

Das infraroth Wärmespectrum.

Von

Prof. Dr. Gustav Jäger.

Vortrag, gehalten den 13. November 1901.

Mit 1 Tafel und 5 Abbildungen im Texte.

Hochverehrte Anwesende!

Es ist wohl den meisten von Ihnen bekannt, dass ein Lichtstrahl, welcher auf die ebene Oberfläche eines durchsichtigen Körpers fällt, im allgemeinen von seiner Richtung abgelenkt wird. Man nennt diesen Vorgang Brechung des Lichtes. Wir können diese Erscheinung gut beobachten, wenn wir den Lichtstrahl erst durch Rauch und dann durch einen Würfel aus Uranglas, in welchem er grün aufleuchtet, gehen lassen. Man erkennt ganz ohne weiters, dass die Brechung um so stärker ist, je schiefer der Strahl die Oberfläche des Würfels trifft, während beim senkrechten Einfallen des Strahles keine Ablenkung stattfindet.

Ein Lichtstrahl erfährt bei der Brechung nicht allein eine Ablenkung, sondern auch eine Auflösung in seine einzelnen Farben. Wir erkennen daraus gleichzeitig, dass das Licht im allgemeinen und insbesondere das weiße Licht aus Strahlen verschiedener Farbe zusammengesetzt ist. Man

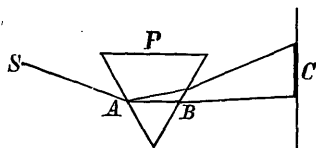


Fig. 1.

kann diese Erscheinung am besten mit Hilfe eines Glasprismas von dreieckigem Querschnitte erzeugen. Wie aus Fig. 1

ersichtlich, kommt der Lichtstrahl von *S* gegen *A*, trifft dort unter einem spitzen Winkel die eine Fläche des Prismas, wird nach *B* gebrochen und in seine Farben zerstreut, in *B* erfährt er beim Austritte eine abermalige Brechung und eine weitere Farbenzerstreuung, so dass man auf einem Schirm die einzelnen Farben, wie bei *C* ersichtlich, auffangen kann. In der Regel zeigt ein derartig erzeugtes Bild sehr verwaschene Farben, weil wir es nicht mit einem einzelnen Lichtstrahl, sondern immer mit einem Bündel von Lichtstrahlen zu thun haben, so dass bei einer Zerlegung eines derartigen Strahlenbündels abermals wieder verschiedene Farben aufeinanderfallen und so eine Mischfarbe erzeugen können. Um die Farben rein zu bekommen, verfährt man so, dass man das Licht aus einer schmalen Spalte austreten lässt und mit Hilfe einer Projectionslinse ein Bild dieses Spaltes auf einem Schirm entwirft. Bringt man jetzt ein Prisma derartig in den Strahlengang, dass eine Brechung erfolgen muss, so lässt sich eine Stellung des Schirmes ausfindig machen, bei welcher für jede Farbe, aus welcher das Licht besteht, das Bild des Spaltes auf eine besondere Stelle des Schirmes zu liegen kommt.

Die Ursache der verschiedenen Brechung der einzelnen Farben liegt in den verschiedenen Wellenlängen des Lichtes. Wir haben uns nämlich das Licht als eine Wellenbewegung vorzustellen, welche ein hypothetischer Körper, der sogenannte Lichtäther, ausführt, und die in ähnlicher Weise verläuft wie etwa die Bewegung des Wassers, wenn Wasserwellen vorhanden sind, oder jene

der Luft, wenn sie von Schallwellen durchzogen wird. Der Sitz der Erregung der Wellen ist im leuchtenden Körper zu suchen. Jedes leuchtende Theilchen theilt dem Äther eine schwingende Bewegung mit, die sich in Wellenform fortpflanzt. Je rascher die Schwingungen erfolgen, desto kürzer wird die Länge einer Welle. Mit der Schwingungszahl, d. i. die Zahl der Wellen, welche ein leuchtendes Theilchen in der Secunde aussendet, hängt die Farbe zusammen. Da aber durch die Schwingungszahl auch die Wellenlänge bestimmt ist, so können wir natürlich auch sagen, dass mit einer bestimmten Wellenlänge eine bestimmte Farbe gegeben ist.

