Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON
ARNOLD BERLINER
UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 24 (SEITE 497—512) 17. JUNI 1927 FÜNFZEHNTER JAHRGANG

INHALT:

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland RM 9.—. Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft RM 1.— zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an
Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: $^1/_1$ Seite RM 150.—; Millimeter-Zeile RM 0.35. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseingangs. Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadr.: Springerbuch.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Fünfzehnter Jahrgang 17. Juni 1927 Heft 24

Über das Gesetz der großen Zahlen und die Häufigkeitstheorie der Wahrscheinlichkeit[1]).

Von R. v. MISES, Berlin.

Unter den vielen schwierigen Fragen, die mit einer rationellen Grundlegung der Wahrscheinlichkeitstheorie verknüpft sind, gibt es keine, in der solche Verwirrung herrschte, wie in der Frage nach dem Inhalt und der Bedeutung des „Gesetzes der großen Zahlen" und seiner Beziehung zur sog. Häufigkeitstheorie der Wahrscheinlichkeit. Die meisten Autoren pendeln zwischen den beiden Behauptungen, die Erklärung der Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses als Grenzwert der relativen Häufigkeit seines Auftretens *postuliere* das POISSONsche Gesetz oder sie *widerspreche* ihm. Keines von beidem trifft zu.

Die letzte Ursache der Verwirrung liegt bei POISSON selbst, der an verschiedenen Stellen seiner „Recherches sur la probabilité des jugements" (1837) zwei ganz verschiedene Aussagen mit dem gleichen Namen belegt und wohl auch tatsächlich für gleichbedeutend hält. In der Einleitung des Buches spricht er sich ganz deutlich aus:[2]) „Erscheinungen verschiedenster Art sind einem allgemeinen Gesetz unterworfen, das man das ‚Gesetz der großen Zahlen' nennen kann. Es besteht darin, daß, wenn man sehr große Anzahlen von Ereignissen der gleichen Art beobachtet, die von konstanten Ursachen und von solchen abhängen, die unregelmäßig, nach der einen und anderen Richtung veränderlich sind, ohne daß ihre Veränderung in einem bestimmten Sinn fortschreitet, man zwischen diesen Zahlen Verhältnisse finden wird, die nahezu unveränderlich sind. Für jede Art von Erscheinungen haben diese Verhältnisse einen speziellen Wert, dem sie sich um so mehr nähern, je größer die Reihe der beobachteten Erscheinungen ist, und den sie in aller Strenge erreichen würden, wenn es möglich wäre, die Reihe der Beobachtungen ins Unendliche auszudehnen." Aus diesen Worten und den anschließenden Ausführungen, die eine Fülle von Erfahrungsmaterial vor dem Leser ausbreiten, geht ganz unzweideutig hervor, daß hier mit „Gesetz der großen Zahlen" eine Beobachtungs- oder *Erfahrungstatsache* gemeint ist. Die Zahlen, von deren Verhältnissen die Rede ist, sind offenbar die Wiederholungszahlen der einzelnen Ereignisse oder der verschiedenen Ausgangsmöglichkeiten eines Versuches. Wir nennen, wenn ein Ereignis in n Versuchen m-mal eintritt, den Quotienten $m : n$ die „relative Häufigkeit" seines Auftretens. Hiernach läßt sich der Inhalt des von POISSON in seiner Einleitung dargelegten Gesetzes auch so aussprechen: *Die relative Häufigkeit, mit der ein Ereignis auftritt, nähert sich bei andauernder Fortsetzung der Versuche immer mehr einem festen Wert.* Natürlich ist eine unbegrenzte Annäherung an den Endwert nicht wirklich beobachtbar, weil eine unendliche Versuchsreihe unausführbar ist. Allein, so weit über das unmittelbar durch Beobachtung Gegebene hinauszugehen, daß man von einem Grenzwert in einer unendlichen Folge spricht, das erscheint jedem, der exakte Naturwissenschaft betreibt, ganz selbstverständlich. Wir definieren auch die Massendichte als Grenzwert des Quotienten Masse durch Volumen, den man bei unbegrenzt fortgesetzter Verkleinerung des betrachteten Raumteils erhält — obwohl wir eine unbegrenzte Teilung der Materie weder ausführen können noch für möglich halten. Würde man mit „Gesetz der großen Zahlen" immer nur das meinen, was POISSON in seiner *Einleitung* so bezeichnet hat, so wäre es ganz richtig, zu sagen, daß dieses Gesetz die Erfahrungsgrundlage zum Ausdruck bringt, auf die sich die etwaige Definition der Wahrscheinlichkeit als Grenzwert der relativen Häufigkeit stützen muß.

Allein ein großer Teil des POISSONschen Werkes ist der Ableitung und der Besprechung eines bestimmten *mathematischen Theorems* gewidmet, für das POISSON selbst wieder die Bezeichnung „Gesetz der großen Zahlen" benutzt, und das heute zumeist unter diesem Namen, manchmal auch als „POISSONsches Gesetz", schlechthin angeführt wird. Dieses Theorem ist eine gewisse Verallgemeinerung eines schon von JACOB BERNOULLI (1713) herrührenden Satzes, den wir in folgender Form aussprechen können: Wenn man einen einfachen Alternativversuch, dessen positives Ergebnis die Wahrscheinlichkeit p besitzt, n-mal wiederholt und mit ε eine beliebig kleine positive Zahl bezeichnet, so geht die Wahrscheinlichkeit dafür, daß der Versuch mindestens $(pn - \varepsilon n)$ mal und höchstens $(pn + \varepsilon n)$ mal positiv ausfällt, mit wachsendem n gegen Eins. Konkreter ausgedrückt: Wenn man 100 mal mit einer Münze „Kopf oder Adler" wirft, so gibt es eine gewisse Wahrscheinlichkeit dafür, zwischen 49 und 51 mal die „Kopf"seite zu treffen; wirft man 1000 mal, so ist die Wahrscheinlichkeit 490 bis 510 mal „Kopf" zu werfen,

---

[1]) Aus einem demnächst bei Julius Springer, Wien, erscheinenden Buche: „Über Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit." Schriften zur wissenschaftlichen Weltanschauung, herausg. von PH. FRANK und M. SCHLICK, Bd. 1.

[2]) Übersetzt nach dem französischen Original von 1837, S. 7; etwas abweichend von C. H. SCHNUSE, Braunschweig 1841, S. V.

schon größer; noch näher an 1 liegt die Wahrscheinlichkeit dafür, unter 10000 Versuchen mindestens 4900 und höchstens 5100 „Kopf"ergebnisse zu erzielen usf. Hier ist ersichtlich $p = \frac{1}{2}$ und $\varepsilon = \frac{1}{100}$ gesetzt. Die POISSONsche Erweiterung des Satzes geht nur dahin, daß die Versuchsreihe nicht mit *einer* Münze und auch nicht mit lauter gleichen ausgeführt werden muß; man darf jedesmal eine andere Münze nehmen, nur müssen die Münzen in ihrer Gesamtheit die Eigenschaft besitzen, daß das arithmetische Mittel aus den n Wahrscheinlichkeiten eines Kopfwurfes den Wert $\frac{1}{2}$ besitzt. Eine noch allgemeinere Fassung des Satzes, die durch TSCHEBYSCHEFF in besonders einfacher Form abgeleitet wurde, bezieht sich auf den Fall, daß die einfache Alternative („Kopf oder Adler") durch einen Versuch von mehrfacher Ausgangsmöglichkeit ersetzt wird. Für unsere grundsätzliche Erörterung genügt es durchaus, die engste Form, wie sie beim gewöhnlichen Spiel mit einer Münze auftritt, ins Auge zu fassen. Wir fragen: Wie hängt der Inhalt des bewiesenen mathematischen Satzes, den wir der Kürze halber als „POISSONsches Theorem" bezeichnen wollen, mit der Erfahrungstatsache zusammen, die POISSON an die Spitze seiner Betrachtungen gestellt hat? Kann man wirklich behaupten, daß jene Tatsache durch diesen Satz wiedergegeben wird oder daß überhaupt hier durch theoretische Überlegungen etwas abgeleitet wurde, was sich an der Beobachtung prüfen läßt und durch sie bestätigt wird?

Um diese Frage zu beantworten, müssen wir davon ausgehen, was BERNOULLI und seine Nachfolger unter Wahrscheinlichkeit verstehen. Wenn wir in die Aussage des POISSONschen Theorems für das Wort „Wahrscheinlichkeit" das einsetzen, wodurch die Wahrscheinlichkeit bei POISSON definiert wird, so müssen wir den vollständigen Inhalt des Satzes *restlos* erfassen. Nun ist die klassische Wahrscheinlichkeitsdefinition dadurch gekennzeichnet, daß sie keinerlei Bezug nimmt auf die Häufigkeit des Auftretens eines Ereignisses, sondern rein formal erklärt: Wahrscheinlichkeit ist der Quotient aus der Anzahl der „günstigen" Fälle durch die Gesamtzahl aller „gleichmöglichen" Fälle. Bei einer normalen Münze ist das Auffallen auf die eine oder andere Seite „gleichmöglich", der eine dieser Fälle ist dem Erscheinen der Kopfseite „günstig", demnach ist die Wahrscheinlichkeit des „Kopf"ergebnisses $\frac{1}{2}$. Nach dieser Erklärung, die der Ableitung des POISSONschen Theorems *ausschließlich* zugrunde liegt, ist der Ausdruck, ein Ereignis habe eine Wahrscheinlichkeit nahe 1, gleichbedeutend mit der Aussage, daß fast alle unter den „gleichmöglichen" Fällen zu den ihm „günstigen" gehören. Führt man mit einer Münze n Würfe aus, so gibt es bei großem n außerordentlich viele Ergebnismöglichkeiten; es kann der erste Wurf „Kopf", jeder andere „Adler" ergeben; der erste und der zweite „Kopf", die nächsten „Adler"; es können die ersten zwanzig und die letzten dreißig Würfe „Kopf" zeigen, die übrigen „Adler" usf., in wahrhaft sehr reichhaltiger Abwechslung. Jede dieser Ergebnisserien muß als „gleichmöglich" gelten, wenn man für die Wahrscheinlichkeit eines „Kopf"wurfes, also für die oben mit p bezeichnete Größe, $\frac{1}{2}$ setzt. Wählen wir wieder $\varepsilon = \frac{1}{100}$, so besagt das POISSONsche Theorem: Unter den sehr vielen Ergebnissen, die bei großem n möglich sind, haben weitaus die meisten die Eigenschaft, daß die Anzahl der in ihnen vorkommenden „Kopf"ergebnisse um höchstens $\frac{n}{100}$ nach oben oder unten von $\frac{n}{2}$ abweicht.

Um uns die Aussage noch anschaulicher zu machen, wollen wir uns eine Ergebnisserie des Spieles mit einer Münze so dargestellt denken, daß wir für die Kopfseite jedesmal eine 1, für die andere eine 0 anschreiben. Auf diese Weise entspricht jeder möglichen Serie von $n = 100$ Würfen eine bestimmte hundertstellige Zahl, mit Nullen und Einsern als einzigen Ziffern. Wenn man übereinkommt, etwaige Nullen links vom ersten Einser zu streichen, so stellt auch jede solche Zahl von weniger als hundert Stellen eine Versuchsserie dar. Man kann im Prinzip alle diese Zahlen, von denen jede ein gleichmögliches Ergebnis repräsentiert, nach einem einfachen Schema hintereinander aufschreiben. Die ersten, der Größe nach geordnet, sind:

1, 10, 11, 100, 101, 110, 111, 1000, 1001 usw.

Dabei bedeutet z. B. 101, daß in der Versuchsreihe zuerst 97 (nämlich 100 minus 3) Nullen stehen, dann eine Eins, hierauf eine Null, endlich wieder eine Eins folgt. Die Zahl 1001 bedeutet, daß erst 96 Nullergebnisse kommen, dann eine Eins usf. Hätten wir $n = 1000$, so würde die Zahlenreihe, die sämtliche Ergebnismöglichkeiten liefert, in der gleichen Weise beginnen, nur sehr viel länger werden, da man jetzt bis zu 1000 Stellen gehen muß, und es würde 101 bedeuten, daß zuerst 997 Nullen kommen, dann der erste Einser usf. Der POISSONsche Satz ist nun nichts als eine Aussage über diese Zahlen, von denen die ersten angeschrieben sind. Wenn wir alle aus Nullen und Einsern gebildete Zahlen bis zu den 100stelligen nehmen, so werden die meisten unter ihnen 49—51 Einser aufweisen; wenn wir bis zu den 1000stelligen gehen, so finden wir, daß ein noch größerer Prozentsatz unter ihnen 490—510 Einser besitzt, und dieses Verhalten wird bei weiterer Vergrößerung der Stellenzahl immer ausgeprägter. Der *vollständige* Inhalt des Theorems (für $p = \frac{1}{2}$), wie es bei BERNOULLI und POISSON bewiesen ist, läßt sich, wenn wir $\varepsilon = 0{,}01$ wählen, wie folgt aussprechen: *Schreibt man alle aus Nullen und Einsern bestehende Zahlen bis einschließlich der n-stelligen der Größe nach geordnet auf, so bilden diejenigen unter ihnen, bei denen die Anzahl der Einser mindestens 0,49 n und höchstens 0,51 n beträgt, eine mit wachsendem n immer stärker werdende Majorität.* Die Aussage ist *rein arithmetischer Natur*, sie bezieht sich auf gewisse Zahlen, über deren Eigenschaften etwas ausgesagt wird. Mit dem, was bei der ein- oder mehrmaligen Vornahme von 100 Würfen wirklich geschieht, d. h. welchen Zahlen und in welcher Anordnung die wirklich eintretenden Versuchsserien entsprechen werden, damit hat das Ganze nichts zu tun. Ein Schluß auf den Ablauf einer Versuchsreihe ist im Rahmen dieses Gedankenganges nicht möglich, weil nach der angenommenen Definition der Wahrscheinlichkeit diese nur etwas über das Verhältnis zwischen der Anzahl der günstigen und ungünstigen Fälle besagt, aber nichts über die Häufigkeit, mit der ein Ereignis eintritt oder ausbleibt. Man sieht sehr leicht ein, daß sich unsere Betrachtungen grundsätzlich auf jeden anderen Fall an Stelle des ,,Kopf- oder Adler"spieles übertragen lassen: Wenn es sich etwa um das Spiel mit einem ,,richtigen" Würfel handelt, so treten nur an Stelle der aus Nullen und Einsern bestehenden Zahlen alle n-stelligen Zahlen mit den Ziffern 1—6 und das Theorem besagt dann, daß bei großem n diejenigen Zahlen, die ungefähr $\frac{n}{6}$ Einser enthalten, eine überwiegende Majorität bilden. — Wir fassen das bisher Gesagte zusammen: *Solange man mit einem Wahrscheinlichkeitsbegriff arbeitet, der keinen Bezug nimmt auf die Häufigkeit des Eintretens des Ereignisses, führt die mathematische Ableitung von Bernoulli-Poisson-Tschebyscheff zu keiner wie immer gearteten Aussage über den Ablauf einer Versuchsreihe und läßt sich daher in keinen Zusammenhang bringen mit der allgemeinen Erfahrungsgrundlage, von der Poisson ausgegangen war.*

