

	Isothermen							
	70	60	50	40	30	20	10	00
Erster Abstand von der Oberfläche in m	6	33	46	59	103	183	287	450
Zweiter Abstand von der Oberfläche in m	÷	33	57	75	83	86	90	94
Bewegung in 16 Stunden in m. . . . .	6	0	÷11	÷16	20	97	197	336

Die Isothermen müssen in sehr steilen Ausbuchtungen verlaufen sein, um solchen Lagewechsel in der kurzen Zeit geben zu können. Ebenso waren an anderen Stationen des Schnitts nach wenig Tagen schon so starke Verschiebungen eingetreten, daß es sehr viel zahlreicherer Untersuchungen als der von *Helland Hansen* und *Nansen* angestellten bedürfen würde, um über das Verhalten im Wasser Klarheit zu gewinnen. *Hjort* lehnt daher die Möglichkeit, aus so wenig Untersuchungen des Golfstroms Voraussagen in Beziehung zur Fischerei zu gewinnen, vollständig ab.

Über das jetzt in den Vordergrund tretende Gedeihen der Larven können die Felder der Schuppen keinen Aufschluß geben, weil sie überhaupt erst am Schluß des Larvenlebens entstehen. Hier können indessen, wie *Reibisch* gezeigt hat, die Otolithen Aufschluß geben, denn schon im Ei entstehen die Gehörsteine als früheste Kalksubstanz des Tieres. Ihr Wachstum kann also das, was die Schuppenfelder lehren, bis in die früheste Jugend hinein ergänzen. Die Otolithen sind zwar genügend bequem zu entnehmen, aber bei älteren Fischen wird erforderlich, einen groben Schliff anzufertigen, um den Embryonalkern gut beobachten zu können, was Massenuntersuchungen erschwert.

Die Möglichkeit, Wachstums- und Altersbestimmungen der Fische zu gewinnen, gestattet, wie die norwegischen Untersuchungen lehren, eine weitgreifende Einsicht in die Biologie dieser Tiere zu gewinnen. Ein erheblicher wissenschaftlicher und auch für die Fischereipraxis wichtiger Fortschritt wird nicht ausbleiben können.

## Das neue Röntgenrohr nach Coolidge.

Von Dr. F. P. Kerschbaum, Berlin-Dahlem.

Trotz der Fortschritte der Röntgentechnik ist es bisher nicht gelungen, das Röntgenrohr selbst von verschiedenen schweren Nachteilen frei zu machen. Man hat mit seiner begrenzten Lebensdauer und geringen Leistung als etwas Gegebenem rechnen müssen und hat gesucht, der mangelnden Anpassungsfähigkeit an vorgegebene Bedingungen durch eine Mannigfaltigkeit an Typen zu begegnen.

Die Haupteigenschaft eines Röntgenrohres ist, besonders in der ärztlichen Praxis, eine de-

finierte „Härte“, d. i. ein bestimmtes Durchdringungsvermögen der emittierten Strahlung. Diese Härte ist nun in den bisherigen Typen in erster Linie bedingt durch die Größe des Gasdruckes; sie kann daher durch eine passende Wahl des Druckes bei der Herstellung des Rohres in gewissen Grenzen beliebig eingestellt werden. Es hat sich aber gezeigt, daß ein solches Rohr im Betrieb seinen ursprünglichen Härtegrad nicht beibehält. Bei normaler Belastung sinkt nämlich der Druck infolge einer Okklusion von Gas andauernd, ein Übelstand, den man durch den Einbau von Gasregeneriervorrichtungen zu mindern sucht. Bei stärkerer Belastung, zur Erzielung einer momentan größeren Strahlungsintensität, kann dieser Gasverbrauch in gesteigertem Maße vor sich gehen; meist tritt aber in diesem Falle das Umgekehrte, eine Druckerhöhung, ein: Das gebräuchliche Elektrodenmaterial gibt bei der durch die erhöhte Belastung gesteigerten Temperatur und unter der Wirkung der elektrischen Entladung eingeschlossene Gasreste in unkontrollierbarem Maße ab. Es kann so der Druck über die für ein Röntgenrohr zulässige Grenze steigen, das Rohr also unbrauchbar werden.

Doch abgesehen von diesen Veränderungen des Gasdruckes liefert schon der einzelne Strompuls allein nicht Strahlung eines einzigen bestimmten Durchdringungsvermögens. Denn der Vorgang der Stromleitung im gebräuchlichen Röntgenrohr wird durch den Eintritt einer selbständigen Entladung der sogenannten „Stoßionisation“ bedingt: Die wenigen aus sekundären Gründen im Gasraum vorhandenen Ionen kommen durch die angelegte Spannungsdifferenz der Hochspannungsquelle in rasche Bewegung und erzeugen, wenn sie genügende Geschwindigkeit erlangt haben, beim Anprall auf die Elektroden und beim Zusammenstoß mit neutralen Gasmolekülen Elektronen und Ionen. Dadurch steigt die Zahl der stromtragenden Teilchen; es sinkt also der elektrische Widerstand des Rohres und somit auch die anliegende Spannungsdifferenz. Die an der Kathode ausgelösten Elektronen treffen daher auf die Antikathode zuerst unter der Wirkung einer hohen, dann aber abnehmenden elektromotorischen Kraft; sie erzeugen deshalb erst durchdringendere, später weichere Röntgenstrahlung; all dies während eines einzigen Strompulses.

Neben diesen Erscheinungen geht einher ein Zerstäuben des Kathoden- und Antikathodenmaterials, bedingt durch thermische und elektrische Faktoren, was die Bildung eines Metallbeschlages an der Rohrwand veranlaßt. Weiters führt die Emission sekundärer Elektronenstrahlen von der Antikathode zur Erzeugung zerstreuter und deshalb störender Röntgenstrahlenemission, wodurch überdies noch eine unnötige Erwärmung der Rohrwand und auch die Glasfluoreszenz hervorgerufen wird. Ein starkes Fokussieren des Kathodenstrahlenbündels auf einem kleinen Fleck

der Antikathode — wie es für radiographische Zwecke von Bedeutung ist — hat sich zwar erreichen lassen; aber dieser Fleck verschiebt sich bald schnell, bald langsam, so daß für Zeitaufnahmen die Lage der punktförmigen Röntgenstrahlenquelle nicht unverrückt bleibt, der Vorteil der punktförmigen Lichtquelle also nicht voll ausgenutzt werden kann.

Alle diese Nachteile scheinen nun in weitgehendstem Maße beseitigt durch ein neues Vakuumrohr, das kürzlich von W. D. Coolidge konstruiert wurde und nun durch die General Electric Company in den Handel kommt.

Coolidge erkannte, daß lediglich das Vorhandensein von Gas die Nachteile des gebräuchlichen Röntgenrohres bedingt.

Dadurch ergab sich als Konstruktionsprinzip:

1. Höchstes, also 100—1000 mal besseres Vakuum als in den Standardrohren, selbst beim Dauerbetrieb mit weißglühender Antikathode;

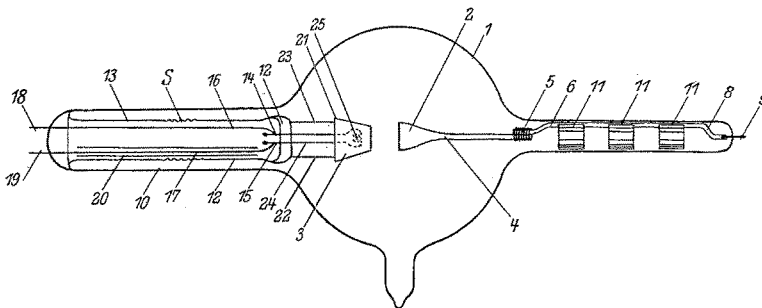


Fig. 1.

2. dadurch notwendiger Ersatz der selbständigen Einleitung des Stromdurchganges infolge Stoßionisation durch eine „unselbständige“ Entladungsform.

Zum ersten Punkt: Im Gegensatz zur neuestens verbreiteten Meinung über praktisch unerschöpfliche Gasvorräte in Metallen und der deshalb zu erwartenden Unvereinbarkeit von Hochvakuum und heißem Metall ergab sich, daß hochschmelzende Metalle, wie Wolfram und Molybdän, die schon im technischen Herstellungsprozeß sich relativ gasfrei erhalten lassen, durch radikale Vorbehandlung, d. i. durch Ausglühen im Vakuumofen und durch Elektronenbombardement, aufhören, selbst bei Weißglühhitze Gase in merklichen Mengen abzugeben.

Zum zweiten Punkt: Da in einem solchen Hochvakuumrohr das Gas zur Erzeugung von Trägern einer selbständigen elektrischen Entladung fehlt, müssen solche Elektrizitätsträger auf andre Weise ins Rohr eingeführt werden. Dies kann, nach Richardson, durch Verwendung eines glühenden Metalldrahtes als Elektronenquelle geschehen, der gleichzeitig noch die Kathode des Rohres bilden kann. Diese neuerdings lebhaft bezweifelte Wirksamkeit eines reinen glühenden Drahtes als Elektronenquelle ist einwandfrei bewiesen erst durch die letzten Ar-

beiten Langmuirs, der zeigen konnte, daß der Richardson-Effekt tatsächlich und rein gerade nur im allerhöchsten Vakuum existiert, daß also dann z. B. ein Wolframdraht eine dauernd unveränderliche Elektronenquelle darstellt, deren Ergiebigkeit lediglich von der Temperatur des Drahtes und seinen Materialkonstanten abhängt.

Durch die gleichzeitige Realisierung der beiden genannten Konstruktionsbedingungen läßt sich somit im Vakuumrohr eine reine Elektronenentladung einleiten und aufrechterhalten, ein Ziel, das in verwandten Konstruktionen weder von Wehnelt und Trenkle, noch von Lilienfeld und Rosenthal erreicht wurde.

Die Ausführung der Konstruktion in der Praxis werde nun an Hand eines Beispiels verfolgt. Ein Thüringer Glaskolben (1) (vgl. Fig. 1) von etwa 18 cm Durchmesser mit zwei Ansätzen bildet das Vakuumrohr. Als Antikathode und gleichzeitige Anode dient

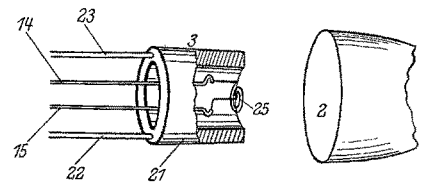


Fig. 2.

ein massives Stück Wolframmetall (2) von ungefähr 100 g Gewicht mit planer Stirnfläche von 2 cm Durchmesser; es ist mit Molybdändraht (5) an einen Molybdänträger (6) festgebunden, dem durch angenietete Sprengringe (11) im Anodenansatz mechanischer Halt und verbesserte Wärmeableitung gegeben ist. Der Molybdänträger geht bei (8) in einen angeschweißten Platindraht über, der, in das Glas eingeschmolzen, die vakuumdichte Anodenstromzuführung vermittelt. Die Kathode ist komplizierter gestaltet. Ihre wesentlichen Teile zeigt Fig. 2 in vergrößertem Maßstabe. Eine winzige Wolframspirale (25) von  $3\frac{1}{2}$  mm Durchmesser aus Draht von 0,2 mm Dicke und 23 mm Länge, in 5 Windungen gewunden, ist die eigentliche Kathode. Beim Betriebe muß diese Spirale weißglühend sein. Dies wird durch Durchleiten eines Heizstromes einer hochisoliert aufgestellten Akkumulatorenatterie erreicht. Die beiden Enden der Spirale sind deshalb an dicke Molybdändrähnte (14) geschweißt, die in voneinander isolierte Kupferdrähnte (16), und diese wieder in Platindrähnte übergehen. Die letzteren sind in die Wand des Kathodenansatzes eingeschmolzen. Sie vermitteln die vakuumdichte Einführung des Heizstromes zur Wolframspirale und gleichzeitig die kathodische Stromzuführung. Dies ganze

Drahtsystem wird getragen von einem Glasrohr (13), das einerseits im Kathodenansatz eingeschmolzen ist, auf der anderen Seite unter Verwendung von Zwischenstufen (*S*) in ein Glasstück (12) übergeht, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient dem des Molybdäns nahe gleich ist. Dadurch ist es möglich, die Molybdändrähte, welche die Wolframspirale tragen, in dieses Spezialglas einzuschmelzen und so unverrückt zu halten.

Außerdem trägt dieses Glasstück noch zwei andere Molybdändrähte (23), auf denen ein schwach konischer Molybdänmantel (3) von 6 mm Durchmesser und 8 mm Höhe sitzt, der die Wolframspirale (25) konzentrisch umgibt und dessen eines Ende etwa  $\frac{1}{2}$  mm über die Fläche der Spirale vorragt. Der Molybdänzylinder ist mittels Drahtverbindung in elektrischem Kontakt mit der kathodischen Stromzuführung. Durch seine Gestalt und Stellung zur Wolframspirale werden die kathodischen Äquipotentialflächen bedingt und dadurch eine scharfe Fokussierung des von der heißen Wolframspirale ausgehenden Kathodenstrahlbündels auf der in Abstand von etwa 2 cm gegenüberstehenden Antikathode erreicht.

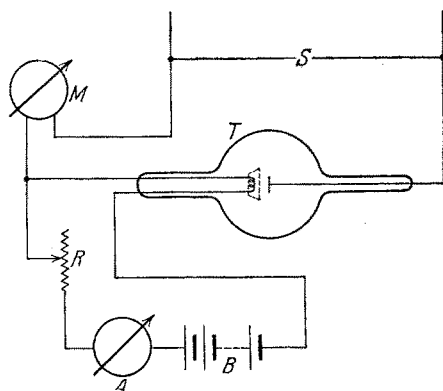


Fig. 3.

Auch verhindert der Mantel noch eine Entladung von der Rückseite der Spirale.

Alle Metallteile werden vor dem Einbau ins Rohr einem intensiven Ausglühen in einem speziellen Wolfram-Vakuumofen unterworfen.

Zur Herstellung des Vakuums wird nun das Rohr an eine Molekularluftpumpe angeschlossen, im Luftbad längere Zeit bis zu  $470^\circ$  erhitzt und in den Heizpausen ein möglichst hoher Belastungsstrom durchs Rohr geschickt. Bei solcher Behandlung geben Metallteile und Glaswand ihre letzten Gasreste ab, so daß schließlich bei Abschmelzen der Verbindung zur Pumpe der Gasdruck im Rohr sicher nicht mehr, höchstwahrscheinlich viel weniger als  $\frac{1}{100\,000}$  mm beträgt. Fig. 3 gibt ein Schaltungsdiagramm für ein solches Röntgenrohr. *A* ist das Amperemeter, *B* die Batterie und *R* ein Regulierwiderstand des hochisolierten Heizstromkreises, durch den die Wolframspiralkathode auf Temperaturen bis zu  $2450^\circ$  abs. erhitzt wird. *M*

ist das in den Hochspannungskreis geschaltete Milliampereometer, *S* eine Parallelfunkstrecke.

Bei der Realisierung der geschilderten neuartigen Konstruktionsgedanken ist nun ein völliges Abweichen der Eigenschaften des Coolidge-Rohres von denen der bisherigen Typen nicht mehr überraschend.

Soweit bis jetzt bekannt, hat sich ein solches Coolidge-Rohr ohne Unterbrechung bis zu 50 Min. mit einer Stromstärke von 25 Milliampere bei einer Parallelfunkstrecke von 7 cm Länge betreiben lassen. Als Hochspannungsquelle wurde ein Snook-Hochspannungstransformator von 10 KW verwendet. Bei einer solchen Dauerleistung ist die Wärmeentwicklung an der Antikathode so groß, daß sie hell strahlt und die Glaskugel durch einen raschen Luftstrom gekühlt und so vor dem Erweichen bewahrt werden muß.

Trotz der hohen Temperatur der Elektroden tritt hier eine Metallzerstäubung nicht ein, was, beiläufig bemerkt, darauf hindeutet, daß das Zustandekommen derselben durch Gasreste, also positives Ionenbombardement, bedingt ist.

Auch erscheint beim Coolidge-Rohr keine Glasfluoreszenz. Dies ist ein Zeichen für das Fehlen sekundärer Elektronenstrahlen: Zu Beginn der Entladung ladet sich die Glaswand negativ auf. Ist diese Aufladung weit genug vorgeschritten, was infolge des Mangels an positiven, die negative Ladung neutralisierenden Ionen sehr bald der Fall ist, so können sekundär emittierte Elektronen auf die Glaswand nicht mehr auftreffen. Sekundäre, zerstreute Röntgenstrahlen werden also vermieden. Daß im Coolidge-Rohr infolge seines außerordentlich geringen Gasdrucks der Fall einer praktisch reinen Elektronenleitung realisiert ist, geht auch daraus hervor, daß bei kalter Kathode, also einem Fehlen von Elektronen, selbst eine angelegte Spannung von 100 000 Volt eine Entladung nicht herbeiführen kann.

Auch zeigt das Rohr, solange nur die Kathode heißer ist als die Antikathode, ausgesprochene Gleichrichterwirkung, kann also direkt mit hochgespanntem Wechselstrom betrieben werden.

Vor allem aber liegt die Überlegenheit des neuen Rohres über alle alten Typen darin, daß es nunmehr — bei Verfügung über leistungsfähige Hochspannungsgeneratoren — in der Hand des Experimentators liegt, die Intensität, Härte und Homogenität der emittierten Röntgenstrahlung in weiten Grenzen und raschem Wechsel ganz unabhängig voneinander zu variieren.

Denn die *Intensität* der Strahlung ist nur mehr bedingt durch die Temperatur der glühenden Kathodenspirale; sie steigt und sinkt mit ihr und ist unabhängig von der Größe der anliegenden Hochspannung. Die Regulierung des Heizstromes bestimmt allein die Variation des von Kathode zu Antikathode fließenden Stromes, also auch der emittierten Röntgenstrahlungsintensität.

Die *Härte* der Strahlung ist gegeben durch die Geschwindigkeit, mit der die Elektronen des

Kathodenstrahlbündels auf die Antikathode aufzutreffen. Diese Geschwindigkeit ist aber bei der durch den Heizstrom vorgegebenen Elektronenzahl, also konstanter Stromstärke, lediglich abhängig von der Größe der angelegten Hochspannung. Ihre Regulierbarkeit zusammen mit der Leistungsfähigkeit des Spannungsgenerators lassen beliebige Härtegrade und Durchdringungsvermögen einstellen. Es ist festzuhalten, daß die Größe des Vakuums in diesem Falle mit der Härte des Rohres gar nichts zu tun hat.

Auch ist noch völlige *Homogenität* der Strahlung, also ein einziges bestimmtes Durchdringungsvermögen oder, wie wir seit *Laue* wissen, eine bestimmte Wellenlänge des kurzwelligen emittierten Lichtes einstellbar<sup>1)</sup>. Es ist dazu nur ein der Größe nach konstantes, entweder dauernd oder auch intermittierend anliegendes Spannungsgelände erforderlich, was sich bei hochgespanntem Wechselstrom durch Abnahme der Spannungsmaxima mittels entsprechend rotierender Gleichrichter erreichen läßt.

Auch fällt im neuen Rohr das oft so lästig empfundene Wandern des Focus gänzlich fort.

Nur einen Nachteil hat das Coolidge-Rohr noch: eine nicht unbegrenzte Energiebelastbarkeit. Diesen Nachteil besitzt aber schließlich jeder Apparat. Bei zu hoher Energiebelastung und zu scharfem Focus kann es nämlich auch im Coolidge-Rohr zum „Anstechen“ der Antikathode, dem Schmelzen und Verdampfen von Antikathodenmaterial, kommen. Dies bedeutet aber nicht etwa eine weitere Unbrauchbarkeit des Rohres; es setzt nur der Dauerbelastung eine Grenze.

Zusammenfassend wird man mit Genugtuung konstatieren, daß ein auf unsere modernen theoretischen Vorstellungen gestütztes Erkennen im Vereine mit einer völligen Beherrschung der experimentellen Hilfsmittel auch auf diesem Gebiete wiederum zu einem überaus bemerkenswerten Fortschritt geführt hat.

## Die geographische Bedingtheit der pommerschen Moore<sup>2)</sup>.

Von Dr. Joh. Dreyer, Rendsburg.

Wohl kaum eine Oberflächenform unserer Erde hat ein so *vielseitiges* Interesse erregt, als das Moor. Den Botaniker lockt die eigenartige Flora, den Zoologen die dem flüchtigen Auge verborgene Fauna; der Geologe studiert den Aufbau der Moore und zieht aus ihm seine Schlüsse auf das wechselnde Klima postglazialer Zeiten und ihr organisches Leben; der Landwirt wünscht

durch die Kultivierung des Moores seine Wirtschaft zu verbessern; der Industrielle denkt über die technische Verwertung der im Moor ruhenden Rohstoffe nach und berechnet die enormen Gewinne, die ihm *vielleicht* blühen; der Kultur-Ingenieur löst das schwierige Problem der Entwässerung als Vorbedingung der Erfolge des Landwirts und Fabrikanten; der Volkswirtschaftler preist die Bedeutung der Moorkultur für die Steigerung der Fleischproduktion und die innere Kolonisation<sup>1)</sup>; der Maler setzt seine Staffelei in das Moor, sucht und findet Motive für seine Kunst, und den Dichter reizt die geheimnisvolle Ruhe zum Erguß der tiefsten Regungen seiner Seele. Dementsprechend hat das Moor eine Literaturfülle hervorgerufen, die fast unübersehbar ist. Auffällig aber ist es, daß rein geographische Fragen mehr, als es berechtigt ist, in den Hintergrund treten. Und doch führen sie uns erst zu einem vollen Verständnis der „schwarzen Erde“ nach ihrer Bildungsmöglichkeit, Art, Lage und Verbreitung.

Die geographischen Bedingungen für die Moorbildung ergeben sich aus dem Wesen des Moores, eines mit einer mehr oder weniger mächtigen Humusschicht bedeckten Geländes, von selbst. Die Entstehung des Humus setzt das Vorhandensein ausreichender Wassermengen voraus, die den Zutritt des Luftsauerstoffes zu den zerfallenden Pflanzenstoffen verhindern können. Das Wasser wird durch die Niederschläge geliefert und reicht entweder für eine regionale Moorbildung aus, oder aber es ist eine Sammlung des Wassers in Hohlformen für eine lokale Moorbildung nötig. Dementsprechend gelangt das Wasser also unmittelbar als meteorisches, nährstoffarmes oder mittelbar als terrestrisches, mehr oder weniger nährstoffreiches Wasser zu den Pflanzen. Die Bedingungen für die Moorbildung liegen also vor allem in klimatischen (Niederschlagsverhältnisse), topographischen (Vorhandensein von Hohlformen) und pedologischen (nährstoffarme oder -reiche Bodenarten) Verhältnissen.

Wir können die Bedeutung des Klimas für die Moorbildung nur verstehen, wenn wir die fördernden von den hemmenden Faktoren scheiden. Das Klima eines Ortes fördert die Moorbildung, wenn es die Massenproduktion in der Pflanzenwelt steigert und den Wasservorrat, den Überschuß von Niederschlag und Verdunstung hebt; es hemmt die Moorbildung, wenn es nach dieser Richtung negativ wirkt und wenn es die Lebensbedingungen der für jede Verwesung nötigen Organismen und damit jene günstig beeinflusst. Zwei Schwierigkeiten treten uns bei dem Nachweis der Abhängigkeit der Moorbildung von dem Klima in der Praxis entgegen: uns fehlt der absolute Maßstab für das Abhängigkeitsverhältnis, und die einzelnen Faktoren des Klimas greifen

<sup>1)</sup> Soweit nicht Störung durch die charakteristische Strahlung des Antikathodenmaterials in Betracht kommt.

<sup>2)</sup> Vgl. Joh. Dreyer, Die Moore Pommerns, ihre geographische Bedingtheit und wirtschaftsgeographische Bedeutung. Greifswald 1913.

<sup>1)</sup> Vgl. besonders den II. Teil meiner Arbeit.