

Kurzwellenechos, die mehrere Sekunden nach dem Hauptsignal eintreffen, und wie sie sich aus der Theorie des Polarlichtes erklären lassen.

VON CARL STÖRMER, Oslo.

1. Als ein Glied meiner systematischen Nordlichtuntersuchungen im südlichen Norwegen sind auch die Berichte anzusehen, die mir über Radioerscheinungen während der Nordlichte zugehen. Unter den Personen, die mich mit solchen Berichten bedenken, befindet sich auch ein Radioamateur, Ingenieur JÖRGEN HALS aus Bygdö bei Oslo. In einem zufälligen Gespräch im Dezember 1927 über Radioerscheinungen, erwähnte er auch, er habe das Echo von Signalen, die von der großen Kurzwellenstation PCJJ Eindhoven in Holland ausgingen, gehört, und daß dieses Echo ein paar Sekunden nach dem Signal eingetroffen wären.

Sobald ich von dieser bemerkenswerten Beobachtung vernahm, kam mir der Gedanke, daß die drahtlosen Wellen von jenen Strömungen und Flächen von Elektronen reflektiert sein könnten, auf die ich in den Jahren 1904—1907 bei theoretischen Forschungen über Nordlichter geführt worden bin, und ich bat deshalb Herrn HALS um einen schriftlichen Bericht seiner Beobachtungen. Dieser Bericht vom 29. Februar 1928 lautet in der Übersetzung folgendermaßen: „Ich erlaube mir hierdurch, Ihnen mitzuteilen, daß ich gegen Ende des Sommers 1927 wiederholt Signale der holländischen Kurzwellenstation PCJJ (Eindhoven) aufgenommen habe. Außer den Telegraphensignalen hörte ich noch Echos. Ich hörte das gewöhnliche Echo, das um die Erde in einer Zeitspanne von $\frac{1}{7}$ Sekunde geht, wie auch ein schwächeres Echo, 3 Sekunden, nachdem das Hauptsignal vorüber war. Wenn das Hauptsignal besonders stark war, schätzte ich die Stärke des letzten Echos zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{20}$ des Hauptsignals. Woher dieses Echo kommt, kann ich noch nicht sagen. Ich will nur feststellen, daß ich tatsächlich ein solches Echo hörte.“

Inzwischen hatte ich mich schon im Dezember durch das Telegraphenamnt mit Eindhoven in Verbindung gesetzt, damit mir von dort aus Signale für Echoexperimente zugeschickt werden könnten. Die Versuche nahmen ihren Anfang Ende Januar und wurden das ganze Frühjahr hindurch mehrmals wöchentlich fortgesetzt. Als Empfänger diente die Station des Telegraphenamts in Fornebo bei Oslo sowie die private Empfängerstation von Ingenieur HALS, Bygdö. Die Signale wurden alle 5 Sekunden ausgesandt. Es wurde mir außerdem durch das freundliche Entgegenkommen der Firma Elektrisches Bureau in Oslo ein Oszillograph zur Verfügung gestellt.

Die am 31. Januar, 2. Februar und 29. März aufgenommenen Oszillogramme zeigten nichts Bemerkens-

wertes. Am 3. April, zwischen 15 und 19 Uhr G.M.Z. wurden abermals Oszillogramme genommen. Der Empfang erfolgte im Elektrischen Bureau, wo Ingenieur GAUDERNACK vom Telegraphenamnt die Aufnahme der von der Empfängerstation in Fornebo überführten Signale leitete. Es wurden 3 Filme, je 60 m, aufgenommen. Eine Sekunde hatte die Länge von etwa 60 cm. Während dieser Versuche rief Ingenieur HALS uns telephonisch an, daß er prachtvolle Echos höre.

Der hervorgerufene Film gab die Signale aus Eindhoven sehr deutlich wieder und zeigte außerdem einige ähnliche Signale, die entweder atmosphärische Störungen oder auch Echos darstellen konnten. Der beste Film wurde genau ausgemessen, aber sichere Schlüsse wage ich doch nicht darauf zu bauen. Erstens waren die Eindhovenschen Signale moduliert und bestanden nur aus einem kurzen akustischen Schlag, so daß etwaige Echos schwer als solche zu erkennen waren, zudem wurden die Signale alle fünf Sekunden als ein Schlag ausgesandt, und da die Echos nach den Erfahrungen der letzten Zeit unregelmäßig, 3—30 Sekunden nach dem Signal eintreffen, war es unmöglich, sich in den zusammengehörigen Signalen und Echos — wenn solche überhaupt vorhanden waren — zurechtzufinden. Die Filme wurden deshalb als Beweismaterial verworfen.

Nach diesen vielen vergeblichen Versuchen war ich nahe daran, das Ganze aufzugeben, beschloß dann aber trotzdem, auf einer für den Juli geplanten Reise nach Holland Dr. VAN DER POL am Philips Radio Eindhoven persönlich aufzusuchen, die Sache mit ihm zu erörtern und gegebenenfalls für den Herbst neue Versuche vorzusehen.

Am 12. und 13. Juli konnte ich auch VAN DER POL aufsuchen; wir nahmen einige Versuche in Eindhoven vor, doch mit negativem Ergebnis. Aber doch beschlossen wir, die Versuche im Herbst wieder aufzunehmen und bestimmten gleichzeitig, daß die Station PCJJ, statt modulierte Signale zu schicken, alle 20 Sekunden Telegraphensignale von ungedämpften Wellen, drei Striche dicht hintereinander, aussenden sollte. Zwischen den einzelnen Signalen seien dann keine Wellen zu senden.

Ferner entschloß ich mich, um dem Telegraphenamnt durch die vergebliche Aufnahme von Oszillogrammen keine unnötigen Ausgaben zu verursachen, die Signale vorläufig nur abzuhorchen. Da die Wohnung von Ingenieur HALS in Bygdö nur wenige Minuten von der meinen entfernt liegt und er im Besitz eines sehr empfindlichen Empfängers mit

Lautsprecher ist, verabredete ich, daß er mich telephonisch benachrichtigen solle, sobald er Echos höre, worauf ich mich sofort bei ihm einfinden würde.

Die Sendungen von der Station PCJJ nahmen ihren Anfang am 25. September. Anfangs machten sich einige Mißverständnisse betreffs Aussendung und Empfang geltend, aber am 11. Oktober hörte ich zum erstenmal nicht anzuzweifelnde Echos.