Wie kam nun aber POISSON dazu, in seiner mathematischen Ableitung eine Bestätigung jenes erfahrungsgemäßen Verhaltens zu sehen, das er in seiner Einleitung als ,,Gesetz der großen Zahlen" bezeichnet hatte? Die Antwort auf diese Frage kann niemandem schwer fallen, der sie sich einmal stellt. Sie lautet: POISSON hat dem Wort ,,Wahrscheinlichkeit" am *Ende* seiner Rechnung eine andere Bedeutung beigelegt als die, die er ihm zu *Anfang* gegeben hatte. Die Wahrscheinlichkeit $\frac{1}{2}$ eines ,,Kopf"wurfes, die in die Rechnung eingeht, soll nur der Quotient der ,,günstigen" durch die ,,gleichmöglichen" Fälle sein, aber die Wahrscheinlichkeit nahe 1, die aus der Rechnung hervorgeht und in seinem Satze die entscheidende Rolle spielt, die soll bedeuten, daß das betreffende Ereignis, nämlich das Auftreten von 490—510 ,,Kopf"würfen in einer Serie von 1000 Versuchen, fast immer, bei fast jedem Serienversuch, beobachtet wird! Niemand kann behaupten, daß eine solche Bedeutungsverschiebung zwischen Beginn und Ende einer Rechnung statthaft wäre. Wenn man die klassische Definition der Wahrscheinlichkeit unbedingt aufrecht erhalten will, so läßt sich die gewünschte Bedeutung des POISSONschen Theorems nur retten, wenn man — als deus ex machina — eine *Hilfshypothese* hinzunimmt: Sobald eine Rechnung für ein Ereignis einen Wahrscheinlichkeitswert, der nur wenig kleiner als 1 ist, ergeben hat, tritt dieses Ereignis bei fortgesetzten Versuchen fast jedesmal ein[1]). Was ist das aber anderes als eine, wenn auch etwas eingeschränkte, Häufigkeitsdefinition der Wahrscheinlichkeit? Wenn ein Wahrscheinlichkeitswert von 0,999 bedeuten soll, daß das Ereignis fast immer beobachtet wird, warum nicht gleich zugeben, daß 0,50 Wahrscheinlichkeit heißt: das Ereignis trifft in der Hälfte aller Fälle ein? Freilich muß diese Festsetzung noch präzisiert werden und damit allein ist es auch noch nicht getan. Man muß erst zeigen, daß aus einer entsprechend präzisierten Häufigkeitsdefinition der Wahrscheinlichkeit sich der POISSONsche Satz ableiten läßt; der Gedankengang des klassischen Beweises wird sich dabei in entscheidenden Punkten ändern. — Das Verfahren, *nach* der Ableitung eines Satzes einem darin vorkommenden Ausdruck eine neue Deutung zu geben, ist sicher nicht befriedigend. Wir kommen auf die Frage der richtigen Ableitung des POISSONschen Theorems noch zurück und stellen vorerst nochmals fest: Nur wenn die Wahrscheinlichkeit in irgendeiner Form als Häufigkeit des Ereigniseintrittes erklärt wird, läßt sich das Ergebnis der POISSONschen Rechnung in Beziehung setzen zu dem, was POISSON in der Einleitung seines Buches als ,,Gesetz der großen Zahlen" bezeichnet.

Nun wird man aber mit Recht folgenden Einwand machen. Wenn man die Wahrscheinlichkeit eines ,,Kopf"wurfes als den Grenzwert der relativen Häufigkeit, mit der ,,Kopf" fällt, definieren will, muß man *voraussetzen*, daß es einen solchen Grenzwert gibt, mit anderen Worten, man muß das ,,Gesetz der großen Zahlen" der POISSONschen Einleitung von vornherein als gültig annehmen. Welchen Zweck kann es dann noch haben, durch mühsame Rechnung den Weg zu einem Theorem zu bahnen, das doch nur dasselbe aussagt, was schon als gültig vorausgesetzt wurde? Darauf antworten wir: Der Satz, der als Resultat der mathematischen Deduktion von BERNOULLI-POISSON-TSCHEBYSCHEFF erscheint, sagt, wenn man einmal die Häufigkeitsdefinition der Wahrscheinlichkeit angenommen hat, *ungleich mehr* aus als die bloße Existenz eines Grenzwertes, er ist sehr viel *inhaltsreicher* als das in der POISSONschen Einleitung ausgesprochene ,,Gesetz der großen Zahlen". Sein wesentlicher Inhalt ist dann eine bestimmte Aussage über die *Anordnung*, etwa der ,,Kopf"- und ,,Adler"würfe, bei unbegrenzt fortgesetztem Spiel. Man kann ohne Schwierigkeit Erscheinungsreihen angeben, für die das zutrifft, was POISSON in seiner *Einleitung* als kennzeichnend ausspricht, ohne daß für sie das POISSONsche *Theorem* Geltung hätte. Um dies einzusehen, wollen wir eine ganz bestimmte Versuchsfolge betrachten, die tatsächlich die Eigenschaft besitzt, daß die relative Häufigkeit des positiven Ergebnisses sich dem Wert $\frac{1}{2}$ nähert, wie dies beim ,,Kopf- oder Adlerspiel" der Fall ist, für die aber der POISSONsche Satz nicht zu Recht

[1]) So hilft sich z. B. H. WEYL in ,,Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaften" (S. A. aus Handbuch der Philosophie) München 1927, S. 151.

besteht. Selbstverständlich ist das eine Versuchsreihe, auf die niemand, der ihre Eigenschaften kennt, die Wahrscheinlichkeitsrechnung anwenden wird. Aber unser Ziel ist ja nur, zu zeigen, daß durch das Poissonsche Theorem den Beobachtungsfolgen, die in der Wahrscheinlichkeitsrechnung betrachtet werden, eine besondere, für sie typische Eigenschaft zugeschrieben wird.

Wir nehmen als Versuchsobjekt eine *Quadratwurzeltafel*, d. i. eine Tabelle, die zu den aufeinander folgenden ganzen Zahlen 1,2,3, ... in inf. die Werte ihrer Quadratwurzeln etwa auf fünf oder mehr Dezimalstellen genau angibt. Unsere Aufmerksamkeit lenken wir ausschließlich auf die Ziffer, die jedesmal an der fünften Stelle hinter dem Komma steht, und wollen als „positives" Versuchsergebnis, das wir auch mit einer „1" bezeichnen, den Fall ansehen, daß die fünfte Ziffer eine 5, 6, 7, 8 oder 9 ist. Mit Null oder als „negatives" Versuchsergebnis sei eine Zahl bezeichnet, wenn ihre Quadratwurzel an fünfter Stelle eine 0, 1, 2, 3 oder 4 aufweist. Auf diese Art erhalten wir als Ergebnis der ganzen Beobachtungsreihe eine Folge von Nullen und Einsern, die in bestimmter Weise abwechseln. Wenn auch jede reale Tafel naturgemäß bei irgendeiner Zahl abbrechen muß, macht es keine Schwierigkeit, die Folge der Nullen und Einser sich unbeschränkt fortgesetzt zu denken. Es ist plausibel und läßt sich mathematisch exakt beweisen[1]), daß in dieser Folge die relative Häufigkeit sowohl der Nullen wie der Einser den Grenzwert $\frac{1}{2}$ besitzt. Ja es gilt der noch etwas allgemeinere Satz, daß an der fünften Stelle der Quadratwurzeln jede der zehn Ziffern 0—9 mit der relativen Häufigkeit $\frac{1}{10}$ in der unendlichen Reihe auftritt. Nun aber wollen wir sehen, ob das Verhalten unserer Folge von Nullen und Einsern etwa auch dem entspricht, was das Poissonsche Theorem fordert. Danach müßte, wenn man eine genügend große Serienlänge n wählt, in der unendlichen Folge fast jede Serie von n Ziffern ungefähr zur Hälfte aus Nullen und ungefähr zur Hälfte aus Einsern bestehen. Der Anfang der Tafel weist in der Tat ein derartiges Bild auf, wovon man sich leicht überzeugt, wenn man etwa die Anzahl der auf je einer Seite stehenden Zahlen zur Serienlänge wählt und dann feststellt, wie oft eine Ziffer kleiner oder gleich 4 an fünfter Stelle sich findet. Aber wie es weiter geht, wenn man sich die Tafel über das tatsächlich Gedruckte hinaus fortgesetzt denkt, das muß uns eine kleine Rechnung lehren. Wir benutzen dabei die leicht zu erweisende Formel, nach der die Quadratwurzel aus dem Ausdruck $a^2 + 1$, wenn a sehr groß gegen 1 ist, ungefähr $a + \frac{1}{2a}$ ist. Setzen wir etwa a gleich einer Million, also a^2 gleich einer Billion, so sehen wir, daß die Quadratwurzel, wenn man in der Tafel von $a^2 = 10^{12}$ um eine Zeile fortschreitet, sich nur um $\frac{1}{2}\, 10^{-6}$, d. i. um eine halbe Einheit der sechsten Stelle, ändert. Erst wenn man ungefähr zehn Schritte gemacht hat, erhöht sich der Wurzelwert um fünf Einheiten der fünften Stelle. Dies bedeutet, daß in der Gegend der Tafel, in der a ungefähr eine Million beträgt, unsere Folge von Nullen und Einsern regelmäßige Iterationen etwa der Länge 10, und zwar abwechselnd solche von 10 Nullen und von 10 Einsern, aufweisen muß. Gehen wir noch weiter, z. B. bis a gleich hundert Millionen, so lehrt die gleiche Überlegung, daß jetzt Iterationen der ungefähren Länge 1000, und zwar abwechselnd solche von Nullen und Einsern, auftreten werden usf. Die Struktur der aus der Quadratwurzeltafel hervorgegangenen Folge von Nullen und Einsern ist also eine ganz andere als die, die in Übereinstimmung mit allen Erfahrungen das Poissonsche Theorem für eine solche Folge fordert, die das Ergebniss eines fortgesetzten „Kopf- oder Adler"-spieles darstellt. Nur in ihren ersten Anfängen zeigt sie eine scheinbare Regellosigkeit, im weiteren Verlauf besteht sie aus regelmäßigen Iterationen von langsam, aber unbeschränkt wachsender Länge. Der Widerspruch gegen das Poissonsche Theorem liegt auf der Hand. Wählen wir ein noch so großes festes n als Serienlänge, so wird, wenn man nur genügend weit fortschreitet, die Länge der Iterationen größer als n. Es werden von da an fast alle Serien aus lauter Nullen oder lauter Einsern bestehen, während nach dem Poissonschen Theorem fast alle zur Hälfte aus Nullen und zur Hälfte aus Einsern zusammengesetzt sein sollten. Man sieht, daß hier, im Falle der Quadratwurzeln, der Häufigkeitsgrenzwert $\frac{1}{2}$ nur dadurch zustande kommt, daß immer *annähernd gleich viel Serien lauter Nullen bzw. lauter Einser* enthalten, während im Falle eines Glücksspieles der Ausgleich zwischen Nullen und Einsern schon *annähernd innerhalb jeder oder fast jeder Serie* erfolgt.

Man könnte dieses Beispiel nebenbei dazu benutzen, um zu zeigen, wie kritiklos heutige Mathematiker Fragen der Wahrscheinlichkeitsrechnung behandeln. In fast jedem Lehrbuch finden sich als Beispiele für die Anwendung der Lehrsätze der Wahrscheinlichkeitsrechnung Zahlenfolgen der eben besprochenen Art angeführt, die diesen Lehrsätzen direkt widersprechen und den Voraussetzungen einer wahrscheinlichkeitstheoretischen Betrachtung schon ihrer Herkunft nach nicht genügen können. Gar nicht zu reden von dem durch Poincaré aufgebrachten Beispiel der Logarithmentafel, in dem — wenn man richtig rechnet — sich zeigt, daß nicht einmal der Grenzwert der relativen Häufigkeit vorhanden ist. Von den Klassikern der Wahrscheinlichkeitsrechnung Bernoulli, Poisson, Laplace rühren auch zahlreiche rein analytische Sätze aus dem Gebiet der Reihenlehre, der Integralrechnung usf. her, deren hohen Wert im Rahmen der historischen Entwicklung der Analysis niemand anzweifeln wird. Trotzdem

[1]) Vgl. z. B. G. Pólya und G. Szegö, Aufgaben und Lehrsätze aus der Analysis, Bd. I, S. 72 u. 238. Berlin 1925. Hier wird auch gezeigt, daß für eine Logarithmentafel der entsprechende Satz nicht gilt.

denkt kein Mathematiker daran, heute diese Sätze in ihrer alten Form unverändert aufrecht zu erhalten. Dies verbietet sich schon dadurch, daß in der Analysis alle grundlegenden Definitionen, die erst einen sicheren systematischen Aufbau ermöglichen, in der Zwischenzeit ganz andere geworden sind. So selbstverständlich dieses Verhalten der Analytiker erscheint, so erstaunlich ist es, mit welch vollendeter Kritiklosigkeit Mathematiker ersten Ranges von heute, wie E. BOREL in Frankreich, H. WEYL in Deutschland und viele andere, an der überlieferten Fassung des BERNOULLIschen oder POISSONschen Theorems einschließlich ihrer historischen Ableitungen immer wieder festzuhalten suchen, obgleich hier dieselben Zirkelschlüsse, Vertauschungen von Grenzübergängen und ähnliche Fehler vorliegen, wie sie aus der Analysis längst ausgemerzt worden sind.

