$ dcm, sodass die Luftmasse bei der zweiten Beobachtung die erste um den beträchtlichen Werth von 30,53 dcm Quecksilber überstieg.

Der in dem Theil des Spectrums mit einer Abweichung von $44^\circ 30'$ (also in der Nähe der untersten Grenze der gegenwärtigen Beobachtungen, weit unter dem sichtbaren Roth) beobachtete Galvanometerausschlag war zu Mittag 17, am Abend 11. Im Violett bei $50^\circ 00'$ sind die entsprechenden Werthe 4,5 und 0,39. Diese beiden schwachen äussersten Strahlen wollen wir als typisch zur Illustration des ganzen Vorgangs nehmen. Zuerst beim ultrarothem Strahl haben wir am Mittag $d_1 = 17$, am Nachmittag $d_2 = 11$, Unterschied der Luftmassen $M_2 \beta_2 - M_1 \beta_1$ ist 30,53 dcm, welche durch ihre Absorption die Abweichungen im Galvanometerausschlag verursacht haben. Stellt nun t den Betrag der durch eine Luftschicht von 1 dcm Quecksilber durchgelassenen Energie dar, so erhalten wir für t aus der Formel:

$$t = (M_2 \beta_2 - M_1 \beta_1) \sqrt{\frac{d_2}{d_1}},$$

$t = 0,986$; d. h. eine Luftmasse, der 1 dcm Quecksilber das Gleichgewicht hält, lässt $98,6\%$ der Energie bei dieser besonderen Art Strahlen durch. Diese Menge t nennen wir den Transmissionscoëfficienten des Strahles.

Ist uns somit die durch eine derartige Luftschicht durchgelassene Energie bekannt, so finden wir den Werth für 7,74 solcher Luftschichten zwischen dem Beobachter und der Sonne zu Mittag zu $0,986^{7,74} = 0,895$. Also nur $89,5\%$ der ursprünglich unbekannten Wärme des Strahles, die wir mit E bezeichnen wollen, erreicht den Beobachter zu Mittag, mit einem Ausschlag von 17, oder, da $0,895 E = 17$:

$$E = \frac{17}{0,895} = 19,0.$$

D. h. wäre unser Apparat ausserhalb der Atmosphäre aufgestellt gewesen, so hätten wir einen Ausschlag 19 erhalten.

In analoger Weise finden wir für den Transmissionscoëfficienten des violetten Strahles 0,923 und sehen wir hieraus, dass der ultraroth Strahl leichter als der violette durchgelassen wird. Der Werth für diese violette Strahlung, welche durch die ganze Höhe der Atmosphäre zu Mittag durchgelassen wurde, war 0,538, und ergibt sich hieraus ihre Energie ausserhalb der Atmosphäre zu $4,5/0,538 = 8,4$.

Die folgende Tabelle enthält die Transmissionscoëfficienten etc. für diese und andere Punkte im Spectrum, an denen an diesem Tage Messungen angestellt wurden. Die erste Columnne gibt die Abweichung des beobachteten Strahles in dem Spectrum des verwandten Prismas, die zweite und dritte die erhaltenen Galvanometerausschläge (für eine Atmosphäre von 1 dcm Quecksilber), die fünfte die Durchlässigkeit der ganzen Atmosphäre zu Mittag (die 7,74ste Potenz des Transmissionscoëfficienten) und die letzte die ausserhalb der Atmosphäre berechnete Energie in Ausschlägen des Galvanometers ausgedrückt.

Aehnliche Reductionen wurden für alle täglichen Beobachtungen gemacht, deren Resultate den Schluss bestätigen (vgl. t^{M, β_1}), dass die atmosphärische Absorption beständig

abnimmt, wenn die Wellenlänge zunimmt (mit Ausserachtlassung der schon erwähnten Unterbrechungen) bis zu dem äussersten Ende unserer Spectraltafel.

Tabelle 8.