Die Station PCJJ entsandte an diesem Tage 15 Uhr 30 Minuten bis 16 Uhr G.M.Z. die verabredeten Signale, drei Striche in der Gesamtdauer von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Sekunden, von ungedämpften Wellen mit der Wellenlänge 31,4 m. Die Signale wurden von einem oszillierenden Empfänger aufgefangen, so daß der entstehende Kombinationston wie der starke Laut einer bestimmten Tonhöhe anzuhören war. Die Entsendung der Signale erfolgte alle 20 Sekunden und zwischen den Signalen wurden keine Wellen gesandt. Eine Weile nach Beginn der Sendungen, kam von Herrn HALS der Telephonbescheid, daß schöne Echos zu hören wären, worauf ich sofort zu ihm eilte. Als ich seine Wohnung betrat, waren nicht nur die Signale, sondern auch die Echos aus dem Lautsprecher so stark, daß man sie über das ganze Haus hörte. Ich beobachtete nun die Erscheinung in der letzten Viertelstunde zusammen mit Herrn HALS und notierte ungefähr die Zeitintervalle zwischen Signal und Echo. In der Regel gab jedes Signal ein Echo, ab und zu aber auch mehrere. Gewöhnlich hatte das Echo, wie das Signal, drei Striche, bisweilen flossen aber die Striche zusammen, und es kam auch vor, daß das Echo zu einem längeren Ton verzogen war als das Signal. Die Tonhöhe war die nämliche wie im Signal. Ich notierte in Sekunden folgende Zeitintervalle zwischen Signal und Echo: 15, 9, 4, 8, 13, 8, 12, 10, 9, 5, 8, 7, 6 und 12, 14, 14, 12, 8 und 12, 5, 8 und 12, 8, 5, 14, 14, 15, 12, 7, 5, 5, 13, 8, 8, 8, 13, 9, 10, 7, 14, 6, 9, 5 und 9.

Betreffs der Stärke waren die Signale so kräftig, daß einem die Ohren weh taten, und auch die Echos waren kräftig, wenn auch bei weitem nicht in dem Maß wie die Signale. Die atmosphärischen Störungen waren minimal, so daß der Lautsprecher erheblich verstärkt werden konnte.

Die von mir notierten Zeiten machen keinen Anspruch auf größere Genauigkeit, da ich nicht genügend vorbereitet war; man bekommt aber durch sie wenigstens eine qualitative Idee des Phänomens. Wie mir Ingenieur HALS erzählte, hatte er, ehe ich kam, einige Echos von 3 Sekunden beobachtet.

Nun despeschierte ich das Ereignis sofort an Dr. VAN DER POL und bat ihn, das Ergebnis selbst zu kontrollieren und zu bestätigen. Am nächsten Tage bekam ich seine Depesche, daß er den Versuch an dem nämlichen Abend wiederholt und dabei eine Reihe Echos wahrgenommen habe. Die Resultate und seine theoretische Deutung der Phänomene, die von meiner ganz verschieden ist, hat Dr. VAN DER POL in „Nature“, 8. Dez. 1928, publiziert, woraus ich folgendes entnehme:

„Am 11. Oktober erhielt ich ein Telegramm von Professor STÖRMER mit der Mitteilung, daß an dem Nachmittag sehr deutliche Echos gehört worden waren. Daraufhin traf ich sofort Anordnungen, um noch in derselben Nacht eine Reihe von Versuchszeichen auszusenden, die aus drei kurzen Punkten in schneller Aufeinanderfolge bestanden und alle 30 Sekunden zwischen 22 und 23 Uhr G.M.Z. ausgesandt wurden. Ich hörte mit meinem Assistenten die 120 Zeichen ab. Wir nahmen beide vierzehn Echos wahr; zwischen den Zeichen und den Echos verlief eine Zeit von: 8, 11, 15, 8, 13, 3, 8, 8, 8, 12, 15, 13, 8, 8 Sekunden.

Die Frequenz eines Echos war stets der Frequenz des Zeichens gleich, was sich leicht feststellen ließ, weil die Zeichen nicht moduliert waren und der Empfänger daher in schwingendem Zustand gehalten wurde. Der so entstehende Ton hatte sowohl beim Empfang des ursprünglichen Zeichens wie beim Auffangen des Echos dieselbe Höhe. Die Frequenz des örtlichen Oszillators wurde nach Empfang eines Zeichens etwas geändert, und dann rief das Echo eine etwas abweichende Höhe des Kombinationstones hervor. Wenn der Empfänger daraufhin unverändert gelassen wurde, so entstand beim Eintreffen des nächsten Zeichens genau dieselbe Tonhöhe im Empfänger wie beim Empfang des letzten Echos.

Die Echos, die ich hörte, waren ziemlich schwach, und obgleich leicht erkannt werden konnte, daß ihre Schwingungsfrequenz dieselbe war wie die Frequenz der eigentlichen Zeichen, konnten die drei Punkte des ursprünglichen Zeichens im Echo nicht wiedererkannt werden, weil letzteres verschleiert war, ausgenommen in dem einen Fall, daß das Echo drei Sekunden nach dem Zeichen eintraf. In dem Falle waren auch im Echo die drei Punkte sehr deutlich hörbar.

Daraufhin machte ich Professor STÖRMER den Vorschlag, die Zeichen in den weiteren Versuchen zu zählen, damit in Oslo und in Eindhoven gehörte Echos vielleicht als dieselben erkannt werden könnten.“

Auf diesen Vorschlag hin wurden die Zeichen nun numeriert, aber es wurden keine neuen Echos wahrgenommen vor dem 24. Oktober, als die Signale nachmittags eine ganze Stunde lang alle halbe Minute ausgesendet wurden. Anfangs war Herr HALS allein um die Beobachtungen, als aber Echos hörbar wurden, rief er mich telephonisch herbei; als ich mich eiligst bei ihm einfand, hatten jedoch die Echos nach einer Periode starker atmosphärischer Störungen aufgehört und kamen nicht wieder. Ich teilte nun die von Herrn HALS gemachten Beobachtungen Dr. VAN DER POL mit; aus seinem obenerwähnten Bericht in „Nature“ führe ich jetzt das Untenstehende an:

„Bis zum 24. Oktober wurden weder in Oslo noch in Eindhoven Echos wahrgenommen. An dem Tage jedoch wurden zwischen 16—17 Uhr G.M.Z. sowohl in Oslo wie auch an zwei verschiedenen Stellen (3 km auseinander) in Eindhoven

wieder Echos gehört. Die Frequenzen der beiden schwingenden Empfänger in Eindhoven wurden auf verschiedene Seiten der Trägerfrequenz des Zeichens abgestimmt, um die Möglichkeit, anderweitig ausgesandte Zeichen als Echos anzusehen, soviel wie möglich auszuschalten. Professor STÖRMER war so freundlich, mir die an dem Tage in Oslo gemachten Beobachtungen mitzuteilen, wo 48 Echos aufgenommen wurden. Empfänger Nr. 1 in Eindhoven (mit zwei Beobachtern) stellte 4 sehr schwache Echos fest und Empfänger Nr. 2 in Eindhoven nahm 5 Echos auf. Ein Teil der gleichzeitigen Beobachtung ist in die beigegefügte Graphik (Fig. 1) eingezeichnet worden. Die Zeit der Beobachtungen