Das Beispiel der aus der Quadratwurzeltafel hervorgegangenen Null- und Einsfolge lehrt uns, daß es Erscheinungsreihen gibt, in denen die relativen Häufigkeiten der einzelnen Ergebnismöglichkeiten bestimmte Grenzwerte besitzen, ohne daß zugleich auch das POISSONsche Theorem gültig wäre. Damit wird vor allem der oft wiederholte Einwand entkräftet, wonach mit der Annahme der Häufigkeitsdefinition der Wahrscheinlichkeit schon das Bestehen dieses Theorems postuliert würde[1]). Noch unbegründeter ist es, zu behaupten, mit der Annahme, daß die relative Häufigkeit einen Grenzwert besitzt, sehe man das als „sicher" an, was nach dem POISSONschen oder BERNOULLIschen Satz nur als „höchst wahrscheinlich" gelten kann[2]). Als eine Sonderbarkeit neueren Datums sei auch noch der Versuch angeführt, aus der Existenz des Grenzwertes und dem Bestehen des BERNOULLI-POISSONschen Satzes einen neuen Begriff des „stochastischen Grenzüberganges" zusammenzubrauen[3]). Alle diese Verirrungen entstehen daraus, daß man von der klassischen Wahrscheinlichkeitsdefinition ausgeht, die *nichts mit dem Erscheinungsablauf zu tun hat,* und sich *nachträglich einer Ausdrucksweise bedient, die auf diesen Ablauf Bezug nimmt* („es ist mit Sicherheit zu erwarten, daß ...").

Es ist jetzt klargestellt, daß das von POISSON im vierten Kapitel seines Buches abgeleitete Theorem, wenn man den Wahrscheinlichkeitsbegriff als Häufigkeitsgrenzwert auffaßt, eine wertvolle Aussage enthält, die über die *Anordnung* der Versuchsergebnisse, wie sie in einer lange fortgesetzten Versuchsreihe zu erwarten ist, einigen Aufschluß gibt. Die Frage ist aber noch offen, und zwar ist dies die letzte von uns zu erörternde, ob man überhaupt das POISSONsche Theorem noch mathematisch beweisen kann, wenn man die Häufigkeitsdefinition der Wahrscheinlichkeit zugrunde legt. Dazu ist zu bemerken, daß ein Satz, der etwas über die Wirklichkeit aussagen soll, nur dann mathematisch ableitbar ist, wenn man an die Spitze der Ableitung bestimmte, der Erfahrung entnommene Ausgangssätze, sog. Axiome, stellt. In unserem Fall besteht das eine dieser Axiome, wie aus allem Bisherigen hervorgeht, in der Annahme, daß innerhalb der von der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu behandelnden Erscheinungsreihen die relativen Häufigkeiten der einzelnen Ereignisse Grenzwerte besitzen. Dies ist nichts anderes als der allgemeine Erfahrungssatz, den POISSON in seiner Einleitung als „Gesetz der großen Zahlen" bezeichnet und den er — mit Unrecht — im vierten Kapitel seines Buches bewiesen zu haben glaubt, während es sich in der Tat um ein unbeweisbares Axiom handelt. Aber mit diesem einen Axiom allein ist es nicht getan. Da, wie wir gesehen haben, das POISSONsche Theorem etwas aussagt, was *mehr* ist als die eine grundlegende Erfahrungstatsache, so muß man in seine Ableitung unbedingt auch mehr Erfahrungsmäßiges hineinstecken als das erste Axiom. Was dieses Mehr ist, habe ich bei anderer Gelegenheit ausführlich dargelegt[1]). Man muß die Erscheinungsreihen auf die sich die wahrscheinlichkeitstheoretische Betrachtungsweise erstrecken soll, abgrenzen gegen diejenigen, die, wie die früher behandelte Quadratwurzeltafel, infolge einer ihnen innewohnenden Gesetzmäßigkeit sich dieser Art der Betrachtung entziehen. Dazu dient das Axiom der „Regellosigkeit" oder, wie man es auch anschaulicher bezeichnen kann, das „Prinzip vom ausgeschlossenen Spielsystem". Wie die moderne Physik aus den jahrhundertelang mißglückten Versuchen der perpetuum mobile-Erbauer das wertvolle Energiegesetz oder Prinzip des ausgeschlossenen perpetuum mobile abgezogen und zu einer ihrer sichersten Grundlagen gemacht hat, so müssen wir uns die Erfahrungen der Systemspieler in den Spielbanken zunutze machen. Es ist in Monte Carlo nicht möglich, durch systematische Auswahl der Spiele, an denen man sich beteiligt, seine Gewinnstaussichten zu verändern. Wenn man einen derartigen, gehörig präzisierten und in Form gebrachten Satz von der „Regellosigkeit" als zweites Axiom zu dem von der Existenz der Grenzwerte hinzunimmt, gewinnt man eine Grundlage, auf der sich widerspruchslos die klassischen Gesetze der Wahrscheinlichkeitsrechnung ableiten lassen. Unter anderem erhält man so auch das POISSONsche Theorem, und zwar gleich mit dem Sinn, den POISSON haben wollte (ohne daß *seine* Ableitung dazu führte), nämlich als eine Aussage über den tatsächlichen Ablauf der Erscheinungen. Es er-

1) G. PÓLYA, Nachr. v. d. Ges. d. Wiss., Göttingen, Mathem.-physik. Kl. 1921: „Alle Schriftsteller, die die Wahrscheinlichkeit als Grenzwert der Häufigkeit definieren, präsupponieren gewissermaßen ... nicht nur das Bestehen des BERNOULLIschen Gesetzes ..."

2) H. WEYL, a. a. O. S. 152.

3) E. SLUTSKY, Über stochastische Asymptoten und Grenzwerte. Metron 5, 1. 1925.

1) In populärer Form in Naturwissenschaften 7, 168, 186, 205. 1919. Mathematische Ausführung: Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Mathem. Zeitschr. 5, 52—99. 1919.

weist sich eben als eine spezielle Konsequenz aus der vollständigen Regellosigkeit einer Folge, daß bei Betrachtung genügend langer Serien ein statistischer Ausgleich schon innerhalb fast jeder Serie mit großer Annäherung stattfindet. Man versteht, daß das Vorhandensein eines solchen Gesetzes die empirische Feststellung der Grenzwerte der relativen Häufigkeit außerordentlich erleichtert. Ja vielleicht wären wir praktisch nie zur Erkenntnis des ersten Axioms gelangt, wenn nicht infolge der Regellosigkeit eben das Poissonsche Theorem bestünde, wonach sich der Grenzwert annähernd in fast jeder längeren Beobachtungsserie finden muß. Aber dieser praktische Zusammenhang kann das logische Verhältnis der einzelnen Sätze nicht verwischen, das wir hier aufzuklären versucht haben und noch in folgenden kurzen Formulierungen zum Ausdruck bringen wollen:

1. Was Poisson in der Einleitung seines Buches als „Gesetz der großen Zahlen" bezeichnet, ist die Feststellung der Erfahrungstatsache, daß bei gewissen Erscheinungsreihen die relative Häufigkeit des Auftretens eines Ereignisses sich bei unbeschränkt fortgesetzter Beobachtung einem bestimmten Grenzwert nähert.

2. Hält man an der klassischen Wahrscheinlichkeitsdefinition fest, so liefert der mathematische Satz, den Poisson im 4. Kapitel seines Buches ableitet und wieder als „Gesetz der großen Zahlen" bezeichnet, keinerlei Aussage über den Ablauf einer Erscheinungsreihe, läßt sich daher auch in keinerlei Beziehung zu der in 1. genannten Erfahrungstatsache setzen; sondern enthält lediglich eine Bemerkung rein arithmetischer Natur.

3. Nimmt man, gestützt auf den Erfahrungssatz von 1., die Definition an, Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses sei der Grenzwert der relativen Häufigkeit seines Eintretens, so bedeutet der Satz von Kapitel 4 des Poissonschen Buches eine ganz bestimmte Aussage über den Erscheinungsablauf, die aber nicht zusammenfällt mit dem Erfahrungssatz der Poissonschen Einleitung, sondern im wesentlichen etwas über die Art der Abwechslung zwischen positiven und negativen Versuchsergebnissen aussagt, nämlich, daß bei Betrachtung genügend langer Erscheinungsserien innerhalb fast jeder von ihnen schon ein annähernder Ausgleich der verschiedenen Ergebnismöglichkeiten stattfindet.

4. Will man das Poissonsche Theorem im Sinne der Häufigkeitsdefinition der Wahrscheinlichkeit richtig ableiten, so muß man außer auf den Erfahrungssatz von der Existenz der Grenzwerte sich auf einen weiteren stützen, der die vollständige „Regellosigkeit" in dem Ablauf der betrachteten Erscheinungen zum Ausdruck bringt.

Nach dieser Klarstellung bleibt noch die terminologische Frage offen, was man zweckmäßigerweise als „Gesetz der großen Zahlen" bezeichnen soll. Ich möchte vorschlagen, diesen Namen dem Theorem vorzubehalten, dessen erste Ableitung man Bernoulli und Poisson verdankt, dagegen den in der Poissonschen Einleitung dargelegten Tatbestand als den Erfahrungssatz oder das Axiom von der Existenz der Grenzwerte zu bezeichnen.

Über die Erzeugung von Kathodenstrahlen großer Intensität außerhalb der Röhre.

Als erstem gelang es P. Lenard[1]), Anfang der neunziger Jahre, Kathodenstrahlen durch ein Aluminiumfenster von 0,0026 mm Dicke und 1,7 mm Durchmesser aus der eigentlichen Kathodenstrahlröhre heraustreten zu lassen, so daß er die physikalischen Eigenschaften der Kathodenstrahlen in Luft und anderen Gasen untersuchen konnte. Nachdem sich dann herausgestellt hatte, daß die β-Strahlen der radioaktiven Körper ebenso wie die Kathodenstrahlen aus schnell bewegten Elektronen bestehen, wurde mehrfach versucht, Kathodenstrahlröhren zu bauen, die einen möglichst großen Bruchteil der Strahlung in den freien Raum übertreten ließen. Pauli[2]) vergrößerte das Fenster, indem er 20 Löcher von 2 mm Durchmesser in einer Messingplatte anordnete und durch eine Aluminiumfolie abdeckte. Krüger und Utesch[3]) benutzten eine Hochvakuumröhre mit Glühkathode, eine wassergekühlte Messingplatte mit 65 Löchern von 0,8 mm Durchmesser und aufgekittetem Aluminiumblättchen von 0,011 bis 0,05 mm Stärke. Als Spannung wurde gleichgerichteter Wechselstrom bis 60 000 V Spitzenspannung verwendet. Diesen Weg weiterverfolgend, gelang es W. D. Coolidge[4]), eine von der Pumpe abschmelzbare Röhre herzustellen, mit der er Kathodenstrahlen großer Intensität in die Luft hinausschicken konnte. Einzelheiten der Röhre sind aus Fig. 1 zu ersehen. Ihre Gesamtlänge ist für 250 kV Spannung 89 cm und für 350 kV 155 cm. Die Anode *a* ist zugleich das Fenster, das aus einer Nickelfolie von 0,0127 mm Dicke und 75 mm Durchmesser besteht. Es wird von einem Molybdännetz *b* getragen. Es besitzt eine Wasserkühlung *m*. Der Metallring *r* ist mit dem Glase *s* verschmolzen. An der Anode sitzt noch ein langes Kupferrohr *k* zum elektrostatischen Schutz der Glaswand.

Einzelheiten der Kathodenstrahlröhre von Coolidge. Die von der Glühkathode *c* ausgehenden Elektronen treffen auf das Fenster und erwärmen es. Um also einen möglichst hohen Gesamtstrom transportieren zu können, muß der Brennfleck auf dem Fenster möglichst gleichmäßig über die ganze Fläche verteilt sein. Ferner sollen möglichst wenig Elektronen auf das Kupferrohr treffen, um es nicht unnötig zu erwärmen und schädliche Röntgenstrahlung auftreten zu lassen. Der Wolframdraht der Glühkathode von 0,2 mm Durchmesser ist in einer Spirale von 5 mm Durchmesser in der Kuppe einer 25 mm im Durchmesser zählenden Molybdänhalbkugel *c* angeordnet. Beim Eintritt in das Kupferrohr *k* ist der Kathodenstrahl auf etwa 8 mm Durchmesser zusammengezogen. Allmählich vergrößert er sich und mißt am

[1]) Ann. Phys. **51**, 225. 1891.
[2]) Zeitschr. f. Instrumentenkunde **30**, 133. 1910.
[3]) Ann. Phys. **78**, 113. 1925.
[4]) J. Franklin Inst. **202**, 693. 1926.

Fenster etwa 60 mm Durchmesser, wie Fig. 2 zeigt. Die unscharfe linke Begrenzung des Fleckes ist auf nicht genaue Zentrierung des Kupferrohres k zurückzuführen. Um das Auftreten störender Kathodenstrahlen zu verhindern, sind die Zuleitungen zur Kathode von einem Molybdänzylinder t eingeschlossen.

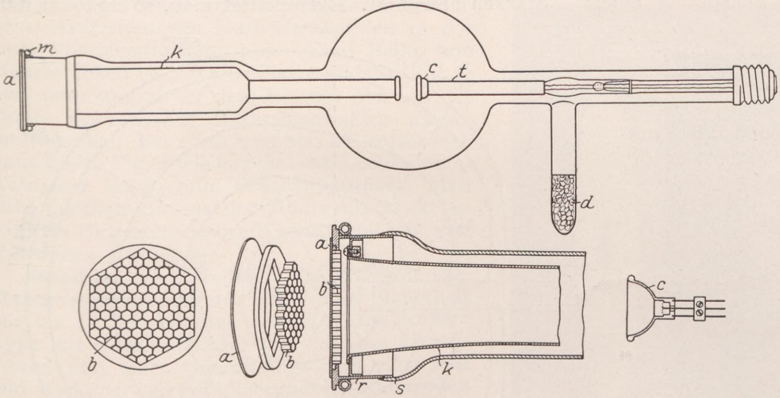

Fig. 1. Kathodenstrahlröhre nach COOLIDGE.

Fenster. Als Material für das Fenster kommt bei sonst gleichen Eigenschaften das Metall mit dem niedrigsten Atomgewicht in Frage, da hierbei die geringsten Verluste durch Reflexion und Absorption auftreten. In folgenden Punkten werden noch besondere Eigenschaften verlangt: Biegsamkeit, Widerstand gegen Oxydation bei höheren Temperaturen, Wärmeleitfähigkeit, Verhalten beim Weich- oder Hartlöten, völliges Freisein von Löchern in Folien. Aluminium und Kupfer bewährten sich nicht. Nach einem besonderen Verfahren gewalzte Nickelplättchen von 0,0127 mm Stärke sind die besten. Geschlagene Kupfer-, Nickel- und Platinbleche sind immer voller Löcher.