Abweichung	d_1	d_2	t	$t^{M,\beta}$	E
53° 00'	0,02	0,00	—	—	—
52 00	0,21	0,00	—	—	—
51 00	0,96	0,09	0,925	0,549	1,8
50 00	4,5	0,39	0,923	0,538	8,4
49 30	7,3	—	—	—	—
49 00	13	3,0	0,953	0,689	18,9
48 00	43	12,5	0,960	0,731	58,8
47 30	72	38	0,979	0,850	84,7
46 45	158	109	0,988	0,910	173,7
46 12	209	134	0,986	0,894	233,8
45 53	175	107	0,984	0,883	198,3
45 28	122	79	0,986	0,895	136,2
44 30	17	11	0,986	0,895	19,0

Die graphische Darstellung dieser und anderer Curven für die extratellurische Energie bleiben einer späteren Abhandlung vorbehalten, und zwar in der Form, dass sie aus dem Mittelwerthe der Beobachtungen eines Jahres die procentische Absorption zeigen, welche ein jeder Strahl im sichtbaren wie im unsichtbaren Spectrum erfährt.

Zusammenfassung der Resultate.

Als das eine Resultat der gegenwärtigen Untersuchung geben wir die Zeichnung des mit dem Bolometer in Allegheny beobachteten Spectrums (Taf. 4). Die Abscissen sind den Ablenkungen, die Ordinaten den gemessenen Energien proportional. Die zweite Zeichnung (Taf. 4) stellt das von dem prismatischen Spectrum abgeleitete Normalspectrum dar, welches wir der Bequemlichkeit halber vorbehaltlich einer Darlegung der dazu angewandten Mittel dem Leser vorlegen zu müssen geglaubt haben. In derselben sind die Abscissen den wirklich gemessenen Wellenlängen, die Ordinaten den gemessenen Energien proportional. In beiden Zeichnungen sind die gleichen Wellenlängen correspondirenden Flächen gleich und daher die Gesamtflächen dieselben.

Die sehr verschiedenen Grenzen rühren von der prismatischen Verzerrung her.

Schwache Anzeigen von Sonnenenergie wurden noch unterhalb des niedrigsten Punktes auf der Zeichnung gefunden und werden diese nebst Betrachtungen über die Natur der neuen Absorptionsbanden später gegeben werden, zugleich mit der schon jetzt vorbereiteten Tafel für die absorbirende Wirkung der Sonnenatmosphäre für jeden Strahl des Spectrums. Aus diesen wird, wie ich hoffe, mit hinreichender Annäherung die Vertheilung der Energie vor jeder Absorption ersichtlich sein; d. h. also an der Quelle der Energie, der Photosphäre.

Die Ausdehnung des jetzt beobachteten Spectrums erhellt am besten aus der Zeichnung des normalen oder Diffractionsspectrums (Taf. 4). Die früheren Spectraltafeln enden bei oder doch in der Nähe von $1,2''$. Unterhalb dieses Punktes (mit Ausnahme der Bande in der Nähe von $1,4''$) darf man wohl jede Linie und jede Wärme repräsentirende Ordinate als neu betrachten. Die Ausdehnung der hier gezeichneten Region ist also beträchtlich grösser auf der normalen Scala, als die ganze der bis jetzt bekannten (sowohl der sichtbaren wie der unsichtbaren Strahlen).

Wir sehen das prismatische Spectrum an dem violetten Ende gewaltig ausgebreitet. Nach der prismatischen Scala bis zur Wellenlänge $0,3''$ würde diese Ausdehnung weit über die Grenzen unserer Tafel hinausgehen. Doch ist die gesammte wirkliche Energie im ganzen ultravioletten Theil unbedeutend, und zwar in welchem Grade, sieht man am besten aus der normalen Tafel, in welcher die kleine Fläche unter der Wellenlänge $0,9''$ die gesammte ultraviolette Energie darstellt.