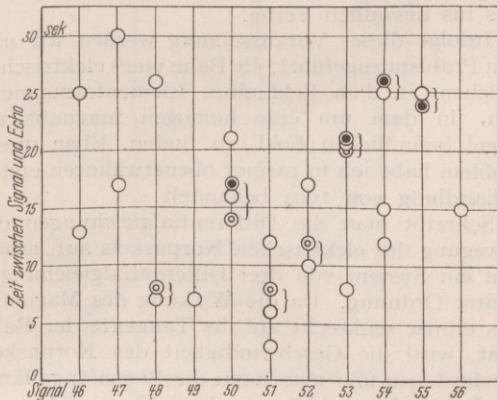


Fig. 1. Echobeobachtungen von Bygdö und von zwei Stationen in Eindhoven am 24. Oktober 1928, nach Dr. VAN DER POL.

⊙ wurde mit einer Stoppuhr gemessen, während man sich für die Beobachtungen ⊙ auf den Sekundenzeiger einer gewöhnlichen Uhr verließ. Da die Echos häufig länger als 1,5 Sekunde anhielten, kann kein Zweifel darüber bestehen, daß einige Echos praktisch gleichzeitig an den drei oben erwähnten Stellen bemerkt wurden. Mithin steht es ganz außer Frage, daß die Echos, wenn sie auch oft schwer aufgefangen werden können, wirklich bestehen, weil sie von mehreren Beobachtern an verschiedenen Stellen, und einigemal sogar zu gleicher Zeit, gehört wurden.“

Wie man sieht, war die zwischen Signal und Echo liegende Zeit diesmal noch länger und betrug bis zu 20–30 Sekunden.

Nach dem 24. Oktober wurde das Abhören liebenswürdigerweise von dem norwegischen Telegraphenamnt übernommen. In gemeinschaftlicher Arbeit mit Oberingenieur HERMOLD PETERSEN konnte ich eine Reihe von Hörstationen vom südlichen Norwegen bis nach Spitzbergen hinauf organisieren, während mir auch mehrere Amateure, darunter Ingenieur HALS, ihren Beistand leisteten. Es wurde abermals ein Oszillograph aufgestellt, um die Echos, wenn sie eintreffen sollten, registrieren zu können.

Aus später noch zu erörternden theoretischen

Gründen war es jedoch wenig wahrscheinlich, daß man neue Echos vor etwa Mitte Februar hören würde. Und obwohl Eindhoven die Zeichen wenigstens zweimal wöchentlich zu den verschiedensten Tageszeiten aussandte, hörte man denn auch die Echos vor dieser Zeit weder in Norwegen noch in Holland.

Am 14. Februar wurden wiederum eine Reihe von Echos von Ingenieur HALS gemeldet; am 18. Februar hörte Herr ANDREAS KLEVE Echos an der Hörstation des Telegraphenamnt in Bodö, worüber das Telegraphenamnt folgenden Bericht erhalten hat:

„Wie Abteilungsingenieur BIRKELAND telephonisch mitgeteilt wurde, hörte man Echosignale am Montag, den 18. Februar, um 17 Uhr (16 Uhr G.M.T.) Man hörte das Echo der beiden letzten x, also des 44. und 45. x der Sendung sowie von dem letzten einhalbminütlichen Strich. Das erste x war sehr schwach, das zweite x und der Strich dagegen deutlicher. Ganz besonders deutlich war der Strich. Diese Echos hörte man etwa 12–13 Sekunden nach Abschluß des Hauptzeichens. Die Stärke wurde auf R 3 geschätzt, während die Signalstärke sonst R 9 betrug. Bei dieser Gelegenheit waren Außen- und Innenantenne (parallel) zusammengeschaltet, da hierdurch größere Lautstärke als nur mit einer Antenne erzielt wird.“

Am 19. Februar nahmen APPLETON und BORROW am Kings College, London, eine Reihe von Echos wahr, wo die Zeitspanne zwischen Signal und Echo bis zu 25 Sekunden betrug. Der mir hierüber zugegangene Bericht lautet in der Übersetzung wie folgt:

„Am 19. Februar zwischen 15 Uhr 30 Minuten und 16 Uhr 30 Minuten, als R. A. L. BORROW und ich auf Sondersignale von PCJ horchten, hörten wir Echos nach einer Zwischenzeit bis zu 25 Sekunden. Die Echos waren außerordentlich distinkt und dauerten über 2 Sekunden. Es war uns von großem Interesse, daß wir, die wir vor diesem Tage keine Echos gehört hatten, sie nun im Februar, so, wie von Professor STÖRMER vorausgesagt, hören sollten.“

Am 5. April 1929. E. V. APPLETON.“

Am 20. Februar, zwischen 15 Uhr 30 Minuten und 16 Uhr 30 Minuten, hörte man, gemäß einem Bericht aus Eindhoven, dort zwei Echos nach dem 23. Signal, und zwar das eine nach Verlauf von 8 Sekunden, das andere nach 18 Sekunden. Die Echos bestanden aus distinkten Strichen ziemlich großer Stärke und dauerten etwa 2 Sekunden lang. Schließlich teilte mir Ingenieur HALS noch mit, daß er Echos am 15., 18., 19., 20. und 28. Februar gehört habe. Hiernach scheint man jeden Zweifel an der Echtheit des Phänomens als hinfällig betrachten zu müssen.

2. Zum besseren Verständnis der oben angedeuteten Erklärung dieser merkwürdigen Echos ist es notwendig, einige Worte über die Theorie des Polarlichtes zu sagen.

Die den Ausgangspunkt der norwegischen Untersuchungen über die Theorie des Polarlichtes bildenden entscheidenden Experimente wurden von Professor KRISTIAN BIRKELAND ausgeführt und finden sich beschrieben in seinem Bericht über die norwegische Nordlichtexpedition im Winter 1899—1900¹. Hier legt er dar, daß Kathodenstrahlen die auf eine magnetisierte Kugel gerichtet werden, ihre Oberfläche, und zwar als zwei Gürtel treffen, wie sie den Polarlichtgürteln der Erde entsprechen und so im Einklang stehen mit seiner Idee, daß das Polarlicht auf Kathodenstrahlen der Sonne zurückzuführen sei.

