

wartungen wenig entsprachen. Der wertvollste Theil der Ausstellung waren aber die historischen Kartensammlungen, Instrumente und Ausrüstungsgegenstände, welche sehr gut die Fortschritte unserer Kenntnis von der räumlichen Ausdehnung der Ländermassen zeigten, z. B. die Aenderungen der Hypothese einer Terra Australis. Diese historische Ausstellung wird zu eifrigerem und öfterem Studium der alten Karten anregen und sich in der Geschichte der Geographie noch mehrmals bemerkbar machen.

Röntgen-Strahlen.

Will man den elektrischen Funken zwischen zwei Metallspitzen (Elektroden, Anode und Kathode), die in eine mit verdünnter Luft gefüllte Glasröhre (Geißler'sche, Hittorf'sche und Crookes'sche R.) so eingeschmolzen sind, daß sie mit ihren Enden in dieselbe hineintragen, überspringen lassen, so bemerkt man, daß der Ausgleich der beiden Elektricitäten nicht in Form eines oder mehrerer Funken stattfindet, sondern daß die Röhre dauernd von einem breiten, prächtigen Lichtstrome durchflutet wird, falls man zu den beiden Metallspitzen immer wieder Elektricität zuführt. Verdünnt man die Luft (oder das sonstige Gas) in der Glasröhre noch mehr, so verschwindet der vom positiven Pole (Anode) ausgehende Lichtstrom nach und nach mit zunehmender Verdünnung; dafür erfüllt sich die Röhre mit einem bläulichen Lichte (Glimmlichtstrahlen), welches von einer Stelle vor dem negativen Pole ausgeht. Zwischen dem negativen Pole und der Ausgangsstelle des bläulichen Lichtes befindet sich ein dunkler Raum (der dunkle Kathodenraum). Dieser wird jedoch von geradlinigen Strahlen, die von der Kathode selbst ausgehen, durchsetzt (Kathodenstrahlen). Die Kathodenstrahlen dringen auch durch das Glimmlicht hindurch bis zur Wand der Glasröhre, von welcher sie aufgehalten werden. Wird die Verdünnung des Gases in dem Glasgefäße noch weiter bis zur größtmöglichen Verdünnung getrieben, so breitet sich der dunkle Kathodenraum immer mehr aus, das bläuliche Glimmlicht wird immer weiter zurückgedrängt und es bleiben schließlich als Zeichen der elektrischen Entladung nur mehr die Kathodenstrahlen übrig, welche sich durch die grüne Fluorescenz des Glases verrathen. Jene Stellen des Glases nämlich, welche von den Kathodenstrahlen getroffen werden, beginnen in grünem Lichte zu leuchten und bleiben so lange leuchtend,

als Kathodenstrahlen sie treffen. Wird der Zufluss von Elektrizität unterbrochen, so hört das Leuchten des Glases auf.

Diese Erscheinungen sind schon längere Zeit bekannt und von vielen Physikern sehr genau nach allen möglichen Gesichtspunkten untersucht und womöglich erklärt worden. Bisher hatte man aber nur gewusst, dass die Glaswand die Kathodenstrahlen absorbiere und dafür das grüne Fluoreszenzlicht aussende. Dieses Fluoreszenzlicht sehen wir nicht mehr, wenn wir zwischen unser Auge und die leuchtende Hittorff'sche Röhre einen undurchsichtigen Körper, etwa einen Pappendeckel, halten. Die Strahlen des Fluoreszenzlichtes werden vom Pappendeckel vollständig absorbiert. Professor Röntgen hatte nun entdeckt, dass die Glaswand während der elektrischen Entladung außer den grünen Strahlen des Fluoreszenzlichtes auch noch andere Strahlen ausenden müsse, Strahlen, die man allerdings mit dem Auge nicht wahrnehmen, von deren Vorhandensein man sich aber auf andere Weise überzeugen kann. Diese Strahlen, welche Professor Röntgen X-Strahlen nannte, werden nicht wie die Lichtstrahlen von einem Pappendeckel absorbiert, sondern sie durchdringen denselben. Lässt man diese Strahlen auf eine Fläche auffallen, welche mit einer fluoreszierenden Substanz (z. B. Barium-Platincyanoür) bestrichen ist, so beginnt diese Substanz zu leuchten. An diesem Leuchten erkennt man das Vorhandensein der sonst unsichtbaren X-Strahlen. Die Fläche hört in dem Momente zu leuchten auf, in welchem die Zufuhr der Elektrizität zur Hittorff'schen Röhre unterbrochen wird. Ebenso wie Pappendeckel vermögen die X-Strahlen auch andere Körper zu durchdringen, die weder von Lichtstrahlen, noch von chemischen Strahlen durchsetzt werden können. Die X-Strahlen haben die Fähigkeit, auf photographische Platten zu wirken, d. h., die Stellen, an denen sie auftreffen, chemisch zu verändern, zu zersetzen. Die beiden hier zuletzt erwähnten Eigenschaften der X-Strahlen waren es, wegen welcher die Röntgen'sche Entdeckung so ungeheures Aufsehen und so allgemeinstes Interesse erregte.

