

Rußland rückenfrei, während Deutschland in der rheinischen, ungarischen und polnisch-litauischen Grenze drei offene Fronten hat und an vier große Staaten grenzt, ein Umstand, der sich in seiner Geschichte tief ausgeprägt hat. Deutschland stand immer unter einem viel höheren Druck als Frankreich, worauf schon die starken Grenzverschiebungen hindeuten. Der Besitz Flanderns würde daher geopolitisch eine große Entlastung bedeuten, doch ist es fraglich, ob dem gegenüber die ethnisch-politische Belastung nicht zu groß werden würde. Polen-Litauen hat die am wenigsten abschließenden Landesgrenzen. In solcher Lage kann sich nur ein sehr starkes Volkstum behaupten, so daß das Schicksal Polens nicht verwunderlich ist. Der Vortragende kommt zum Schluß unter Berücksichtigung aller dieser Gesichtspunkte zu folgender Dreiteilung der europäischen Staaten nach ihrer geopolitischen Lage: 1. Die mittleren Rumpfstaaen Deutschland, Ungarn und Polen-Litauen, deren Zusammenschluß zu einem Mitteleuropa eine geopolitische Forderung ist, 2. die äußeren Rumpfstaaen Frankreich und Rußland, 3. die Außenglieder mit großer politischer Bewegungsfreiheit, die am stärksten bei England ausgeprägt ist.

O. B.

Deutsche Meteorologische Gesellschaft. (Berliner Zweigverein.)

In der Sitzung am 26. März behandelte Dr. R. Hennig das Thema **Wetter und Krieg**. Bezugnehmend auf einen im Jahre 1912 von Prof. Baschin am gleichen Orte gehaltenen Vortrag über Meteorologie und Kriegführung gab Dr. Hennig weitere zahlreiche Beispiele von Fällen, in denen das Wetter entscheidenden Einfluß auf das Ergebnis von Kampfhandlungen gehabt hat. Zwar ist die Kriegführung in mancher Beziehung unabhängiger vom Wetter geworden als früher — z. B. bei Winterfeldzügen, welche noch bis zu den amerikanischen Freiheitskriegen zu großen Seltenheiten gehörten —, aber im allgemeinen hat sich die Berücksichtigung des Wetters infolge der neuen Kampfmittel, wie Luftschiffe, Flugzeuge, Gasangriffe, stark gesteigert.

Der Vortragende zeigte zunächst an Beispielen aus früheren Kriegen die ausschlaggebende Wirkung, welche zeitweilig strenge Winter, große Hitze, Regen, Schnee, Sturm, Gewitter und Nebel auf den Verlauf der Schlachten ausgeübt haben, und ging dann dazu über, entsprechende Fälle aus dem gegenwärtigen Kriege zu erörtern. Die Ausnutzung der Wetterlage zu militärischen Operationen ist jetzt geradezu zu einer besonderen Kunst geworden. So ist Nebel für den Angreifer günstiger als für den Verteidiger (englischer Vorstoß in die Gewässer von Helgoland, Luftschiffangriffe auf London, Expedition nach Ösel); das gleiche gilt für den Rückzug (Aufgabe der Gallipoli-Besetzung durch die Entente). Mit Vorteil ist hierbei auch künstlicher Nebel verwendet worden. Frost war u. a. für uns günstig beim Überschreiten des Moon-Sundes und bei dem Vormarsch in Livland und Estland; Regen störte die Flandernoffensive der Engländer im Sommer 1917.

Auch für das Durchhalten der in der Heimat Zurückgebliebenen ist das Wetter von großer Wichtigkeit. Es war ein besonderer Glücksfall, daß der August 1914 ein ideales Erntewetter brachte, während die Dürre in den Frühjahr 1915 und 1917 und die namentlich für Kartoffeln schädliche Nässe des Sommers 1916 uns schaden, allerdings bei weiten nicht

in dem Maße, wie die für Frankreich und England verhängnisvolle Nässe des Sommers 1917.

