

Kathoden- und Röntgenstrahlen.

Von

Dr. Gustav Jäger.

Vortrag, gehalten den 12. Februar 1896.

(Mit Experimenten.)

Wenn wir an einem wolkenlosen Tage in einem Zimmer, dessen Fenster gegen die Sonne liegen, die Fensterläden vollständig schließen und es befindet sich in einem Laden ein kleines Loch, so finden wir auf dem Fußboden eine kleine helle Stelle, welche von dem Sonnenlicht herrührt, das durch das Loch des Ladens fällt. Füllen wir gleichzeitig die Luft mit Rauch an, etwa von einer Cigarre, so sehen wir einen hellen geraden Lichtstreif, einen Strahl oder besser ein Strahlenbündel. Dieses Licht, welches in Form einer geraden Linie in unser Zimmer dringt, hat seinen Ursprung in der Sonne, hat also den ungeheuer weiten Weg von der Sonne zur Erde zurückgelegt, und zwar in gerader Linie, die möglicherweise bloß in unserer Atmosphäre eine kleine Ablenkung erfahren hat.

Durch die Strahlen wird uns direct von der Sonne Wärme und Licht geliefert. Es sind daher die Strahlen, wenn wir uns modern ausdrücken wollen, ein Träger der Energie. So oft wir eine Empfindung haben, wirkt Energie auf unsere Sinnesorgane ein. Manche Sinnesorgane sind überhaupt nur für Energie in Strahlenform empfindlich, so das Auge und das Ohr, dieses für Schall-, jenes für Lichtstrahlen. Wir wissen ja, dass sich auch

der Schall geradlinig, also in Strahlen fortpflanzt. Ferner ersehen wir aus dem eingangs erwähnten Beispiele, dass auch die Wärme in Strahlenform auftreten kann. Wir sprechen dann von Wärmestrahlen.

Der Ausgangspunkt von Strahlen muss natürlich immer eine Energiequelle sein, da ja die Strahlen nichts anderes als sich geradlinig fortpflanzende Energie sind. Wir wollen uns speciell mit einigen Strahlenarten befassen, deren Energiequelle der elektrische Strom ist.

Kommen wir in die Nähe eines elektrisch geladenen Körpers, so kann der Fall eintreten, dass aus dem Körper ein elektrischer Funke auf uns überspringt. Es ist dann die Elektrizität von dem Körper auf uns übergegangen. Je größer nun die Strecke ist, welche der elektrische Funke überspringen kann, desto größer ist die Spannung der Elektrizität in dem geladenen Körper. Die größten Spannungen kommen wohl in der Natur selbst vor. Sind ja die Strecken, welche ein Blitz überspringen kann, oft außerordentlich lang. Verbinden wir einen elektrisch geladenen Körper mit einem Draht, der zur Erde abgeleitet ist, so fließt die Elektrizität durch den Draht zur Erde ab, und wir haben im Draht einen sogenannten elektrischen Strom. Das ist ja die Erzeugungsweise des elektrischen Stromes. An den sogenannten Dynamomaschinen z. B. werden beständig zwei Stellen auf verschiedene elektrische Spannung gebracht und diese dann durch eine Drahtleitung verbunden, durch welche sodann der elektrische Strom fließt.

Unterbricht man nun eine derartige von einem Strom durchflossene Leitung, so gewahrt man eine Lichterscheinung, den sogenannten elektrischen Funken. Wird die Unterbrechungsstelle nicht allzu groß, so dauert der Strom fort, und die Unterbrechungsstelle wird so erhitzt, dass sie glühend wird, ja eine Temperatur annehmen kann, welche durch keine andere unserer Wärmequellen erreicht wird. Es verbrennen infolge dessen auch jene Theile der Leitung, welche sich unmittelbar an der Unterbrechungsstelle befinden.