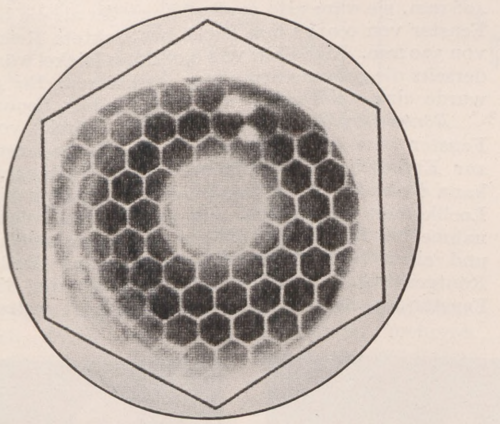

Fig. 2. Kathodenfleck auf dem Fenster.

Dieses Nickelblech wird von einem bienenwabenförmig gestalteten Körper gegen den äußeren Luftdruck abgestützt. Er besteht aus hochkant gestellten, 4,7 mm breiten Molybdänblechstreifen von 0,15 mm Dicke, die mit Kupfer zu gleichzeitigen Sechsecken von 6 mm Weite gelötet sind. Der Ausdehnungskoeffizient des Trägers muß stets kleiner bleiben als der des Fensters, damit letzteres niemals auf Zug beansprucht wird. Molybdän genügt dieser Forderung besser als das anfänglich benutzte Invar. Auch ist die Form der Löcher, das Sechseck, günstiger als der Kreis.

Das Fenster ist an einem Invarrahmen weich angelötet, der am Glase angeschmolzen und beim Betrieb mit einer Kühlschlange m gekühlt wird. Das Kupferrohr k ist dünnwandig, und an dem der Kathode zugewandten Ende sind die Kanten gut abgerundet.

Sämtliche Metall- und Glasteile der Röhre werden nach den üblichen Regeln der modernen Hochvakuumtechnik entgast, ein Ansatz d (Fig. 1) enthält entweder ausgeglühte Kokosnußkohle oder ein Stückchen Calcium. Die bei hoher elektrischer Belastung noch auftretenden Gasroste werden entweder durch Kühlen der Kohle in flüssiger Luft oder durch Erhitzen des Calciums durch eine Wolframspirale infolge Absorptionswirkung beseitigt.

Hochspannungsquellen. Die Frage der Anpassung der Röhre an eine geeignete Hochspannungsquelle ist eingehend untersucht. Funkeninduktoren mit Quecksilber- oder Wehnelt-Unterbrecher, 60 Per.-Hochspannungstransformatoren mit Glühkathoden-, Argon- oder mechanischen Gleichrichtern sind mit Erfolg benutzt worden. Am besten bewährte sich eine Gleichstromanordnung, bei der ein 2000 Per.-Strom transformiert, gleichgerichtet und mit Kondensator geglättet wird, und eine Hintereinanderschaltung zweier Transformatoren besonders guter Isolation, damit ohne Gefahr für die Transformatoren das Fenster der Kathodenstrahlröhre an Erde gelegt werden konnte. Es kommen Spannungen bis 350 kV und Ströme bis 2 mA zur Verwendung. Die Einrichtungen sind also ganz ähnliche wie für den Betrieb moderner Hochleistungs-Röntgenröhren.

Die Benutzung der Kathodenstrahlröhre. Die Intensität der Strahlung kann z. B. dadurch geändert werden, daß man den Abstand des Prüfkörpers vom Fenster variiert. Bei den ersten Röhren war es nicht möglich, die Intensität in weiten Grenzen durch die Heizung der Kathode zu beeinflussen. Hier floß nämlich auch bei kalter Kathode ein Strom von 0,2 bis 0,3 mA. Die Schwächung durch Einschalten einer siebförmig durchlöchteren Messingplatte oder eines rotierenden Kreissegmentes dicht hinter dem Fenster bereitete wegen mehrfacher Reflexion und Änderung der Geschwindigkeitsverteilung Schwierigkeiten. Bei der hier beschriebenen endgültigen Form kann die Intensität durch Regelung des Glühkathodenstromes in ziemlich weiten Grenzen geändert werden.

Der Beobachter muß auch gegen die Strahlung geschützt werden; man bekommt nämlich ein ganzes Spektrum Röntgenstrahlen, von den kürzesten bei der angelegten Spannung möglichen anfangend, die von dem Kupferrohr, dem Fenster und ihrem Träger und von jeder außerhalb der Röhre von den Kathodenstrahlen getroffenen Materie ausgehen.

Um das Nickelfenster selbst gegen mechanische und elektrische Beschädigungen zu schützen, setzt man einen Drahtgazerahmen davor und verbindet ihn metallisch mit dem Fensterträger. Die Temperatur des Fensters wurde durch Anbringen krystalliner Substanzen bekannten Schmelzpunktes bestimmt. So wurde bei 100 kV und 0,7 mA in 5 s die Temperatur von 132° C, bei 200 kV und 0,6 mA in 5 s die Temperatur von 132° C, bei 200 kV und 1,3 mA in 10 s die Temperatur von 340° C erreicht. Endtemperaturen im Betriebe sind nicht angegeben. Normal wird das Fenster aber durch einen kräftigen Luftstrom gekühlt.

Verteilung der Kathodenstrahlen vor dem Fenster. Der Kathodenstrahl erreicht das Fenster in einem

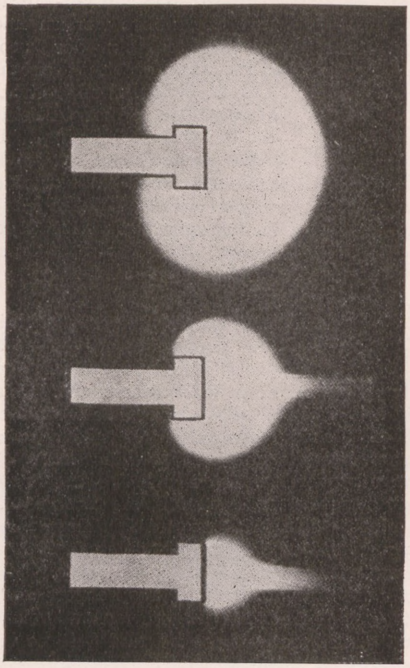

Fig. 3. Ausbreitung der Kathodenstrahlen vor dem Fenster.

Kegel von 60 mm Durchmesser bei 3 mm Spitzendurchmesser (Fig. 2). In der Nickelfolie tritt zuerst Streuung ein und dann noch eine wesentlich stärkere in der Außenluft. Bei einem Durchmesser der abschließenden Platte von 180 mm werden keine Strahlen mehr herumgebeugt. Wie stark die Beugung bei einem kleineren Fenster von 30 mm Durchmesser ist, zeigt Fig. 3, wo man bei einer etwas anderen Konstruktion das Ende des Anodenteiles mit den auftretenden Strahlen sieht, und zwar oben bei 130 kV, in der Mitte bei 100 kV und unten bei 70 kV. Die auf den unteren Bildern sichtbaren horizontalen Strahlen sind auf Röntgenstrahlen zurückzuführen, die an dem inneren Kupferrohre erregt werden. Außer auf photographischem Wege kann man die Reichweite der Kathodenstrahlen noch durch Festlegung der Grenze der Anregung der orangefarbenen Fluorescenz eines Kalkstückchens bestimmen. In Fig. 4 sind für dieselbe Röhre, die in Fig. 3 wiedergegeben ist, die Reichweiten von 100 bis 200 kV dargestellt. Die punktierten Linien von 130 und 100 kV sind die aus der photographischen Aufnahme der Fig. 3 entnommenen Reichweiten. Die Übereinstimmung ist nicht sehr gut, jedoch liefern beide Methoden Werte gleicher Größenordnung. Bei den hohen Spannungen muß man das Kalkstück durch einen Bleischirm gegen Röntgenstrahlen völlig abschirmen. Die Kathodenstrahlen werden an einer Öffnung des Schirmes gestreut und erregen das in unmittelbarer Nähe befestigte Stück Kalk.

Der Einfluß der Dicke der Nickelfolie auf die Reichweite der 200 kV-Strahlung wurde mit fünf verschiedenen Stärken bestimmt. Extrapoliert man, so ergäbe sich in

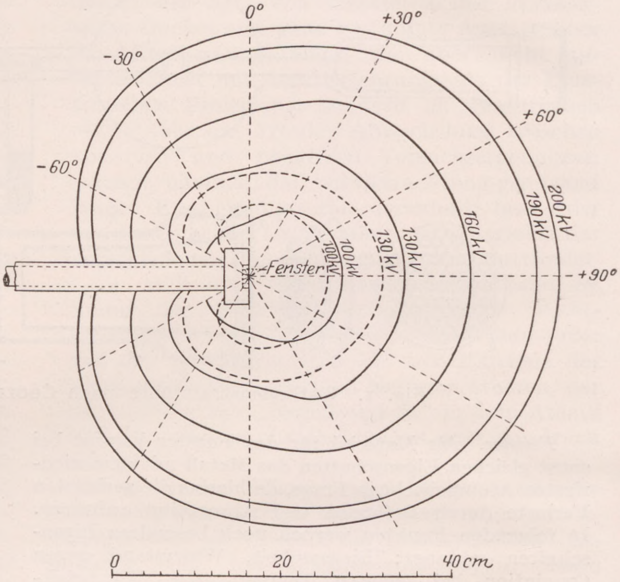

Fig. 4. Reichweite der Kathodenstrahlen.

Luft bei unendlich dünnem Fenster eine Reichweite von 466 mm, sie wäre also etwa 18% größer als die bei dem Fenster von 0,0127 mm Dicke beobachtete Reichweite von 390 mm. Eine Folie von 0,081 mm Nickel würde anderseits die gesamte Strahlung absorbieren. Bei 350 kV wurde eine Reichweite von über 700 mm beobachtet.

Röntgenstrahlen vor dem Fenster. Direkt vor dem Fenster wird die Luft durch die Kathodenstrahlen zur Emission von Röntgenstrahlung angeregt. Man kann dieses durch photographische Aufnahme mit einer Lochkamera nachweisen. Fig. 5a zeigt eine solche Aufnahme bei Betrieb der Röhre mit 1 mA und 200 kV und einer Belichtungszeit von 20 min. Daß diese Röntgenstrahlen nicht durch eine Strahlung, die vom Fenster ausgeht und dann nur in der Luft gestreut ist,

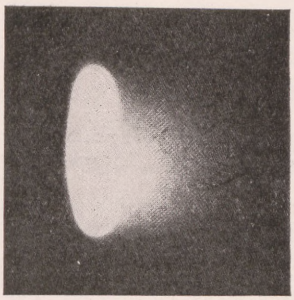

Fig. 5a. Röntgenstrahlen an Luftteilchen ausgelöst.

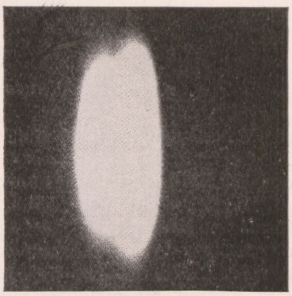

Fig. 5b. Abschirmung der Röntgenstrahlen durch ein Al-Blech.

hervorgerufen sind, sieht man aus Fig. 5b, wo eine Aluminiumfolie von 0,04 mm Stärke direkt vor dem Fenster wohl die Kathodenstrahlen, aber nicht die vom Fenster ausgehenden Röntgenstrahlen absorbiert. Man sieht hier keine Röntgenstrahlung von den Luftteilchen ausgehen, wie auf der rechten Seite der Fig. 5a. Aber auch andere Substanzen senden beim Auftreffen der Kathodenstrahlen in der Luft Röntgenstrahlung aus. Eine Reihe von Metallstücken ist auf eine Platte geklebt (Fig. 6) und dann 50 mm vor dem Fenster den aus der Röhre austretenden Kathodenstrahlen ausgesetzt worden. Bei 1 mA und 200 kV ergibt sich dann die in Fig. 7 wiedergegebene Lochkamera-Aufnahme bei 54 min. Belichtungsdauer. Man sieht deutlich die aus der Röntgentechnik bekannten Unterschiede der Wirksamkeit der verschiedenen Elemente.

Steigerung der Spannung. Die in Fig. 1 wiedergegebene Röhrenform kann mit Sicherheit nur bis 250 kV benutzt werden. Eine größere Type mit einer Glaskugel von 305 mm Durchmesser und einer Gesamtlänge von 1500 mm und stärkeren und gut abgerundeten Elektroden läßt eine Betriebsspannung von 350 kV zu. Höhere Geschwindigkeiten der Kathodenstrahlen — die Geschwindigkeit v steigt proportional der Spannung V:

$$v = 5{,}95 \cdot 10^7 \sqrt{V} \quad \text{cm/sec;}$$

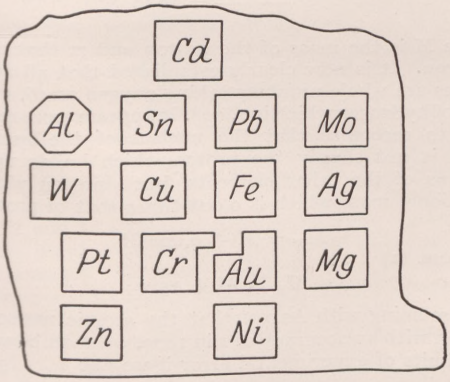

Fig. 6. Anordnung der Metallstücke.

sie erreicht bei 350 kV bereits 240000 km/s — sind wahrscheinlich durch Hintereinanderschaltung mehrerer Röhren zu erzielen. Fig. 8 zeigt eine solche zweistufige Röhre nach dem Vorschlag von COOLIDGE. Er geht dabei von folgenden Überlegungen aus: Bei einem bestimmten Vakuum gibt es stets eine Spannung, bei der sich eine Leitfähigkeit innerhalb der Röhre störend bemerkbar macht, die durch das Aufprallen positiver Ionen auf die Kathode hervorgerufen wird. Bei hinreichend hohem Potentialgradienten würden sogar im absoluten Vakuum Elektronen elektrostatisch aus der Kathode abgelöst werden. Legt man jetzt zwischen die einzelnen Stufen der Röhre Fenster von solcher Dicke, die leicht nur von Elektronen, nicht dagegen von positiven Ionen durchsetzt werden können, dann begrenzt man in jeder Teilröhre die Geschwindigkeit der positiven Ionen auf einen im obigen Sinne unschädlichen Betrag. Um das Trennungsfenster und vor dem Austrittsfenster sind Striktionsspulen angeordnet, um die Streuung des Kathodenstrahles zu begrenzen.