Zum Schluß wies Dr. Hennig darauf hin, daß sich das Zusammenarbeiten der Heeres- und Marineleitung mit den Meteorologen gut bewährt habe, freilich wäre in manchen Fällen eine größere Verbreitung meteorologischer Kenntnisse und infolgedessen ein größeres Verständnis für die Bedeutung des Wetters erwünscht gewesen. Er glaubt, daß eine wesentliche Besserung hierin erst dann zu erwarten ist, wenn die Meteorologie schon in der Schule als Unterrichtsfach aufgenommen sein wird.

In der Sitzung am 23. April fand eine Besprechung über die **Verwendung des bewegten Lichtbildes im meteorologischen Unterricht** statt. In dem einleitenden Referat berichtete Herr Professor Dr. Felix Lampe über die Bestrebungen des Zentralinstituts für Erziehung und Unterricht, kinematographische Vorführungen als Lehrmittel zu verwenden. Recht weit durchgebildet ist das Verfahren, Veränderungen auf Landkarten vor den Augen der Zuschauer entstehen zu lassen. Als Beispiel wurden im bewegten Lichtbild kartographisch das Vorrücken der deutschen Front von Riga über Oesel bis Estland und die Entstehung einer Alpenkarte gezeigt. Ähnliche Methoden werden sich vielleicht zur Erläuterung von Wetterkarten, z. B. zur Veranschaulichung der Bahnen wandernder Tiefdruckgebiete benutzen lassen. Eine zweite Verwendungsart bewegter Filme ist die Vorführung entstehender Naturvorgänge; die abgerollten kinematographischen Wolkenaufnahmen bewiesen die Entwicklungsmöglichkeit solcher Methoden. Schließlich wurde noch angedeutet, daß es auch zweckmäßig sein kann, den Gang von Registrierapparaten und allgemein instrumentelle Arbeiten in dieser Weise zu zeigen; als Erläuterung wurden das Hochlassen und Anvisieren von Pilotballonen, sowie der Verlauf eines meteorologischen Drachenaufstiegs im bewegten Bilde vorgeführt.

Durch die Schaffung des königlichen Bild- und Filmamts ist jetzt die Möglichkeit geboten, wissenschaftliche Aufnahmen der oben erwähnten Art zu versuchen, ohne dabei auch einen pekuniären Erfolg berücksichtigen zu müssen. Über die Tätigkeit dieses Amts und einige technische Einzelheiten der gezeigten Aufnahmen berichtete kurz Herr Dr. Wagner. In der diesen Mitteilungen folgenden Besprechung, an welcher sich die Herren Kassner, Gagelmann, Wigand, Baschin und Süring beteiligten, wurden große Hoffnungen auf das bewegte Bild als Forschungshilfe gesetzt, während die Ansichten über dessen Wert als Unterrichtsmittel geteilt waren. Über die Frage, wie diese Methode für die Meteorologie wissenschaftlich und technisch weiter ausgebildet werden kann, soll eine weitere Aussprache unter den sich hierfür Interessierenden im Kgl. Bild- und Filmamt stattfinden.

Sü.

Röntgentechnische Mitteilungen.

Grundlagen therapeutischer Anwendung von Röntgenstrahlen. Bei der Untersuchung der Strahlenzusammensetzung von Lilienfeld-Röntgenröhren gelangen L. Knüpferle und J. E. Lilienfeld (*Grundlagen therapeutischer Anwendung von Röntgenstrahlen*, Verl. von Speyer & Kaerner, Freiburg i. B., 1917) zu Ergebnissen, die in vieler Beziehung Neues bieten. Die von den Verfassern benutzte Meßanordnung sucht in ihrem Aufbau alle Fehlerquellen, die gerade bei Messungen an Röntgenstrahlen sehr zahlreich sind und in die Meßresultate die größte Verwirrung bringen,