Wir sprechen gewöhnlich von den ultravioletten oder ultrarothten Regionen, ohne an den gewaltigen Unterschied in ihrer wirklichen Bedeutung zu denken. Ein Blick auf die normale Zeichnung und ein Vergleich der kleinen Fläche oberhalb der Wellenlänge $0,3''$ und der grossen unter der Wellenlänge $0,7''$ zeigt, dass die letztere fast 100 mal so gross ist, wie die erstere. Doch hat die erstere wegen der prismati-

schen Ausdehnung und der auswählenden Absorption durch die schwachen Strahlen dieser Region bei bestimmten in der Photographie zur Anwendung kommenden Silbersalzen (auf welche Salze die weit grössere Energie unterhalb weniger Eindruck macht) die Aufmerksamkeit mehr auf sich gezogen, wie die letztere. Wenn wir sehen, wie hier die ultraroth Region durch das Prisma zusammengedrückt wird, so können wir verstehen, dass ihre Ausdehnung bis jetzt unterschätzt worden ist.

Zum Schluss wollen wir die Resultate dieser Untersuchungen, soweit sie hier gegeben sind, nochmals zusammenfassen. Durch dieselbe werden unsere ersten Schlüsse im Allgemeinen bestätigt und erweitert.

1) Aus den jetzt zuerst angestellten Messungen über angenähert homogene Strahlen im Diffractionsspectrum ergibt sich das Energiemaximum oberhalb des Roth in der Nähe des Gelb. Die Lage dieses Maximums variirt mit der Sonnenhöhe und zwar von ungefähr $0,55''$ bei hellem Tag und hohem Sonnenstand bis $0,65''$ und noch weiter vor Sonnenuntergang. Im normalen Spectrum also weicht die Lage des Wärmemaximums nicht besonders von der des Lichtmaximums ab. Später wird gezeigt werden, wie dieselben Resultate sich aus dem prismatischen Spectrum ableiten lassen.

2) Eine Vergleichung der Ordinaten bei hohem und niedrigem Sonnenstand in verschiedenen Theilen des Spectrums zeigt ein ungleiches Wachsthum derselben, was in einer sehr grossen systematischen Absorption begründet ist, die nach dem Ultraviolett zu-, und nach dem Ultraroth abnimmt. Nicht nur der Charakter derselben, sondern auch ihr Betrag wird von den Ordinaten wiedergegeben. Im Widerspruch mit den Versuchsergebnissen vieler Forscher und der herrschenden Ansicht finden wir aus unseren Untersuchungen, dass die Absorption im ganzen um so weniger wächst, je mehr wir über das Roth hinausgehen, bis zu einem Punkt in der Nähe von $2,8''$. Hiermit wollen wir nicht das Vorhandensein von Regionen mit sehr grosser localer Absorption in dem unteren Spectrum leugnen. Dieselben Beobachtungen weisen in der That neue Regionen

von solcher localer Absorption nach. Diese ausgenommen, können wir für die Absorption durch das ganze sichtbare und unsichtbare Spectrum das einfache Gesetz aufstellen, dass dieselbe mit wachsender Wellenlänge abnimmt; sodass nicht nur das Ultraviolett mehr absorbirt wird, als das Blau, Blau mehr als Gelb, Gelb mehr als Roth, sondern dass auch Roth mehr absorbirt wird als Ultraroth, und jeder Theil des Ultrarothern mehr als der folgende.

3) Mit der gewöhnlichen logarithmischen Formel, die hier für homogene Wellen streng richtig ist, können wir von der Curve innerhalb der Atmosphäre zu der ausserhalb übergehen. Mit anderen Worten, wir können unsere Beobachtungsstation an einen Punkt ausserhalb der Luft verlegt denken und die Vertheilung der Sonnenwärme vor der ungleichen absorbirenden Wirkung unserer Atmosphäre bestimmen. Wir brauchen dann nur die durch unsere Tabellen gegebenen Werthe für die auswählende Absorption in einer einfachen graphischen Construction wiederzugeben (ähnlich wie dies in der vorläufigen Untersuchung geschehen ist) und werden sehen, dass die Lage des Wärmemaximums ausserhalb unserer Atmosphäre in der Nähe von 0,50 bis 0,55^u liegt, d. h. also ausserhalb der Atmosphäre liegt der wärmste Theil des Spectrums mehr im Grün als im Gelb.