Mit der oben beschriebenen Röhre für 250 kV war es natürlich leicht möglich, dieselben Fluorescenzerscheinungen in freier Luft hervorzurufen, die von CROOKES und anderen zuerst innerhalb einer normalen Kathodenstrahlröhre beobachtet worden sind. Auch

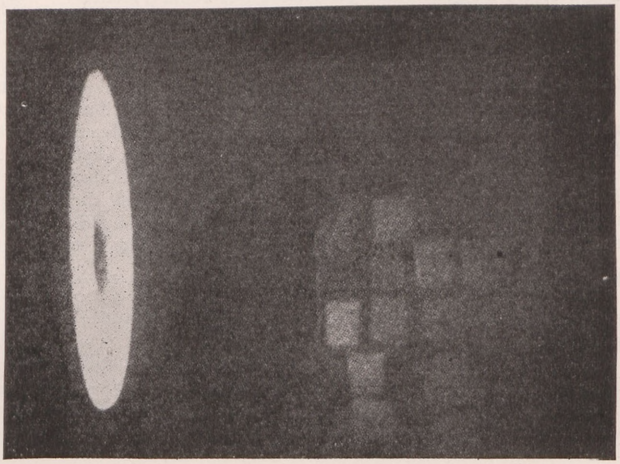

Fig. 7. Bestrahlung von Metallstücken, Anregung ihrer Röntgenstrahlung.

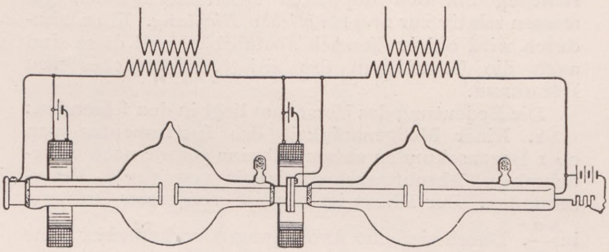

Fig. 8. Einrichtung zur Steigerung der Spannung an der COOLIDGE-Röhre.

chemische und physiologische Effekte konnten mit ihr gezeigt werden. Da in der Röhre eine Quelle von Kathodenstrahlen großer Geschwindigkeit, d. h. künstlicher β-Strahlen, und zwar so großer Zahl in der Sekunde zur Verfügung steht, wie sie etwa von einer Tonne Radium in derselben Zeit ausgesandt werden, übertrifft die Wirkung auch alles bisher Gezeigte[1]).

Bemerkt sei noch, daß auch in Deutschland nach ganz ähnlichen Gesichtspunkten eine derartige Hochleistungs-Kathodenstrahlröhre gebaut ist, und zwar von Herrn Dr. HOFMANN in der Phönix-Röntgenröhrenfabrik in Rudolstadt. Die Röhre wurde in der Sitzung der Deutschen Gesellschaft für technische Physik in Berlin am 29. Januar 1927 vorgeführt. Auch hier konnten einem großen Auditorium die durch die Strahlung erregte Fluorescenz der Luft und anderer Substanzen vorgeführt werden.

In welchem Umfange diese neue Art von Kathodenstrahlenröhren mit ihren gewaltigen Mengen künstlicher β-Strahlen in der Technik und in der Medizin wird anwendbar sein und für die Menschheit vielleicht segensreich wird wirken können, muß sich noch herausstellen.

LÜBCKE[2]).

[1]) W. D. COOLIDGE und C. N. MOORE, J. Franklin Inst. 202. 722. 1926. [2]) Vgl. ETZ. 48, 686. 1927.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Eine neue Prüfungsmöglichkeit der Relativitätstheorie.

Eine Notiz von A. H. BUCHERER[1]) veranlaßt mich, das folgende Experiment vorzuschlagen:

Es sei ein Meridianinstrument zur genauen Mittagszeit auf die zugehörige Mire eingestellt und in dieser Lage blockiert. Nach einer Erddrehung um 180°, also um Mitternacht, muß man — falls ein in absoluter Ruhe befindlicher Äther existiert — finden, daß die ursprüngliche Koinzidenz von Okularfaden und Kollimatorfaden der Mire um den doppelten Betrag des bezüglichen *absoluten* Aberrationswinkels: $\vartheta = \arcsin \frac{v}{c}$ aufgetrennt ist. Die klassische Theorie behauptet nämlich:

Die Aberration ist von der *Entfernung* Lichtquelle-Beobachter, und von der *Relativbewegung* Lichtquelle-Weltäther unabhängig, und wird durch den Vektor v der *Absolutbewegung* (Geschwindigkeit) Weltäther-Beobachter in Richtung und Größe vollkommen bestimmt. Ändert sich aber bei sonst geometrisch sich ähnlich bleibender räumlicher Konfiguration das Vorzeichen von v, so ändert sich die beobachtete Strahlrichtung um den doppelten Aberrationswinkel, gemessen relativ zur *ursprünglichen Richtung*. Eben hierdurch wird obiger Versuch ausführbar, und diese sind auch die Grundlagen des zitierten Versuches von BUCHERER.

Die Bedeutung des Versuches liegt in den folgenden:

1. Einer Meßgenauigkeit des Instrumentes von 0 · 1 Bogensekunden entspricht eine gerade noch wahrnehmbare Absolutgeschwindigkeit von 72 · 7 Metersekunden. Der Effekt ist nämlich von erster Ordnung in $\frac{v}{c}$. Durch einfache Anordnungen vorhandener Teile an großen Instrumenten läßt sich die Genauigkeit bis auf ca. 6 Metersekunden steigern. Wird zur Winkelmessung die MICHELSONsche interferometrische Methode verwendet, so läßt sich die Genauigkeit bei 25 m Basis auf etwa 12 Zentimetersekunden erhöhen.

2. Der Versuch müßte auch dann gelingen, falls FITZGERALD-Kontraktion in LORENTZschem Sinne eintritt. Die elektrodynamischen Gesetze der Brechung und Spiegelung an bewegter Fläche, deren angebliche Unsicherheit dem klassischen MICHELSONversuch vorgeworfen wird, haben keinen quantitativen Einfluß von erster Ordnung.

3. Der Umstand, daß schon die Geschwindigkeit irdischer Fahrzeuge (Schiff) meßbare Effekte erzeugt, ermöglicht eine experimentale Entscheidung zwischen der Relativitätstheorie und den Mitführungstheorien von STOKES und LENARD.

Es gilt aber schon jetzt, ohne jegliche ad hoc Experimente:

Bis ca. 150 Metersekunden (0 · 2 Bogensekunden) herab *gibt es keinen Effekt*.

Einen größeren Effekt müßte man nämlich als einen mit täglicher Periode wiederkehrenden Nullpunktfehler aller Passageninstrumente schon längst erkannt und ebenso richtig gedeutet haben, wie seinerzeit BRADLEY die astronomische Aberration.

Demgegenüber läßt sich durch elementare Überlegungen zeigen, daß die spezielle Relativitätstheorie keinen mit Hilfe von Interferenzerscheinungen, (also unter anderen: mit Hilfe bilderzeugender optischer Instrumente) beobachtbaren Aberrationseffekt ergibt.

Die relativistische Aberration besteht nämlich in der Ablenkung der Richtung des Poyntingvektors relativ zur Richtung der entsprechenden Wellennormale[1]), welche bekanntlich für alle, relativ zur Lichtquelle gleichmäßig-geradlinig bewegte Systeme seine Richtung konstant beibehält. (Prinzip der Konstanz der Lichtphasen.)

Die mit dem angegebenen Versuch zusammenhängende Probleme werden vom Unterzeichneten demnächst in einem ausführlichen Artikel behandelt.

Gogan (Siebenbürgen, Rumänien), den 18. April 1927. ALEXANDER VON GAÁL.

[1]) A. H. BUCHERER, Notiz über einen geplanten Versuch zur Prüfung der Äthertheorie des Lichtes. Zeitschr. f. Phys. 41, H. 1, S. 18.

[1]) M. v. LAUE, Das Relativitätsprinzip, 1. Auflage, Seite 134.

On the structure of the hydrogen atom.

In a previous note in DIE NATURWISSENSCHAFTEN it was shown that

$$\frac{M + m}{m} = 1828 \tag{1}$$

where M is the mass of the proton and m that of the electron. It is now clearly established that all atomic masses are whole numbers taking oxygen as 16, except that of hydrogen which is 1, 008. It appears more reasonable to recognise that the nucleus of the hydrogen atom is not simply the proton which builds up the nucleus of the other elements, but a proton with an additional mass which is 0,008 times that of proton or

$$M_H = M + 0{,}008\, M \tag{2}$$

or from (1)

$$M_H = M + 15\, m$$

Assuming with ASTON that the atomic masses are known with an accuracy of 1 in 1000, we shall be within the limits of experimental error if we put

$$M_H = M + 16\, m \tag{3}$$

This extra-nuclear mass 16 m might be assumed to be uniformly distributed inside a spherical shell surrounding the nucleus in the form of radiant energy whose magnitude is 16 mc², where c is the velocity of light. The pressure of radiant energy on the surface of the shell if it has a radius a

$$= \frac{1}{3} \cdot \frac{16\, m c^2}{\frac{4}{3} \cdot \pi a^3} = \frac{4\, m c^2}{\pi a^3}. \tag{4}$$

COMPTON and ROGNLEY (Phys. Rev. 16, 464) have postulated that the electrons to which paramagnetism is due can not rotate about the nucleus but must rotate about certain fixed points on the surface of the atom. If r be the radius of the COMPTON orbit, the moment of momentum $= m r^2 \omega$ which might be assumed to be equal to

$$\frac{nh}{4\pi}. \tag{5}$$

This assumption is different from that of BOHR where the moment of momentum is given the value $\frac{nh}{2\pi}$. In the spinning electron of UHLENBECK and GOUDSMIT (Naturwissenschaften 13, 954. 1925), the peripheral velocity is many times greater than that of light; if we assume for $r\omega$ the limiting value C, the kinetic energy of the electron in all orbits is the same and

$$r = \frac{nh}{4\pi \cdot mc}. \tag{6}$$

The area of the electronic orbit is

$$\pi \cdot \left[\frac{nh}{4\pi \cdot mc}\right]^2$$

and the pressure on this area from (4)

$$\frac{4\,mc^2}{\pi a^3} \cdot \pi \cdot \left[\frac{nh}{4\pi \cdot mc}\right]^2 = \frac{1}{m a^3} \cdot \left[\frac{n\lambda}{2\pi}\right]^2.$$

We have thus a probable interpretation of the „mysterious repulsive quantum force", which, with the COULOMBian force of attraction, can, according to LANGMUIR, give all the spectral results of the BOHR atom (Phys. Rev. 18, 104. 1921).

Some of the ideas involved in this note have been developed in discussion with my friend Prof. S. N. BOSE.

Dacca (India), The University, 1. Mai 1927.

H. GHOSH.

Über das Funkenspektrum des Na.

Nach dem Verschiebungssatze muß das Funkenspektrum der Alkalien dem komplizierten Bogenspektrum der Edelgase ähnlich sein. Wenn wir die Reihe der Alkalien von Cs bis Li betrachten, so sehen wir, daß mit abnehmenden Atomnummern es immer schwerer und schwerer wird, das Funkenspektrum zu erzeugen. So hat noch vor 20 Jahren GOLDSTEIN[1]) bei Untersuchung der Glimmentladung in mit Salz gefüllten Röhren die Funkenlinien von Cs, Rb und K beobachtet. Für Na und Li aber versagte die Methode. Der erste, der die Funkenlinien von Na beobachtet hat, war SCHILLINGER[2]). In letzter Zeit haben das Funkenspektrum von Na FOOTE und MEGGERS[3]) und NEWMAN[4]) untersucht.

Der Verfasser hat gemeinsam mit Frl. A. FERCHMIN gezeigt, daß die Funkenlinien aller Alkalien nach einer Methode, welche der GOLDSTEINschen ähnlich ist, erzeugt werden können. In die Capillare eines Geisslerrohres aus Quarz wird etwas Alkalihalogensalz eingeführt. Die Röhre wird mit Wasserstoff oder Helium bei kleinem Druck gefüllt. Wenn die Capillare erhitzt und durch die Röhre ein Entladungsstrom von einem großen Induktorium geschickt wird, so ist ein intensives Bogenspektrum des Alkalimetalls zu beobachten. Wenn aber die Röhre in ein Magnetfeld eingebracht, so daß das Leuchten zu der Wand der Capillare gepreßt wird, so nimmt das Bogenspektrum des Alkalimetalls an Intensität ab, gleichzeitig aber erscheint eine Menge neuer Linien, die bei Steigerung des Magnetfeldes an Intensität zunehmen. Die Ausmessung zeigt, daß diese Linien dem Funkenspektrum des Metalls und dem Bogenspektrum des Halogen gehören. Beim NaCl wurden nach dieser Methode im Magnetfelde außer den Bogenlinien des Na und des Cl noch Linien beobachtet, welche mit den von FOOTE und MEGGENS beobachteten Linien zusammenfallen und Na^+ zugeschrieben werden können.

Noch intensiver treten diese Linien in einem Entladungsrohr mit Hohlkathode nach PASCHEN auf. Das Rohr wird mit etwas metallischem Na beschickt und bis zu einer Temperatur erhitzt, bei welcher der Dampfdruck zu einer stationären Entladung ausreicht. Die nach den beiden Methoden beobachteten Linien des Na^+ weisen eine Reihe von konstanten Schwingungsdifferenzen auf, was die Schwingungszahlen etwa von 40 Linien als die Differenzen von zwei Reihen von Termen darzustellen erlaubt. In Tabelle 1 sind die relativen Termgrößen (zum Vakuum reduziert) und in Tabelle 2 die beobachteten Termkombinationen angegeben.

Tabelle 1.

X_1	47009,9	Y_1	16904,4
X_2	45176,6	Y_2	16881,7
X_3	44850,8	Y_3	12555,1
X_4	44411,5	Y_4	12528,4
X_5	44242,8	Y_5	12467,1
X_6	41595,0	Y_6	11937,0
X_7	41338,0	Y_7	10913,5
X_8	40748,6	Y_8	10217,1
		Y_9	10000,0

Tabelle 2.