Diese Eigenschaft des elektrischen Stromes benützt man zu einer sehr wichtigen Lichtquelle, dem sogenannten elektrischen Bogenlicht. Man erhält dasselbe, wenn man die Leitung dort, wo sie unterbrochen ist, mit Kohlenstäben versieht. Es geht dann die Elektrizität durch die beiden Kohlenstäbe und bringt sie an der Unterbrechungsstelle in starke Weißglut, welche die Ursache des bekannten hellen elektrischen Lichtes ist. Dasselbe hat ganz die Eigenschaften des Sonnenlichtes. Es pflanzt sich geradlinig fort. Fällt es auf eine glatte Fläche, so wird es von derselben zurückgeworfen, wie man besonders gut erkennen kann, wenn die Luft mit Rauch erfüllt ist. Fällt das Licht auf eine glatte Fläche eines durchsichtigen Körpers schief auf, so wird es nur zum Theil zurückgeworfen, zum Theil dringt es in den Körper ein, ändert dabei aber seine Richtung. Man sagt: es wird gebrochen. Das ist z. B. der Fall, wenn das Licht auf einen Wasserspiegel oder auf eine Glasfläche schief auffällt.

Schleifen wir ein Stück Glas keilförmig zu und lassen wir durch diesen Keil einen Lichtstrahl gehen, so wird er sowohl beim Eintritt ins Glas als auch beim Austritt aus demselben gebrochen, sodass nach dem Durchgang der Strahl eine ganz andere Richtung besitzt. Fangen wir diesen Strahl auf einem Schirm auf, so werden wir im allgemeinen wahrnehmen, dass er sich bedeutend verbreitert und in verschiedene Farben zerlegt hat. Haben wir Sonnenlicht oder elektrisches Licht benützt, so erhalten wir ein prächtiges Farbenband, welches sämtliche Regenbogenfarben enthält und mit dem Namen Spectrum bezeichnet wird. Das Spectrum hat seine Ursache darin, dass das gewöhnliche weiße Licht nicht aus einerlei Lichtstrahlen besteht, sondern aus sehr vielerlei zusammengesetzt ist. Jede Farbe wird nun anders gebrochen, und so erhalten wir nach der Brechung die verschiedenen Strahlen neben einander, welche sich vordem vollständig deckten und infolge dessen eine sogenannte Mischfarbe erzeugten. Man kann leicht beobachten, dass das Licht so zerlegt wird, dass der Reihe nach die Farben: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett auftreten. Es wäre nun voreilig zu schließen, dass damit sämtliche Strahlen, welche das weiße Licht enthält, erschöpft sein müssen. Warum sollten sich jenseits des Roth und des Violett nicht noch weitere Strahlen vorfinden, die wir nur deshalb nicht sehen, weil unser Auge dafür unempfindlich ist? In der That können wir mit Leichtigkeit nachweisen, dass dem so ist. Bringen wir z. B. auf

den dunklen Theil neben dem Roth unseres Spectrums ein empfindliches Thermometer, so können wir sehen, dass es steigt, d. h. es wird von Wärmestrahlen getroffen, die allerdings für unser Auge unsichtbar sind. Das Vorhandensein unsichtbarer Wärmestrahlen ist wohl jedem bekannt, der einmal in die Nähe eines schwarzen heißen Ofens zu sitzen kam. Um in diesem Falle die ausgestrahlte Wärme zu bemerken, bedarf man wohl keines empfindlichen Thermometers, sondern mit Freuden bringen wir zwischen uns und den Ofen einen schützenden Schirm, der uns von den lästigen Wärmestrahlen befreit.

In auffälliger Weise können wir die dunklen Wärmestrahlen im Sonnen- oder elektrischen Licht auf die Art nachweisen, dass wir das Licht erst durch eine Jodlösung gehen lassen. Dadurch werden die Lichtstrahlen abgefangen, die Wärmestrahlen gehen aber ungeschwächt durch. Vereinigt man diese Strahlen mit Hilfe eines Brennspiegels oder Brennglases auf einen Punkt, so kann man daselbst leicht entzündbare Körper in Flammen setzen.

Da sich die unsichtbaren Wärmestrahlen eines Spectrums jenseits des Roth befinden, so nennt man sie auch ultraroth Strahlen. Aber auch jenseits des Violett können wir unsichtbare Strahlen, die sogenannten ultravioletten Strahlen nachweisen. Diese haben nämlich die Fähigkeit, besonders stark auf die photographische Platte zu wirken. Man braucht nur ein Spectrum auf eine solche Platte fallen zu lassen, um

zu gewahren, dass sich die Strahlen noch weit jenseits des Violett, allerdings als unsichtbare Strahlen fortsetzen.