Nach unseren Messungen wird wahrscheinlich die Sonne für das Auge ausserhalb der Atmosphäre ohne unsere Luft eine entschieden bläuliche Färbung annehmen.

Die von uns gewöhnlich als farblos angesehene Atmosphäre hätte dann in der That die Rolle eines röthlichen oder gelblichen Glases versehen, dessen unreine Farbe nicht ein monochromatisches Gelb oder Roth, sondern aus allen Spectralfarben in ungewohnten Proportionen gemischt ist. Hätten wir immer nur das Licht des electrischen Flammenbogens, betrachtet durch ein derartiges röthliches Glas, vor Augen gehabt, so hätten wir wahrscheinlich diese röthliche Farbe für die natürliche, der Kohle eigenthümliche und für „die Summe aller Strahlen“ gehalten. Es würde diese Farbe bei einem in Unkenntniss über jedes andere Licht gelasse-

nen Individuum unserem gewöhnlichen Begriffe von „Weiss“ entsprechen, sodass das Medium, wenn es auch in der That Farbe besitzt, farblos erscheint. In analoger Weise betrachten wir gewöhnlich unsere Luft als farblos, doch ist das nicht richtig, vielmehr ist sie nach unseren Beobachtungen beträchtlich gefärbt.

Da wir aber nun gewöhnt sind, sie als farblos anzusehen, so müssten offenbar, wenn wir ohne sie die Sonne zuerst erblickten, diese selbst uns als gefärbt erscheinen.

Unser weisses Licht ist somit nicht die Summe aller Strahlen, sondern nur eines Theiles, und zwar der sichtbaren.

4) Wenn wir die Fläche der Curve ausserhalb unserer Atmosphäre bestimmen und mit der Fläche der Curve innerhalb vergleichen, so erhalten wir nach einer bisher nicht verfolgten Methode im Anschluss an die Theorie einen Werth für die Constante der Sonne.

Frühere Untersuchungen zeigten eine von 1,7 Cal. (Pouillet) bis 2,5 (Violle) steigende Tendenz. Der von uns nach den vorläufigen Versuchen gegebene Werth beträgt 2,84 Cal. Indessen ist die letzte Zahl von geringem Werth, und die Genauigkeit vielleicht schon in der ersten Decimale zweifelhaft. Doch können wir immerhin daraus schliessen, dass die Constante der Sonne in der That grösser ist, als man bis jetzt annahm und wahrscheinlich wenig unter drei Calorien liegt. Dieser wichtige Punkt soll eingehend mit den Beobachtungen auf Mount Whitney discutirt werden, mit denen zugleich sämmtliche graphische Constructionen zur Verdeutlichung unserer beifolgenden Tafeln gegeben werden sollen.

5) Diese Beobachtungen weisen Wärme nach in den Strahlen des äussersten Ultraviolett und die (bis jetzt noch nicht beobachtete) Temperaturänderung bei den Fraunhofer'schen Linien. Durch sie wird höchst wahrscheinlich gemacht, dass die gesammte Energie eines beliebigen Strahles als Wärme erhalten werden kann, wenn ein geeignetes Medium zur Aufnahme dieser Energie zur Verfügung steht. Die Evidenz derselben begünstigt die Annahme einer einzigen Sonnenenergie, die je nach dem Medium, durch welches

wir sie beobachten, sich als Wärme, oder als Licht, oder als chemische Wirkung offenbart.