	λ	J		λ	J
$X_2 - Y_9$	2842,0	5	$X_4 - Y_4$	3135,6	5
$X_2 - Y_8$	2859,6	3	$X_4 - Y_3$	3138,1	1
$X_3 - Y_8$	2886,5	3	$X_5 - Y_5$	3146,1	1
$X_1 - Y_5$	2894,2	4	$X_6 - Y_9$	3164,1	6
$X_1 - Y_3$	2901,2	3	$X_7 - Y_9$	3189,9	6
$X_4 - Y_9$	2905,2	5	$X_7 - Y_8$	3212,4	6
$X_2 - Y_7$	2917,8	4	$X_8 - Y_9$	3251,3	1
$X_5 - Y_9$	2919,5	3	$X_6 - Y_7$	3258,4	6
$X_4 - Y_8$	2923,6	2	$X_8 - Y_8$	3274,3	3
$X_5 - Y_8$	2938,1	3	$X_7 - Y_7$	3285,8	7
$X_3 - Y_7$	2945,8	2	$X_1 - Y_2$	3318,2	3
$X_4 - Y_7$	2984,4	5	$X_1 - Y_1$	3320,7	1
$X_2 - Y_6$	3007,7	2	$X_6 - Y_6$?	3371,0	2
$X_3 - Y_6$	3037,3	4	$X_7 - Y_6$	3400,2	1
$X_2 - Y_5$	3056,3	6	$X_7 - Y_5$	3462,6	2
$X_2 - Y_4$?	3061,7	1	$X_2 - Y_2$	3533,1	10
$X_2 - Y_3$?	3064,8	2	$X_3 - Y_2$	3574,5	1
$X_4 - Y_4$	3078,5	5	$X_4 - Y_2$	3631,3	5
$X_3 - Y_6$	3092,9	10	$X_3 - Y_1$	3634,3	1
$X_4 - Y_5$	3129,6	6	$X_6 - Y_2$	4045,5	2

Die Differenzen der Terme $X_2 - X_3 = 325{,}8$ und $X_3 - X_4 = 439{,}3$ fallen mit den Schwingungsdifferenzen der im extremen Ultraviolett von SHAVER[1]) beobachteten Linien λ 1659,7; 1668,7, $\Delta v = 325{,}0$ und λ 1773,5; 1787,4, $\Delta v = 438{,}5$ zusammen. Die Frage, welchen von den *s*-, *p*-, *d*-Termen des Neonbogenspektrums, die in Tabelle 1 angeführten Terme, ähnlich sind, bleibt noch offen. Die Linien der Serien 1*s*—*mp* des Na^+ liegen im extremen Ultraviolett, sie sind bei etwa 1500 ÅE. zu erwarten. Das in diesem Spektralgebiete vorliegende Beobachtungsmaterial reicht zur Feststellung von Gesetzmäßigkeiten noch nicht aus. Das vom Verfasser benutzte Rohr mit Hohlkathode ist so ausgeführt, daß es eine Untersuchung mit einem Vakuumspektrographen erlaubt. Es ist zu hoffen, daß die Spektralaufnahmen in diesem Gebiete eine Anologie des Na^+ Spektrums mit dem Bogenspektrum des Ne festzustellen erlauben werden.

Leningrad, Optisches Institut, den 11. Mai 1927.

S. FRISCH.

[1]) GOLDSTEIN, Verhandl. d. dtsch. physikal. Ges. 9, 321. 1907.

[2]) SCHILLINGER, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien. Mathem.-naturw. Kl. 118, 11. 1909.

[2]) FOOTE und MEGGERS, Astrophys. journ. 55, 145. 1922.

[4]) NEWMAN, Philosoph. mag. 3, 364. 1927.

[1]) SHAVER, Proc. of the roy. soc. of Canada 18, 23. 1924.

Zur Psychologie einiger Vogelarten.

Anschließend an die Ausführungen von HORST WACHS in Nr. 18 der „Naturwissenschaften" teile ich kurz einige Beobachtungen mit, die ich mit einer Dohle (Corvus monedula) und einer Elster (Pica caudata) machte. Beide Tiere waren jung dem Neste entnommen; sie wurden bald zahm und liefen frei umher, flogen nach einiger Zeit auf das Dach des Hauses, aber vorläufig nicht weiter. Die Tiere erkannten mich ohne weiteres an der Stimme. Später flogen sie auch auf das Dach einer benachbarten Kirche; die Dohle setzte sich zu den anderen Dohlen auf dem Kirchdache, die Elster hielt sich von den Dohlen fern. Beim Anrufe kamen sie vom Dache herunter und suchten ihren Käfig auf. Gemeinsam war beiden Vögeln die Vorliebe für alles Glänzende, und in großen Mengen versteckten sie Glasstückchen in Mauerritzen. Sie flogen auch häufig in die offen stehenden Fenster eines benachbarten Krankenhauses, wo sie herumliegende glänzende Metallmedaillen usw. stahlen und ebenfalls in Mauerritzen verbargen. Im Krankenhause müssen sie öfter von den Nonnen verscheucht sein, und es scheint, als ob die Tiere diese Nonnen entweder dem Gesichte nach, wahrscheinlich aber der Tracht nach, wiedererkannten; denn wenn diese zuweilen in unser Haus kamen und die Dohle oder Elster war zufällig in ihrem Käfig, dann sträubten sie die Kopffedern, verhielten sich aber im übrigen ganz ruhig und ihr Gesichtsausdruck ließ „schärfstes Mißtrauen" erkennen; dieses Benehmen zeigten sie nicht beim Besuche anderer fremder Leute. Auch ich konnte feststellen, daß sie namentlich alles Dunkle mit dem Schnabel befühlten, und ich erinnere mich eines Falles, wo die Elster sich an ein Tintenfaß mit breiter Öffnung heranmachte, den Schnabel eintauchte und alles mit Tinte beschmutzte, als sie sich den „Schnabel um die Ohren schlug". Vorgänge, die den Vögeln neu waren, beobachteten sie in der Weise, wie WACHS es auf S. 407 seiner Abhandlung schildert, indem sie einmal das eine Auge und dann das andere Auge auf den fraglichen Punkt richteten. Mit meinen Tauben lebten sie in Frieden; ebenfalls mit der Katze, mit der sie zuweilen spielen wollten und die sie in den Schwanz kniffen. Wenn die Dohle tagsüber in ihrem Käfige ein andauerndes Geschrei verübte und ich dann mit einem dunklen Tuche den Käfig abdunkelte, verstummte das Tier sofort.

Trier, den 18. Mai 1927. FRANZ SEILER.

Besprechungen.

WULF, THEODOR, **Physik.** Freiburg i. B.: Herder & Co. G. m. b. H. 1926. XIV, 512 S. und 143 Abbild. 15 × 24 cm. Preis geh. RM 15.50, geb. RM 17.50.

Das vorliegende Werk ist als eine sehr erfreuliche Bereicherung der physikalischen Lehrbuchliteratur zu begrüßen. Seine Entstehung verdankt es dem Wunsche des Verlages, einen Ersatz für das seit mehreren Jahren vergriffene Lehrbuch von DRESSEL zu schaffen. Der Verfasser hat sich nicht damit begnügt, das zu seiner Zeit vortreffliche Werk seines Ordensbruders durch Zusätze und Verbesserungen auf den Stand der Jetztzeit zu bringen, sondern es ist ein vollkommen neues Werk entstanden.

Dieses Buch erfüllt, wie mir scheint zum ersten Male, konsequent, eine Forderung, die ich, in Gestalt von Kritiken an anderen Lehrbüchern, in dieser Zeitschrift zu verschiedenen Malen gestellt habe, daß nämlich die physikalischen Erkenntnisse der letzten 30 Jahre auch bei elementarer Darstellung wirklich in den Gesamtstoff hineingearbeitet werden müßten und nicht mehr der klassischen Physik als eine Art Anhängsel hinzugefügt werden dürften. Die Physik ist tatsächlich so dargestellt, wie wir sie heute sehen. Wenn auch mancher nicht jedem Einzelurteil des Verf. wird beistimmen können, so ist das bei der heutigen Lage der Physik nicht verwunderlich.

Die Darstellung ist leicht faßlich gehalten und macht von der Differential- und Integralrechnung nur sehr wenig Gebrauch, entsprechend der Absicht des Verfassers, die Benutzung des Werkes auch weiteren Kreisen zu ermöglichen. Sie ist vielfach breit und ausführlich gehalten und in keiner Weise trocken. Sie erinnert darin ein wenig an das vortreffliche Lehrbuch von BERLINER, ist aber elementarer gehalten als dieses. Vielleicht hätte von Abbildungen ein etwas reichlicherer Gebrauch gemacht werden können. Es kommen deren nur etwa eine auf je vier Seiten Text.

Die Einteilung ist, wenn auch mit anderen Überschriften, im wesentlichen die übliche: I. Die Körperwelt (Mechanik und Schwerkraft, sowie allgemeine Wellenlehre), II. Der Aufbau der Körperwelt aus Atomen (Wärmelehre), III. Der Aufbau des Atoms (Elektrizität, Magnetismus und Atombau), IV. Physik des Äthers (Optik und Relativitätstheorie). Ob die Bezeichnung der Abschnitte besonders glücklich gewählt ist, möchte ich dahingestellt sein lassen. Das Sachverzeichnis ist umfangreicher, als man es (leider!) gewöhnlich findet, trotzdem enthält es einige Lücken, die bei der zweiten Auflage ausgemerzt werden sollten (z. B. Pendel, Starkeffekt). Es kann gar nicht genug betont werden, wie hinderlich es für die Benutzung eines wissenschaftlichen Werkes ist, wenn das Sachverzeichnis nicht bis ins kleinste durchredigiert ist.

Aber nun noch zu einem wichtigen und erfreulichen Merkmal. Das Buch räumt mit dem Vorurteil auf, daß man dem Lernenden peinlichst alle ungelösten Probleme vorenthalten müsse. Natürlich hängt dies mit der anfangs erwähnten Einstellung zur heutigen Physik auf das engste zusammen. Denn wie soll man eine Wissenschaft, deren interessantester Teil heute die ungelösten Probleme — ich nenne nur die Quantentheorie — sind, vom Standpunkt des modernen Physikers aus überhaupt darstellen, wenn man diese Probleme verschweigt?

Als Ganzes betrachtet aber erfüllt das Werk die Forderung, die man an jedes Menschenwerk stellen sollte, und die so oft nicht erfüllt ist: es klingt aus ihm eine persönliche Note, es steht hinter ihm sichtbarlich ein Mensch, der es nicht nur mit seinem Verstande schrieb, sondern dessen Herz auch dabei beteiligt war.

So sei dieses Werk nicht denen empfohlen, die nur Examenswissen pauken wollen, aber allen denen, werdenden Physikern und weiten Kreisen darüber hinaus, denen es darum zu tun ist, sich ein Bild der Physik, wie wir sie heute sehen, zu erarbeiten.

W. WESTPHAL, Berlin.

HAUSEN, HELMUTH, **Der Thomson-Joule-Effekt und die Zustandsgrößen der Luft bei Drucken bis zu 200 at und Temperaturen zwischen + 10 und — 175° C.** Berlin: VDI-Verlag 1926. Heft 274 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiet des Ingenieurwesens. 48 S. und 7 Tafeln. 19 × 27 cm. Preis RM 6.50.

Die vorliegende Schrift enthält den Bericht über die vom Verf. ausgeführten Messungen des THOMSON-

Joule-Effektes der Luft innerhalb der in der Überschrift genannten Grenzen. Zusammen mit den Versuchen von Vogel (1911) und Nöll (1916), die ebenfalls aus dem Laboratorium für technische Physik der Technischen Hochschule München hervorgegangen sind, und die sich auf den Thomson-Joule-Effekt der Luft bei einer Temperatur von + 10° und auf Drucke bis zu 150 at bzw. auf Temperaturen von — 55 bis + 250° und Drucke bis zu 150 at erstrecken, liegt nunmehr ein sehr umfassendes Beobachtungsmaterial vor, das für die praktischen Bedürfnisse der Technik tiefer Temperaturen von großer Bedeutung ist und auch vom wissenschaftlichen Standpunkt hohen Wert besitzt. Auf diesen letzteren Umstand ist deutlich im zweiten Teil der Arbeit hingewiesen, in dem die Berechnung des integralen Thomson-Joule-Effektes (zwischen größeren Druckgrenzen), der Verdampfungswärme, des Wärmeinhaltes, der spezifischen Wärme, der Entropie und des spezifischen Volumens aus dem differentialen Thomson-Joule-Effekt (beobachtet für Druckdifferenzen von etwa 6 at) vorgenommen wird. Die Ergebnisse dieser Rechnungen, die auf Grund der bekannten thermodynamischen Beziehungen nach graphischen Methoden gewonnen wurden, sind auf besonderen, dem Werk beigegebenen Tafeln für Drucke von 0 bis 200 at und Temperaturen von meist — 180 bis + 30° dargestellt.

Außer in den Kreisen der Spezialisten wird noch vielfach angenommen, daß allgemein der differentiale Thomson-Joule-Effekt bei gegebenem Druck einen um so größeren Wert (d. h. um so größere Abkühlung) ergibt, je tiefer die Ausgangstemperatur liegt. Nach Hausen trifft dies nur zu, so lange es sich um Drucke handelt, die unterhalb des kritischen Druckes ($p < 38,4$ at) liegen. Bei höheren Drucken steigt zwar zunächst der differentiale Effekt auch mit abnehmender Temperatur, durchschreitet dann aber bei einer Temperatur, die oberhalb der kritischen ($t > 140°$) liegt, ein Maximum und fällt hierauf bei weiter abnehmenden Temperaturen um so schroffer ab, je mehr sich der Druck dem kritischen nähert. Es können dann bemerkenswerterweise sogar negative Effekte (d. h. Erwärmungen) auftreten, die für gewöhnlich nur bei relativ hohen Temperaturen beobachtet sind. Die negativen Effekte bei sehr tiefen Temperaturen beziehen sich nicht mehr auf den gasförmigen, sondern den flüssigen Zustand.

Verfolgen wir den Thomson-Joule-Effekt der Luft z. B. bei einem Druck von 100 at, so zeigt sich, daß der Effekt Null (Inversion) ist bei etwa + 150°; mit Senkung der Temperatur steigt er an und erreicht bei — 80° sein Maximum von + 0,3°/at (Abkühlung); bei — 146° geht der Effekt wieder durch Null (zweite Inversion) und bei — 180° besitzt er den Wert — 0,03°/at (Erwärmung). F. Henning, Berlin.

GOETZ, A., **Physik und Technik des Hochvakuums.** II. Auflage. Braunschweig: Fr. Vieweg & Sohn Akt.-Ges. 1926. IX, 260 S., 121 Abbild. und 3 Taf. 15 × 23 cm. Preis geh. RM 16.—, geb. RM 18.—.

