

Werk

Titel: Physikalische Mitteilungen

Ort: Berlin

Jahr: 1918

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0006 | LOG_0086

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

ungefähr wie 6 : 1. — Die Folgerungen des Verfassers auf Seite 75 oben sind nicht die einzigen, welche man aus der Millerschen Tafel Seite 74 ziehen kann. Aus dieser Tafel geht besonders auch hervor, daß die Kosten der Wasserkraftanlagen mit der wachsenden Größe der Anlage abnehmen. Von Ihering führt dies erst auf Seite 78 Zeile 12 von oben an.

Im übrigen ist auf die Kritik E. Feifels vom 1. Januar 1917 in der „Werkstattstechnik“ zu verweisen, welche mit den Worten schließt: „Nach dieser Auslese, die sich noch wesentlich erweitern ließe, kann nicht behauptet werden, daß der eingangs erwähnte Versuch (in knapper Form einen Überblick über den heutigen Stand der Wasserkraftmaschinenteknik zu geben) über den bescheidensten Anfang hinausgekommen ist.“

Th. Rümelin, Berlin-Zehlendorf.

Zuschriften an die Herausgeber.

Zur Frage der Ölflecke auf Seen.

Zu dieser Gegenstand betreffenden interessanten Mitteilung des Herrn Prof. Halbfax (Naturw. V, Heft 30, S. 496) möge mir noch eine kurze theoretische Bemerkung gestattet sein.

Aus eigener Erfahrung kann ich leider über das von ihm beschriebene Auftreten der sogenannten Ölflecke auf ausgedehnten Seeoberflächen nicht mitreden, da es mir nie vergönnt gewesen ist, mich längere Zeit an einem See aufzuhalten. Meine eigenen Beobachtungen beziehen sich daher nur auf kleinere teichartige Gewässer, bei denen man von dem Vorhandensein einer beträchtlichen Oberflächenverunreinigung überzeugt sein konnte, und wo die wellenfreien Stellen auch stets an demjenigen Ufer auftraten, gegen welches der Wind hinwehte, so daß sich die Verunreinigung dort ansammeln mußte.

Die von Halbfax beobachteten, mit der Bewölkung rasch wechselnden Flecke verdanken offenbar ihren Ursprung einem anderen Anlaß, und dennoch scheint es mir durchaus nicht unwahrscheinlich, daß es sich auch hier um Differenzen der Oberflächenspannung anstatt um solche der Dichte handelt.

Nehmen wir an, die Oberfläche des Sees sei normal, jedoch nicht vollkommen rein, die relative Anomalie z. B. = $\frac{1}{2}$. Eine normale Oberfläche ist außerordentlich empfindlich gegen lokale Erwärmung; wird eine Stelle derselben durch einen heißen Körper bestrahlt, so genügt die kleine Verringerung der Oberflächenspannung, welche hierdurch entsteht, um eine lebhaft strömende der äußersten Oberflächenschicht nach den umgebenden kälteren Gebieten hervorzurufen, den von mir (Naturw. V, Heft 9, S. 137) erwähnten „Wärmestrom“. Solche die Spannung ausgleichenden Wärmeströme könnten nun auch sehr wohl von den sonnenbestrahlten Stellen des Sees zu den nicht bestrahlten stattfinden. Im Schatten einer Haufenwolke würde die Oberfläche sich von allen Seiten her zusammenziehen und hierdurch ihre Verunreinigung derart anwachsen, daß eine merkliche Wellendämpfung einträte, wozu ja nicht einmal eigentliche Anomalie erforderlich ist.

Allerdings setzt diese Erklärung voraus, daß die glatten Stellen im Schatten, die gekräuselten in der Sonne liegen, was ich aus der Zuschrift von Halbfax nicht deutlich ersehen kann. Ferner müßte man den Oberflächenzustand des Sees in größerer Entfernung vom Ufer kennen und wissen, ob die oben über denselben gemachte Annahme ungefähr zutrifft. Jeden-

falls wäre eine Untersuchung über die Oberflächenspannung der natürlichen Gewässer, wie Seen und Flüsse, von großem Interesse. Ein Mittel zur Unterscheidung normaler und anomaler Stellen der Wasseroberfläche wäre u. a. das schnellere oder langsamere Platzen der Blasen, welche durch Ruderschläge im Wasser erzeugt werden.

Braunschweig, den 4. Februar 1918.

Agnes Pockels.

Physikalische Mitteilungen.