6) Das Verhältniss der leuchtenden zur dunkeln Wärme ist durch die auswählende Absorption offenbar ganz geändert. Dies Verhältniss auf der Oberfläche des Meeres kann näherungsweise gefunden werden durch Auswerthung der beiden Flächen oberhalb des Punktes, wo unserer Ansicht nach das leuchtende Spectrum endet, und unterhalb desselben. Der erwähnte Punkt mag verschieden festgestellt werden, denn die Ausdehnung des leuchtenden Spectrums hängt sehr von unseren Vorsichtsmassregeln beim Beobachten ab. Lassen wir es bei *B* enden, so muss Dreiviertel der Energie als unsichtbar bezeichnet werden, nehmen wir hingegen das äusserste, wirklich sichtbare Ende (weit unter *A*) an, weniger als die Hälfte. Wir finden dann:

Energie des leuchtenden und ultravioletten Theiles . .	0,368
Energie des ultrarothten Theiles	0,632
	<u>1,000</u>

Das Verhältniss der unsichtbaren (ultrarothten) zur ganzen Energie ist also = 0,632, und aus gewissen Gründen kann man schliessen, dass dieser Werth eher zu klein als zu gross ist. Doch wird dies Verhältniss nach Abzug des durch die Lücken eingenommenen Raumes gleich 0,562. Schätzungsweise kann man die Energie des ultrarothten Theiles an der Meeresoberfläche zu Dreifünftel der ganzen Energie annehmen. Gleichzeitig ist, wie schon erwähnt, das Verhältniss der leuchtenden zur dunkeln Energie ausserhalb unserer Atmosphäre weit grösser, wie innerhalb derselben.

Weiter machen wir (ausser den anderen sich aus unseren Beobachtungen ergebenden Folgerungen) den Schluss, dass wir, da die Wärme bei den kürzeren Wellenlängen (im allgemeinen einer hohen Temperatur der Sonne entsprechend) vor der Absorption grösser war, unsere gewöhnlichen Schätzungen nicht nur über den Betrag der Wärme, den die Sonne uns sendet, sondern auch besonders über die wirkliche Temperatur der Sonnenoberfläche erhöhen müssen.

Der relativ kleine Werth für die den grossen Wellenlängen im Ultraroth entsprechende Energie rührt nicht so-

wohl von der Absorption her, als von der Thatsache, dass dort überhaupt keine beträchtliche Energie existirt. Umgekehrt ist der grosse Betrag der Energie in dem leuchtenden Theile nicht etwa einer schwachen Absorption zu verdanken, sondern ist trotz einer starken Absorption vorhanden, und war eben die ursprüngliche Sonnenenergie hier viel grösser.

Doch ist wahrscheinlich, dass das Sonnenspectrum vor der Absorption, wenn auch schwach unter dem Roth, doch sich im Ultraroth noch viel weiter ausdehnt, als wie unsere Tafeln angeben. Wir müssen als wahrscheinlich annehmen, dass die Atmosphäre in irgend einer Weise, wie ein Schirm, den Eintritt, resp. Durchgang der Strahlen, unter dem äussersten Punkte der Tafel verhindert.

Begreiflicherweise haben die vorliegenden Untersuchungen eine praktische Bedeutung von grosser Tragweite.

Die Temperatur unserer Planeten und mit ihr die Existenz nicht nur des Menschen, sondern auch des gesammten organischen Lebens scheinen im Licht der durch die Expedition nach Mount Whitney erzielten Schlüsse weit weniger von der directen Sonnenwärme, als von der bis jetzt zu wenig beachteten Eigenschaft der auswählenden Absorption in unserer Atmosphäre, die wir eben unserer Untersuchung unterworfen haben, abzuhängen.

Die Discussion dieser und anderer Punkte bleibt einer folgenden Abhandlung vorbehalten. Dazu wird auch eine eingehendere Betrachtung der Absorption des Wasserdampfes gehören. Es möge nochmals erinnert werden, dass alle hier gegebenen Werthe als angenäherte und nicht als endgültige zu betrachten sind.

Ich darf nicht unterlassen, mitzutheilen, dass die beträchtlichen, mit der Untersuchung verknüpften Ausgaben durch die Freigebigkeit eines Freundes des Observatoriums in Allegheny gedeckt worden sind, dessen Hülfe, die allein die Untersuchung möglich machte, ich dankbar anerkenne.

Schliesslich bemerke ich noch, dass ich in ausgezeichnete Weise durch die Herren F. W. Very und J. W. Keeler unterstützt worden bin.