Geht ein Lichtstrahl durch reine Luft, reines Wasser oder farbloses Glas, so ist uns sein Weg nicht sichtbar. Versetzen wir das reine Wasser aber mit einer Äsculinlösung, die wir dadurch gewinnen, dass wir die Rinde der Rosskastanie in Alkohol legen, so zeigt sich der ganze Weg, welchen der Lichtstrahl in derartig präpariertem Wasser zurücklegt, schön blau gefärbt, obwohl das Wasser äußerlich vollständig rein und klar erscheint. Diese Eigenschaft verschiedener Körper, in einem ganz bestimmten Licht zu leuchten, wenn sie von Strahlen verschiedener Art getroffen werden, nennt man Fluorescenz. Der Name rührt vom Flussspat (Fluorcalcium) her, welcher in auffallendem Maße diese Erscheinung aufweist. Die Fluorescenzfarbe kann sehr verschieden sein. So ist sie bei Flussspat violett, bei Uranglas grün, in einer Lösung von Chlorophyll tiefroth.

Wir haben bisher eine Reihe von Erscheinungen kennen gelernt, welche durch eine ganz bestimmte Strahlengattung, die gewöhnlichen Lichtstrahlen, hervorgerufen werden. Auch die unsichtbaren Wärmestrahlen und ultravioletten Strahlen müssen wir hier mit einrechnen. Dass wir sie nicht sehen, unterscheidet sie in ihrer Natur durchaus nicht von den gewöhnlichen Lichtstrahlen, sondern das liegt lediglich an unseren Augen. In der That sind in dieser Beziehung

die Augen sehr verschieden. So ist eine bekannte Erscheinung die sogenannte Farbenblindheit, und zwar tritt am häufigsten die Rothblindheit auf. Von solchen Rothblinden wird also ein viel kleinerer Theil des Spectrums wahrgenommen als von Leuten mit normalen Augen, indem für jene die rothen Strahlen bereits zu den unsichtbaren Wärmestrahlen gehören.

Trotz der Einerleiheit der Strahlen, welche unser Spectrum aufweist, werden dieselben je nach ihrer Brechbarkeit von verschiedenen Substanzen sehr verschieden durchgelassen. Während farblose Körper, wie reines Wasser oder Glas, alle Lichtstrahlen durchlassen, thun farbige Körper dies nur in beschränktem Maße. So gibt es rothe Gläser, welche nur das rothe Licht, grüne, die nur das grüne durchlassen. Legt man ein solches rothes und grünes Glas aufeinander, so geht überhaupt kein Licht mehr durch. Für Rothblinde würde also ein solches rothes Glas undurchsichtig erscheinen, da dieselben ja keine Empfindung für die rothe Farbe haben. Manche Substanzen, wie z. B. Hartgummi, lassen gar kein Licht durch, wohl aber noch Wärmestrahlen u. s. w.

Werfen wir jetzt einen Blick auf die Kohlen unserer Bogenlampe. Ein jeder wird bemerken, dass dieselben in ganz verschiedener Weise abbrennen. Während jene Kohle, durch welche der Strom in die Lampe eintritt, die positive oder Anodenkohle, ziemlich rasch verbrennt und an ihrem Ende eine Höhlung bekommt, wird die andere Kohle, durch welche der

Strom die Lampe verlässt, die negative oder Kathodenkohle, nur langsam verzehrt. Gleichzeitig spitzt sich diese Kohle in der Weise zu, dass ihre Spitze gegenüber der Höhlung, dem sogenannten Krater der positiven Kohle, zu stehen kommt. Ziehen wir die Kohlen auseinander, so hört bei einer gewissen Entfernung das elektrische Licht überhaupt auf, d. h., der elektrische Strom kann die Lücke zwischen den Kohlendenden nicht mehr überbrücken.

Im luftverdünnten Raume liegt die Sache aber anders. Es vermag daselbst der elektrische Funke weite Strecken zu überspringen und so die Leitung wieder herzustellen. Zum Studium dieser Erscheinung machte Plücker den Vorschlag, in die beiden Enden einer Glasröhre Metallstifte einzuschmelzen und die Luft oder ein anderes Gas, welches sich in der Röhre befindet, bis zu einem gewissen Grade zu verdünnen. Man nennt derartige Röhren Plücker'sche oder nach dem Mechaniker Geißler, der sich mit der Herstellung derselben beschäftigte, auch Geißler'sche Röhren.