Aus Anlaß dieser Experimente nahm ich im Jahre 1903 die mathematische Behandlung des Problems in Angriff; die in dieser Verbindung uns hier interessierenden Ergebnisse wurden schon 1904 in einer Abhandlung über die Bewegung eines elektrischen Teilchens im Felde eines Elementarmagneten veröffentlicht². Wir werden gleich hierauf zurückkommen. Später setzte BIRKELAND seine interessanten Experimente in immer größerem Umfange fort und hat dann die Beobachtungen in seinem großen Werk über die norwegische Nordlichtexpedition im Winter 1902—1903 in ausführlicher Weise niedergelegt³.

Wir werden hier über den Teil der Theorie, der zu der Erklärung der Echos in Beziehung steht, eine kurze Übersicht geben.

Will man ein so schwieriges Problem wie die Theorie des Polarlichtes mathematisch behandeln, ist es natürlich, zunächst einige vereinfachende Voraussetzungen zu machen und das Problem erst dann, unter diesen Voraussetzungen, zu lösen. Der nächste Schritt besteht dann in dem allmählichen Fallenlassen der vereinfachenden Voraussetzungen, um zu sehen, welchen Veränderungen die Theorie hierdurch unterliege. Als vereinfachende Voraussetzungen wählte ich in meinen ersten Arbeiten⁴ folgende:

A. Wir vernachlässigen die Bewegung der Sonne und der Erde und betrachten nur ihre relativen Stellungen.

B. Wir nehmen an, daß sich die elektrischen Korpuskeln nach den Gesetzen bewegen, die man von den Kathodenstrahlen in einem magnetischen Feld her kennt. Wir vernachlässigen deshalb die etwaige elektromagnetische Wirkung, die die Korpuskeln aufeinander haben könnten.

¹ Expédition norvégienne 1899—1900 pour l'étude des aurores boréales. Videnskabselskabets Skrifter 1901. Christiania (Oslo).

² Sur le mouvement d'un point matériel portant une charge d'électricité sous l'action d'un aimant élémentaire. Videnskabselskabets Skrifter 1904. Christiania (Oslo).

³ The norwegian aurora polaris expedition 1902—1903. Vol. I, first and second section. 1913. Johann Ambrosius Barth, Leipzig.

⁴ Siehe besonders: Sur les trajectoires des corpuscules électriques sous l'action du magnétisme terrestre etc. Arch. des Sciences physiques et naturelles. Genève 1907 und 1911.

C. Wir nehmen an, daß die elektrischen Korpuskeln nur der Beeinflussung vom magnetischen Feld der Erde ausgesetzt sind und vernachlässigen etwaige, von der Sonne und anderen Planeten ausgehende Beeinflussungen und auch von einer etwaigen elektrischen Ladung der Erde. Es wird ferner weder Schwerkraft noch Lichtdruck berücksichtigt.

D. Was das magnetische Feld der Erde betrifft, betrachten wir dies als äquivalent mit dem Feld eines Elementarmagneten oder, was dasselbe ist, mit dem magnetischen Feld um eine homogen magnetisierte Kugel herum, deren magnetische Achse mit der magnetischen Achse der Erde zusammenfällt, entsprechend der Wirkung des inneren Erdmagnetismus ins unendlich Ferne.

Infolge dieser Voraussetzung werden wir nun dem Problem zugeführt, die Bahn eines elektrischen Teilchens in dem Feld eines Elementarmagnets, d. h. in dem um eine homogen magnetisierte Kugel befindlichen Feld, zu finden. Eben dieses Problem habe ich in meiner obenerwähnten ersten Abhandlung von 1904 behandelt.

Schreibt man die Differentialgleichungen der Bewegung des elektrischen Korpuskels auf, erhält man ein System von drei Differentialgleichungen zweiter Ordnung. Da die Wirkung des Magnetismus immer senkrecht auf die Tangente der Bahn steht, wird die Geschwindigkeit des Korpuskels konstant sein und man kann die Bogenlänge längs der Bahn als unabhängige Variable einführen.

Eine weitere Vereinfachung läßt sich erzielen, wenn man als Längeneinheit

$$\sqrt{\frac{Me}{mv}} \text{ Zentimeter}$$

wählt, wo $M = 8,4 \cdot 10^{25}$ das magnetische Moment der Erde ist, und wo e , m und v die Ladung (im elektromagnetischen Meßsystem), die Masse und Geschwindigkeit des Korpuskels ist (System Zentimeter, Gramm, Sekunde).

Im folgenden wird die Wahl dieser Längeneinheit vorausgesetzt. Von den Differentialgleichungen¹ wird dann leicht ein erstes Integral abgeleitet, das auf die Form

$$\sin \theta = \frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}$$

geschrieben werden kann.

Hier (Fig. 2) bedeutet θ den Winkel zwischen der Tangente PT der Bahn CD und der Meridianebene durch die magnetische Achse AB der Kugel und den Berührungspunkt P der Tangente, R den Abstand des Punktes P zu dieser Achse und r seinen Abstand vom Mittelpunkt O der Kugel.

γ ist eine Integrationskonstante, die jeden Wert von $-\infty$ bis $+\infty$ haben kann.

Diese Relation ist längs der Bahn überall befriedigt, und den, einer gegebenen Bahn entsprechenden γ -Wert findet man, wenn man die Werte

¹ Vgl. den Artikel „Polarlicht“ im Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Fischer, Jena.

von θ , R und r in einen Punkt der Bahn einsetzt und hieraus γ berechnet.

Hiernach lassen sich sämtliche Bahnen in eine Reihe von Familien ordnen, wo jede Familie durch einen Sonderwert der Konstante γ gekennzeichnet wird.

Alle, derselben Familie zugehörigen Bahnen sind nun in einen Raum eingeschlossen, den wir Q_γ nennen wollen, und der sich folgendermaßen finden läßt:

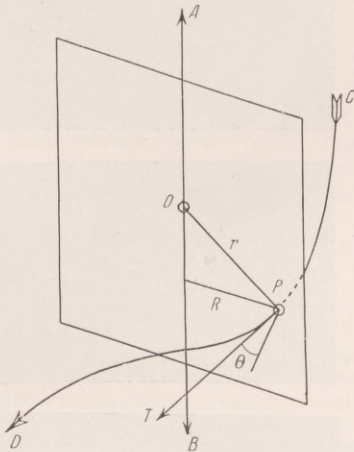


Fig. 2. Erklärung der Größen R , r und θ .