Durch die Untersuchung der Absorption sehr harter Röntgenstrahlen, wie sie von einer hochbeanspruchten Coolidgeöhre geliefert werden, in Blei und Aluminium wird E. Rutherford (Phil. Mag. (6) 34, S. 153, 1917) zu interessanten Ergebnissen hinsichtlich der Wellenlänge der durchdringendsten Gammastrahlen geführt. Er findet zunächst, daß der Absorptionskoeffizient für Blei bei einer Steigerung der Röhrenspannung von 79 000 auf 155 000 Volt nur wenig, von 27 bis auf 22 abnimmt, dann bis 144 000 Volt konstant auf diesem letzteren Werte bleibt, um bei weiter bis 196 000 Volt wachsender Spannung stark (bis 8,5) abzunehmen. Auch mit wachsender Dicke der Bleischirme (0,7 bis 7,0 cm) bei konstanter Spannung geht der Absorptionskoeffizient μ stark zurück. Dieses anscheinend merkwürdige Verhalten erklärt sich leicht daraus, daß die untersuchte Strahlung nicht homogen ist, und daß Blei auf die Strahlen, deren Wellenlänge mit der seiner Absorptionsbande übereinstimmt (0,149 A. E.), eine sehr starke Absorption ausübt. Für Aluminium nimmt der Absorptionskoeffizient von 0,38 auf 0,23 bei Änderung der Spannung von 92 000 bis 183 000 Volt ab.

Auch die Messungen bei den sehr hohen Spannungen bilden eine zum mindesten angenäherte Bestätigung der Ansicht, daß für die Maximalfrequenz der von einer Coolidgeöhre emittierten Strahlung die Quantenbeziehung $E = h \cdot \nu$ gilt. Berechnet man auf Grund derselben die Wellenlängen, so erhält man die folgenden Werte, zu welchen auch die Massenabsorptionskoeffizienten (μ /Dichte) in Aluminium und Blei hinzugefügt sind:

Spannung in Volt	Wellenlänge in A. E.	μ/ρ in Al	μ/ρ in Pb
84 000	0,147	0,154	1,50
92 000	0,135	0,14	
102 000	0,122		3,00
144 000	0,086	0,11	
183 000	0,068	0,085	1,05
196 000	0,063		0,75
Gammastrahlen von RaC	?	0,026	0,042

Wie man daraus ersieht, ist der Massenabsorptionskoeffizient der härtesten Röntgenstrahlen in Aluminium etwa dreimal, in Blei sogar noch 20-mal größer als der der Gammastrahlen von Radium C. Nun kennen wir das Gesetz nicht, nach welchem μ/ρ mit der Frequenz in diesem Bereiche variiert. Man kann deshalb die Wellenlängen jener Gammastrahlen nur angenähert schätzen. Sie muß sicherlich bedeutend kleiner als 0,062 A. E. sein und wird etwa zwischen 0,02 und 0,007 A. E. liegen. Zur Erzeugung so kurzwelliger Röntgenstrahlen würde eine Spannung von 600 000 bis

2 000 000 Volt nötig sein. Es ist vollständig ausgeschlossen, in den Röntgenröhren eine solche mit den Hilfsmitteln, welche uns heute zur Verfügung stehen, auch nur angenähert zu erreichen. Aus den angegebenen Daten folgt auch, daß die Frequenz der Gammastrahlen von Radium C etwa 100 mal größer als die der weichen Gammastrahlen von Radium B ist.

Bei der Untersuchung der Betastrahlen im Magnetfeld erhält man eine Reihe von einzelnen Gruppen von Betastrahlen (magnetisches Spektrum), deren Geschwindigkeit man durch verhältnismäßig einfache Messungen bestimmen kann. Die zur Erzeugung von Kathodenstrahlen von derselben Geschwindigkeit notwendige Spannung ist nachstehend angegeben:

Betastrahlen von Radium B.

Gruppe	Intensität	Spannung
A	stark	333 200
B	sehr stark	261 000
C	sehr stark	203 900
D	sehr stark	151 900
E	stark	50 300
F	sehr stark	57 600

Betastrahlen von Radium C.