Ein elektrischer Strom von hoher Spannung vermag eine derartige Röhre leicht zu durchsetzen und bringt das in ihr befindliche Gas zum Glühen. Dabei zeigen sich aber an der Eintrittsstelle des Stromes, der Anode, und der Austrittsstelle, der Kathode, ganz verschiedene Lichterscheinungen. Diese Unterschiede werden umso auffallender, je verdünnter die Luft in unserer Röhre wird. Bei fortgesetzter Verdünnung verschwindet das Licht in der Röhre überhaupt. Dafür

bemerken wir aber, dass die Röhrenwände zu leuchten, d. h. zu fluorescieren beginnen, und zwar je nach der Glasart entweder in grünem oder blauem Licht.

Diese Fluorescenz wird verursacht von einer ganz bestimmten Gattung von Strahlen, welche von der Kathode ausgehen. Man nennt sie deshalb auch die Kathodenstrahlen. Diese Strahlen besitzen jedoch nicht die Fähigkeit, das Glas zu durchdringen, sondern sie setzen sich in Wärme um, d. h. sie werden vollständig absorbiert, sobald sie auf die Wände der Glasröhre auftreffen. Die Kathodenstrahlen gehen meist senkrecht von der Fläche der Kathode aus. Gibt man daher der Kathode die Form eines Hohlspiegels, so werden die Strahlen auf eine kleine Stelle concentrirt, in welcher die Temperatur so hoch werden kann, dass Körper darin zum Glühen kommen. Substanzen, die auch im gewöhnlichen Licht fluorescieren, zeigen diese Erscheinung in erhöhtem Maße unter der Einwirkung der Kathodenstrahlen.

Sehr auffallend ist das Verhalten der Strahlen, welche gleichzeitig von mehreren Kathoden ausgehen. Dieselben lenken sich dann gegenseitig ab, was man sehr leicht an den eigenartigen Fluorescenzerscheinungen auf den Wänden der Röhre erkennen kann. Bringen wir in den Weg der Strahlen einen Körper, so hält derselbe die Strahlen auf. Er wirft daher einen Schatten. Nähert man den Strahlen einen starken Magnet, so werden sie von ihrem Wege abgelenkt, was sich besonders dann gut nachweisen lässt, wenn man irgend

einen schattenwerfenden Körper in den Strahlengang bringt. Je nach der Stellung des Magneten nimmt sodann der Schatten immer eine andere Lage und Form an. Auch eine bewegende Kraft scheinen die Kathodenstrahlen zu haben. Stellt man ihnen nämlich ein sehr leichtes Rad, welches nach Art eines Windrades gebaut ist, entgegen, so geräth dasselbe in Bewegung.

Der erste, welcher stark evacuierte Röhren zum Nachweis der Kathodenstrahlen benützte, war Hittorf. Man sollte daher derartige Röhren Hittorf'sche Röhren nennen. Man gibt ihnen aber in der Regel den Namen Crookes'sche Röhren, da der Engländer Crookes in ausgedehntem Maße sich mit dahingehenden Untersuchungen beschäftigt hat.

Wie bereits angedeutet, sind die meisten Körper, besonders Metalle, für die Kathodenstrahlen undurchlässig. Eine Ausnahme macht nur das Aluminium. Dies benützte Lenard, um Röhren anzufertigen, deren Wand gegenüber der Kathode aus Aluminium hergestellt wurde, so dass die Kathodenstrahlen aus der Röhre selbst heraustreten und näher untersucht werden konnten.

An jenen Stellen der Glaswand nun, wo die Kathodenstrahlen die lebhaft grüne oder blaue Fluorescenz hervorbringen, ist der Sitz einer ganz neuen Strahlengattung, der von Röntgen entdeckten und daher auch nach ihm benannten Röntgenstrahlen.