Nun entsteht aber die Frage: Wie messen wir die Wellenlänge? Zu diesem Zwecke wollen wir eine Erscheinung des Lichtes betrachten, welche man mit dem Namen: Beugung des Lichtes bezeichnet. Wir lassen aus unserer elektrischen Lampe das Licht durch einen feinen Spalt austreten. In etwa einem Meter Entfernung vom Spalt stellen wir einen Schirm, der ebenfalls eine Spalte enthält, auf. Würde das Licht keine Ablenkung von seinem Wege erfahren, so müssten wir, wenn wir hinter der zweiten Spalte einen Schirm aufstellen, auf demselben eine beleuchtete Stelle erhalten, welche sich mit der Größe der zweiten Spalte vollkommen deckt. Dem ist aber in Wirklichkeit nicht so; denn bringen wir eine Stricknadel, welche dicker ist als der zweite Spalt, so dass wir mit ihr diesen Spalt völlig zudecken könnten, in entsprechender Entfernung hinter dem Spalt in den Gang des Lichtes, so sehen wir auf einem weiter befind-

lichen Schirm die erzeugte helle Stelle nicht völlig verschwinden, sondern zu beiden Seiten des Schattens der Stricknadel zeigen sich helle Ränder. Daraus folgt, dass

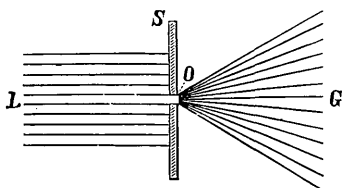


Fig. 2.

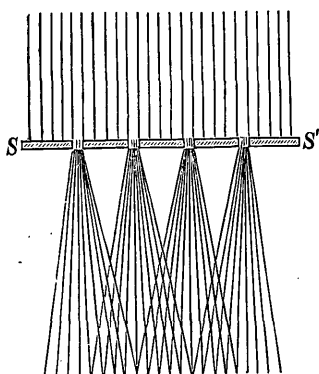


Fig. 3.

das Licht, welches eine feine Spalte passiert, von seinem Wege abgelenkt oder, wie man zu sagen pflegt: gebeugt wird. Wir erhalten demnach, wenn paralleles Licht L (siehe Fig. 2) die spaltförmige Öffnung O eines Schirmes S trifft, hinter dem Spalte eine Zerstreuung der Lichtstrahlen G nach verschiedenen Richtungen des Raumes.

Ritzen wir auf eine Glasplatte eine Reihe feiner, paralleler, gerader Linien ein, die sich sehr nahe anein-

ander befinden, so erhalten wir ein sogenanntes Beugungsgitter. Dieses besitzt sonach eine Reihe von Spalten, deren jede eine ähnliche Beugung des Lichtes hervorbringen kann, wie sie oben beschrieben worden ist. Das hat aber zur Folge, dass die Strahlen des gebeugten

Lichtes der einzelnen Öffnungen wieder aufeinander fallen, wie aus Fig. 3 ersichtlich. Wenn nun Wellenbewegungen, als welche wir die Lichtstrahlen ja ansehen, aufeinander fallen, und es decken sich die einzelnen Verdichtungen verschiedener Wellen mit einander und ebenso die Verdünnungen, so entsteht eine neue, verstärkte Welle; trifft aber die Verdichtung einer Welle mit der Verdünnung der anderen zusammen, so wird die Wellenbewegung vernichtet. Auf's Licht übertragen heißt das: dass wir im ersten Falle verstärktes Licht, im zweiten Dunkelheit erhalten. Man pflegt derartige Erscheinungen Interferenzerscheinungen des Lichtes zu nennen. Wir können nun folgenden Versuch machen: Wir entwerfen mit einer Projectionslinse von dem Lichtspalt der elektrischen Lampe ein Bild auf einem Schirm und bringen in den Strahlengang ein Beugungsgitter so, dass dessen Spalten mit der Lichtspalte parallel stehen; dadurch wird das ursprüngliche Spaltbild auf dem Schirm zwar seiner Lichtstärke, nicht aber seiner Lage nach geändert. Gleichzeitig sehen wir aber links und rechts vom Spalt eine Reihe paralleler Spaltbilder, welche den Charakter von Spectren tragen, wenn wir es mit farbigem Licht zu thun haben. Diese hellen Streifen sind Interferenzerscheinungen, welche besagen, dass sich dort die Strahlen, welche von einzelnen Spalten des Gitters ausgehen, so vereinigen, dass die Wellenverdichtungen zusammenfallen. Es gibt also eine Reihe von Ablenkungswinkeln des Lichtes von seiner ursprünglichen Richtung, für welche diese Interferenzerscheinungen auftreten.

Wir wollen uns in Fig. 4 zwei benachbarte Spalten S und S in übermäßiger Vergrößerung vor Augen führen. Von oben her fällt das Licht senkrecht auf die Spalten ein. Parallel zu den einzelnen Spalten befinden sich dann die einzelnen Verdichtungen der Lichtwellen, wie wir sie durch parallele Gerade angedeutet haben. Hinter den Spalten

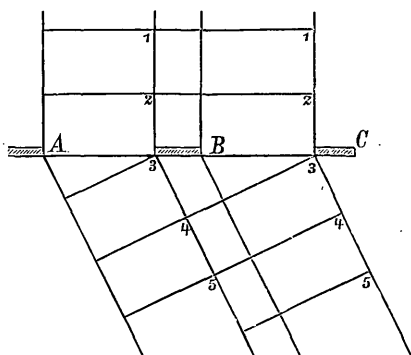


Fig. 4.

pflanzt sich das Licht nach allen Richtungen fort. In unserer Zeichnung haben wir nun jene Richtung herausgehoben, für welche die beiden Lichtstrahlen eine Verschiebung um eine ganze Wellenlänge erfahren haben. Es geht das unmittelbar aus der Numerierung der Verdichtungen der Wellen hervor. Wir sehen, dass hinter dem Gitter die Verdichtungen zwar wieder in einer Ebene liegen, also verstärktes Licht erzeugen, dass aber die Verdichtungen der beiden Spalten sich um eine Einheit

unterscheiden, was, wie wir schon oben erwähnt, einer Verschiebung der Strahlen um eine Wellenlänge entspricht.

Der Ablenkungswinkel der Lichtstrahlen lässt sich bestimmen, ebenso die Größe AB , d. i. ein Spalt vermehrt um die Breite eines Zwischenraumes (siehe Zeichnung), und es ergibt sich unmittelbar aus der Zeichnung die Wellenlänge. Auf diese Weise sind wir in der Lage, für alle möglichen Farben die Wellenlänge zu bestimmen. Nothwendig dazu ist nur ein Gitter, welches auf der Länge eines Centimeters sehr viel Spalten enthält, weil die Wellenlänge des Lichtes eine sehr kleine Größe ist. Man fand so, dass die Wellenlänge des rothen Lichtes etwa 700 Milliontel Millimeter, die des violetten etwa 400 Milliontel Millimeter beträgt.

Stellt man Beugungsgitter mit sehr vielen Spalten her, so können dieselben zur Erzeugung von Spectren dienen und so das Prisma nicht nur ersetzen, sondern sogar übertreffen. So ist es Rowland gelungen, derartige Gitter direct auf Silberspiegel einzuritzen, welche so fein hergestellt sind, dass mehrere tausend Linien auf einen Centimeter gehen. Benützt man direct einen Hohlspiegel zur Herstellung des Gitters, so kann dieser gleichzeitig zur Erzeugung des Spaltbildes dienen, und man ist in der Lage, ohne Anwendung einer Projectionslinse ein reines Spectrum zu erzeugen.

Untersuchen wir das Licht eines glühenden festen Körpers, z. B. das Licht einer elektrischen Bogenlampe, so weist dessen Spectrum keinerlei Unterbrechungen auf. Wir haben es mit einem continuierlichen Spectrum zu thun.

Bringen wir in den Gang der Lichtstrahlen jedoch ein farbiges Glas, so treten im Spectrum dunkle Streifen auf, das heißt es fallen jene Farben heraus, welche das Glas absorbiert. Man erhält ein sogenanntes Absorptionsspectrum. Überziehen wir eine Glasplatte mit einer Gelatineschicht oder benützen wir noch bequemer eine ausfixierte photographische Platte und färben die Gelatineschicht mit einer Lösung von Safranin, so erhalten wir damit ein besonders schönes Absorptionsspectrum, welches lediglich einen dunklen Streifen im Grün besitzt. Die übrigen Farben geben demnach, gemischt, das Safraninroth.

Das Spectrum eines glühenden Gases oder Dampfes besteht nur aus einzelnen, bestimmten Farben, welche als helle Linien auftreten. Ein derartiges Spectrum pflegt man Emissionsspectrum zu nennen. Ein solches erhält man z. B. sehr schön, wenn man die Kohlen einer elektrischen Bogenlampe mit Chromsäure tränkt. Das verdampfende Chrom erzeugt dann über das ganze Spectrum eine Reihe heller Linien.

Man würde nun sehr irren, wollte man glauben, dass die Farben des Spectrums alle Strahlen enthalten, welche ein glühender Körper aussendet. Wir können uns überzeugen, dass sich auch noch Strahlen von kleinerer Wellenlänge als die des violetten Lichtes und ebenso Strahlen von größerer Wellenlänge als die des rothen vorfinden. Man pflegt jene die ultravioletten und diese die infrarothten Strahlen zu nennen. Unser Auge besitzt jedoch nicht die Fähigkeit, diese Strahlen wahrzunehmen,

aber es hat sich gezeigt, dass die ultravioletten Strahlen imstande sind, starke chemische Wirkungen hervorzu-
bringen, z. B. kräftig auf die photographische Platte einzu-
wirken, während die infraroth Strahlen sich besonders
durch Wärmewirkungen auszeichnen; man pflegt daher
die ultravioletten chemische Strahlen, die infraroth Strahlen
Wärmestrahlen zu nennen.

Wie nun ein färbiges Glas nur einen Theil der
sichtbaren Strahlen des weißen Lichtes durchlässt, die
übrigen absorbiert, so zeigt es sich auch bei vollkom-
men farblosen Gläsern, dass sie zwar alle sichtbaren
Strahlen durchlassen, nicht aber alle chemischen und
Wärmestrahlen. Bringt man demnach auf ein photo-
graphisches Copierpapier eine Quarzplatte, welche für
alle chemischen Strahlen durchlässig ist, und eine ebenso
dicke Glasplatte, so erkennt das Auge kaum einen Unter-
schied der Platten; setzen wir aber jetzt das Papier unter
den Platten dem Lichte aus, so schwärzt es sich unter
der Quarzplatte viel rascher als unter der Glasplatte —,
ein Beweis, dass das Glas weniger chemische Strahlen
durchlässt als der Quarz.

Ähnliche Erscheinungen können wir an einer Glas-
und Steinsalzplatte bezüglich der Wärmestrahlen beobach-
ten. Bringen wir vor das Licht einer elektrischen Bogen-
lampe eine Glas- und eine Steinsalzplatte, hinter jeder
dieser Platten eine kleine Wachskugel, welche an einem
Glasstab angeklebt ist, so lässt sich diese Vorrichtung mit
Hilfe einer Projectionslinse leicht auf einem Schirm in
vergrößertem Maße abbilden, und es zeigt sich, dass die

Wärmestrahlen der Bogenlampe das Wachs hinter der Steinsalzplatte viel rascher abschmelzen als hinter der Glasplatte, — ein Beweis, dass das Steinsalz mehr Wärmestrahlen durchlässt als das Glas.

Es ist allgemein bekannt, dass die Untersuchung des sichtbaren Spectrums der verschiedenen Körper, in erster Linie jenes der Sonne, von großem wissenschaftlichen Interesse ist. Nicht minder wichtig für die Wissenschaft sind selbstverständlich auch die ultravioletten und infrarothten Theile der Spectra. -Nur haben sich deren Untersuchung wegen der Unsichtbarkeit größere Schwierigkeiten entgegengesetzt. Bezüglich des ultravioletten Spectrums sind diese dank der Photographie längst überwunden.

Den Apparat, welchen S. P. Langley zum Zwecke der Untersuchung des infrarothten Spectrums erfand, nannte er Bolometer (βολή Wurf; β. ἡλίου Sonnenstrahl). Er hätte ihn wahrscheinlich Radiometer oder Aktinometer (Strahlenmesser) genannt, wenn diese Worte nicht schon für andere wissenschaftliche Apparate in Verwendung ständen. Das Bolometer hat den Zweck, sehr kleine Temperaturunterschiede zu messen. Langley benützte dabei den Umstand, dass ein Draht bei wachsender Temperatur eine Erhöhung des elektrischen Widerstandes erfährt. Wir können diese Erscheinung leicht auf folgende Weise nachweisen: Wir wickeln einen langen, dünnen Platindraht auf einen Rahmen (*W* in Fig. 5) auf, verbinden dessen Enden einerseits mit einem Galvanometer *G*, anderseits mit dem einen Pol einer galvanischen Batterie *B*,

während der andere Pol mit dem Galvanometer in Verbindung steht. Es geht dann ein Strom durch den Platindraht und das Galvanometer. Die Stromstärke kann am Ausschlag der Galvanometernadel abgelesen werden. Dieser Strom ist nun um so schwächer, je größer der Widerstand ist, den er zu überwinden hat. Wächst demnach der Widerstand des Platindrahtes, so muss der Ausschlag der Galvanometernadel kleiner werden. In der That beobachtet man, sobald man den Platindraht erhitzt, einen Rückgang der Nadel; kühlt sich der Draht

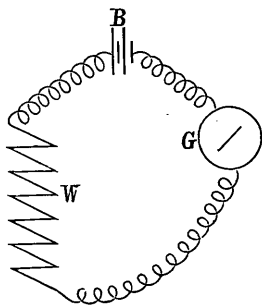


Fig. 5:

wieder ab, so vergrößert sich von neuem der Galvanometerausschlag. Durch besondere Schaltungsweisen der Drähte ist man nun imstande, sehr kleine Widerstandsänderungen nachzuweisen und aus diesen Widerstandsänderungen auf die Temperaturänderungen zu schließen.

Das Bolometer besteht nun im wesentlichen aus einem sehr feinen Platindraht, welcher an verschiedene Stellen des Spectrums gebracht und von den Strahlen erwärmt wird. Diese Erwärmung ändert den Widerstand und ermöglicht somit die Temperaturbestimmung des Drahtes. Auf diese Weise konnte Langley das ganze Wärmespectrum der Sonne absuchen und für jede Wellenlänge die zugehörige Wärmemenge bestimmen. Durch

beständige Verbesserungen gelang es schließlich, einen Temperaturunterschied nachzuweisen, der weniger als ein Milliontel Grad Celsius betrug. Die Wärmemenge, welche eine derartige Temperaturänderung im Bolometerdraht in der Secunde hervorbringt, ist so klein, dass der Körper, der sie ausstrahlt, durch tausend Jahre strahlen müsste, um ein Kilogramm Eis zu schmelzen. Nach etwa zwanzigjährigen Bemühungen war Langley in der Lage, einen Apparat herzustellen, welcher vollkommen selbständig die Aufnahme des gesamten Wärmespectrums der Sonne in etwa einer Stunde vollführt. Dem Hauptwesen nach besteht dieser Apparat aus einem großen Steinsalzprisma, welches das Spectrum erzeugt, aus dem Bolometer und aus einem Galvanometer mit Spiegelablesung, welches den jeweiligen Stand des Bolometers auf einer von einem Uhrwerk getriebenen photographischen Platte fixiert.

Sowie das sichtbare Spectrum der Sonne eine große Zahl dunkler Strahlen aufweist, welche davon herrühren, dass die Sonnenstrahlen sowohl die Atmosphäre der Sonne, als jene der Erde passieren müssen, ebenso steht auch für das Wärmespectrum der Sonne zu erwarten, dass es eine große Anzahl „Kälte“-Linien enthält, die das Analogon zu den dunklen Linien des sichtbaren Spectrums bilden. Sucht man nun mit dem Bolometerdraht das Wärmespectrum allmählich ab, so zeigt sich ein beständiges Schwanken der Temperatur, oft plötzliches Abfallen, dann wieder plötzliches Ansteigen innerhalb ganz kleiner Zwischenräume, andererseits wieder breitere Stellen tieferer oder höherer Temperatur. Dem plötzlichen Abfallen

und Ansteigen der Temperatur entsprechen linienförmige Änderungen im Spectrum, während die breiteren Stellen tieferer Temperatur als Absorptionsstreifen aufzufassen sind. Langley hat nun seine Untersuchungen nicht nur in der Nähe seines Laboratoriums, sondern auch in 4000 Meter Höhe auf dem Mount Whitney gemacht. Der Zweck, derartige große Höhenunterschiede zu wählen, lag darin, jene Absorptionslinien und Streifen kennen zu lernen, welche von der Erdatmosphäre allein herrühren; denn diese müssen in großer Höhe, wo nur ein geringerer Theil der Erdatmosphäre zu durchstrahlen ist, schwächer ausfallen als in der Tiefe. In der That fand Langley, dass sehr viel Wärme von unserer Atmosphäre absorbiert wird, und er konnte gleichzeitig aus seinen Messungen einen Schluss machen, welche Wärmemenge von der Sonne die Grenze unserer Atmosphäre erreicht. Diese ist so groß, dass sie bei senkrechtem Auffallen der Strahlen in einer Minute eine fast 3 *cm* dicke Eisschicht schmelzen würde. Wir haben demnach unsere Atmosphäre als einen großen Sonnenschirm anzusehen, welcher die zugestrahlte Wärmemenge zum großen Theil auffängt und dadurch die Sonnenenergie mildert und erträglich macht. Auch zu verschiedenen Tageszeiten ist die Dicke der Atmosphäre, welche die Sonnenstrahlen durchsetzen, verschieden, indem bei hohem Sonnenstande der Weg durch die Luft ja viel kürzer ist als gegen Sonnenuntergang. Es müssen demnach auch die Spectren zu verschiedenen Tageszeiten verschieden ausfallen, was von Langley auch thatsächlich bestätigt wurde. Dabei fand er aber gleichzeitig,

dass nicht alle Strahlen in gleichem Maße von der Atmosphäre absorbiert werden. Während bei hohem Sonnenstande die größte Wärme im rothgelben, also im sichtbaren Spectrum zu sehen ist, wandert das Wärmemaximum gegen Abend mehr gegen roth. Das rührt davon her, dass die Strahlen umsomehr von der Atmosphäre absorbiert werden, je weiter sie gegen das Violett zu liegen, und um so weniger, je weiter sie sich in das Wärmespectrum erstrecken. Kurz: Die Strahlen werden umsomehr von der Atmosphäre zurückgehalten, je kürzer ihre Wellenlänge ist. Es werden daher von den sichtbaren Strahlen hauptsächlich jene vom blauen Ende des Spectrums aufgefangen, welche dann die Luft nach allen Richtungen zerstreut, was ja als die Ursache der blauen Farbe der Luft anzusehen ist.

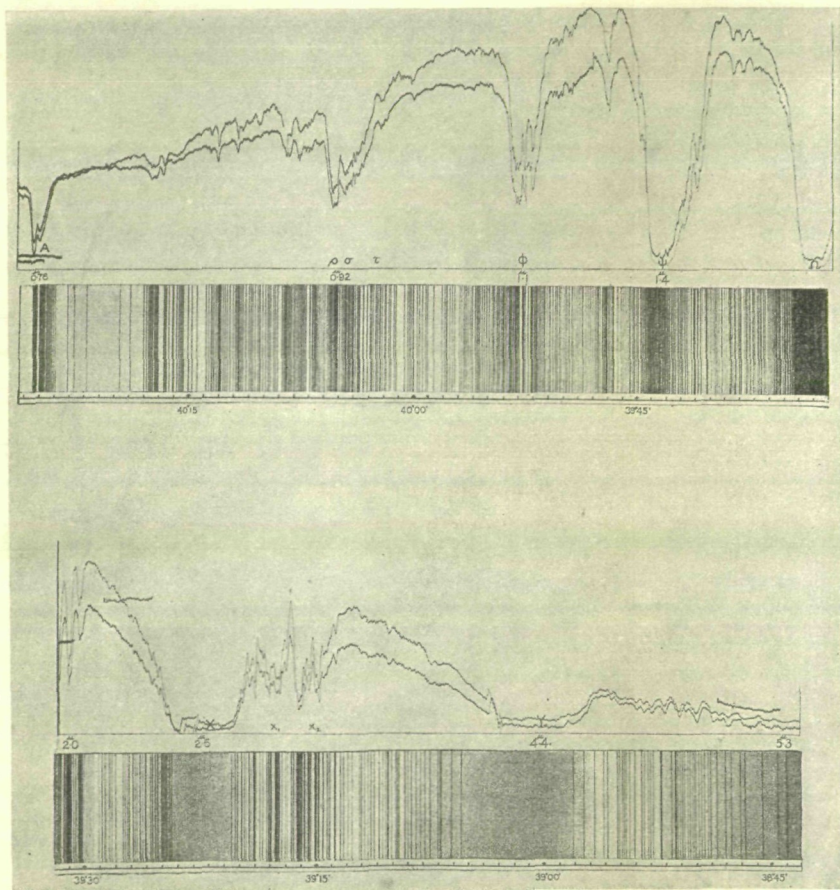
Was nun die Zahl und Vertheilung der „Kälte“-Linien anbelangt, so ist diese am besten aus der Figur, welche Langley vom Wärmespectrum entworfen hat, ersichtlich (Tafel). Die Zickzacklinie ist dabei jene Curve, welche der Apparat selbständig zeichnet, und darnach ist das breite Band des Spectrums entworfen. Man sieht, dass jeder Vertiefung der Zickzacklinie eine Kältelinie im Spectrum entspricht. Es sind deren mehr als siebenhundert, d. i. mehr als Kirchhoff und Bunsen im sichtbaren Spectrum verzeichnet haben. Die Wellenlänge der untersuchten Wärmestrahlen erstreckt sich von 0.7μ bis 5.2μ ($\mu = \frac{1}{1000}mm$), während das sichtbare Spectrum nur Wellenlängen von etwa 0.4μ bis 0.7μ aufweist, so dass die Ausdehnung des

Wärmespectrums unverhältnismäßig größer ist als jene des sichtbaren.

Nicht nur zu verschiedenen Tageszeiten, sondern auch zu verschiedenen Jahreszeiten ändert sich der Charakter des Wärmespectrums. Langley kommt dabei zu dem Schlusse, es dürfte die fortgesetzte Untersuchung des Wärmespectrums von großer Bedeutung für die Meteorologie werden. In der That sind ja die Bedingungen für die Vegetation und die klimatischen Verhältnisse vom Gehalt des Wasserdampfes, des Ozons, der Kohlensäure und vielleicht noch verschiedener anderer Stoffe in der Atmosphäre abhängig. Alle diese Stoffe sind aber von Einfluss auf die Linien des Spectrums. Langley vermuthet nun, dass, wenn wir eine bestimmte Reihe von Spectren im Laufe der Zeit erhalten, bei Wiederkehr dieser Reihe auch dieselbe Gesamtwitterungslage wiederkehren dürfte. Diese Anschauung gewinnt thatsächlich große Wahrscheinlichkeit, wenn wir die Resultate der wissenschaftlichen Ballonfahrten in Betracht ziehen. Es hat sich nämlich gezeigt, dass in den höheren Regionen der Atmosphäre die Gesamtwitterungslage über ganz Europa eine viel einheitlichere ist als unmittelbar über der Erdoberfläche, so dass man annehmen muss, dass die verschiedenen Witterungserscheinungen an der Erdoberfläche hauptsächlich localer Natur sind, während die Erscheinungen in der höheren Atmosphäre Gesetzen von größerer Allgemeinheit unterworfen sind. Das, was uns nun das Sonnenspectrum zeigt, bezieht sich auf die Gesamtatmosphäre; müssen ja die Sonnenstrahlen die ganze

Atmosphäre passieren, bevor sie zu uns gelangen. Sollte demnach wirklich die Veränderlichkeit des Spectrums mit der Veränderlichkeit der Witterung zusammenhängen, so würden wir sicher jene einheitlichere Witterungslage, welche in den höheren Regionen vorhanden ist, damit erforschen können. Es wäre demnach die Arbeit Langleys nicht nur ein großer wissenschaftlicher Fortschritt, sondern auch ihre praktische Bedeutung wäre von unabsehbarer Tragweite.

G. Jäger. Das infraroth Wärmespectrum.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Jäger Gustav

Artikel/Article: [Das infraroth Wärmespectrum. \(1 Falttafel\). 81-98](#)