Gruppe	Intensität	Spannung
A	mittel stark	2 102 000
B	mittel stark	1 751 000
C	mittel	1 671 000
D	mittel	1 409 000
E	mittel stark	1 328 000
F	mittel	1 149 000
G	mittel stark	1 081 000
H	mittel stark	594 000
K	stark	516 000
L	mittel	296 000
M	mittel	259 000
N	mittel	181 000

Sieht man von den letzteren drei Gruppen des Radium C von geringer Geschwindigkeit ab, so liegen die zur Erzeugung seiner Betastrahlen nötigen Spannungen zwischen 500 000 und 2 000 000 Volt, was fast vollkommen mit den oben für seine Gammastrahlen gefundenen Werten übereinstimmt, die auf Grund der Absorption in Aluminium und Blei ermittelt worden waren. Daraus folgt mit Wahrscheinlichkeit, daß die beobachteten Gruppen der Betastrahlen von einer Umwandlung der Schwingungsenergie der Frequenz ν nach der Quantenbeziehung $E = h \cdot \nu$ in Elektronenform herrühren, und daß man demnach aus der Energie der Betastrahlen nach der Quantentheorie die Wellenlänge der Gammastrahlen berechnen kann. Dieselbe Folgerung ergibt sich auch aus den für Radium B angegebenen Zahlen. Dabei erfolgt die Umwandlung der Gamma- in Betastrahlen in einzelnen und nicht in mehrfachen Quanten.

Mit Hilfe der angegebenen Quantenbeziehung könnte man, falls dieselbe allgemein für die Umwandlung von Gamma- in Betastrahlen gelten sollte, aus dem magnetischen Spektrum der Betastrahlen die Wellenlängen der Gammastrahlen berechnen. Es wäre dies ein ausgezeichnetes Hilfsmittel, um zu kürzeren Wellenlängen als die Kristallanalyse gestattet, vorzudringen, wo diese nach Versuchen von Rutherford zu versagen scheint, sei es, daß sich in diesem Bereich die einzelnen Linien

überlagern, oder sei es aus dem Grunde, daß hier die Wellenlänge schon von der Größe der Gitterkonstanten ist. Der Linienreichtum der magnetischen Betastrahlenspektren weist darauf hin, daß die Gammastrahlen- und wahrscheinlich allgemein die Extremhochfrequenzspektren der schweren Elemente im allgemeinen ebenso kompliziert gebaut sind als im sichtbaren Gebiet.

Röntgenstrahlen und Quantentheorie. Untersucht man das Röntgenstrahlenspektrum nach der Bragg'schen Methode und hat man den reflektierenden Kristall so eingestellt, daß eine bestimmte Wellenlänge der allgemeinen Strahlung auf die Ionisierungskammer fällt, so beobachtet man keine allgemeine Strahlung, bis nicht das Potential V einen solchen Wert erreicht hat, daß es der Quantenbeziehung genügt; $e \cdot V = h \cdot \nu$ (e das elektrische Elementarquantum, h die Plancksche Konstante, ν die Frequenz). Mit darüber hinaus wachsender Spannung wächst die Intensität eines kleinen Bezirkes der allgemeinen Strahlung zunächst verzögert, dann nahezu konstant an. Im Gegensatz dazu treten die K-Serien des Rhodiums nur bei Potentialen auf, die größer sind als die der Quantenbeziehung entsprechenden, nämlich dann, wenn die Spannung groß genug ist, um eine allgemeine Strahlung von der Wellenlänge der γ -Linie zu erzeugen, bei welcher die plötzliche Änderung der Absorption einsetzt. Wahrscheinlich gilt dieses Gesetz auch für die K-Serien aller Elemente. Die Intensität der charakteristischen K-Linien nimmt dann mit weiter wachsender Spannung nicht linear zu, wie (angenähert) die der allgemeinen Strahlung, sondern beschleunigt, und zwar für alle K-Linien im gleichen Verhältnis (*D. L. Webster, Phys. Rev. 7, S. 599, 1916*). So war bei den betreffenden Untersuchungen bei einem Potential von 23,0 Kilovolt weder durch Ionisierungsmessungen, noch auf photographischem Wege eine Spur der K-Linien zu entdecken, während sie bei 23,3 Kilovolt eben nachzuweisen waren. Für die Plancksche Konstante ergibt sich aus den Messungen im Mittel der Wert $6,53 \cdot 10^{-27}$; diese Zahl liegt zwischen der von Planck angegebenen ($6,42 \cdot 10^{-27}$) und der von Millikan und Hull gefundenen ($6,59 \cdot 10^{-27}$). Diese Ergebnisse lassen sich erklären, wenn man annimmt, daß die X-Strahlen den klassischen elektromagnetischen Gesetzen gehorchen, und die Quantenbeziehungen von einer Eigenschaft der Oszillatoren herrühren, die absorbierte Energie in einem nicht strahlenden Systeme aufzuspeichern. Aus der Tatsache, daß es für jedes Potential eine nicht zu überschreitende obere Grenze für die Frequenz der Röntgenstrahlen gibt, folgt dann auf Grund dieser Voraussetzungen, daß auch die allgemeine Strahlung aus Wellenzügen und nicht aus Impulsen besteht, und daß somit die X-Strahlen von Oszillatoren von bestimmten Frequenzen ausgesandt werden, welche kontinuierlich über das ganze Spektrum verteilt sind. Dieser Schluß wird auch durch das Verhalten der Absorption gestützt, welche mit wachsender Frequenz allmählich abnimmt, um in der Nähe jeder charakteristischen Serie plötzlich anzuwachsen. Nimmt man weiterhin an, daß derselbe Mechanismus, welcher die charakteristische Fluoreszenzstrahlung emittiert, auch diejenige Strahlung aussendet, welche direkt durch den Stoß der Kathodenstrahlen ohne wahre Fluoreszenz entsteht, so läßt sich auch das ganze vorher beschriebene Verhalten der K-Strahlen erklären.

Das Spektrum des Quecksilberdampfes. Franck und Hertz hatten nachgewiesen, daß der Zusammenstoß zwischen Quecksilberatomen und Elektronen,

welche durch ein elektrisches Feld beschleunigt werden, bei Geschwindigkeiten unter 4,9 Volt elastisch erfolgt. Erst bei dieser Geschwindigkeit vermögen die Elektronen ihre Energie beim Zusammenstoß abzugeben. Dieselbe wird, mindestens teilweise, von dem Quecksilberdampf wieder ausgestrahlt, und zwar zeigt das Spektrum nur eine einzige Linie bei 253,67 μ . Es ist das diejenige Frequenz, welche auf Grund der Quantentheorie zu erwarten ist, wonach das Produkt aus elektrischem Elementarquantum und Spannung gleich dem aus der Planckschen Konstanten und der Frequenz ist. Diese Ergebnisse sind von *J. T. Tate* (*Phys. Rev.* 7, S. 686, 1916) bestätigt worden; die kritische Geschwindigkeit wurde dabei zu $4,90 \pm 0,03$ Volt bestimmt. Anzeichen für ein sekundäres Maximum in der Stromspannungskurve wiesen dabei auf die Möglichkeit anderer Arten von Zusammenstößen bei höheren Spannungen hin. In der Tat sind solche zu erwarten, bei denen die von den Elektronen abgegebene Energie in der Form des bekannten Vielinienspektrums des Quecksilbers wieder ausgestrahlt wird. Die Versuche lehrten nun, daß bei Geschwindigkeiten zwischen 5 und 10 Volt das Spektrum nur aus der einen Linie 253,67 μ besteht. Bei einer Geschwindigkeit von $10,0 \pm 0,3$ Volt beginnt das Vielinienspektrum an der Anode zu erscheinen; mit wachsendem Potential nimmt dann die Länge der Linien gegen die Kathode hin zu. Bei 10,0 Volt tritt auch in den Stromspannungskurven ein sehr deutlicher Knick auf, während ein solcher bei 4,9 Volt nicht zu beobachten ist. Daraus wird geschlossen, daß bei einer Geschwindigkeit von 10,0 Volt, die übrigens nahe übereinstimmt mit dem aus der Bohrschen Atomtheorie folgenden Wert von 10,2 Volt, der Quecksilberdampf merklich ionisiert wird, während die Ionisierung bei 4,9 Volt weit weniger vollständig ist. Vielleicht erfolgt bei dieser Geschwindigkeit überhaupt keine Abtrennung der Elektronen vom Quecksilberatom, sondern nur eine Erregung der an dasselbe gebundenen Elektronen.

Untersuchungen über die Abhängigkeit des Isolationswiderstandes und der Dielektrizitätskonstante des Glimmers von der Feldstärke und der Temperatur, welche *E. H. Poole* (*Phil. Mag.* (6) 34, S. 195, 1917) angestellt hat, führen zu dem Ergebnis, daß diese in Feldern bis zu 3 Megavolt/cm und bis zu Temperaturen von 230° C unabhängig von den beiden Größen ist. Die gefundenen geringen Änderungen ließen sich wenigstens einwandfrei durch die Wirkung der am Rande einsetzenden Glimmentladung erklären, welche eine Vergrößerung der Belegungsflächen des Glimmerkondensators veranlaßt. Im Gegensatz dazu nimmt der Isolationswiderstand sowohl mit wachsender Feldstärke (X), wie auch mit steigender Temperatur stark ab. Die Dichte des Leitungstromes (C) wuchs z. B. bei einer Glimmersorte bei Steigerung des Potentials von 0,64 auf 2,07 Megavolt/cm (bei einer konstanten Temperatur von 159,5° C) von 0,027 auf 1,105 Mikroampere/cm² und bei Änderung der Temperatur von 13,5° auf 227,5° C (bei konstanter Feldstärke) von 0,058 auf 4,57 Mikroampere/cm². Die Beobachtungen lassen sich recht gut durch die Gleichung darstellen $C = a \cdot X \cdot c^{bx}$. Die Größe a hängt von der Glimmersorte ab und wächst ferner stark mit der Temperatur an, und zwar bei der einen Glimmerart mit etwa der 16., bei einer anderen mit der 15,47. Potenz der absoluten Temperatur. Die absoluten Werte von a waren für die beiden untersuchten Glimmer bei 9° C 3,286 und 5,245. Der Isolationswiderstand des ersteren war