Das ausgezeichnete Buch von A. Goetz entsprach schon bei Erscheinen der ersten Auflage im Jahre 1922 einem dringenden Bedürfnis. Es war seinerzeit das erste Werk, welches einen zusammenfassenden Überblick über das ganze Gebiet der Hochvakuumphysik bot. Die jetzt vorliegende zweite Auflage zeigt eine grundsätzliche Vertiefung in der Behandlung der gesamten Problemstellung. Es war dem Verfasser wohl bewußt, daß es ohne allzu große Weitschweifigkeit nicht möglich ist, die Behandlung des allzu umfangreichen Stoffes für den wissenschaftlich Forschenden in gleichem Maße wie für den technisch Interessierten erschöpfend zu gestalten. Neben der Technik wurde daher das Hauptgewicht auf die *Physik* des Hochvakuums gelegt. Dem Verfasser ist es gelungen, die inneren physikalischen Zusammenhänge allerErscheinungen desVakuums dem Leser derart nahe zu bringen, daß die Lektüre dieses Buches wohl die Erfahrungen jahrelanger Praxis ersetzen könnte.

Der erste Teil des Buches, in dem die Grundbegriffe der kinetischen Gastheorie erläutert werden, zeichnet sich vor allem dadurch aus, daß alle Formeln von Grund auf mathematisch entwickelt werden. Dadurch wird eine besonders lebendige Anschaulichkeit der Darstellung erreicht, die auch den weniger Eingeweihten in hohem Maße befriedigen muß. Das Maxwellsche Verteilungsgesetz ist nicht nur vollständig mathematisch abgeleitet, sondern in einer besonderen Kurventafel auch graphisch dargestellt. Eine weitere Kurventafel gibt eine Übersicht über die mittlere freie Weglänge der wichtigsten Gase als Funktion des Druckes. Diese Tafel ist für den wissenschaftlich Forschenden wie für den technisch Interessierten in gleichem Maße wertvoll. Durch eine eingehende Behandlung der Sorptionsmittel ist der Umfang des Buches erheblich vergrößert worden. Ein fast lückenloses Literaturverzeichnis bis zum Jahre 1925 erhöht die Wertschätzung des Handbuches seitens der Fachwelt in besonderem Maße. W. Germershausen, Berlin.

Biologische Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Entstehung der Arten. (Henry Fairfield Osborn, The Origin of Species, I: as revealed by Vertebrate Palaeontology; Nature, June 1925; II: Distinctions between Rectigradations and Allometrons; Proc. National Acad. of Sciences, XI, December 1925; III: The Origin of Species, 1859—1925; Scientific Monthly, XXII, March 1926; IV: The Problem of the Origin of Species as it appeared to Darwin in 1859 and as it appears to us to-day; Science, LXIV, October 1926; V: Speciation and Mutation; American Naturalist, LXI, January-February 1927.)

Während wieder und wieder in Wort und Schrift der Gang der Phylogenesen hier nur als Zufall und Selektion, da nur als Anpassung, dort nur als selbständig-gesetzmäßiger Verlauf geschildert wird, kommt der Senior der amerikanischen Palaeontologen Osborn bei einer Revision seiner reichen Kenntnisse zur Anerkennung der verschiedensten da waltenden Prinzipien. In drei Vorträgen und zwei mit diesen fortlaufend numeriert herausgegebenen Abhandlungen legt er sie dar. Der Ansicht des Zoologen Bateson: ,,the origin and nature of species remains utterly mysterious" (1921), tritt er darin entgegen als einer, der 37 Jahre lang Tatsache um Tatsache wirklicher, palaeontologischer Stammesgeschichten und Artentstehungen gesehen hat und überzeugt ist zu wissen, nicht nur *was* eine Species ist, sondern auch *wo* und *wann* die Entstehung einer neuen Art zu erwarten ist. (Dem *Grund* der Artenbildung gegenüber bekennt er sich allerdings unwissend.)

Seit im Jahre 1859 Darwins Werk: ,,On the Origin of Species" erschien, ist zwar seine Entwicklungslehre als ein so wohlbegründetes Gesetz befunden worden wie Newtons Gravitationsgesetz — besonders durch die Entdeckung vieler damals nur vermuteter, fossiler missing links. Aber das Problem der Entstehung der

Arten ist gerade durch die Kenntnis von fast zehnmal soviel Species als zu DARWINS Zeit anders geworden; sowohl konkreter durch das viele Material, als auch komplizierter. Gegen die einzelnen Theorien gibt es massenhaft Gegenbeispiele. Wenn die Umwelt allein die Ursache der Entwicklung sein soll, so ist das jetzt für OSBORN nur eine Viertelswahrheit; denn in gleichbleibenden Ozeantiefen kann die Artenbildung ebenso rasch vor sich gehen wie auf sich verändernder Landoberfläche. Gegen Selektion und Überleben günstiger Variationen als Entwicklungsbildner läßt sich anführen, daß während des ganzen Diluviums die sich so rasch fortpflanzenden Nagetiere fast gar keine, die sich so langsam vermehrenden Elefanten eine sehr bedeutende Entwicklung aufzuweisen haben. Besonders die inzwischen erst erblühte Paläontologie erweist sich so als ein zweischneidiges Schwert, das ebenso unbarmherzig gegen DARWIN-WEISMANNsche wie gegen LAMARCKsche Überzeugungen vorgeht.

Nicht ein- einzelner, sondern vier Kraftkomplexe (OSBORNS *Tetrakinese*) sind es augenscheinlich, welche in ihrer Zusammenwirkung jegliche Entwicklung hervorrufen: die den Organismen innewohnenden Energien 1. der phylogenetischen Vererbung, 2. der ontogenetischen Entwicklung, und die von außen wirkenden Kräfte 1. der physikalischen Umwelt (BUFFONS Faktor), 2. der umgebenden Tier- und Pflanzenwelt (DARWINS Faktor). DARWINS Faktor der *Auslese* ist an sich ohne Energiegehalt, wirkt aber ebenfalls dauernd bei der Bildung und Ausmerzung der Arten mit. Wo immer die vier Energiefaktoren und die Bedingungen zum Kampf ums Dasein die gleichen sind, werden gleiche neue Arten und Gattungen entstehen.

Dabei gibt es weder Zufall noch Diskontinuität. Eine Art geht in die andere über. Die von den Zoologen öfters beobachteten (DE VRIESschen) Mutationen mit sprunghafter Entstehung neuer Artmerkmale müssen vom Paläontologen als ein anormaler, wahrscheinlich endokrin veranlaßter Vorgang betrachtet werden, als eine unwesentliche Störung des regulären Verlaufes der Speziesentwicklung. Die Tatsache, daß auch geringste Unterarten in experimentell für viele Jahre veränderten Bedingungen unverändert an ihren einzelnen Eigenschaften festhalten, keine neue Subspezies entstehen lassen, beweist dem Paläontologen nur seine Erfahrung, daß die reguläre Speziesbildung ein sehr langsamer Vorgang ist, der sich über Zehntausende von Jahren hinzieht. Die im einzelnen dabei waltenden Prinzipien und Vorgänge (wie: der Vervollkommnung eines Organs entsprechender Nichtgebrauch und Verkümmerung eines anderen, Wechsel der Lebensweise und Nahrung durch bloße Ausbreitung der Tiere, aber auch dem Keim innewohnende orthogenetische Entwicklungsrichtungen usw.) werden von OSBORN ausführlich, in leichtverständlicher Schreibweise überzeugend vorgebracht. T. EDINGER.

Die Umwelt der Vierfüßler im Spätpalaeozoikum erforschte E. C. CASE in großen Reisen, um aus der Palaeogeographie heraus Bildung und Entwicklung jener eigenartigen Amphibien und Reptilien begreiflich zu machen; denn es steht für ihn fest, daß die Umgebung entscheidend das Leben beeinflußt. Der ersten Studie, die einstweilen nur Nordamerika betraf (1919), ist jetzt die Vervollständigung seines Überblicks über die Landschaften und Lebensgemeinschaften des Carbon und Perm gefolgt. „Environment of Tetrapod Life in the Late Palaeozoic of Regions other than North America" (Carnegie Institution of Washington, Publication No. 375, December 1926, S. 1—211) schildert die permocarbonischen und permischen Ablagerungen in Deutschland, der Tschechoslovakei, Frankreich, Rußland, Großbritannien, China und der Mongolei, Indien, Afrika, Australien, Neuseeland und Tasmanien, sowie Südamerika. Diese Erforschung der Gesteine, ihrer Ablagerungsfolge und der Bodenbewegungen, der Verteilung von Wasser und Land, daneben der Pflanzen- und Tierwelt und ihrer Anpassungen, erweist sich den verschiedensten Wissenschaftszweigen fruchtbringend. Für die Systematik lassen sich so bloße Anpassungsmerkmale, Eigenschaften kleinerer Gruppen, von den beständigeren — von der Umgebung unabhängigen — Stammcharakteren unterscheiden. Es ist dabei interessant, daß aus verschiedenen Gegenden fast nie gleiche Arten beschrieben wurden. Für die Biologie klären sich zunächst Einzelheiten, wie etwa daß Cotylosaurier und Pelycosaurier die damals bestehende hercynische Gebirgskette nicht überschreiten konnten und sich nur an deren Rändern entlang weithin ausbreiteten — daß dagegen die Protorosaurier sich von der Küste des Zechsteinmeeres augenscheinlich nie entfernten. Allgemein ergibt sich für die stratigraphische Erdgeschichte, daß zwischen „Carbon" und „Perm" keine natürliche Grenze besteht, sondern daß beide durch eine Übergangsperiode „Permocarbon" verbunden waren. In diesem ganzen Zeitabschnitt wurden die Lebensbedingungen auf der Erde überall durch zunehmende Trockenheit ziemlich gleichmäßig verändert. Aber das recht einheitliche Ablagerungsgebiet Südafrika, sowie das zentrale und westliche Nordamerika mit Sümpfen und großen Flüssen, ferner Mitteleuropa mit seinen durch Gebirgsbarrieren getrennten verschiedenen Becken, bildeten dabei drei besonders differenzierte zoogeographische Provinzen: und hier entwickelten sich die permischen Tetrapoden gänzlich unabhängig voneinander. Wenn die Amphibien in Nordamerika und Europa einander ähnelten, so liegt das wohl an der direkten Abstammung von den so gleichartigen, weitverbreiteten altcarbonischen Ahnen. Von den europäischen Reptilien ist keines mit Sicherheit im amerikanischen Perm nachgewiesen, während die Flora merkwürdigerweise hinübergelangte. Die südafrikanischen Tetrapoden kamen auf östlichen Wegen — man findet sie in Indien — nach Rußland und Schottland, aber gar nicht nach Australien, was gegen die für diese Zeit angenommene Gondwanaland-Verbindung der Südkontinente spricht. T. EDINGER.

Die Entstehung der Grabanpassungen bei Talpa europaea. (ZDRAWA TODOROWA, Gegenbaurs Morphologisches Jahrbuch 57, H. 3, S. 381—408. 1927.) Unter den heutigen Säugetieren, die graben können, lassen sich nach der Art des Grabens und seiner Rolle in der Lebensführung deutlich drei Gruppen unterscheiden. Die erste verkörpert zum Beispiel der Igel: er kratzt die Erde gelegentlich zur Verbesserung eines Ruheplatzes oder zur Nahrungssuche, doch bringt dies *Scharren* keine besonders typischen Merkmale des Tierkörpers mit sich. Die Tiere der zweiten Gruppe graben sich Höhlen als Ruheplatz und Schutz, aber auch sie leben und bewegen sich in der Hauptsache oberirdisch; zum *Scharrgraben* etwa des Dachses beim Aushöhlen seines Baues gehören jedoch schon starke, scharfe Krallen und gedrungener Körperbau als Anpassungserscheinungen. Der *Maulwurf* (Talpa europaea) ist der bestangepaßte Repräsentant der dritten Gruppe: der unterirdisch lebenden Grabtiere; bei diesen geschieht selbst die Fortbewegung grabend, als wühlendes Durchschwimmen der Erde — von TODOROWA als *Schwimmgraben* bezeichnet, zumal der Maulwurf beim Schwimmen im Wasser die gleichen Bewegungen macht wie beim Graben.

Dieser Grabart entspricht nun ein ihr eigenartiger, walzenförmiger Körperbau. Das feine, dichte Fell des Maulwurfs läßt dabei nicht Erdkrumen noch Wasser bis zur Haut gelangen; die Augen sind klein und versteckt; auch die äußeren Ohren sind rudimentär und unterbrechen dadurch nicht die Gleichmäßigkeit der Walzenoberfläche, die das möglichst reibungslose Fortgleiten im Erdreich begünstigt. Der Schädel selbst ist länglich walzenförmig; er besitzt besondere Stoßkraft durch senkrechte Gelenkung mit der Halswirbelsäule und die feste Verwachsung der 2. bis 4. Wirbel des sehr kurzen Halses. Gleich hinter dem als Richtungsgeber vorangehenden Kopf liegen schon die Hände: gewaltig breite Schaufeln mit derber, die Finger fast bis zu den Krallen verbindender Haut. Die Hände besorgen das Graben, rechts und links abwechselnd — die Hinterfüße stemmen nur und schieben den Körper nach —, und daher sind auch die *Vorderextremitäten* am typischsten verändert. Der breite Oberarmknochen liegt eng am Brustkorb, vollständig im Körper, auch die Extremitäten sind also der Walzenform eingefügt; frei sind nur ein Teil des kurzen Unterarms und die Hand, die, nach vorn gerichtet, mit nach außen fixierter Innenfläche, als kurzer Spaten der wirksame Teil der ganzen sinnvollen Grabmaschine ist.

Bei der Untersuchung von *Embryonen* des Maulwurfs fand sich die besondere *Form* der Armknochen im wesentlichen schon von der Knorpeldifferenzierung an vor. Auch die bedeutende Breite und Länge der Hände ist früh vorhanden, wenn sich auch die Proportionen in der Ontogenese noch ändern. Sehr gut läßt sich aber die Entwicklungsgeschichte der eigenartigen *Lage* der Vorderextremitäten verfolgen. Bei den jüngeren Embryonen liegen Unterarm und Hand wie bei gleichaltrigen Früchten anderer Tiere; allmählich wird die Hand dann nach außen gedreht, der Unterarm mit der Drehung kopfwärts gehoben und nach innen gezogen, so daß bei den ältesten Embryonen die allein freien Hände dem Kopf beiderseits anliegen.