Röntgen hatte eine Crookes'sche Röhre in schwarzes Papier eingehüllt in einem vollständig abgedunkelten Zimmer in Thätigkeit versetzt. Da gewährte er

auf dem Tisch einige leuchtende Punkte. Eine nähere Beobachtung ergab, dass diese Punkte verstreute Körner einer fluorescierenden Substanz waren. Röntgen sagte sich nun, dass diese Fluorescenz von Strahlen herrühren dürfte, welche von der Crookes'schen Röhre ausgingen und das schwarze Papier ungehindert durchsetzten. Er verfertigte daher einen fluorescierenden Schirm, und in der That kam derselbe in helle Fluorescenz. Damit war eine neue Strahlengattung nachgewiesen, und Röntgen verfolgte nun planmäßig seinen Weg weiter. Er zeigte, dass die Körper sehr verschieden durchlässig für seine Strahlen sind. Wiederum ist es Aluminium, das die Strahlen nur in geringem Maße absorbiert, während die anderen Metalle dem Durchgang einen größeren Widerstand entgegensetzen. Aber auch vollständig durchsichtige Körper, wie Glas, Quarz, Kalkspat zeigen sich nur sehr wenig durchlässig. Hingegen wird Papier, Holz und Ähnliches mit Leichtigkeit durchsetzt, so dass ein dickes Brett, ja selbst ein sehr dickes Buch die Strahlen in ihrem Gange fast gar nicht aufhält. Alles dies lässt sich am fluorescierenden Schirm mit Leichtigkeit nachweisen. Eine Brechung der Strahlen konnte nicht ermittelt werden. Weder Prismen noch Linsen aus Aluminium und Glas brachten eine Brechung hervor. Auch vom Magnete wird keine Ablenkung bewirkt. Desgleichen ist die Reflexion sehr zweifelhaft.

Sehr bemerkenswert hingegen ist die chemische Wirksamkeit der Röntgenstrahlen. Sie beeinflussen

die photographische Platte genau so wie gewöhnliches Licht, nur nicht mit derselben Stärke, so dass eine längere Expositionsdauer von mehreren Minuten nöthig ist, um einen drastischen Beweis der chemischen Einwirkung zu erhalten. Zu dem Zweck ist es nun nicht nothwendig, in einem dunklen Zimmer zu arbeiten, da man die photographische Platte in schwarzes Papier einwickeln oder in eine Holzcassette geben kann. Legt man dann verschiedene Gegenstände darauf und bringt oberhalb derselben die Crookes'sche Röhre an, so bilden sich nach entsprechend langer Einwirkung der Röntgenstrahlen die Schatten dieser Gegenstände auf der Platte ab. Das Bild kann dann entwickelt und fixiert werden, wie man es bei gewöhnlichen photographischen Aufnahmen thut, und es zeigt sich sodann in bester Weise, welche Körper für die Strahlen durchlässig sind, welche nicht.

Bemerkenswert ist dabei, dass man die Münzen in einer Geldtasche nachweisen kann, ohne dass man die Tasche öffnet, da das Leder den Strahlen kein Hindernis bietet, wohl aber das Metall. Nägel, welche sich in einem Brett befinden, erkennt man auf der Photographie ohneweiters. Am interessantesten und wichtigsten ist aber wohl der Umstand, dass die Muskelsubstanz des menschlichen und thierischen Körpers fast vollständig durchlässig ist, während die Knochen- substanz die Strahlen stark absorbiert. Entwirft man daher mit Röntgenstrahlen die photographischen Schattenbilder kleiner Thiere oder auch einzelner Theile

des menschlichen Körpers, so erhält man auf diese Weise ein Bild des Skelets, und zwar in aller Schärfe. Welch Wunder, dass man daher in den Röntgenstrahlen ein sehr zweckdienliches Hilfsmittel der chirurgischen Diagnostik erblickt. In der That ist es auch auf diese Weise mit Leichtigkeit gelungen, Missbildungen von Knochen, sowie Projectile, Nadeln u. s. w., welche sich im Fleisch vergraben haben, mit Hilfe der Photographie nach Röntgen zu erkennen und diese Erkenntnis zur Grundlage chirurgischer Operationen zu machen.

Die, man möchte fast sagen, wunderbare Entdeckung Röntgens, so neu sie noch ist, hat sich bereits auf verschiedene Weise von praktischem Wert erwiesen. Es ist daher kaum jetzt schon möglich, ein maßgebendes Urtheil über den wirklichen Wert der epochemachenden Errungenschaft abzugeben.

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: 1896

Band/Volume: [36](#)

Autor(en)/Author(s): Jäger Gustav

Artikel/Article: [Kathoden- und Röntgenstrahlen. 161-175](#)