zu vermeiden. Die größten Fehler bedingt das Auftreten der sekundären und der gestreuten Röntgenstrahlung, die überall dort entstehen, wo primäre Röntgenstrahlen auftreten und die dann in der Meßanordnung mitgemessen werden. Um diese Strahlen möglichst auszuschließen, werden die zu den Absorptionsmessungen nötigen Filter dicht an die Röntgenröhre gesetzt und die zur Messung benutzte Ionisationskammer in so großer Entfernung aufgestellt, daß die (sehr weichen) sekundären und gestreuten Strahlen von der dazwischen liegenden Luftstrecke absorbiert werden. Zwischen Ionisationskammer und Röntgenröhre befindet sich ferner zur Führung des Röntgenstrahles ein langes, mit einer ganzen Reihe von Blenden versehenes Bleirohr, welches alle Streustrahlen auffängt. Vor der in einem Bleikasten aufgestellten Ionisationskammer sind ferner noch zwei enge Bleiblenen aufgestellt, die einen ganz schmalen Röntgenstrahl ausblenden und ihn in den Ionisationsmeßraum eintreten lassen. Nur bei dem Auftreffen auf die Wandung am äußeren Ende des Ionisationsraumes ist eine Möglichkeit des Auftretens störender Sekundär- oder Streustrahlen vorhanden, die aber infolge des geringen Querschnittes des auftreffenden Röntgenstrahles zu vernachlässigen sind. Der Ionisationsstrom wird in bekannter Weise mit einem Elektrometer gemessen, und die Geschwindigkeit der Elektrometerbewegung gibt ein Maß für die Intensität der Strahlung. Mit dieser Meßanordnung wurden die Strahlungen einiger Lilienfeldröhren untersucht, und zwar in der Weise, daß in den Strahlengang Aluminiumfilter verschiedener Dicke eingeschaltet wurden und jedes Mal die von den übrigbleibenden Röntgenstrahlen erzeugte Ionisation gemessen wurde. Bei der graphischen Eintragung der erhaltenen Werte erhielt man für eine *homogene* Strahlung dann gerade Linien, wenn man als Abszissen die Dicke des Aluminiumfilters und als Ordinaten die Logarithmen der Intensität aufträgt. Ist die Röntgenstrahlung nicht homogen, so ergeben sich gekrümmte Kurven. Bei dieser Art der graphischen Analyse läßt sich für jeden Fall bestimmen, von welcher Filterdicke an die Strahlung so gut wie homogen wird. Diese Filterdicke wird als Homogenitätspunkt bezeichnet. Aus der Kurve läßt sich ferner ohne weiteres die Härte der Strahlung bestimmen, insofern als die Größe der Neigung der Geraden jenseits des Homogenitätspunktes direkt die Härte anzeigt. Die Kurven ergeben, daß die Strahlung der Lilienfeldröhre schon nach einer Filterung von 1,5 mm Aluminium homogen ist und daß die übrigbleibende Reststrahlung Härtegrade bis zu 12 mm Halbwertschicht aufweist. Es ergibt sich ferner, daß im Homogenitätspunkt noch 70–80 % der ursprünglichen Strahlung vorhanden ist, so daß die Ökonomie der Filterung eine recht gute ist. Die extremharte Röntgenstrahlung der Lilienfeldröhre läßt sich sowohl mit dem Induktor, wie mit dem Gleichrichter erzeugen. — Die weiteren Untersuchungen hatten das neue Ergebnis, daß die Beschaffenheit des Brennflecks auf der Antikathode einen sehr starken Einfluß auf die Härte der Röntgenstrahlung ausübt, und zwar nimmt die Härte zu, wenn der Brennfleck möglichst klein und scharf ist, und die Homogenität wird um so besser, wenn der Brennfleck möglichst homogen mit Kathodenstrahlen belegt ist. Darin liegt eine neue physikalische Erkenntnis, die auch die Tatsache aufklärt, daß bei den gewöhnlichen Röntgenröhren, bei denen auf eine gleichmäßige Belegung des Brennfleckes nicht geachtet wird, auch bei Verwendung von stehen-

dem Gleichstrom eine sehr inhomogene Röntgenstrahlung erzeugt wird. — Bei einem Vergleich verschiedener Metalle (Aluminium, Kupfer, Zink) als Filtersubstanz ergab sich, daß sich für eine Strahlenhärte von 7,2 mm Halbwertschicht Filterdicken von 1,5 mm Aluminium, 0,04 mm Kupfer und 0,14 mm Zink entsprechen. Da bei Kupfer und Zink schädliche Eigenstrahlungen auftreten, ist die Filterung mit Aluminium vorzuziehen. — Messungen an der *Coolidge*-röhre hatten das Resultat, daß die von ihr erzeugte Strahlung sehr komplex ist. — Die Lilienfeldröhre gibt nach der Meinung der Verfasser zum ersten Mal die Möglichkeit, in jedem Falle eine praktische therapeutische Anwendung der Röntgenstrahlen mit homogenen Strahlungen von bestimmter und gleichbleibender, aber beliebig einstellbarer Härte und Intensität durchzuführen. Dabei wird unter homogener Strahlung nicht die Strahlung einer einzigen Wellenlänge, sondern eine solche Strahlung verstanden, deren Komponenten so wenig voneinander abweichende Halbwertschichten besitzen, daß der Unterschied der Halbwertschichten dieser Komponenten bei den physiologischen Wirkungen der Strahlen vernachlässigt werden kann. Das kommt physikalisch darauf hinaus, daß diese Strahlung in einem nicht selektiv absorbierenden Medium eine gleiche Schwächung wie eine Strahlung einer einzigen Wellenlänge erfährt, daß sie also exponentiell absorbiert wird. — In einem Anhang wird kurz darauf hingewiesen, wodurch bei der Lilienfeldröhre die Homogenität und die große Härte der Strahlung erreicht ist. Auch die Lilienfeldröhre besitzt nach diesen Ausführungen eine Durchbruchspannung, nach deren Überwindung bei den alten Röhren sich bei jedem Stoß ein niedriger Spannungswert einstellt. Hier ist aber die Größe der Durchbruchspannung beliebig einstellbar. Das geschieht dadurch, daß man die Zündentladung, die die für die Hauptentladung nötigen Elektronen schafft, nur dann bestehen läßt, wenn der Scheitelwert der Hochspannung der Hauptentladung an den Klemmen der Röhre liegt. Dadurch werden nur Röntgenstrahlen erzeugt, deren Härte diesem Scheitelwert der Spannung entspricht. Man kann aber auch die Anordnung so treffen, daß nicht nur der Zündgipfel der Hochspannung, sondern auch beliebige Teile von ihr bei der Erzeugung der Röntgenstrahlen zur Wirkung kommen, und kann somit durch einen Griff an der Schaltung des Apparates eine beliebige komplexe Strahlung erzeugen. Die dazu benutzte Schaltung wird kurz beschrieben.

Ergebnisse der Röntgenstrahlenanalyse. Der Glockersche Röntgenstrahlenanalysator besteht bekanntlich aus einer Anordnung von Elementen, die der zu untersuchenden Strahlung ausgesetzt werden, und durch die in ihnen erregte Sekundärstrahlung anzeigen, welche Strahlungsanteile in dem primären Strahlungsgemisch enthalten waren. Es ist so möglich, die Strahlenzusammensetzung unter den verschiedensten Versuchsbedingungen zu prüfen und damit Ergebnisse zu erreichen, die für die praktische Röntgenmeßtechnik grundlegend sind. In der vorliegenden Arbeit (Fortsetzung auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. 14, Heft 6, 1917) teilen R. Glocker und W. Reusch eine Reihe von neuen Versuchen mit und zwar über die Wirkung verschiedener Filter, die Beeinflussung der Strahlung durch Änderung der Betriebsweise, die Prüfung des Bauerqualimeters und die Vergleichung des Absorptionsverhältnisses von Wasser und Aluminium. Über die Wirkung verschiedener Metallfilter auf die

Härtung einer Röntgenstrahlung ist viel gestritten worden. Die einwandfreien Versuche mit dem Analysator zeigen, daß ein Aluminiumfilter von 13 mm Dicke alle Strahlungskomponenten in der gleichen Weise schwächt, wie ein Zinkfilter von $\frac{1}{2}$ mm Dicke. Da das Zinkfilter wegen seiner geringen Dicke bedeutend handlicher ist, ist es dem Aluminiumfilter vorzuziehen. Um die Eigenstrahlung des Zinks, die auf die Haut schädigend wirken könnte, zu beseitigen, wird unter das Zinkfilter bei Tiefenbestrahlungen zweckmäßig ein dünnes Aluminiumblech von 1 mm Dicke gelegt. Ein Zinnfilter (Staniole) hat dagegen durchaus nicht dieselbe Wirkung wie ein Aluminiumfilter. Bei gleicher Anwesenheit harter Strahlen sind bei den staniolefilterten Strahlen die weichen Strahlen in größerer Intensität vorhanden. Das Studium des Einflusses der Betriebsweise auf die Strahlenzusammensetzung ist von dem größten Wert, da man so wichtige Hinweise auf Verbesserungen der Apparatur erhalten kann. Verglichen wurde der Betrieb einer Gundelachröhre beim Induktorbetriebe mit Quecksilber- und mit Wehneltunterbrecher. Die Strahlenausbeute war sowohl im harten, wie im weichen Strahlengebiet beim Wehneltbetrieb erheblich größer. Bei Einführung des siedenden Wassers als Kühlmittel für die Antikathode der Röntgenröhre wird der Anteil der harten Strahlen vergrößert. Die Prüfung des allgemein beliebten Bauerqualimeters ergab, daß seine Angaben zu ganz falschen Ergebnissen führen können und daß es besonders im Gebiet sehr harter Strahlen nicht mehr imstande ist, die Härteänderung einer Röhre richtig anzuzeigen. Der Vergleich des Absorptionsverhaltens von Wasser und Aluminium führte endlich zu wichtigen praktischen Ergebnissen. Man hat bisher immer angenommen, daß menschliches Gewebe ebenso wie Wasser die Röntgenstrahlen absorbiert, und daß 1 cm Wasser ebensoviel absorbiert, wie 1 mm Aluminium. Wenn das erste noch richtig zu sein scheint, so ist das zweite im Bereich der sehr durchdringungsfähigen Strahlen nicht gültig. Es zeigt sich vielmehr, daß mit abnehmender Wellenlänge der Strahlen die Durchlässigkeit des Aluminiums stärker zunimmt, als die des Wassers. Gegenüber sehr harter Strahlen absorbiert Aluminium nur etwa viermal so stark wie Wasser, während es nach der obigen Annahme zehnmal so stark absorbieren müßte. In allen röntgenologischen Arbeiten ist daher streng zwischen Aluminiumhalbwert und Wasserhalbwert einer Strahlung zu unterscheiden.

Die Zerstreuung und Absorption der Gammastrahlen. Die gewöhnlich zur Bestimmung des Absorptionskoeffizienten der Gammastrahlen der radioaktiven Substanzen benutzten Methoden liefern sehr voneinander abweichende Ergebnisse. Das hat nach *M. Ishino* (*Phil. Mag.* Bd. 23, S. 129, 1917) darin seinen Grund, daß der Strahl nicht nur eine Absorption, sondern auch eine Zerstreuung erfährt. Der Intensitätsverlust des primären Strahles ist also die Summe zweier Teile; ein Teil entspricht der wahren Absorption, bei der die Strahlenenergie in eine andere Energieform

übergeführt wird, ein zweiter Teil der Zerstreuung. Bezeichnet man mit μ und σ die Koeffizienten der Absorption und der Zerstreuung, so ist die Intensität J nach dem Durchtritt durch eine Schichtdicke von t cm:

$$J = J_0 e^{-(\mu + \sigma)t}.$$

Bei den gewöhnlichen Messungen hat man einen gewissen Koeffizienten gefunden, der zwischen μ und $\mu + \sigma$ lag und je nach den Versuchsbedingungen verschieden war. Der Verfasser versucht nach einer besonderen Methode μ und σ getrennt voneinander zu bestimmen, und zwar macht er seine Versuche an Aluminium, Blei und Eisen. Als Strahlungsquelle benutzt er ein Radium-Emanations-Präparat, das in einem Glasröhrchen eingeschlossen war und eine Aktivität von etwa 150 Millicuries besaß. Er kommt zu folgenden Versuchsergebnissen: Der Quotient des Zerstreuungskoeffizienten σ in die Dichte ρ , d. h. der Massenzerstreuungskoeffizient ist von der Substanz unabhängig. Bezeichnet man mit N die Moseleyschen Atomzahlen und mit A die Atomgewichte, so besteht die Beziehung:

$$\frac{\sigma}{\rho} : \left| \frac{\sigma}{\rho} \right|_{Al} = \frac{N}{A} \left| \frac{N}{A} \right|_{Al}$$

Die Werte von $\frac{\mu}{\rho}$ und $\frac{\sigma}{\rho}$ sind, für die drei untersuchten Metalle von etwa der gleichen Größe. Eine Bestimmung der Zerstreuungskoeffizienten der Röntgenstrahlen zeigt, daß er bedeutend kleiner ist, als ihm *Crowther* nach seinen Messungen bestimmte.

Über Glühkathodenröhren (Coolidgegeröhren) und ihre Bedeutung in der Tiefentherapie. Nach einer Erklärung der physikalischen Grundlagen der Glühkathodenröhren teilt *F. Dessauer* (*Münchener Medizinische Wochenschrift* vom 24. 7. 1917) eine Anzahl von Experimenten mit, die er mit Coolidgegeröhren angestellt hat. Die unabhängige Regulierbarkeit von Strahlenhärte und Strahlenmenge scheint ihm nicht absolut vorhanden zu sein. Grund dafür ist einmal der sog. Raumladungseffekt und zweitens eine fehlerhafte Bauweise des Röntgeninduktors resp. -transformators. Auch ist die Coolidgegeröhre sehr empfindlich gegen verkehrt gerichtete Spannungstöße. Bei nicht ausgiebiger Kühlung der Antikathode können leicht aus der heißgewordenen Antikathode Glühelatronen austreten und den Weg für den verkehrten Stromimpuls frei machen. Im praktischen Betriebe läßt sich daher der Vorschlag, hochgespannten Wechselstrom direkt zu benutzen, nicht durchführen. Für die Praxis bedeutet die Coolidgegeröhre aber in jedem Fall einen wichtigen Fortschritt. Bei einer Stromstärke von 1–8 Milliampère tritt aus einer Coolidgegeröhre bedeutend mehr wirksame Röntgenstrahlung aus, als bei gleicher Stromstärke aus einer gewöhnlichen Röhre. In der Therapie kann man sehr harte Strahlen verwenden und braucht nicht mit Schwankungen der Härte oder Intensität zu rechnen. Bei zweckmäßiger Filtrierung der Strahlung lassen sich härteste Strahlen aussieben.

Paul Ludewig, z. Zt. Kiel.

Berichte gelehrter Gesellschaften.

Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. (Stiftung Heinrich Lanz.)

11. Mai, Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse.

Vorsitzender: Herr *Bütschli*.

Es werden folgende Arbeiten für die Sitzungsberichte vorgelegt:

1. Von Herrn *C. Engler* (Karlsruhe) eine Arbeit des Herrn *K. Fajans* (München): *Über das Thoriumblei*. Nach der von *Soddy* und dem Verfasser im Jahre 1913 aufgestellten Theorie über das Verhältnis der Radioelemente zum periodischen System müßte in Thoriumerzen ein Element vorzufinden sein, das die chemischen Eigenschaften des Bleies aufweist, aber ein höheres Atomgewicht als dieses besitzt. Während das