also etwa 110-mal größer als bei der zweiten und würde erst bei 109° C auf denselben Wert wie bei diesem gesunken sein. Trotz dieser Verschiedenheit ist aber die Abhängigkeit von der Temperatur in beiden Fällen nahezu dieselbe.

Auch die Größe b hat für die beiden untersuchten Glimmerarten nahezu identische Werte (0,794 und 0,787), im Gegensatz zu dem Verhalten von a ist sie aber von der Temperatur vollkommen unabhängig. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch mit dem Maxwell'schen Gesetz der Geschwindigkeitsverteilung der Elektronen, wenn man nicht die unwahrscheinliche Voraussetzung machen will, daß die mittlere Elektronenenergie unabhängig von der Temperatur ist. Das starke Anwachsen des Leitungstromes im Glimmer mit steigender Temperatur könnte man dann durch die Annahme erklären, daß die Austrittsarbeit der Elektronen aus den Atomen eine mit wachsender Temperatur abnehmende Funktion derselben sei.

Wird ein Metaldampf, z. B. Quecksilber, durch den Stoß der von einer Glühkathode ausgehenden Elektronen erregt, so beginnt bei Steigerung der Potentialdifferenz zwischen den Elektroden bei einer solchen von 4,9 Volt die Linie 2536,7 aufzutreten, wie *Frank* und *Hertz* beobachtet hatten. Die zu ihrer Erregung nötige Energie entspricht vollkommen dem durch die bekannte Quantenbeziehung geforderten Wert $E = h \cdot \nu$. Ähnliche Verhältnisse sind inzwischen auch bei den Dämpfen von Cadmium, Zink und Magnesium im Vakuum aufgefunden worden. *R. W. Wood* und *S. Okano* (*Phil. Mag.* (6) 34, S. 477, 1917) haben nun untersucht, ob die Quantenbeziehung für das Auftreten des Einlinienspektrums auch beim Natriumdampf gilt. Sie fanden, daß zur Erregung der Nebenserie ein Potential von 2,34 Volt notwendig war, während die D -Linien erst verschwanden, als die Potentialdifferenz auf 0,5 Volt erniedrigt wurde. Dieser Wert ist nicht etwa durch Kontaktpotentiale gestört, wie Versuche mit verschiedenen Elektroden und auch mit besonderen Anordnungen zeigten. Diese Spannung ist so niedrig, daß zur Erregung der D -Linien schon das in dem Heizdraht herrschende Potentialgefälle genügt. Es waren deshalb auch besondere Anordnungen nötig, um die hierdurch hervorgerufenen Störungen zu vermeiden. Nach der Quantentheorie würde sich das zur Erregung der D -Linien nötige Potential zu 2,1 Volt berechnen, so daß der experimentell ermittelte Wert bedeutend niedriger liegt. Für das Einlinienspektrum des Natriumdampfes scheint also die Quantenbeziehung zu versagen. — Zu den Arbeiten haben sich übrigens Röhren aus Pyrexglas von der *Corning Co.* gut bewährt, das von dem Natriumdampf nur wenig angegriffen wird und andererseits einen sehr geringen Ausdehnungskoeffizienten besitzt, so daß es sich fast so gut wie geschmolzener Quarz verhält.

G. Berndt, Berlin-Friedenau.

Auf Einladung der Kommission der Wolfskehl-Stiftung der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen wird Herr *Max Planck* in Göttingen am 13.—17. Mai, 9—11 Uhr, einen Vortragszyklus über Quantentheorie mit anschließender Diskussion abhalten. Die Themata seiner Vorträge sind:

1. Einleitung. Entropie und Wahrscheinlichkeit. Hohlraumstrahlung.
2. Materielle Systeme mit einem Freiheitsgrad.
3. Materielle Systeme mit einigen Freiheitsgraden.
4. Materielle Systeme mit vielen Freiheitsgraden.