Diesen ontogenetischen Stufen beim Maulwurf entspricht nun der anatomische Bau in der Reihe der Grabtiergruppen. Die Vorderbeine des scharrenden Igels haben ihre normale Stellung (wie die jüngsten Talpa-Embryonen), bei den scharrgrabenden Mäusen verlagern sie sich nach vorn zur Bildung des einheitlichen Schnauzen-Vorderextremitäten-Grabapparats (wobei selbst die Proportionen der Hand einem entsprechenden Stadium der Maulwurfsembryogenese gleichen), und die höchste Vollendung dieses Apparats wird beim fertigen Maulwurf durch möglichst weite Einziehung der Arme in die Körperwalze hinein erreicht. Aus der biologischen Reihe läßt sich daher durch ihre Parallelität mit der Ontogenese auf die *Phylogenese* der Maulwürfe schließen. Daß diese ursprünglich von auf der Oberfläche schreitenden Tieren abstammen, ist wohl selbstverständlich. Die Entstehung der Grabanpassungen des Maulwurfstammes stellt sich jetzt so dar, „daß ihre Ahnen Scharrgräber waren mit den gleichen anatomischen Konstruktionsmerkmalen, wie wir sie bei den jetzt lebenden Scharrgräbern finden, und daß diese wieder abstammen von auf der Erde scharrenden Säugern". (Aus der Vorzeit ist Talpa selbst mit den charakteristischen Vorderextremitäten schon im Untermiocän bekannt. Als älteste Talpidenreste sind bis jetzt aus dem Mitteleocän Zähne als mit der rezenten Form ganz übereinstimmend, spärliche Extremitätenreste tatsächlich als spitzmausartig beschrieben. Ref.) T. Edinger.

Über die Zeckenlähmung in Australien veröffentlicht Ross soeben umfangreiche Untersuchungen, denen wir das Wichtigste entnehmen. (I. Cl. Ross, *A experimental study of tick paralysis in Australia.* Parasitology 18, Nr. 4. 1926.) Die Arbeit behandelt: einmal Symptome, Pathologie, Ätiologie der Zeckenlähmung, ferner die Sekretion, Entwicklung und Giftigkeit der Speicheldrüsen der Zecken und schließlich die Frage der Immunität bei der Zeckenlähmung. Bekannt ist, daß auf den Stich von verschiedenen Zecken hin schwere Lähmungserscheinungen bei Tieren, in erster Linie bei Hunden, auftreten. Diese Zeckenlähmung („tick-paralysis") tritt z. B. auf nach den Stichen von Ixodes holocyclus, Dermacentor venustus, Haemaphysalis punctata, Ixodes pilosus, Ixodes ricinus. Die Untersuchungen von Ross befassen sich allerdings ausschließlich mit den Lähmungserscheinungen nach den Stichen von Ixodes holocyclus in Australien.

Die Symptome der Zeckenlähmung sind nach Ross bei Hunden folgende: Nach einer etwa viertägigen Inkubationszeit treten die ersten Krankheitserscheinungen auf. Fast regelmäßig werden die hinteren Gliedmaßen zuerst gelähmt, allmählich steigt die Lähmung auf und ergreift die vorderen Gliedmaßen, dann die Schulter-, Nacken- und Kopfmuskulatur. Beim Endstadium der Krankheit werden Schlingbeschwerden beobachtet, Neigung zum Erbrechen, träge und unregelmäßige Atmung; die Pupillen sind weit geöffnet, die Temperatur fällt nach anfänglichem Fieber unter normal. Der Tod erfolgt höchstwahrscheinlich durch Lähmung des Atemzentrums. Diese Beobachtungen hat Verfasser an experimentell erzeugten Krankheitsfällen gemacht. Besonders eingehend ist dann Ross der Frage nachgegangen, ob für diese schweren Lähmungserscheinungen bestimmte, durch die Zecken übertragene Erreger tierischer oder pflanzlicher Natur verantwortlich zu machen sind. Trotz ausgedehnter Untersuchungen war es nicht möglich, irgendeine Form zu entdecken, welche als Erreger der Zeckenlähmung anzusprechen ist, da weder subcutane, noch intravenöse, noch interperitoneale Einspritzungen von Blut, cerebrospinaler Flüssigkeit und Aufschwemmungen von Nervengeweben Ergebnisse brachten, welche auf einen Erreger schließen ließen.

Die weiteren Versuche ergaben, daß die Speicheldrüsen der Zecken hinsichtlich der Stärke ihrer Absonderung ganz beträchtlich wechseln. Bei jungen Tieren, die sich eben festgesaugt haben, sind die Speicheldrüsen verhältnismäßig klein, und die Absonderung ist zunächst noch gering. Hieraus erklärt es sich, daß die ersten Erscheinungen des Zeckebefalles nur geringfügiger und lokaler Natur sind (leichte Urticaria mit nachfolgender Papelbildung). In dem Maße aber, wie sich die festgesogenen Zecken voll Blut saugen, wachsen die Speicheldrüsen mächtig heran, und Hand in Hand damit nimmt die Speichelabsonderung zu. Da der Speichel der Zecken, wie Ross zeigen konnte, die Ursache der Lähmung, also giftig ist, so nimmt mit dem Fortgang der Saugperiode die toxologische Wirksamkeit der Speicheldrüsen zu, da immer mehr Speichel in die Blutbahn gelangt. Zugleich wird ja im Fortgang der Saugperiode die Nahrungsaufnahme gewaltig gesteigert, wodurch wiederum die Vorbedingung zu einer erhöhten Sekretion der Drüsen gegeben ist. So gibt Ross z. B. an, daß eine hungrige weibliche Zecke zunächst etwa 1 mg wiegt, nach 6 Tagen haben diese Tiere, ohne dabei gänzlich vollgesogen zu sein, ein Gewicht von ungefähr 450 mg erreicht. Dieser außerordentlichen Gewichtszunahme entspricht auch, wie durch histologische Untersuchungen bewiesen wurde, eine verstärkte, schrittweise Größenzunahme der Speicheldrüsen. Der Bau der Drüsen ist jedoch bei jungen wie bei alten Tieren der gleiche. Aus allem zieht Ross den Schluß, daß die Speicheldrüsen der weiblichen Zecken ein Gift hervorbringen, welches um so reichlicher abgesondert wird, je älter die Tiere sind und je länger sie gesogen haben. Daraus erklärt sich auch, daß junge Zecken wenig dazu beitragen, eine Lähmung hervorzurufen. Die ♂ spielen bei der ganzen Krankheit überhaupt keine Rolle.

Zum Schluß wird noch die Frage der Immunität gegen die Zeckenlähmung besprochen. Ross lehnt eine *natürliche* Immunität einzelner Tiere ab. Wenn man Hunde findet, die eine Immunität besitzen, so ist nach seiner Meinung diese so zustande gekommen, daß diese Hunde früher eine leichte Infektion durchgemacht haben und ihre *Immunität* erst *erworben* haben. Die umfangreichen Ausführungen sind durch eine Anzahl von photographischen Bildern und histologischen Figuren erläutert. ALBRECHT HASE.

Zur Stechmückenbiologie. Stechmücken sind schon oft genug der Gegenstand experimenteller Untersuchungen gewesen, und trotzdem können immer wieder neue Tatsachen aufgedeckt werden, wenn man mit einer entsprechenden Versuchsanordnung an diese Formen herantritt. Bei der hygienischen Wichtigkeit der Stechmücken sind es eine ganze Reihe von Fragen, deren völlige Klärung nur erwünscht sein kann, zumal da, wo widersprechende Angaben in der Stechmückenliteratur vorliegen. Interessant nach verschiedenen Richtungen hin sind die Ergebnisse, welche soeben B. S. CHALAM (*Note on some points regarding fertilisation and development of the ovum in Anopheles in Captivity.* Indian journ. of med. research 14, Nr. 3. 1927), veröffentlichte. Er prüfte zunächst die Frage, wie sich die Formen Anopheles subpictus und A. stephensi verhalten hinsichtlich der Fruchtbarkeit und Eiablage in der Gefangenschaft. Er stellte folgende Versuche an:

1. Ch. füttert A. subpictus ♀ zum Teil mit Blut und einen anderen Teil mit Zuckerlösung. In beiden Fällen wurden die Weibchen isoliert gehalten, d. h. eine Befruchtung war ausgeschlossen. Das Ergebnis war, daß die ♀, die mit Zucker gefüttert worden waren, die Eier im Ovarium nicht ausgereift hatten, im Gegensatz zu den ♀, die mit Blut gefüttert waren. Letztere hatten gut ausgereifte, d. h. ausgebildete Eier im Ovarium. Zu einer Eiablage kam es aber in letzterem Falle nicht.

2. Ch. hielt ♂ und ♀ von A. subpictus eingezwingert und fütterte sie mit Blut. Ein großer Teil dieser normal gehaltenen Weibchen legte Eier ab, ein anderer Teil aber hatte trotz Befruchtung und Ausreifung der Eier diese nicht abgelegt; und wieder andere Tiere waren zwar befruchtet worden, hatten aber keine reifen Eier im Ovarium. Daraus geht hervor, daß nicht alle ♀ voll geschlechtstüchtig sind.

3. CH. paarte ♂ und ♀ von A. subpictus; den Tieren wurde aber die Blutnahrung vorenthalten. Das Ergebnis war: die ♂ hatten zwar die ♀ befruchtet, aber die Ausreifung der Eier im Ovarium war unterblieben. Hieraus schließt Verfasser: Entziehung der Blutnahrung macht die ♀ geschlechtsuntüchtig trotz Paarung.

Außer diesen Richtversuchen mit A. subpictus führte CH. noch *Kreuzungsversuche* durch, und zwar einmal mit Anopheles ♀ und Culex ♂, ferner mit A. ♂ und Culex ♀ und schließlich mit A. subpictus ♂ und A. stephensi ♀. Diese Versuche, bei denen Blutnahrung gereicht wurde, also die Vorbedingung zu normaler Eireife gegeben war, zeitigten folgendes Ergebnis:

1. Anopheles ♀ und Culex ♂ gepaart ergeben keine Eier und keine Befruchtung, obwohl ein Teil der ♀ reife Eier im Ovarium entwickelt hatte.

2. Anopheles ♂ gepaart mit Culex ♀ ergaben ebenfalls keine Befruchtung. Die Eier waren wohl entwickelt, meist aber nicht abgelegt worden, nur in einem Falle war es zur Eiablage gekommen, die Eier waren aber nicht entwicklungsfähig. Daraus geht hervor, daß eine Paarung zwischen den genannten Formen nicht möglich ist, daß aber Culexarten auch ohne Befruchtung unter Umständen Eier ablegen können.

3. A. subpictus ♂ mit A. stephensi ♀ gepaart, ergeben auch keine Befruchtung, wie die Untersuchung der Spermathek der Weicken bewies. Die ♀ hatten reife Eier im Ovarium, doch war eine Ablage nicht erfolgt.

Aus diesen Versuchen schließt CH., daß eine Kreuzung dieser Arten nicht möglich ist; daß nach Blutnahrung bei Culexarten bisweilen unbefruchtete Eier abgelegt werden, aber bei Anophelesarten nicht; und daß eine Blutnahrung bei Anopheles unbedingt notwendig ist zum Ausreifen der Eier im Ovarium. Ob eine Befruchtung der ♀, die im Versuch waren, stattgefunden hat, wurde in der Weise festgestellt, daß der Inhalt der weiblichen Spermathek auf Spermatozoen untersucht wurde. Diese Prüfung ist natürlich vollkommen einwandfrei. Die Arbeit zeigt, welche Fülle von einzelnen Aufgaben die Stechmückenbiologie noch zu lösen aufgibt. ALBRECHT HASE.

Die Schaben als Verbreiter pathogener Keime. (TEJERA, ENRIQUE, Rev. de la soc. argentina de biol. Jg. 2, Nr. 4, S. 243—256. 1926.) Verf. ermittelte u. a. im *Verdauungskanal* der gewöhnlichen *Schabe* Blastocystis sp., Entamoeba blattarum Bütschlii, Spirochaeta blattarum Laveran und Franchini, Oxyurus vier Arten, Filaria rhitipleuritis und zahlreiche nicht näher bestimmte Bakterienarten. Dann fand sich eine Trichomonasart, eine tierpathogene Monilia, eine der Entamoeba nana ähnliche Amöbe und eine Leptomona blaberae n. sp. Diese wird näher beschrieben, ebenso die Amöbe. — Bei 60 Schaben, die in der Nähe von Latrinen gefangen waren, fanden sich im Verdauungskanal 2mal Cysten von Entamoeba coli und histolytica (von histolytica fehlen Zahlenangaben. Ref.). Ferner wurden aufgefunden Spirochaeta blattae n. sp. und in 5% Lamblien, die nicht näher bestimmt wurden. Die in der Nähe eines Lepraheimes in Cabo Blanco (Venezuela) gefangenen Schaben enthielten im Darm einen säurefesten lepraähnlichen Bacillus. — Wurden die Schaben mit dysenteriehaltigem Stuhl gefüttert, so ließen sich nach 24—72 Stunden in etwa einem Drittel der Tiere Amöbencysten nachweisen. Mit den Ausscheidungen der Schaben wurden drei Katzen infiziert; zwei von ihnen erkrankten an typischer Ruhr. Ferner zeigten von je 10 Schaben 24 bzw. 48 Stunden nach Verfütterung 8 bzw. 4 Lamblien oder Cysten. Weitere 10 wurden nach 8 Tagen getötet, sämtlich wiesen Lambliencysten auf. Etwas Gleiches ließ sich auch durch Verfütterung von Balantidium coli erreichen. Die Infektion eines Affen (Cebus capucinus) gelang mit dem Kot der Schaben. — Flexnerbacillen ließen sich nur einen Tag nachweisen, bei Infektion mit Typhus zeigte nach 48 Stunden von 20 Schaben nur eine Bacillen im Kot. Dagegen ließen sich Tbc-Bacillen noch nach 40 Tagen in den MALPIGHIschen Schläuchen nachweisen; bei Lepra gelang der Nachweis bis zum 11. Tage. Demnach sind also Schaben stets als etwaige *Krankheitsüberträger* anzusehen. (Aus den Berichten über die wissenschaftliche Biologie, Bd. 3, H. 7/8.) H. RUGE.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.

Hierzu eine Beilage vom Verlag ***Julius Springer in Berlin W 9***

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9 / Verantwortlich für den Anzeigenteil E. Bredow, Potsdam / Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig