

Chemische und strahlende Energie.

Von

Privatdozent Dr. Anton Skrabal.

Vortrag, gehalten den 8. Februar 1911.

(Mit Experimenten.)

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Wer an einem heißen Sommertage um die Mittagsstunde den schützenden Schatten der menschlichen Behausung verläßt und sich den glühenden Sonnenstrahlen aussetzt, die selbst die munteren Säger des Waldes zum Verstummen bringen, der gewinnt nur allzuleicht den Eindruck, als ob die Natur unter der sengenden Glut der Mittagssonne für einige Zeit der Ruhe pflegen würde. Dem ist aber nicht so. Die grünen Pflanzen entfalten im Sonnenlichte eine rege Tätigkeit. Unter dem Einfluß des letzteren bauen sie aus der in der Luft vorhandenen Kohlensäure und dem Wasserdampf jene Stoffe auf, die dann Menschen und Tieren als Nahrung dienen.

Das zweite Stimmungsbild, daß ich Ihnen vorführen will, ist dem ersteren gerade entgegengesetzt. Es führt in das Reich der Finsternis. Wandert man zur Sommerzeit nach Sonnenuntergang durch den dunklen Wald, so kann man verborgen im Laube oder schwebend in den Lüften schimmernde Lichtpunkte beobachten. In unseren Breiten ist es der vielbesungene Johanniskäfer oder Glühwurm, in den tropischen Urwäldern sind es

andere Leuchtinsekten, die dieses Phänomen hervorrufen. Aber auch dürre Blätter, moderndes Gras und Holz, an welchen Dingen wir zur Tageszeit achtlos vorübergehen, können zur Nachtzeit leuchten. Es sind die sogenannten Leuchtbakterien, die diese Erscheinung verursachen. Erwähnen will ich noch das Meeresleuchten und die Unzahl von leuchtenden Seesternen und Quallen, die Krebse und Fische, die jene Meerestiefen, in welche kein Sonnenstrahl zu dringen vermag, mit einem eigentümlichen Lichte versehen. Woher nehmen die Leuchttiere und die Leuchtbakterien ihr Licht? Der Vorgang, nach welchem dieses Leuchten erzeugt wird, ist dem Vorgang entgegengesetzt, der sich in den grünen Pflanzen abspielt. Während die grünen Pflanzen Licht aufnehmen und organische Stoffe aufbauen, bauen die Leuchttiere und Leuchtbakterien organische Stoffe ab unter Freigabe von Licht.

Im Falle der grünen Pflanzen liegt die Umwandlung von strahlender in chemische Energie, im Falle der Leuchttiere die Umwandlung von chemischer in strahlende Energie vor. Die Wissenschaft, die sich mit diesen Umwandlungsercheinungen befaßt und die vor die Aufgabe gestellt ist, die Gesetzmäßigkeiten dieser Erscheinungen aufzudecken, führt den Namen Photochemie. Ihr wollen wir heute unser Interesse zuwenden.

Energie ist Arbeit, alles, was aus Arbeit entsteht, und alles, woraus Arbeit erzeugt werden kann. Die Energie ist ferner unzerstörbar. Wir unterscheiden verschiedene Formen oder Gestalten der Energie, die wir als Formenergie, Distanzenergie, Flächenenergie, Volumenergie, Bewegungsenergie, Wärme, elektrische und magnetische Energie, chemische Energie und strahlende Energie bezeichnen. Die Vorgänge, welche wir beobachten, bestehen darin, daß sich eine Energieform in eine andere Energieform verwandelt.

Eine für die Technik und Industrie ungemein wichtige Energieform ist die chemische Energie, die in der Gestalt der Kohle und des Luftsauerstoffs vorliegt. Verbrennen wir die Kohle am Rost des Kessels, so verwandeln wir diese chemische Energie in die Energieform Wärme. Mit Hilfe des Dampfkessels und der Dampfmaschine gelingt es uns, die erhaltene Wärme in Bewegungsenergie überzuführen. In der elektrischen Zentrale wird diese Bewegungsenergie mit Hilfe der Dynamomaschine in elektrische Energie verwandelt. Diejenige elektrische Zentrale, welche nicht mit Dampf, sondern mit der sogenannten Wasserkraft arbeitet, geht zur Erzeugung der elektrischen Energie von der Distanzenergie aus, worunter wir die auf einem entsprechend hohen Niveau gelegenen Wassermassen zu verstehen haben. Lassen wir diese Wassermassen fallen, so verwandelt sich die Distanzenergie in Bewegungsenergie. Die Turbine überträgt diese auf die Dynamomaschine, mit Hilfe derer sie in elektrische Energie übergeführt wird. Die elektrische

Zentrale verkauft die elektrische Energie an ihre Konsumenten, welche sie bald in Bewegungsenergie, bald in Wärme, bald in Licht oder strahlende Energie, bald in chemische Energie überführen. Laden wir einen Bleiakkumulator, so verwandeln wir elektrische Energie in chemische, entladen wir den Akkumulator, so bilden wir aus der chemischen Energie die elektrische wieder rück. Unter der Energie haben wir daher nichts Abstraktes, sondern was Wirkliches zu verstehen. Vielleicht ist die Energie das einzig Wirkliche, was überhaupt existiert. Wir kaufen und verkaufen Energie. Allmonatlich erscheint in unserer Wohnung der Kassier der elektrischen Zentrale, von welcher wir die elektrische Energie bezogen haben, und präsentiert uns eine Rechnung, laut welcher wir für die Hektowattstunde, die Einheit der elektrischen Energie, 7 Heller zu bezahlen haben.

Von den möglichen Energiewandlungen werden uns heute vornehmlich die Beziehungen zwischen chemischer und strahlender Energie beschäftigen. Von den mannigfachen Arten der chemischen Energie sind diejenigen die wichtigsten, welche, im Verein mit dem in der Luft vorhandenen Sauerstoff, in Form von Brennstoffen wie Kohle, Holz usw. oder in Form von Nahrungsmitteln vorliegen. Erstere dienen industriellen oder häuslichen Zwecken, letztere der Ernährung und Erhaltung des menschlichen und tierischen Organismus. Um chemische Energie in andere Energieformen überzuführen, sind die sogenannten chemischen Reaktionen hervorzurufen. Im großen geschieht

dies in den Fabriken, im kleinen in den chemischen Laboratorien oder in den lebenden Zellen der Tiere und Pflanzen, welche mit kleinen, wunderbar eingerichteten Laboratorien zu vergleichen sind. Mit der größten Leichtigkeit geht im Verlauf der chemischen Reaktionen die chemische Energie in Wärme über. Mit Hilfe geeigneter Apparate und entsprechender Versuchsanordnung können wir aber auch chemische Energie in elektrische Energie oder in strahlende Energie überführen.

Die chemische Energie ist zur Erhaltung der lebenden Organismen sowie für technische Zwecke jedenfalls die wichtigste Energie. Die Frage nach der Herkunft dieser Energie ist dahin zu beantworten, daß sie aus der Sonne stammt, von der sie in Gestalt von strahlender Energie auf die Erde gelangt. Die Sonne ist aber nicht nur die größte, sondern, man darf sagen, die einzige Energiequelle, welche zur Verfügung steht. Denn mit Ausnahme der Ebbe und Flut, welche Erscheinungen auf die Erddrehung und die Nähe des Mondes zurückgeführt werden müssen, führen alle anderen Erscheinungen auf die strahlende Energie der Sonne als Energiequelle zurück. Die Sonne sendet unaufhörlich einen ungeheuren Energiestrom in den Weltraum, von dem die Erde nur einen kleinen Bruchteil erhält, nämlich den, der ihrem räumlichen Schwinkel von der Sonne aus entspricht. Aber auch dieser kleine Anteil ist immer noch sehr gewaltig, denn er entspricht nicht weniger als 200 Billionen Pferdekraften. Das ist ungefähr eine Million mal so viel als alle Dampf-

maschinen und sonstigen Motoren der Welt zusammen zu leisten vermögen. Rechnet man die Pferdekraftstunde zu einem Heller, so entspricht die der Erde zuströmende Sonnenenergie einem wirtschaftlichen Werte von 2 Billionen Kronen pro Stunde oder 560 Millionen Kronen pro Sekunde.

In Wirklichkeit verwenden wir von der der Erde zufließenden Sonnenenergie nur den dreimillionsten Teil, der große Rest bleibt unausgenützt. Der größte Teil der auf die Erde entfallenden Sonnenenergie geht in Wärme über, ein anderer verwandelt sich in die Bewegungsenergie der meteorologischen Vorgänge — bewegte Luft- und Wassermassen — und der Rest wird von den grünen Pflanzen in der Gestalt von chemischer Energie aufgenommen.

Der menschliche und tierische Organismus kann seinen in Form von Nahrungsmitteln erforderlichen Energiebedarf nicht anders decken als auf Kosten der von den Pflanzen gesammelten Energie. Aber auch alles Brennmaterial der Industrie, darunter die Kohle, ist chemische Energie, die die Pflanzen im Laufe von Jahrtausenden aufgespeichert haben. Mit diesen Schätzen treibt die Industrie Raubbau und wenn einmal alle Kohlenlager zur Neige gegangen sein werden, so wird die Menschheit vor die Notwendigkeit gestellt sein, mit der der Erde konstant zufließenden Sonnenenergie ihr Auskommen zu finden. Würden wir bis dahin den Nutzeffekt, mit welchem wir die strahlende Energie der Sonne zu transformieren vermögen, nicht verbessert haben, so

würde die Menschheit des Hungers sterben müssen. Wissenschaft und Technik sind daher bestrebt, den Nutzeffekt der Energieumwandlungen zu verbessern. Die ökonomische Überführung von strahlender Energie in chemische Energie ist die wichtigste Aufgabe der Photochemie.

Wir wollen uns nunmehr mit den Eigenschaften der strahlenden Energie beschäftigen. Die Bewegung der strahlenden Energie durch den Raum erfolgt nicht augenblicklich, sondern mit einer bestimmten, wenn auch sehr großen Geschwindigkeit. Im leeren Raume beträgt diese 300.000 km in der Sekunde. Um von der Sonne zur Erde zu gelangen, braucht die strahlende Energie ungefähr 8 Minuten. Ein Schnellzug würde zur Zurücklegung der gleichen Wegstrecke zirka 200 Jahre benötigen. Erfolgt die Bewegung der strahlenden Energie nicht im Vakuum, sondern in einem anderen Mittel, so wird die strahlende Energie wenigstens zu einem Teile in andere Energieformen übergeführt. Mit der größten Leichtigkeit bildet sich Wärme, aber auch chemische Energie kann als Produkt der Umwandlung auftreten.

Eine andere Eigenschaft der strahlenden Energie ist ihr periodischer Charakter. Man schreibt daher der strahlenden Energie die Eigenschaft einer Wellenbewegung zu. Die Wellenlängen der einzelnen Strahlengattungen sind in der folgenden Übersicht wiedergegeben.

Wellenlänge:	Strahlenart:	
0·01 bis 1 $\mu\mu$	Röntgenstrahlen	
0·1 bis 0·4 μ	Ultraviolette Strahlen	
0·41 μ	violettes Licht	} Sichtbares Licht 0·4 bis 0·8 μ .
0·46 μ	blaues Licht	
0·53 μ	grünes Licht	
0·59 μ	gelbes Licht	
0·60 μ	oranges Licht	
0·77 μ	rotes Licht	
0·8 μ bis 1 μ	ultrarotes Licht	
1 μ bis 10 μ	Wärmestrahlen	
1 mm bis 1000 km	elektrische Wellen	
1 $\mu\mu$ = 1 Millionstel Millimeter.		
1 μ = 1 Tausendstel Millimeter.		

Das menschliche Auge vermag nur strahlende Energie von der Wellenlänge 0·4 bis 0·8 μ zu sehen. Wir bezeichnen strahlende Energie von dieser Wellenlänge als Licht. Das sogenannte weiße Licht ist ein Gemenge von farbigem Licht.

Senden wir strahlende Energie verschiedener Wellenlänge durch ein Prisma, so werden die verschiedenen Strahlengattungen in verschiedenem Maße abgelenkt. Mit Hilfe des Prismas gelingt es uns, strahlende Energie in ihre einzelnen Anteile zu zerlegen. Die langwelligeren Strahlen werden am wenigsten, die kurzwelligen am meisten abgelenkt. Fangen wir die durch das Prisma gegangenen Strahlen auf einem Schirme auf, so erhalten wir ein farbiges Bild, das wir als Spektrum bezeichnen.

Der sichtbare Teil des Spektrums umfaßt die Strahlungsgattungen von 0·4 bis 0·8 μ . Wellenlänge oder das rote, orange, gelbe, grüne, blaue bis violette Licht. Die unsichtbaren Strahlen jenseits des roten und des violetten Lichtes sind die ultraroten und die ultravioletten Strahlen.

* * *

Nachdem wir die Eigenschaften der chemischen und strahlenden Energie genügend charakterisiert haben, können wir zur Besprechung der gegenseitigen Umwandlung dieser beiden Energieformen schreiten. Wir können sowohl chemische Energie in strahlende Energie, als auch strahlende Energie in chemische Energie überführen. Die chemischen Reaktionen, bei welchen sich chemische Energie in strahlende Energie verwandelt, heißen **Leuchtreaktionen**. Diejenigen chemischen Reaktionen, bei denen strahlende Energie in chemische Energie übergeführt wird, führen den Namen **Lichtreaktionen**:
 Chemische Energie \rightarrow Strahlende Energie (Leuchtreaktion)
 Strahlende Energie \rightarrow Chemische Energie (Lichtreaktion).

Die Gruppe der Leuchtreaktionen müssen wir abermals in zwei Untergruppen teilen. Es können die chemischen Reaktionen derart verlaufen, daß die chemische Energie zunächst in Wärmeenergie übergeht und sich die Wärme ihrerseits in strahlende Energie verwandelt. In diese Kategorie von Leuchtreaktionen gehören alle chemischen Reaktionen, welche wir seit Alters her zu Beleuchtungszwecken heranziehen. Es wären hier unter anderen folgende Leuchtvorrichtungen zu nennen:

der Kienspan und die Fackel unserer Altvorderen, die Öllampe, das Kerzenlicht, die Petroleumlampe, das Leuchtgaslicht in seiner alten, nunmehr außer Gebrauch stehenden Gestalt, das Azetylenlicht, einige andere, weniger gangbare Beleuchtungsarten und schließlich das Auersche Glühlicht, gleichgültig ob letzteres mit Leuchtgas oder einem anderen brennbaren Gase oder mit Spiritus, Petroleum u. dgl. gespeist wird. Hieher gehören auch das in der Photographie Anwendung findende Magnesiumblitzlicht und die verschiedenen Beleuchtungseffekte, welche wir in der Kunst- oder Lustfeuerwerkerei erzielen. Bei allen diesen Beleuchtungsarten entsteht das Licht aus der durch den chemischen Vorgang der Verbrennung freiwerdenden Wärme. Nur bei der elektrischen Beleuchtung geht die zur Erzeugung von strahlender Energie notwendige Wärme nicht aus chemischer, sondern aus elektrischer Energie hervor. Wir nennen alle Strahlung, die aus Wärmeenergie entsteht, Temperaturstrahlung. Das durch Temperaturstrahlung erzeugte Licht bezeichnet man häufig — allerdings nicht ganz korrekt — als heißes Licht.

Die zweite Untergruppe der Leuchtreaktionen umfaßt alle jene chemischen Vorgänge, bei welchen chemische Energie direkt, also nicht auf dem Umwege über die Wärme, in strahlende Energie übergeführt wird. In diese Gruppe gehören das Leuchten der Leucht-bakterien, des Johanniskäfers und der anderen Leucht-tiere, das Leuchten des Phosphors an der Luft und das

Leuchten vieler anderer chemischer Reaktionen, die wir im chemischen Laboratorium auszuführen vermögen. Man nennt die strahlende Energie, die nicht aus Wärme, sondern aus anderen Energieformen hervorgeht, Lumineszenz. Entsteht die Lumineszenz aus chemischer Energie, so führt sie den Namen Chemilumineszenz. Das durch Lumineszenzstrahlung bedingte Licht nennt man mitunter kaltes Licht. Diese Bezeichnungsweise ist keine ganz glückliche und insoferne inkorrekt, als Lumineszenzstrahlung sowohl bei niedriger Temperatur als auch bei hoher Temperatur auftreten kann.

Unsere zwei Gruppen von Leuchtreaktionen werden wir durch folgendes Schema versinnbildlichen können:

Chemische Energie \rightarrow Wärme \rightarrow Strahlende Energie
(Temperaturstrahlung)

Chemische Energie \rightarrow Strahlende Energie
(Chemilumineszenz).

* * *

Die große Bedeutung, welche die Temperaturstrahlung für die Leuchttechnik besitzt, rechtfertigt es, wenn wir die Überführung von Wärme in strahlende Energie etwas näher betrachten. Bringen wir einen Körper auf eine Temperatur, die höher ist als die seiner Umgebung, so ist der heiße Körper bestrebt, Energie an seine Umgebung abzugeben. Ist der heiße Körper mit seiner Umgebung nicht in unmittelbarer Berührung, so erfolgt die Energieabgabe ausschließlich durch

Strahlung. Die Erscheinung heißt Emission. Man sagt, der Körper emittiert Energie oder er strahlt Energie aus. Die Menge der ausgestrahlten Energie ist einerseits von der Natur des Körpers, andererseits von der Temperatur desselben abhängig. Mit Hilfe dieses Platindrahtes bringe ich eine Boraxperle in die nicht-leuchtende Flamme des Bunsenbrenners. Platindraht und Boraxperle nehmen die gleiche Temperatur an und dennoch leuchten die beiden Körper verschieden. Die durchsichtige, glasartige Boraxperle leuchtet kaum sichtbar, während der undurchsichtige Platindraht ein helles Licht ausstrahlt. Wir nennen einen Körper, der bei gegebener Temperatur das Maximum an Energie ausstrahlt, einen optisch schwarzen Körper. Es wird also die Emission eines beliebigen Körpers kleiner sein müssen oder im besten Falle eben so groß sein wie die des optisch schwarzen Körpers. Die Temperaturstrahlung des optisch schwarzen Körpers ist somit eine äußerst wichtige Fundamentalgröße, deren Erforschung wir den Physikern Kirchhoff, Stefan, Boltzmann, Wien und Planck verdanken.

In zweiter Linie ist die Emission von der Temperatur des strahlenden Körpers abhängig. Erhitzen wir einen Körper allmählich, so können wir feststellen, daß der Körper zunächst nur strahlende Energie von großer Wellenlänge, 2 bis 6 μ , also unsichtbare Wärmestrahlen, aussendet. Mit zunehmender Temperatur wird nicht nur die absolute Menge der emittierten Energie eine größere, sondern diese verteilt sich auch auf ein

größeres Gebiet des Spektrums. Erst bei ca. 525° beginnt die Ausstrahlung von sichtbarem Licht, das zunächst langwelliges, rotes Licht sein wird. Bei 1300° wird sich die Strahlung auch über das übrige Gebiet des sichtbaren Teiles des Spektrums erstrecken und der Körper daher weißes Licht ausstrahlen. Aus der Farbe des ausgesandten Lichtes werden wir also auf die Temperatur des strahlenden Körpers Schlüsse ziehen können, ein Verfahren, das schon lange bekannt ist. Man unterscheidet je nach der Farbe des Lichtes verschiedene „Gluten“, denen folgende Temperaturen korrespondieren:

Beginnende Rotglut	525° C
Dunkelrotglut	700
Hellrotglut	950
Gelbglut	1100
Beginnende Weißglut	1300
Volle Weißglut	1500

Um über die praktische „Ökonomie“ eines Temperaturstrahlers ein Urteil zu gewinnen, dürfen wir nur diejenige Emission in Betracht ziehen, die auf den sichtbaren Teil des Spektrums fällt. Tun wir dies, so finden wir, daß auch unsere besten Temperaturstrahler noch äußerst unökonomisch arbeiten, indem von der Gesamtmenge der ausgestrahlten Energie nur wenige Prozente auf das sichtbare Licht entfallen. Der Rest verteilt sich hauptsächlich auf die unsichtbaren ultraroten Strahlen und auf die Wärmestrahlen. Um unsere Temperaturstrahler ökonomischer arbeiten zu lassen, wäre es notwendig, die Temperatur zu

erhöhen. Durch den Umstand, daß bei entsprechend hohen Temperaturen alle Körper entweder schmelzen, verdampfen oder zerstäuben, wird unseren Bestrebungen ein frühzeitiges Ende bereitet.

Das Spektrum des emittierten Lichtes bezeichnen wir als Emissionsspektrum. Glühende feste oder flüssige Körper senden in der Regel strahlende Energie jeder Wellenlänge aus. Der sichtbare Teil des Spektrums wird also alle möglichen Farben und Farbtönen enthalten müssen. Wir nennen ein derartiges Spektrum ein ununterbrochenes oder kontinuierliches Spektrum.

Glühende Gase oder Dämpfe emittieren hingegen farbiges Licht. Das Spektrum desselben wird aus einzelnen farbigen Linien oder Banden auf dunklem Hintergrund bestehen müssen. Ein derartiges Spektrum führt den Namen unterbrochenes oder diskontinuierliches Spektrum. Ich zeige Ihnen hier das farbiges Licht, das ich erhalte, wenn ich die Salze von Kalium, Natrium, Lithium, Kalzium, Strontium und Baryum in die nichtleuchtende Bunsenflamme bringe. Die Salze verdampfen bei der Temperatur der Bunsenflamme und die glühenden Dämpfe liefern mir das farbiges Licht, dessen Spektrum diskontinuierlich ist. Letzteres ist für die einzelnen Salze charakteristisch und ich kann daher aus der Natur des Spektrums auf die Natur der Stoffe schließen. Dieses Verfahren der chemischen Analyse heißt Spektralanalyse und seine glücklichen Entdecker waren Bunsen und Kirchhoff im Jahre 1860.

Die Empfindlichkeit der spektralanalytischen Methode ist eine außerordentliche. Mit ihrer Hilfe gelingt es z. B., Natrium noch in einer Menge von 0.000 000 000 3 gr nachzuweisen. Dank dieser großen Empfindlichkeit war es möglich, chemische Grundstoffe, die in der Natur nur spärlich vorkommen, alsbald spektralanalytisch zu entdecken. Auf diesem Wege gelang die Entdeckung der seltenen chemischen Elemente Cäsium, Rubidium, Indium, Thallium, Gallium und der sogenannten Edelgase Helium, Neon, Argon, Krypton und Xenon.

Mit der Spektralanalyse, die nicht den zu analysierenden Stoff, sondern das von letzterem ausgestrahlte Licht untersucht, war der Weg gegeben, die chemische Natur der Sonne und anderer selbstleuchtender Sterne zu ergründen. Dank der Spektralanalyse wissen wir heute, daß die Sonne und die Sterne aus den gleichen chemischen Grundstoffen aufgebaut sind wie unsere Erde.

* * *

Neben der Überführung von Wärme in strahlende Energie ist auch der umgekehrte Vorgang, die Überführung von strahlender Energie in Wärme, für die Wissenschaft der Photochemie von großer Bedeutung. Zum Unterschied von der Emission oder Ausstrahlung bezeichnet man die Umwandlung der strahlenden Energie in andere Energieformen als Absorption oder Verschluckung. Ist das Produkt der Umwandlung Wärme, so führt die Erscheinung den Namen thermische Absorption. Das Gesetz der Absorption besagt, daß

ein Körper ganz dieselben Strahlengattungen, welche er bei hoher Temperatur emittiert, bei tiefer Temperatur absorbiert. Beleuchten wir z. B. einen Körper, welcher bei hoher Temperatur gelbes Licht ausstrahlt, mit weißem Licht, so wird er die Strahlen von der Wellenlänge des gelben Lichtes verschlucken, d. h. in Wärme überführen, während er alle anderen Strahlengattungen ungehindert entweder durchläßt (transmittiert) oder zurückwirft (reflektiert). Untersuchen wir das durchgelassene oder zurückgeworfene Licht — indem wir es durch ein Prisma schicken — spektralanalytisch, so werden wir ein kontinuierliches Spektrum erhalten, das alle Farben enthält mit Ausnahme der gelben. An der Stelle des Spektrums, an welcher sich für gewöhnlich das gelbe Licht vorfindet, werden wir in unserem Falle einen schwarzen Streifen antreffen. Man nennt ein farbiges Spektrum, in welchem einzelne Strahlengattungen ausgelöscht, d. h. als schwarze Linien oder Banden erscheinen, ein Absorptionsspektrum. Letztere sind für die chemischen Stoffe ebenso charakteristisch wie die Emissionsspektren. Stoffe, welche wir aus irgendeinem Grund nicht auf höhere Temperatur bringen können, werden wir also mit Hilfe des Absorptionsspektrums bei tiefer Temperatur spektralanalytisch untersuchen können. Um die Absorptionsspektralanalyse hat sich namentlich J. Formanek in Prag Verdienste erworben.

Ein mit weißem Licht beleuchteter Körper erscheint uns in den Farben, welche den Farben jener Strahlengattungen, die er absorbiert, komplementär sind.

Ein optisch schwarzer Körper wird sämtliches auf ihn auffallende Licht verschlucken; er wird keine Strahlengattung durchlassen oder zurückwerfen. Sein Absorptionsspektrum ist daher vollständig schwarz.

Die Untersuchung der Stoffe auf ihr Emissionsspektrum und Absorptionsspektrum ist nicht nur für die Praxis der analytischen Chemie, sondern auch in wissenschaftlicher Hinsicht außerordentlich wertvoll. Während die Emissionsspektroskopie berufen erscheint, uns in den Bau der Atome einen Einblick zu gewähren, ermöglicht uns die Untersuchung der Absorptionsspektren ein tieferes Eindringen in den Aufbau der Moleküle.

* * *

Entsteht strahlende Energie nicht aus Wärme sondern aus einer anderen Energie, so heißt die Erscheinung Lumineszenz. Lumineszenz kann bei allen Temperaturen erfolgen. Die Entscheidung der Frage, ob eine Strahlung eine reine Temperaturstrahlung ist, oder ob nicht nebenbei auch Lumineszenzstrahlung stattfindet, ist in der Regel schwer zu treffen. Da aber ein Temperaturstrahler erst bei höherer Temperatur sichtbares Licht auszusenden vermag, werden wir mit Bestimmtheit aussagen können, daß jede unterhalb 360° auftretende, sichtbare Lichterscheinung reine Lumineszenzstrahlung sein muß. Will ich über die Verbreitung der Chemilumineszenz eine Vorstellung gewinnen, so werde ich die chemischen Reaktionen auf ihre Lichterzeugung zweckmäßig bei Temperaturen prüfen,

die unterhalb 360° gelegen sind. Auch das Lumineszenzlicht besteht sehr häufig aus mehreren Strahlengattungen. Sende ich es durch ein Prisma, so erhalte ich ein Lumineszenzspektrum.

Lumineszenzlicht ist strahlende Energie und da diese nicht aus Wärme entsteht, so muß sie notwendig aus anderen Energieformen hervorgehen. Das Lumineszenzlicht ist daher gebunden an Vorbelichtung oder an das Auftreten elektrischer, mechanischer oder chemischer Vorgänge in den strahlenden Körpern.

In den Märchen von „Tausend und eine Nacht“ und in uralten Sagen hören wir häufig von leuchtenden Steinen und Edelsteinen, denen damals der Charakter des Wunderbaren und Zauberhaften anhaften mußte. Wahrscheinlich handelte es sich um eine Erscheinung, die wir eben kennen lernen wollen. Ein ehrsamer Schuster aus Bologna namens Vincentius Casciarolus, welcher seine Mußstunden der Alchimie widmete, machte im Jahre 1602 die Beobachtung, daß man durch Ausglühen des Minerals Schwerspat einen Stein erhalten kann, der nach dem Belichten ein rotes Nachleuchten gibt. Wie das Schwefelbaryum, das durch Glühen von Schwerspat entsteht, verhalten sich die dem ersteren verwandten chemischen Stoffe Schwefelstrontium, Schwefelkalzium und Schwefelzink. Diese Stoffe führen den Namen Bologneser Leuchtsteine oder Luminophore. Die Leuchtsteine, die ich Ihnen hier vorführe, verdanke ich zum Teile der Firma Rohrbecks Nachfolger in Wien, zum Teile der Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. L. Vanino aus München, welcher letzterer sich

um die Herstellungsmethoden derartiger Luminophore und um die Erforschung der Erscheinung Verdienste erworben hat. Ich setze diese Steine dem Lichte des brennenden Magnesiums oder der Quecksilberlampe aus. Verfinstere ich hernach den Hörsaal, so kann ich das Nachleuchten der Luminophore deutlich beobachten.¹⁾ Die Bologneser Leuchtsteine wirken wie Lichtakkumulatoren. Sie nehmen bei der Vorbelichtung Licht auf, um es nachher wieder abzugeben. Da das Nachleuchten bei Zimmertemperatur erfolgt, so muß Lumineszenz vorliegen. Die Lumineszenz, die an Vorbelichtung gebunden ist, führt den Namen Photolumineszenz.

Die Chemilumineszenz ist an das Stattfinden einer chemischen Reaktion gebunden. Zuerst wurde Chemilumineszenz an dem an der Luft sich oxydierenden Phosphor beobachtet und Brand, der Entdecker des Phosphors (1669), war auch der Entdecker dieser Lumineszenzerscheinung. Phosphor oxydiert sich an der Luft unter Bildung von Phosphorsäure. Erhitze ich weißen Phosphor bis zu seiner Entzündungstemperatur, so erfolgt die Oxydation unter Verbrennungerscheinungen und das zu beobachtende Licht ist natürlich nichts anderes wie Temperaturstrahlung. Wenn ich aber dafür Sorge trage, daß die Temperatur während des Verlaufes der Oxydation

¹⁾ Intensiver, aber nur kurze Zeit anhaltend ist das Nachleuchten, wenn man die vorbelichteten Luminophore auf eine heiße Eisenplatte streut oder in kalter, konzentrierter Schwefelsäure auflöst.

des Phosphors die Entzündungstemperatur des letzteren nicht erreicht, so geht die Oxydation unter Lumineszenz vor sich. Dies ist der Fall, wenn sich der Phosphor im Zustande feinsten Verteilung befindet. Ich löse etwas weißen Phosphor in Schwefelkohlenstoff, in welchem er sich mit Leichtigkeit löst, und gieße die Lösung auf diese Holztafel. Sobald das Lösungsmittel verdampft ist, oxydiert sich der nunmehr fein verteilte Phosphor an der Luft unter Lumineszenz. Die frei werdende Wärme wird von der Holztafel aufgenommen, so daß sich der Phosphor nicht entzünden kann.

Die Zahl der chemischen Reaktionen, die unter Lumineszenz verlaufen, ist eine sehr große, doch sind in der Regel die Leuchtwirkungen derart schwach, daß sie einem größeren Auditorium nicht deutlich genug sichtbar gemacht werden können. Für Demonstrationszwecke eignen sich die Oxydation von Amarin oder Lophin in alkalischer Alkohollösung bei 85° durch Perhydrol oder alkoholischer Jodlösung, Brom- oder Chlorwasser (B. Radziszewski) und die Zersetzung des Phenylmagnesiumbromids an der feuchten Luft (A. Heczko).

Das intensivste Leuchten zeigen die beiden folgenden Reaktionen.

Die Reaktion von Wedekind besteht in der Einwirkung von Chlorpikrin auf Phenylbrommagnesium. Die Reaktion ergibt eine gelblichgrüne Lumineszenz.

Die Reaktion von Trautz und Schorigin besteht in der Oxydation von Formaldehyd und Pyrogallol durch

Perhydrol in alkalischer Lösung. Die Lumineszenz ist eine orangerote.¹⁾

¹⁾ Für Vorlesungszwecke empfehlen sich folgende Ausführungsformen der genannten Reaktionen:

1. Man löst 2 gr Ätznatron in möglichst wenig Wasser und versetzt mit 300 cm³ 96%igen Alkohols. Die Lösung wird zur Klärung stehengelassen, vom Bodensatz durch Abgießen und Filtrieren befreit und in einem Kolben am Wasserbad zum Sieden gebracht. In die siedende alkoholische Lauge bringt man 9 gr Amarin zur Auflösung. Inzwischen hat man in einem anderen Kolben einen Liter Bromwasser auf ungefähr 90° erwärmt. Das heiße Bromwasser wird sodann unter Umschwenken in die heiße alkoholische Lösung des Amarins gebracht (A. Heczko).

2. Die aus 31.4 gr Brombenzol und 8.4 gr Magnesium bereitete ätherische Lösung von Phenylmagnesiumbromid gießt man über eine schräggestellte Holztafel oder man bringt sie in einen größeren Rundkolben und bläst unter Umschwenken Luft ein. Der zu verwendende Äther soll zur Trocknung über Natrium destilliert worden sein (A. Heczko).

3. Die wie oben bereitete ätherische Lösung des Phenylmagnesiumbromids gießt man in einem dünnen Strahl unter Umrühren in eine aus 6 gr Chlorpikrin und 250 cm³ trockenen Äthers hergestellte Lösung, welche sich in einem Becherglas von einem Liter Inhalt befindet. Die Reaktion verläuft sehr stürmisch und es tritt leicht Übersäumen des Äthers ein, weshalb offene Flammen fernzuhalten sind (A. Heczko).

4. In ein Becherglas von 3 Litern Inhalt bringt man 35 cm³ Kaliumkarbonatlösung (50%ig), 35 cm³ Pyrogallol-lösung (10%ig), 35 cm³ 40%igen Formaldehyds (Formalin), mischt durch und versetzt in einem Gusse mit 50 cm³ Merckschen Perhydrols (M. Trautz und P. Schorigin).

Um die Erforschung der Lumineszenzreaktionen hat sich in neuerer Zeit Trautz in Heidelberg namhafte Verdienste erworben.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß eine große Reaktionsgeschwindigkeit eine Vorbedingung für Chemilumineszenz ist. Bei ein und derselben Reaktion ist die Intensität der Lumineszenz um so stärker, je größer die Reaktionsgeschwindigkeit ist.

Fragen wir nach der Ökonomie, mit welcher chemische Energie einerseits direkt (Chemilumineszenz), andererseits über Wärme (Temperaturstrahlung) in sichtbares Licht übergeführt werden kann, so lautet die Antwort, daß die Ökonomie der Chemilumineszenz sehr häufig eine weit bessere ist als die der Temperaturstrahlung. Erwägt man den Umstand, daß unsere künstlichen Lichtquellen auf Temperaturstrahlung beruhen, während das Leuchten der Leuchtbakterien und Leuchttiere Chemilumineszenz ist, so liegt hier wieder einmal ein Fall vor, wo die Natur die Lehrmeisterin der Technik ist.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß alle Lumineszenzversuche in dem möglichst verfinsterten Hörsaal vorzunehmen sind.

*

Bei dieser Gelegenheit möchte ich der werktätigen Mithilfe der Herren Dr. A. Heczko und K. Neumann von Spallart, welche Herren mich bei der Vorführung und mühsamen Vorbereitung aller Experimente wesentlich unterstützten, dankend gedenken (A. Skrabal).

Wir kommen nunmehr zu den Lichtreaktionen. In der Photographie und bei den anderen auf die Wirkung des Lichtes basierenden Reproduktionsverfahren finden die Lichtreaktionen mannigfache Anwendung. Einer der hervorragendsten Vertreter dieses Zweiges der angewandten Photochemie ist J. M. Eder, Professor an der technischen Hochschule in Wien. Um die Theorie der Lichtreaktionen haben sich in jüngster Zeit namentlich Professor Luther in Dresden und seine Schüler namhafte Verdienste erworben.

Das Bleichen der Wäsche auf dem Rasen, das Verschwinden der Farbe von Tapeten und Kleidern, das Grünwerden und Wachsen der Pflanzen, die Entstehung des Purpurfarbstoffes aus dem gelben Saft der Purpurschnecke und die Bildung anderer Farbstoffe im Lichte, die Färbung der menschlichen Hautfarbe, als das Auftreten roter Wangen und die Entstehung des Sonnen- und des Gletscherbrandes, die Färbung von Blumen und Früchten und vor allem die unseren Augen verliehene Fähigkeit, überhaupt sehen zu können — alle diese Erscheinungen führen auf Lichtreaktionen zurück.

Eine Reaktion kann nur dann lichtempfindlich sein, wenn wenigstens einer der an der Reaktion beteiligten Stoffe gefärbt ist. Der lichtempfindliche Stoff muß strahlende Energie zu absorbieren und in chemische Energie überzuführen vermögen. Zum Unterschiede von der thermischen Absorption, der Überführung von strahlender Energie in Wärme, nennen wir die Umwandlung von strahlender in chemische Energie photo-

chemische Absorption. Es werden daher alle lichtempfindlichen Stoffe, selbst wenn sie unserem Auge, das nur ein unvollkommener Apparat ist, farblos oder weiß erscheinen, ein Absorptionsspektrum besitzen, also gefärbt sein müssen. Die einzelnen Stoffe und Reaktionen sind für die verschiedenen Strahlengattungen verschieden empfindlich. Es gibt Reaktionen, bei welchen nur die ultravioletten Strahlen, dann solche, bei denen wieder das rote oder gelbe Licht photochemisch absorbiert, also in chemische Energie übergeführt wird. Die chemischen Stoffe der Retina unseres Auges vermögen nur Strahlengattungen von der Wellenlänge 0·4 bis 0·8 μ photochemisch zu absorbieren und daher können wir auch nur Licht von dieser Wellenlänge „sehen“.

Die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen ist in hohem Maße von der Temperatur abhängig. Eine Temperaturerhöhung um 10° C veranlaßt bei den sogenannten „Dunkelreaktionen“ eine Erhöhung der Geschwindigkeit auf ungefähr das Doppelte. Erst bei sehr hohen Temperaturen ist der Einfluß der Temperatur auf die Geschwindigkeit der Dunkelreaktionen ein geringerer. Demgegenüber werden die „Lichtreaktionen“ schon bei tiefer Temperatur durch eine Temperaturerhöhung nur unwesentlich beschleunigt. Es werden also die Lichtreaktionen im allgemeinen den gleichen Charakter haben wie die Dunkelreaktionen bei sehr hohen Temperaturen. Der geringe Einfluß der Temperatur auf die Geschwindigkeit der Lichtreaktionen muß es mit sich führen, daß sich die Lichtreaktionen

schon bei sehr tiefen Temperaturen abspielen können. Aus dem Umstand, daß das Temperaturgebiet, in welchem organisierte Wesen zu leben vermögen, eher ein tief- als ein hochliegendes zu bezeichnen ist, erklärt sich die außerordentliche Häufigkeit der Lichtreaktionen in der Natur.

Übersieht man die große Klasse der Lichtreaktionen, so glaubt man sie in zwei Untergruppen teilen zu müssen.

Bei den Reaktionen der einen Untergruppe leistet die einstrahlende Energie keine Arbeit, sondern sie bewirkt bloß, daß ein an und für sich verlaufender chemischer Vorgang rascher verläuft. Man nennt derartige Einflüsse „katalytische“. Das Licht spielt also hier die Rolle eines Katalysators. Derartige Lichtreaktionen sind außerordentlich häufig. Zwei italienische Forscher, Ciamician und Silber, haben diese Lichtreaktionen eingehend untersucht und es gelang ihnen, mit Hilfe des Lichtes organische Stoffe herzustellen, welche auf dem Wege einer Dunkelreaktion schwer oder gar nicht zu erreichen sind. In diese Gruppe der Lichtreaktionen gehört auch die Oxydation der farblosen Leukobase des Rhodamins zu dem roten Farbstoff, welche Oxydation mit Hilfe des Lichtes einer elektrischen Bogenlampe sehr beschleunigt werden kann. Ich führe Ihnen diese Lichtreaktion im Experimente vor.¹⁾

1) Die wässrige Lösung des Rhodamins wird mit Hilfe von Zinkstaub und Essigsäure reduziert und die erhaltene Leukobase mit Äther im Scheidetrichter ausgeschüttelt. Die Ätherlösung wird mit dem gleichen Volumen

Zur anderen Gruppe der Lichtreaktionen zählen diejenigen, bei welchen das Licht tatsächlich Arbeit leistet, die in Gestalt chemischer Energie aufgespeichert wird. Hieher sind der Vorgang der Schwärzung des Silbersalzes der photographischen Platte, die Bildung von Ozon aus Sauerstoff durch Ultraviolettstrahlung sowie der Assimilationsprozeß der grünen Pflanzen zu rechnen.

Gegen die derart vorgenommene Teilung der Lichtreaktionen spricht hingegen der Umstand, daß die Reaktionen der beiden Untergruppen nach denselben photochemischen Gesetzen verlaufen. Man darf daher annehmen, daß in allen Fällen zunächst eine Umwandlung von strahlender Energie in chemische Energie, also eine Arbeitsleistung des Lichtes vorliegt, daß aber bei der ersten Gruppe der Lichtreaktionen dem arbeitliefernden Vorgang eine andere chemische Reaktion folgt, bei welcher die zunächst erhaltene chemische Energie einer weiteren Umwandlung unterliegt.

Von den photochemischen Reaktionen ist der photographische Prozeß der Schwärzung des Chlorsilbers

Kollodium vermischt und mit dieser Lösung ein Bogen Filtrierpapier getränkt. Nach dem raschen Abdunsten des Äthers wird das derart vorbereitete Filtrierpapier geteilt, die eine Hälfte in einen Dunkelraum gebracht, die andere dem Lichte einer elektrischen Bogenlampe ausgesetzt. Wenn das belichtete Papier stark gerötet erscheint, was nach wenigen Minuten der Fall ist, holt man das unbestrahlte Papier aus dem Dunkelraum, wonach sich konstatieren läßt, daß letzteres nicht nennenswert gerötet ist.

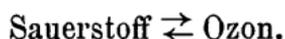
wiederholt studiert worden. Er beruht auf folgendem Vorgang:

Silberchlorid (weiß) \rightleftharpoons Silbersubchlorid (dunkel) + Chlor.

Belichten wir das weiße Silberchlorid, so geht es unter Abspaltung von Chlorgas in das dunkle Silbersubchlorid über. Bringen wir es hernach in die Dunkelheit, so wirkt das Chlorgas auf das dunkle Subchlorid unter Rückbildung des weißen Silberchlorids. Silbersubchlorid kann neben Chlorgas nur solange bestehen, als das reagierende System bestrahlt wird. Wir nennen eine derartige Erscheinung ein photochemisches Gleichgewicht. Sein Bestehen ist gebunden an die dauernde Einstrahlung von Energie.

Die eben besprochene Lichtreaktion ist vorherrschend für blaue und ultraviolette Strahlen empfindlich, während auf das menschliche Auge die grüngelben Strahlen am stärksten einwirken, also am besten gesehen werden. Die Folge davon ist, daß am photographischen Positiv die Lichtverhältnisse gegenüber der subjektiven Wahrnehmung geändert erscheinen; die dunkel aussehenden blauen Farben bilden sich hell ab, während die hellen gelben Farbentöne dunkel wiedergegeben werden. Durch Zusatz gewisser Farbstoffe zur Masse der photographischen Platte gelingt es, die Silbersalze für grüngelbes Licht empfindlich zu machen oder zu „sensibilisieren“.

Ein weiteres photochemisches Gleichgewicht führt zur Bildung von Ozon aus Sauerstoff:



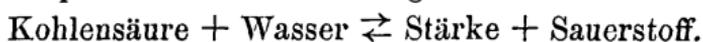
Die wirksamen Strahlen sind die ultravioletten. Wie

Ihnen Herr Kollege Dr. Böck vor einiger Zeit gezeigt hat, gelingt es uns mit Hilfe der Quecksilberdampfquarzlampe, derartige Strahlen mit größter Leichtigkeit zu erzeugen. Die Reaktion ist deshalb besonders interessant, weil sie uns die Beziehungen zwischen Licht- und Leuchtreaktionen dartut. Setzen wir Sauerstoff der Einwirkung ultravioletter Strahlen aus, so verläuft die „Lichtreaktion“, das ist die Bildung von Ozon aus Sauerstoff, solange, bis der Gehalt an Ozon ungefähr 3% beträgt, womit das photochemische Gleichgewicht erreicht ist. Dieser Zustand bleibt solange erhalten, als das Gas bestrahlt wird. Unterbricht man die Bestrahlung, so verläuft die „Dunkelreaktion“, das ist die Bildung von Sauerstoff aus Ozon. Die Geschwindigkeit der Dunkelreaktion ist bei Zimmertemperatur eine geringe und als Produkt der Umwandlung der chemischen Energie des Ozons erhalten wir ausschließlich Wärme. Erwärmen wir aber das Gasgemisch auf ca. 350°, so erfolgt der Zerfall des Ozons derart rasch, daß die chemische Energie des Ozons zum Teil in strahlende Energie übergeführt wird (Beger 1910). Der Ozonzerfall erfolgt unter Chemilumineszenz. Die von der Lichtreaktion aufgenommene strahlende Energie wird also im Verlaufe der Dunkelreaktion als Lumineszenzlicht wieder abgegeben.

Auf gleiche Weise ist offenbar das Nachleuchten der Bologneser Leuchtsteine zu erklären. Während der Vorbelichtung derselben verläuft unter Überführung von strahlender Energie in chemische die Lichtreaktion.

In der Dunkelheit geht die Dunkelreaktion vor sich, die die chemische Energie als Licht wieder freigibt. Das Nachleuchten der Bologneser Steine ist daher aller Wahrscheinlichkeit nach Chemilumineszenz. Über die Natur der Licht- und Dunkelreaktion sind wir allerdings zur Zeit noch im unklaren.

Die wichtigste aller Lichtreaktionen ist der Assimilationsprozeß der grünen Pflanzen. Er führt zu dem photochemischen Gleichgewicht:



Der Vorgang von links nach rechts entspricht der Lichtreaktion, der von rechts nach links der Dunkelreaktion. Die grünen, chlorophyllhaltigen Pflanzenzellen sind die Laboratorien, in welchen obige Lichtreaktion verläuft. Von dem grünen Chlorophyll werden die orangeroten Strahlen absorbiert, weshalb diese Strahlen als die wirksamen zu bezeichnen sind. Neben dem Chlorophyll findet sich in der Zelle noch ein gelber Stoff, der die blauvioioletten Strahlen absorbiert. Es werden von der Pflanze jene Strahlengattungen verwendet, welche ihr am reichlichsten zur Verfügung stehen, und die Farbe der Blätter ist infolgedessen als eine Anpassung an die äußeren Verhältnisse anzusehen. Die Versuche der Chemiker, es den Pflanzen nachzumachen und den Assimilationsprozeß im Reagensglas auszuführen, haben es über das Anfangsstadium und die allerersten Erfolge noch nicht hinausgebracht.

Untersuchungen über den Anteil der strahlenden Energie, welcher von den grünen Pflanzen in chemische

Energie übergeführt wird, haben ergeben, daß derselbe nur sehr klein ist. Nach Pfeffer werden von 1 cm² Oberfläche eines Oleanderblattes in einer Sekunde 0·000 000 0537 g Stärke gebildet. Bei der Verbrennung dieser Stärkemenge werden 0·00022 Grammkalorien frei und ebenso groß ist die Menge der von der Pflanze zur Bildung von Stärke aufgewandten strahlenden Energie. Nun beträgt aber die strahlende Energie, die 1 cm² in der Sekunde empfängt, ca. 0·03 Grammkalorien. Von dieser Energiemenge führt also die Pflanze nur den $\frac{1}{150}$ Teil oder 0·7% in chemische Energie über; der Rest bleibt unausgenützt.

Die grünen Pflanzen gehen also mit der ihnen zustrahlenden Energie durchaus nicht haushälterisch, sondern sehr verschwenderisch vor, indem sie nicht ganz 1% der auf sie entfallenden Sonnenenergie in chemische Energie umsetzen. Die Photochemiker müssen trachten, diesen Ökonomiekoeffizienten zu erhöhen. Kein Krösus, kein amerikanischer Milliardär und alle Wohltätigkeitsanstalten der Welt könnten der arbeitenden Menschheit mehr Entlastung und Segen bringen wie jener Gelehrte, dem es einmal gelingen wird, den Ökonomiekoeffizienten der Transformation der Sonnenenergie um einige wenige Prozente zu verbessern.

Um die Bedeutung eines derartigen Fortschrittes richtig einschätzen zu können, müssen wir uns noch einen Umstand vor Augen halten. Wir leben in einem Zeitalter der Industrie, deren Bedarf und Produktion an Energie ein ganz gewaltiger ist. Von allen Energieformen ist uns

aber die chemische Energie in der Gestalt der Nahrungsmittel die edelste und wertvollste, denn nur mit ihrer Hilfe können wir unseren Organismus erhalten. Heute produzieren Nahrungsmittel ausschließlich die Landwirtschaft und Gartenkultur, deren Vervollkommnung mit der Entwicklung der Industrie keineswegs Schritt hält. Eine Folge dieser Tatsache ist die Teuerung aller Lebensmittel, unter welcher wir gerade zur Zeit schwer zu leiden haben. An diesem Sachverhalt würde selbst dann nichts geändert werden, wenn es uns einmal gelingen sollte, die riesigen Energiemengen, die in der Umwandlung der radioaktiven chemischen Elemente ihre Quelle haben, unseren Zwecken dienstbar zu machen.

Abhilfe kann hier nur die ökonomische Überführung der uns dauernd zustrahlenden Sonnenenergie in die chemische Energie der Nahrungsmittel schaffen. Die glückliche Lösung dieses Problems ist die vornehmste Aufgabe der Photochemie. Angesichts dieses Sachverhaltes gehört wahrlich kein Prophetenblick dazu, um ein Zeitalter der Photochemie vorauszusagen. Dieses Zeitalter ist möglicherweise noch ferne, aber es muß kommen und wird kommen.

Sie sehen hieraus, meine Damen und Herren, daß die Wissenschaft im Interesse der Allgemeinheit arbeitet, und die Wissenschaft nach Möglichkeit zu unterstützen ist nicht nur die Pflicht der Regierungen, sondern auch die des einzelnen Privatmannes. Es gibt keine bessere Kapitalsanlage als die in der Förderung wissenschaftlicher Forschungen gelegene. Die Verzinsung wird zwar

nicht sofort, aber desto reichlicher erfolgen. Es ist daher auch Aufgabe eines jeden populären Vortrages, die Allgemeinheit für die Probleme der Wissenschaft zu interessieren und in den Zuhörern das zu wecken, was man als den Glauben an die Allmacht der Wissenschaft bezeichnet.

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: 1911

Band/Volume: [51](#)

Autor(en)/Author(s): Skrabal Anton

Artikel/Article: [Chemische und strahlende Energie. 223-256](#)