Dieses in weiten Kreisen wachgerufene Interesse möge es rechtfertigen, dass ich es unternehme, auf die bei diesen Erscheinungen stattfindenden physikalischen Vorgänge etwas genauer einzugehen, besonders die Art und Weise der Aetherbewegung, als die das Licht aufgefasst wird, zu beschreiben und die verschiedenen optischen Er-

scheinungen, welche bei den elektrischen Entladungen auftreten, zu erklären. Die derzeit noch offene Frage bezüglich der Natur der Röntgen'schen Strahlen hier zu erörtern, hat nur insoferne einen Sinn, daß man die bisher durch Experimente festgestellten Thatsachen nach folgendem Gesichtspunkte beurtheilt: Gestatten die experimentell gefundenen Thatsachen, die X-Strahlen als Aetherstrahlen aufzufassen, welche von den Lichtstrahlen nur quantitativ, aber nicht qualitativ verschieden sind, oder sind durch die Experimente Eigenschaften der Röntgen'schen Strahlen aufgezeigt worden, welche sich mit denen der bisher bekannten Aetherstrahlen (Lichtstrahlen) nicht vereinigen lassen?

Seit den Untersuchungen des französischen Physikers Fresnel ist die schon von Huyghens ausgesprochene Ansicht allgemein anerkannt worden, daß das Licht nichts anderes sei, als transversale Schwingungen des Aethers, eines äußerst feinen, vollkommen elastischen Stoffes, welcher das ganze Weltall erfüllt und alle Körper durchdringt. Man denkt sich, daß die Materie den Raum, welchen ein Körper einnimmt, nicht stetig erfüllt, sondern, daß die einzelnen Molecüle der Substanz des betreffenden Körpers Entfernungen von einander haben, welche im Verhältnis zu der allerdings unendlichen Kleinheit der Molecüle selbst äußerst groß sind. Den Raum zwischen den Körpermolecülen erfüllen die Aethermolecüle mit größerer oder geringerer Dichtigkeit, je nach der Beschaffenheit der Körpersubstanz. Man nimmt an, daß zwischen den Molecülen der verschiedenen Substanzen und denen des Aethers eine gegenseitige Anziehung stattfindet, so daß jedes Körpermolecül von einer mehr minder dichten ständigen Hülle, bestehend aus Aethermolecülen, umgeben ist. Der Raum zwischen den einzelnen umhüllten Körpermolecülen ist noch von freien Aethermolecülen erfüllt. Es muß auch angenommen werden, daß die Aethermolecüle gegenseitig auf einander einwirken, und zwar je nach ihrer Entfernung entweder anziehend oder abstoßend. In einem ganz bestimmten Abstände wirken sie auf einander weder anziehend, noch abstoßend. Wird der Abstand vergrößert, so werden die anziehenden Kräfte gewedt; werden die Aethermolecüle enger an einander gebracht, so treten Abstoßungskräfte auf. Um diese Annahme nicht als gekünstelt oder gar als widersinnig zu verurtheilen, braucht man sich nur die Verhältnisse bei irgend einem elastischen Körper zu vergegenwärtigen. Wird derselbe durch einen

Zug gedehnt, so übt er einen Widerstand gegen die Trennung seiner Theilchen, er sucht die vergrößerten Abstände zwischen seinen kleinsten Theilchen wieder auf die normalen Abstände zu verringern; in gleicher Weise widerstrebt der elastische Körper einer Zusammenpressung, das ist einer Verringerung der normalen Abstände zwischen seinen kleinsten Theilchen.

Im leeren Raume, der von keiner Körpersubstanz erfüllt ist, werden die Aethermolecüle nur von einander beeinflusst, sie können sich demnach verhältnismäßig frei bewegen. In einem Raume aber, der außer den Aethermolecülen noch die Molecüle einer Körpersubstanz enthält, sind die Aethermolecüle in Folge der Anziehung der Körpermolecüle in ihrer freien Beweglichkeit behindert. Ein Vergleich wird diese Verhältnisse verständlicher machen. Denken wir uns ein weites Gefäß mit Wasser gefüllt. Das Wasser ist im Gefäße leicht beweglich; durch Schütteln des Gefäßes oder dadurch, daß auf die Oberfläche des Wassers ein Luftstrom geblasen wird, kann es leicht in Bewegung versetzt werden. Denken wir uns in dieses Gefäß viele Glasstäbchen, ziemlich nahe an einander, vertical eingesetzt, so wird dadurch die freie Beweglichkeit der Wassertheilchen sehr gehemmt. Das Glas zieht nämlich die benachbarten Wassertheilchen an (Adhäsion) und beeinflusst dadurch auch die freie Beweglichkeit der übrigen zwischen den Glasstäben befindlichen Wassermolecüle. Es wird jetzt einer bedeutend größeren Kraft bedürfen, um die Wassertheilchen wieder in gleich lebhaftere Bewegung zu versetzen. In diesem Vergleiche entspricht das Wasser dem Aether, die Glasstäbe den Körpermolecülen.

Was hat man sich nun unter einem Lichtstrahle eigentlich vorzustellen? Das, was wir als Licht empfinden, ist nichts anderes, als ungeheuer schnelle, schwingende (vibrierende) Bewegungen der einzelnen Aethermolecüle. Jedes Aethermolecül schwingt um den Ort, welchen es im Ruhezustande einnimmt, so rasch hin und her, daß es in einer Secunde mehrere hundert Billionen Schwingungen macht. Gewöhnlich sind die Bahnen dieser Schwingungen unendlich kleine Gerade, die sich im Ruhepunkte des Aethermolecüls schneiden. Die Richtungen dieser Vibrationen wechseln außerordentlich rasch, so daß ein Aethermolecül in dem Zeitraume von einem Millionstel einer Secunde längs aller Radien eines Kreises nach und nach sich bewegt hat. Zu bemerken ist jedoch der wichtige Umstand, daß alle diese verschiedenen Schwingungsrichtungen in einer Ebene liegen, welche senk-

recht ist zur Fortpflanzungsrichtung des Lichtstrahles. Deshalb werden die Lichtschwingungen des Aethers transversale Schwingungen genannt.

Bewegt sich in einem Raume, der keine Körpersubstanz enthält, ein Aethermolecül aus seiner Ruhelage (beginnt eine Schwingung), so wird es durch diese Lageveränderung sofort das benachbarte Aethermolecül beeinflussen; es wird, da die Entfernung zwischen den beiden Aethermolecülen vergrößert worden ist, das benachbarte Aethertheilchen mitzuziehen suchen. Letzteres wird, da Körpermolecüle nicht hindernd entgegenwirken, sehr rasch diesem Zuge Folge leisten und selbst eine ähnliche schwingende Bewegung beginnen, wie das erste Molecül. Dadurch wird es seinerseits wieder das ihm benachbarte Aethertheilchen zu gleichen Schwingungen anregen u. s. w. So kommt es, daß in äußerst kurzer Zeit durch die Vibrationen des ersten Aethermolecüls tausend und tausend andere Aethermolecüle zu solchen Schwingungen angeregt worden sind, daß sich die schwingende Bewegung der einzelnen Molecüle um eine große Strecke fortgepflanzt hat. Die Erregung der Aethertheilchen pflanzt sich geradlinig fort, und zwar ist diese Fortpflanzungsrichtung, wie schon oben erwähnt, senkrecht zu den Schwingungsebenen der Molecüle. Die Erregung pflanzt sich in einer Secunde ungefähr 300.000 *km* weit fort. Man nennt diese Größe die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Aetherstrahlen (des Lichtes) im leeren Raume. In einem Raume, der außer dem Aether noch die Molecüle anderer Stoffe enthält, ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Aetherstrahlen kleiner. Bewegt sich in einem solchen Raume ein Aethertheilchen aus seiner Ruhelage, so wird es ebenfalls das benachbarte Aethertheilchen mitzuziehen suchen; letzteres wird aber nicht so schnell wie im früheren Falle diesem Zuge Folge leisten können, da es durch den Widerstand der benachbarten Körpermolecüle zurückgehalten wird. Erst bis das erste Aethertheilchen sich noch weiter aus seiner Ruhelage entfernt und durch Vergrößerung des gegenseitigen Abstandes sein Zug auf das benachbarte Aethertheilchen zugenommen hat, wird der Widerstand der Körpermolecüle überwunden und das zweite Aethertheilchen die Schwingungen beginnen. Ebenso geht's bei der Mittheilung der Vibrationsbewegung vom zweiten auf das dritte Aethermolecül. Man ersieht, daß in einem solchen Medium die Vibrationsbewegung des Aethers sich in der gleichen Zeit nicht so weit fortpflanzen kann, als im leeren Raume. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wird umso kleiner, je größer der

Widerstand der Körpermolecüle gegenüber einer Ortsveränderung der Aethermolecüle ist. Wenn die Körpermolecüle eine große Masse besitzen oder wenn sie im Verhältnis zur Strecke, auf welcher das Aethermolecül hin und her schwingt, ziemlich enge angeordnet sind, so werden sie einer Ortsveränderung der Aethermolecüle einen größeren Widerstand entgegensetzen, als wenn sie von geringerer Masse (kleinerem Moleculargewichte) oder wenn sie in größeren Abständen von einander angeordnet wären. Sind die Molecüle eines Körpers sehr weit von einander entfernt oder sind, was auf dasselbe hinauskommt, die Ortsveränderungen der Aethermolecüle beiden Vibrationen im Vergleiche zu den Abständen der Körpermolecüle von einander unendlich klein, so wird diese Schwingungsbewegung von den Körpermolecülen nicht beeinflusst, sie wird sich innerhalb des Körpers ebenso schnell fortpflanzen, wie im leeren Raume.

Nicht alle Aetherschwingungen von der Art, wie sie oben beschrieben wurden, empfinden wir als Licht, wir haben ja schon beim Licht verschiedene Empfindungen: die unendlich vielen Abstufungen der Farben vom Roth bis zum Violett. Welche Verschiedenheit in den physikalischen Vorgängen verursacht die Unterschiede in den Empfindungen? Man hat gefunden, daß Unterschiede in der Geschwindigkeit, mit der jedes Aethermolecül seine Vibrationen ausführt, beziehungsweise Unterschiede in der Anzahl von Schwingungen, die das Aethermolecül in einer Secunde macht, die Ursachen der Verschiedenheiten in den Sinnesempfindungen sind. Aetherschwingungen, welche so schnell vor sich gehen, daß ihrer etwa 400 Billionen während einer Secunde ausgeführt werden, rufen die Empfindung des rothen Lichtes auf unserer Netzhaut hervor; Aetherschwingungen, von denen etwa 800 Billionen auf eine Secunde kommen, empfinden wir als violettes Licht. Zwischen beiden Grenzen sind Aetherschwingungen, welche alle übrigen Farben des Spectrums darstellen. Alle diese Schwingungen rufen in uns außer der Lichtempfindung in höherem oder geringerem Grade auch Wärme-Empfindungen wach. Aetherstrahlen, in denen jedes Molecül während einer Secunde weniger als 400 Billionen Schwingungen vollführt, können wir mit den Augen nicht mehr wahrnehmen, wir empfinden dieselben nur mehr als Wärme (ultrarothe, dunkle Wärmestrahlen). Aetherschwingungen von mehr als 800 Billionen

Schwingungen in einer Secunde merken wir weder durch Licht, noch durch Wärme-Empfindungen. Kenntniss von ihrer Existenz erlangte man erst durch die chemischen Wirkungen, die sie auf photographischen Platten hervorrufen, und durch das Fluorescenzlicht, das sie in geeigneten Körpern hervorrufen (ultraviolette, chemische Strahlen). Es ist von vornherein keineswegs ausgeschlossen, dass es außer den angeführten Aetherstrahlen noch Aetherstrahlen derselben Art gibt, welche noch bedeutend mehr Schwingungen in der Secunde machen, als die ultravioletten Strahlen. Dass unter den Strahlen, welche von der Sonne zu uns kommen, Strahlen von größerer Schwingungszahl, als die ultravioletten, sich nicht finden, schließt natürlich gar nicht aus, dass durch irgend welche andere Vorgänge solche Strahlen erregt werden können. Solche Vorgänge, welche hiefür in Betracht kommen, sind hauptsächlich die elektrischen Entladungen. Man neigt heute der Ansicht zu, dass sowohl die Erscheinungen der statischen, als auch die der strömenden Electricität auf eigenthümlichen Bewegungs- und Vertheilungszuständen des Lichtäthers beruhen, dass besonders die elektrischen Entladungen energische Bewegungen des Lichtäthers sind oder doch mindestens solche im Gefolge haben. Die bei elektrischen Entladungen in gasverdünnten Räumen auftretenden Lichterscheinungen können am leichtesten aus einer durch die elektrische Entladung herbeigeführten lebhaften Aetherbewegung erklärt werden. Durch diese lebhafte Aetherbewegung, die man sich aber nicht so vorzustellen braucht, wie die Aetherbewegung in einem Lichtstrahle, werden die Gastheilchen zu Schwingungen angeregt, so dass sie ihrerseits Lichtstrahlen aussenden (leuchtend werden). Die elektrischen Kathodenstrahlen werden vom Glase absorbiert, bringen die Glasmoleküle in lebhafte Bewegung, so dass diese dadurch selbst Aetherstrahlen aussenden (Fluorescenzlicht und Röntgen'sche Strahlen).

Gelangt ein Strahl aus einem Medium (z. B. Luft) in ein anderes (z. B. Wasser) von anderer optischer Dichte, so wird im allgemeinen der Strahl in Folge des Uebertrittes in das neue Medium aus seiner bisherigen Richtung abgelenkt, er wird gebrochen. Die Ablenkung des Strahles hat seinen Grund in der verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Aetherschwingungen in beiden Medien. Auf diesen Zusammenhang zwischen Aenderung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Stärke der Ablenkung hat schon Huyghens hingewiesen. Wenn es demnach solche Aetherstrahlen

gibt, die wegen der Feinheit ihrer Vibrationen durch die Anwesenheit von Körpermoleculen in ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit nicht beeinträchtigt werden, so werden diese Strahlen auch beim Uebergange von einem Medium in ein anderes nicht gebrochen, sondern geradlinig weitergehen. Die Röntgen'schen Strahlen zeigen bekanntlich die Eigenschaft, dass sie durch keine von allen Substanzen, welche das gewöhnliche Licht abzulenken vermögen, gebrochen werden. Es wäre deshalb noch nicht nöthig, die Röntgen'schen Strahlen als Aetherstrahlen zu betrachten, die von den bisher bekannten vollständig verschieden sind, sondern es würde genügen, ihnen mit einer sehr großen Schwingungszahl auch sehr feine Vibrationsbewegungen zuzuschreiben. So beschaffene Aetherstrahlen könnten nur durch solche Substanzen gebrochen werden, bei denen die Körpermoleculle entsprechend der Feinheit der Vibrationsbewegungen sehr nahe beisammen sind. Dies wären solche Substanzen, welche derartige Strahlen zu absorbieren vermögen.

Treten Aetherstrahlen aus einem homogenen Medium in ein anderes homogenes Medium von anderer optischer Dichte über, so erfolgt außer durch die Absorption eine Schwächung des austretenden Lichtstrahles dadurch, dass ein Theil der Strahlen an der Ein- und an der Austrittsfläche des Körpers reflectiert wird. Ein Aetherstrahl wird nur dann reflectiert (und gebrochen), wenn er beim Uebergange aus einem Körper in einen anderen gezwungen wird, eine andere Fortpflanzungsgeschwindigkeit anzunehmen. Denken wir uns denselben Körper jetzt zerpulvert, so dass dieselbe Masse jetzt aus einer Menge kleiner Körperchen besteht, zwischen denen sich wieder Luft befindet. Werden Aetherstrahlen durch diese pulverisierte Masse hindurchgeschickt, so wird jedesmal ein Theil derselben reflectiert, wenn die Strahlen eine Grenzfläche zwischen dem Körper und der Luft erreicht haben. Die Strahlen werden von der pulverisierten Masse so oftmals reflectiert und gebrochen, dass bei gleicher Dicke der Schicht nur ein bedeutend geringerer Theil des Lichtes hindurchgeht, als wenn der Körper ganz wäre. Eine pulverisierte Substanz ist für gewöhnliche Lichtstrahlen bedeutend weniger durchlässig, als ein homogener Körper aus derselben Substanz. Schickt man aber Röntgen'sche Strahlen durch eine pulverisierte Substanz, welche im homogenen Zustande durchlässig ist, so findet man, dass durch die pulverisierte Substanz nicht weniger durchgelassen wird, als durch die homogene. In der Erscheinung finden

wir also wieder einen bedeutenden Unterschied zwischen den Röntgen'schen und den gewöhnlichen Strahlen, und doch ist diese Erscheinung nur eine ganz natürliche Folge davon, daß die Röntgen'schen Strahlen bei den verwendeten Substanzen keine Brechung und Reflexion erleiden, was man aber nach dem Früheren aus der oben gemachten Annahme über die Feinheit der Vibrationsbewegung der X-Strahlen erklären kann. Es zwingt demnach auch diese experimentelle Thatfache nicht dazu, die Röntgen'schen Strahlen qualitativ verschieden von den Lichtstrahlen anzunehmen.

Betrachten wir jetzt die verschiedenartigen Veränderungen, welche mit Aetherstrahlen vor sich gehen, wenn sie Räume durchsetzen, die mit Gasen, Flüssigkeiten oder festen Körpern gefüllt sind. Befassen wir uns zunächst mit der Absorption der Aetherstrahlen. Es gibt Substanzen, welche selbst in dünnen Schichten weder dunkle Wärmestrahlen, noch Lichtstrahlen, noch chemische Strahlen durchlassen (z. B. die meisten Metalle), man sagt, diese Körper absorbieren alle diese verschiedenen Strahlen. Andere Körper absorbieren hingegen nur einzelne Gruppen von Strahlen, je nach der Schwingungszahl derselben, während sie Strahlen mit anderen Schwingungszahlen ungehindert durchlassen. So absorbiert z. B. eine dunkle Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff fast alle sichtbaren Strahlen, während sie die dunklen Wärmestrahlen fast ungeschwächt durchläßt, so daß man im Brennpunkte eines kugelförmigen Gefäßes, welches mit einer solchen Lösung gefüllt ist, nur durch die dunklen Wärmestrahlen einen Körper zum Glühen bringen kann. Entgegengesetzt verhält sich z. B. eine klare Alaunlösung; sie läßt die Lichtstrahlen ungehindert durch, während sie von den dunklen Wärmestrahlen nahezu alle absorbiert, so daß im Brennpunkte eines mit Alaunlösung gefüllten Gefäßes ein Thermometer nur eine sehr geringe Temperatursteigerung anzeigt. Glas verschluckt die dunklen Wärmestrahlen stark, die sichtbaren Strahlen läßt es vollständig durch; von der Sonne beschienenes Glas erwärmt sich daher unter gleichen Umständen bedeutend mehr, als klares Steinsalz, welches außer den sichtbaren noch fast alle dunklen Wärmestrahlen durchläßt. Gewisse Körper absorbieren z. B. nur die rothen Lichtstrahlen; sie erscheinen daher im durchgelassenen Lichte grün.

Die Erscheinung der Absorption kann man sich folgendermaßen erklären: Je nach der Verschiedenheit der Substanz werden die Moleküle

eines Körpers überhaupt leichter zum Mitschwingen gebracht werden können, als die eines anderen Körpers, je nachdem die Molecüle der einen Substanz einander weniger oder mehr durch ihre gegenseitige Anziehung festhalten. Andererseits werden die Molecüle der verschiedenen Substanzen zu Schwingungen von einer ganz bestimmten Schwingungszahl leichter veranlaßt, als zu Schwingungen von einer anderen Schwingungszahl; ähnlich wie ein Pendel von bestimmter Länge nur Schwingungen von ganz bestimmter Dauer machen kann, so lange die Anziehungskraft der Erde sich nicht ändert. Ein Körpermolecül wird daher von einem schwingenden Aethermolecül dann zum Schwingen angeregt, wenn die Schwingungszahl des Aethermolecüls mit der Schwingungszahl des Körpermolecüls übereinstimmt, oder wenn die Schwingungszahl des Aethermolecüls ein ganzes Vielfaches der Schwingungszahl des Körpermolecüls ist, überhaupt, wenn die beiden Schwingungszahlen in einem einfachen Verhältnisse stehen. Stößt ein Aethertheilchen bei seiner Schwingung auf ein derartig beschaffenes Körpermolecül, so gibt es seine Geschwindigkeit, analog dem Stoße elastischer Kugeln, an das Körpermolecül ab, welches dadurch in Schwingung geräth, während das Aethermolecül durch den Stoß seine Geschwindigkeit entweder ganz oder zum größten Theile abgegeben hat. Die schwingende Bewegung des Aethertheilchens ist vernichtet oder sehr geschwächt, der betreffende Aetherstrahl ist absorbiert worden; die Bewegung des Aethers ist in Bewegung der Körpermolecüle umgesetzt worden. Würde das Körpermolecül keiner solchen Schwingung fähig sein, die mit den Schwingungen des Aethermolecüls übereinstimmt oder mit ihnen consoniert, so würde das Körpermolecül von dem schwingenden Aethermolecül nicht zu einer Vibration angeregt werden, sondern in Ruhe bleiben. Das Aethermolecül würde von ihm mit derselben Geschwindigkeit wieder zurückgeworfen werden, so daß die vibrierende Bewegung des Aethers und damit der Aetherstrahl erhalten bliebe. In dem Falle findet keine Absorption statt.

Die Verhältnisse hier sind ganz analog wie beim Schalle. Singt man in ein offenes Clavier einen Ton hinein, so werden gewisse Saiten zum Mittönen gebracht, und zwar schwingen nur jene Saiten mit, welche mit dem gesungenen Tone entweder gleiche Schwingungszahl haben, oder eine solche Schwingungszahl, die mit der des gesungenen Tones in einfachem Verhältnisse steht, das heißt, nur jene

Saiten tönen mit, deren Ton mit dem gesungenen gleich hoch ist, oder mit dem gesungenen zusammenstimmt (consoniert).

Die Schwingungszahlen der durch Absorption in Vibration versetzten Körpermolecüle werden in einem einfachen Verhältnisse zu der Schwingungszahl des absorbierten Aetherstrahles stehen, sie werden zwar meistens bedeutend kleiner sein, die Körpermolecüle werden bedeutend langsamer schwingen, als die Aethermolecüle, jedoch so, daß eine gewisse Zahl voller Aetherschwingungen gerade so lange dauert, wie eine Schwingung des Körpermolecüls. Die durch Absorption erhöhte Bewegungsenergie der Körpermolecüle äußert sich in einer Temperatur-Erhöhung des Körpers; Körper, die fast gar keine Strahlen absorbieren, werden durch Bestrahlung nur sehr wenig erwärmt. Durch die — infolge der Bestrahlung — energischen Schwingungen der Körpermolecüle werden andererseits die benachbarten Aethertheilchen zum Mitschwingen veranlaßt. Die Schwingungszahlen dieser Aetherschwingungen werden den Schwingungszahlen der Körpermolecüle nahestehen, daher werden die vom Körper selbst ausgehenden Aetherstrahlen Strahlen von kleinerer Schwingungszahl sein, dunkle Wärmestrahlen.

Es gibt jedoch Substanzen, welche durch die Absorption von Aetherstrahlen in ihren Molecülen zu so energischen Bewegungen angeregt werden, daß die von diesen Körpern wieder erregten Aetherstrahlen infolge ihrer hohen Schwingungszahl dem Auge als Licht bemerkbar werden. Besonders leicht kommt dieses Ausfenden leuchtender Strahlen dann zustande, wenn die vom Körper absorbierten Aetherstrahlen eine sehr große Schwingungszahl hatten, also wenn es Strahlen vom blauen Ende des Spectrums oder ultraviolette (unsichtbare) Strahlen waren. Dieses Selbstleuchten der Körper bei einer Körpertemperatur, die weit unterhalb der Glühtemperatur ist, nennt man Fluorescenz, wenn das Selbstleuchten nur so lange dauert, als die Bestrahlung, Phosphorescenz, wenn das Selbstleuchten auch nach dem Aufhören der Bestrahlung noch einige Zeit fortdauert. Durch die Fluorescenz ist es möglich, unsichtbare Strahlen von höherer Schwingungszahl umzuwandeln in sichtbare Strahlen von niedrigerer Schwingungszahl, indem man die unsichtbaren Strahlen auf fluorescierende Substanzen auffallen läßt. Das Vorhandensein der Röntgen'schen Strahlen wurde eben auf diese Weise nachgewiesen, weshalb die Vermuthung naheliegt, daß die X-Strahlen vielleicht gewöhnliche

Aetherstrahlen seien, deren Schwingungszahl noch größer ist als die der ultravioletten Strahlen.

Es wurde oben erwähnt, daß die einzelnen Aethermolecüle ihre Schwingungsrichtungen fortwährend ändern, so daß binnen eines Milliontheiles einer Secunde das Aethermolecül unzählige Schwingungen vollführt hat, deren Richtungen sich zu einander und zur Fortpflanzungsrichtung des Strahles so verhalten, wie sich die Speichen eines Rades zu einander und zur Radachse verhalten. Aetherstrahlen mit fortwährend wechselnder Schwingungsrichtung der Molecüle bilden das natürliche oder unpolarisierte Licht. Es gibt nun viele ganz homogene Substanzen, bei denen die einzelnen Molecüle so angeordnet sind, daß diese in gewissen Richtungen leichter verschiebbar sind, als in anderen. Man braucht sich nur zu denken, daß die einzelnen Molecüle des Körpers hintereinander in geraden Reihen angeordnet sind, so daß zwischen je zwei Molecülen einer Reihe ein bestimmter überall gleicher Abstand ist. Der Abstand zwischen zwei benachbarten Molecülreihen, von denen jede genau die gleiche Anordnung zeigt wie die andere, sei größer als der Abstand zweier benachbarter Molecüle in einer Reihe. Denkt man sich den ganzen Körper (z. B. ein Turmalinkrystall) aus solchen Reihen bestehend, so ist von vornherein klar, daß es in dem Krystalle eine Richtung (nämlich die Richtung dieser Molecülreihen) geben wird, in welcher die Körpermolecüle schwerer zum Mitschwingen angeregt werden können, als in den darauf senkrechten Richtungen, weil in letzteren Richtungen die Abstände zwischen den Molecülen größer sind und daher die zwischen den Molecülen wirksamen Kräfte einer Verschiebung der Körpermolecüle in diesen Richtungen weniger Widerstand entgegensetzen. Schickt man durch einen solchen Körper einen unpolarisierten Aetherstrahl in einer Richtung durch, welche senkrecht ist zur Richtung der erwähnten Molecülreihen, so werden jene Schwingungen der Aethermolecüle, welche in der Richtung des größeren Molecülabstandes geschehen, die Körpermolecüle in Mitschwingen versetzen, daher selbst ihre Geschwindigkeit verlieren und als Aetherschwingungen ausgelöscht werden. Jene Schwingungen, welche in der Richtung des kürzesten Molecülabstandes stattfinden, können die Körpermolecüle nicht zum Mitschwingen veranlassen, weil der Widerstand der Körpermolecüle gegen eine Verschiebung in dieser Richtung zu groß ist. Die in dieser Richtung schwingenden Aethertheilchen werden von den Körpermolecülen wieder reflectiert und deshalb von ihrer Schwingungsgeschwindigkeit nichts verlieren

und als Aetherschwingungen erhalten bleiben. Von allen jenen Aetherschwingungen, deren Richtung zwischen den Richtungen des größten und kleinsten Molecülabstandes liegt, wird nur jene Componente, welche in die Richtung des kürzesten Abstandes fällt, erhalten bleiben, während die andere Componente ihre Geschwindigkeit an die Körpermolecüle abgibt (absorbiert wird). So kommt es, daß in den aus diesem Körper austretenden Aetherstrahlen die einzelnen Aethermolecüle nur mehr in einer einzigen Richtung (des kürzesten Abstandes des Molecüls) schwingen. Solche Strahlen nennt man polarisiert. Bringt man hinter dem ersten Turmalinkrystalle, dessen Molecülreihen etwa horizontal gerichtet seien, einen zweiten Turmalinkrystall an, dessen Molecülreihen vertical gerichtet sind, so wird der aus dem ersten Turmalin austretende polarisierte Lichtstrahl von dem zweiten Turmalin ganz absorbiert, so daß aus dem zweiten Turmalin keine Spur des Aetherstrahles mehr austritt; denn die Schwingungen des Aetherstrahles wurden durch den ersten Turmalin (Polariseur) alle horizontal gerichtet; horizontale Schwingungen werden vom zweiten Turmalin vollständig absorbiert, weil die Horizontale die Richtung ist, in welcher die Molecüle des zweiten Turmalins am leichtesten zum Mitschwingen angeregt werden können. Wurde hingegen der zweite Turmalin (Analyseur) so gestellt, daß seine Molecülreihen gleich gerichtet sind denen des Polariseurs, so würden die aus dem Polariseur austretenden polarisierten Strahlen unverändert durch den Analyseur hindurchgehen und nicht merklich geschwächt werden.

Auf diese Polarisationserscheinungen der gewöhnlichen Aetherstrahlen wurde deshalb hingewiesen, weil die Röntgen'schen Strahlen durch zwei gekreuzte Turmalinkrystalle nicht ausgelöscht werden, wie es mit den dunklen Wärmestrahlen, den sichtbaren Strahlen und den ultravioletten Strahlen geschieht. Man schloß aus dieser Thatsache auf einen wesentlichen Unterschied zwischen den bisher bekannten Aetherstrahlen und den Röntgen'schen Strahlen. Es muß jedoch erwähnt werden, daß man auch aus dieser Verschiedenheit in der Erscheinung noch nicht mit Nothwendigkeit auf einen tiefgehenden, qualitativen Unterschied zwischen den gewöhnlichen Aetherstrahlen und den Röntgen'schen Strahlen schließen müsse. Zur Erklärung dieses Unterschiedes genügt die schon mehrmals benützte Annahme, daß die X-Strahlen gewöhnliche Aetherstrahlen mit sehr hoher Schwingungszahl und, im Verhältnis zum Molecülabstande, sehr kleinen Schwingungs-

Amplituden, also von sehr feiner Vibrationsbewegung seien. Sind die Schwingungsbewegungen der Aethermoleküle auch verschwindend klein gegenüber den kürzesten Molekülabständen im Turmalin, so werden die Aetherschwingungen in keiner Richtung die Körpermoleküle überhaupt nur beeinflussen und umgekehrt. Die Körpermoleküle werden von den Aetherschwingungen gar nicht zum Mitschwingen angeregt, es findet keine Absorption und daher auch keine Polarisation statt. Die Röntgen'schen Strahlen verlassen den Polariseur unpolarisiert, werden daher durch den Analyser auch nicht ausgelöscht.

Es handelte sich mir darum, zu untersuchen, ob die Röntgen'schen Strahlen trotz mancher Eigenschaften, die sie scharf von den anderen bisher bekannten Aetherstrahlen zu trennen scheinen, nicht doch auch transversale Aetherschwingungen sein könnten, und ob diese für die Röntgen'schen Strahlen charakteristischen Abweichungen vom Verhalten der übrigen Aetherstrahlen nicht auch durch die Annahme einer bloß quantitativen Verschiedenheit des Bewegungszustandes des Aethers erklärbar seien. Wie ich oben zu zeigen bemüht war, wird die Erklärung durch die Annahme geleistet, daß die Röntgen'schen Strahlen ebenso Aetherstrahlen mit transversalen Schwingungen seien, wie die gewöhnlichen Aetherstrahlen mit der nur quantitativen Verschiedenheit, daß ihre Schwingungszahlen bedeutend größer seien, als selbst die der ultravioletten Strahlen und daß dafür ihre Schwingungsamplituden vielmals kleiner seien, als die der gewöhnlichen Aetherstrahlen von mittlerer Intensität. Diese Annahme erklärt — um das Resultat kurz zusammenzufassen — die von den bisherigen Erfahrungen ganz abweichenden experimentellen Thatsachen, daß die Röntgen'schen Strahlen auch solche Körper ungebrochen durchsetzen, von denen die anderen Aetherstrahlen sehr stark abgelenkt werden, daß die Röntgen'schen Strahlen Körper durchdringen, von welchen alle übrigen Aetherstrahlen absorbiert werden, daß es bisher noch nicht gelungen ist, die Röntgen'schen Strahlen zu polarisieren. Die Annahme longitudinaler Aetherschwingungen würde zwar die Unmöglichkeit, die Röntgen'schen Strahlen zu polarisieren, als selbstverständlich erscheinen lassen, hingegen würde sie das ungebrochene Durchsetzen mehrerer Medien von verschiedener optischer Dichte auch nicht ohne weiteres erklären.

Klagenfurt, im März 1896.

Dr. Franz Vapotitsch.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: [86](#)

Autor(en)/Author(s): Vapotitsch Franz

Artikel/Article: [Röntgen- Strahlen 65-78](#)