Da $\sin \theta$ zwischen -1 und $+1$ variiert und nicht außerhalb des Intervalls gelangen kann, werden die Teile des Raumes, wo

$$\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} > 1 \text{ und } \frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} < -1,$$

keine Bahnen enthalten können. Die Bahnen können nur dort vorkommen, wo

$$-1 \equiv \frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} \equiv 1$$

und die Teile des Raumes, wo diese Bedingung erfüllt wird, sind eben das, was wir oben Q_γ genannt haben.

Jedem Wert γ entspricht darum ein Raum Q_γ , aus dem die entsprechende Bahnenfamilie nicht herauskommen kann.

Um den Raum Q_γ zu finden, sei bemerkt, daß er von der Rotationsfläche

$$\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} = k.$$

erzeugt wird, wenn man die Konstante k von -1 bis auf $+1$ wachsen läßt. Die Meridiankurve dieser Rotationsfläche erhält man, wenn man $R = r \cos \psi$ setzt und die Gleichung mit Bezug auf r löst. Wir erhalten dann die Gleichung der Meridiankurve in Polarkoordinaten (Fig. 3):

$$r = \frac{\gamma \pm \sqrt{\gamma^2 + k \cos^3 \psi}}{k \cos \psi}$$

Eine vollständige Diskussion dieser Kurven und der entsprechenden Räume Q_γ finden sich in meiner Abhandlung von 1904.

Hier wollen wir unter Hinweis auf die Fig. 4 nur die Ergebnisse wiedergeben; links ist der Meridianschnitt der Räume mit einer Ebene durch die magnetische Achse der Kugel zu sehen; die zu den Räumen gehörigen Teile sind weiß; die andern Teile schwarz. Rechts sieht man die Räume Q_γ selbst, begrenzt von den $k = -1$ und $k = 1$ entsprechenden Rotationsflächen.

Folgende charakteristische Züge müssen auffallen:

Nehmen wir an, daß γ von $-\infty$ bis $+\infty$ wächst. Für γ negativ und algebraisch kleiner als -1 besteht Q_γ aus zwei getrennten Teilen. Indem γ den Wert -1 überschreitet, fließen die Teile zusammen und bilden einen zusammenhängenden Raum von der Unendlichkeit bis zum Elementarmagneten (Kugelmittelpunkt). Um den Äquator des Elementarmagneten herum befindet sich jedoch ein torusartiger Raum T_γ mit der Meridiankurve

$$r = \frac{\sqrt{\gamma^2 + \cos^3 \psi} - \gamma_1}{\cos \psi},$$

wo $\gamma = -\gamma_1$, und wo γ_1 , zwischen 0 und 1 liegt, und in den die $\gamma = -\gamma_1$ entsprechenden Bahnen nicht hineingelangen, und je nachdem γ wächst, wächst auch dieser Raum.

Wenn γ den Wert 0 überschreitet und positiv wird, kann der Raum Q_γ nicht mehr bis zu dem Elementarmagneten gelangen. Sein geringster Abstand von diesem wird mit γ in das Unendliche wachsen.

3. Wenden wir diese Ergebnisse auf den Fall an, daß elektrische Corpuscularstrahlen aus sehr großer Entfernung, z. B. von der Sonne aus, zur Erde gelangen. Sowohl für Kathodenstrahlen, Betastrahlen wie Alphastrahlen ist unsere Längeneinheit

$$\sqrt{\frac{M e}{m v}}$$

sehr groß im Verhältnis zu den Erddimensionen, und zwar von der Größenordnung 1 bis 10 Millionen Kilometer für Betastrahlen und Kathodenstrahlen und von 150000 km für Alphastrahlen.

Hieraus folgt, daß die der Bahn entsprechende Konstante γ einen Wert zwischen -1 und 0 haben muß, damit solche Korpuskularstrahlen bis zur Erde gelangen können. Aus der Gestalt der Räume Q_γ läßt sich dann gleich entnehmen, daß die Strahlen die Erde an den Polargegenden treffen, so, wie es dem gewöhnlichen Erscheinen des Polarlichtes entspricht.

Gleichzeitig bemerken wir, daß in dem früher erwähnten torusartigen Raum T_γ keine elektrischen

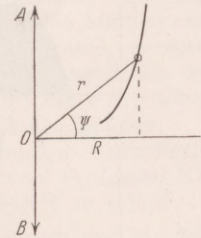


Fig. 3. Erklärung des Winkels ψ .

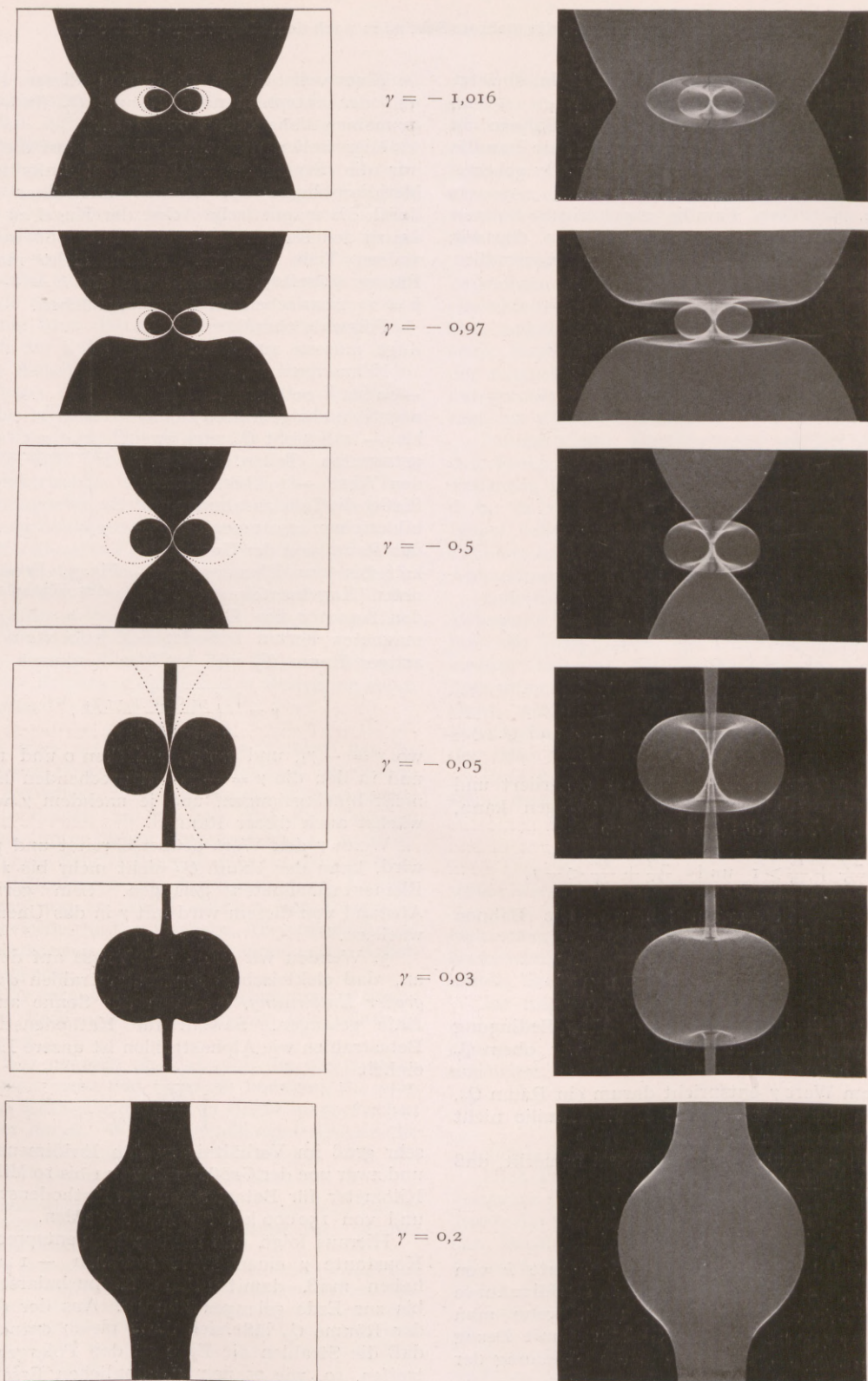


Fig. 4. Die Meridianschnitte der Räume Q_γ und die Räume selbst (rechts), aus welchen die Corpuscularbahnen nicht herauskommen können.

Partikeln der dem Konstantenwert γ entsprechenden Bahnen vorhanden sind. Der Raum T_γ ist am kleinsten, wenn $\gamma = -1$, und als Meridiankurve hat er dann

$$r = \frac{\sqrt{1 + \cos^3 \psi} - 1}{\cos \psi}.$$

Sein Schnitt mit der magnetischen Äquatorebene (einer Ebene durch den Elementarmagneten senkrecht auf die magnetische Achse) ist dann ein Kreis mit dem Radius $\sqrt{2} - 1$ Längeneinheiten, d. h.

$$(\sqrt{2} - 1) \sqrt{\frac{Me}{mv}} \text{ Zentimeter.}$$

4. Diese theoretischen Ergebnisse sollen uns nunmehr als eine Erklärung der Echoerscheinung dienen. Elektromagnetische Wellen werden von einer Stelle ausgesandt, die zwischen den Gebieten liegt, wo diese Räume Q_γ die Erde treffen, d. h. zwischen den Polarlichtzonen der Erde, und wenn diese Wellen durch die Kennelly-Heaviside-Schicht dringen, werden sie in den torusartigen Raum T_γ , wo es keine elektrischen Partikeln gibt, gelangen. Hier können sich dann die Wellen ungehemmt über den ganzen Raum T_γ hin ausbreiten und werden erst dann auf elektrische Teilchen stoßen, wenn sie die vorzugsweise aus Elektronen bestehen-

den Corpuscularströme treffen, die sich an den Grenzen und außerhalb des Raumes T_γ bewegen können. Sie können dann unter günstigen Umständen zurück zur Erde reflektiert und dort als Echos wahrgenommen werden.

Die mathematische Theorie zeigt¹, daß diese günstigen Bedingungen eintreten, wenn die Korpuskeln dann von der Sonne ausgehen, wenn diese in der Nähe der magnetischen Äquatorebene steht, und zwar derartig, daß die γ -Werte ihrer Bahnen zwischen 0 und -1 , besonders in der Nähe des letzten Wertes, liegen. Sie werden dann den inneren Teil der Räume Q_γ ausfüllen können und die Begrenzungsfläche T dieser Räume, entsprechend $\gamma = -1$, wird, als Umhüllungsfläche der Elektronenbahnen, dann als eine die elektrischen Wellen reflektierende Fläche dienen können.

Ein Teil dieser reflektierenden Torusfläche ist auf der, das Experiment von Professor KR. BIRKELAND wiedergegebenen Fig. 5 zu sehen².

¹ Die entsprechenden Ausführungen sind nur teilweise veröffentlicht worden. Siehe insbesondere: Sur une classe de trajectoires remarquables etc. Archiv for Mathematik og Naturvidenskab. 31, Nr. 11 (Christiania [Oslo] 1911).

² The norwegian aurora polaris expedition etc. Vol. 1, second section, S. 712.

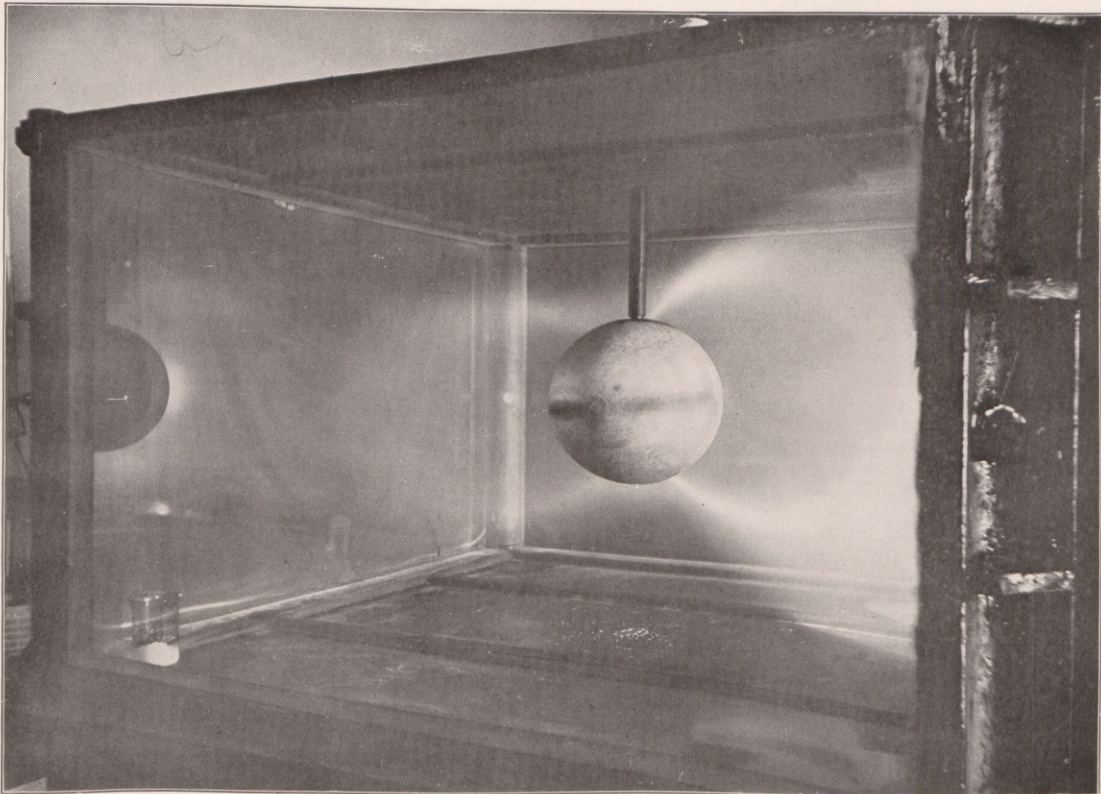


Fig. 5. Ein Experiment von KRISTIAN BIRKELAND, wo Kathodenstrahlen auf eine magnetische Kugel gerichtet werden. Ein Teil des torusähnlichen Raumes T ist deutlich sichtbar, wie auch die den Polarlichtern entsprechenden Niederschläge in den Polargegenden der Kugel.

Hier werden Kathodenstrahlen einer magnetisierten Kugel zugesendet, und zwar von einer Kathode in der magnetischen Äquatorebene der Kugel, und als innere Begrenzung der Lichtmasse sieht man deutlich einen Teil des torusartigen Raumes, von dem wir gesprochen haben. Man bemerkt ferner die dem Erscheinen von Nordlichtern und Südlichtern entsprechenden kräftigen Niederschläge in den Polargegenden der Kugel.

5. Betrachten wir nun auf Grundlage dieser Theorie die wahrgenommenen Echoerscheinungen.

Nehmen wir der Einfachheit halber an, daß die Konstante γ des Torusraumes T_γ nahe bei -1 liegt. Wir können sie dann nähernd gleich -1 wählen, und die Ausdehnung des Raumes ergibt sich dann aus der oben angegebenen Formel

$$d = (\sqrt{2} - 1) \sqrt{\frac{Me}{mv}} \text{ Zentimeter}$$

wo d der Abstand vom Mittelpunkt der Erde bis zum Schnittkreis der Fläche mit der magnetischen Äquatorebene ist.

Führt man hier $\sqrt{2} = 1,414$, $M = 8,4 \cdot 10^{25}$ ein, ergibt sich für Kathodenstrahlen mit $\frac{m}{e} v = 300$, daß

$$d = 2190000 \text{ km}$$

und für Betastrahlen mit $\frac{m}{e} v = 4000$

$$d = 600000 \text{ km.}$$

Mit Bezug auf den Weg der elektromagnetischen Wellen, ist die einfachste Annahme die, daß sie von der konkaven Seite der Begrenzungsfläche T in der Gegend der magnetischen Äquatorebene reflektiert werden. Sie durchlaufen dann die Wegstrecke $2d$ mit dem Aufwand von $\frac{2d}{c}$ Sekunden, wo c die Lichtgeschwindigkeit ist (Fig. 6).

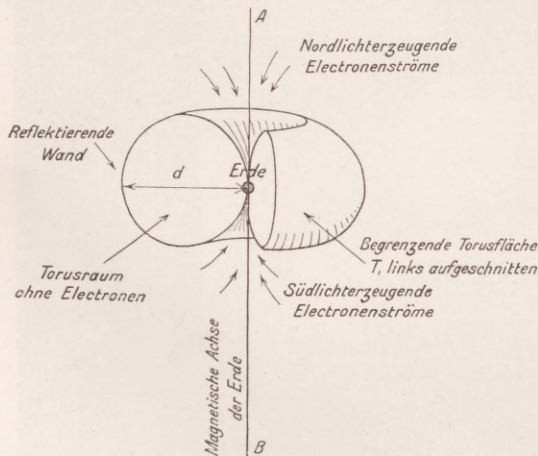


Fig. 6. Schematische Erklärung der Echophenomene.

Für Kathodenstrahlen mit $\frac{m}{e} v = 300$ erhält man dann eine Echozeit von 15 Sekunden, für Betastrahlen mit $\frac{m}{e} v = 4000$ eine Echozeit von 4 Sekunden.

Es wäre aber auch denkbar, daß die Wellen

einer mehrfachen Reflektion von den Wänden der Fläche T unterliegen und die Echozeit dadurch erhöht wird. Es wäre weiter denkbar, daß sie in der Nähe der magnetischen Äquatorebene hin- und zurückgeworfen und jedesmal, wenn sie zur Erde kommen, ein Echo geben, so daß wir von einem Zeichen mehrere Echos hintereinander hören können, so wie es ja auch beobachtet worden ist. Denkbar wäre es auch, daß sie, ehe sie zurückgeworfen werden, größere oder kleinere Strecken an der Torusfläche zurücklegen, in derselben Weise, wie die Wellen an der Kennelly-Heaviside-Schicht entlang gehen.

Vergleicht man die beobachteten und die berechneten Echozeiten miteinander, ersieht man, daß sie dieselbe Größenordnung haben. Daß die Echos so kräftig sein können, wie sie tatsächlich sind, erklärt sich aus der Gestalt der reflektierenden Wand der Fläche T in der Nähe der Äquatorebene, die als ein Hohlspiegel die Wellen zurück zur Erde konzentriert.

In Anbetracht der starken Schwankungen sowohl der Nordlichterscheinungen wie der magnetischen Perturbationen, sollte man annehmen, daß das magnetische Feld der Erde fortwährend von neuen Elektronenströmen durchströmt wird, deren Geschwindigkeit verschiedene, wahrscheinlich eine Reihe von diskreten Werten haben kann. Die jeder Geschwindigkeit entsprechende Fläche T hat dann eine bestimmte Dimension. Eine reflektierende Elektronenfläche kann dann in einem Augenblick entstehen, wieder verschwinden, eine neue kann in anderer Entfernung von der Erde entstehen und wiederum verschwinden, und so fort, und hieraus läßt sich dann erklären, daß die Echos nach stets wechselnden Echozeiten eintreffen.

Es ist wohl zu merken, daß das Eintreffen dieser Echos eine seltene Erscheinung ist. Damit das Phänomen beobachtet werden kann, muß eine Reihe von günstigen Bedingungen erfüllt werden. Die Wellenlänge muß eine günstige sein, und die Wellen müssen nach der richtigen Richtung und mit hinreichender Energie entsandt werden. Die Kennelly-Heaviside-Schicht muß sich von den Wellen, wenn sie ausgehen und wenn sie zurückkommen, durchdringen lassen, und die Schicht muß für die Beobachtung sowohl der Zeichen wie der Echos wohlgeeignet sein, und die atmosphärischen Störungen dürfen nicht zu stark sein. Auch muß der Empfänger empfindlich genug und zum Abhören richtig eingestellt sein.

Zuletzt muß, als etwas vom Wichtigsten, das Aussenden der Elektronenströme von der Sonne aus stattfinden und für das Bilden reflektierender Elektronenflächen günstig sein. Wie oben erwähnt, sind die Bedingungen gut, falls die Entsendung der Elektronenströme erfolgt, wenn die Richtung zur Sonne nahezu senkrecht auf der magnetischen Achse der Erde steht. Diese Achse ist ein Erddurchmesser, der die Erdoberfläche in einem Punkt N in der Nähe von Smiths Sund in Nordwestgrönland schneidet: Länge $68,6^\circ$ westlich von Greenwich und nördliche Breite $78,5^\circ$. Die

erwähnten Bedingungen lassen sich daher so ausdrücken, daß die beste Zeit in der Nähe des Sonnenaufganges und Sonnenunterganges in dem erwähnten Punkt *N* zu suchen ist.

Ein einfaches Rechenstück sagt uns nun, daß die Sonne von Ende Oktober bis Mitte Februar bei *N* dauernd unter dem Horizont steht, weshalb ich in einer Mitteilung vom 5. Januar 1929 in *Nature* voraussagte, daß die Echos bis Mitte Februar wahrscheinlich ausbleiben würden, und dies traf auch zu.

Alle diese Fragen werden sich wahrscheinlich besser beantworten lassen, sobald man zu Oszillogrammen der Erscheinung kommt. Es wäre wünschenswert, daß in gemeinschaftlicher internationaler Arbeit so viele Beobachtungen wie möglich eingesammelt würden. Man sollte es auch mit anderen Wellenlängen als 31,4 m versuchen und sollte Aussenderstationen wählen, die näher an der

magnetischen Äquatorebene, also in den Tropen liegen.

Von größtem Interesse wäre die Untersuchung der Erscheinung während des Auftretens von Polarlichtern und magnetischen Stürmen, da die Elektronenströme dann wahrscheinlich erheblich mächtiger sind.

Zusammenfassend kann man wohl sagen, daß wir es hier mit einer neuen Methode zu tun haben, um die Bewegung der Copuscularströme weit außerhalb der Erde erforschen zu können.

P.S. Nach einer Mitteilung von General FERRIÉ, Paris, sind eine ganze Menge von Echos vor, während und nach der Sonnenfinsternis am 9. Mai d. J. in Indochina gehört worden. Die Echozeit war sehr oft zwischen 15 und 30 Sekunden, und die Echos waren bisweilen sehr kräftig und oft mehrere Echos nach demselben Signal. Nähere Einzelheiten werden erst später erhalten.

C. STÖRMER.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *Zuschriften* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen 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.

Gewebewachstum und Strahlung.

Die an dieser Stelle (Naturwissenschaften 1929, H. 21) kürzlich erschienene Besprechung der Arbeiten von REITER und GABOR durch BĚLAŘ und HOUTERMANNs veranlaßt folgende Bemerkung:

In der Frage der von GURWITSCH zuerst beschriebenen mitogenetischen Zellstrahlung sucht man vergebens nach einer endgültigen Antwort, solange zur Prüfung der Strahlungswirkung kein besseres Objekt zur Verfügung steht, als das von GURWITSCH selbst angegebene. Die gegen seine Entdeckung sprechenden Nachprüfungen, besonders die von ROSSMANN durchgeführte, können in ihren wesentlichen Punkten nicht als entkräftet gelten und verdienen die größte Beachtung. Die Frage, ob die am Wurzelquerschnitt vorgenommene Zählung der Kernteilungen als biologischer Indikator für Strahlungseffekte benutzt werden darf, ist so unzureichend geklärt, daß allen Arbeiten, die von der Bejahung dieser Frage ausgehen, ausreichende Voraussetzungen fehlen.

Wie schwer diese zu schaffen sind, und wo wesentliche Schwierigkeiten liegen, geht auch daraus hervor, daß man bei einem ganz anderen als dem von GURWITSCH benutzten Ausgangsmaterial, nämlich bei dem von mir geführten Nachweis der Strahlungswirkung an Gewebekulturen¹ an der gleichen Schwierigkeit anlangt, über die bisher auch die Arbeiten von GURWITSCH nicht hinausgekommen sind.

Benutzt man den Größenzuwachs des Gewebestückes als Ausdruck für die gegebenen Wachstumsbedingungen, so findet man unter anderen Einflüssen, die von Bestandteilen des Nährbodens ausgehen, auch solche, die als Beeinflussung durch benachbart wachsende Kulturen und als Strahlungseffekte gedeutet werden müssen. Die Anordnung von Blenden zwischen benachbart wachsenden Gewebestücken ergibt je nach der Blendenstellung Strahlungswirkungen oder hebt diese auf. Nur solche Blenden, die geradlinige Strecken zwischen den Kulturen kreuzen, lassen die gegen-

seitige Beeinflussung der wachsenden Teile verschwinden. Daraus und aus Reflektionswirkungen, die mit Hilfe von Metallspiegeln erzielt werden, läßt sich schließen, daß es sich dabei nicht um Folgen des Stoffaustausches handeln kann. Die ohnehin großen Schwierigkeiten des Gewebezüchtens nehmen bei diesem Nachweis kaum überwindbares Ausmaß an. Darin und in der offenbar äußerst geringen Intensität der Strahlen, die sich auch aus den Arbeiten von GURWITSCH u. a. ergibt, scheint im wesentlichen ein Hindernis zu liegen für die weitere Auswertung des Befundes. Allerdings scheint fraglos nachweisbar ein Einfluß von Strahlungen, die während des Wachstums auftreten und auf das Wachstum (oder bei GURWITSCH auf die Zellteilung) begünstigend wirken. Aber das darüber Sichergestellte ist bei weitem nicht ausreichend zur Klärung aller zugehörigen Fragen, nicht einmal zur Klärung der wichtigen von diesen. Dazu wäre vielmehr erforderlich ein besser geeignetes Objekt als wachsende Wurzeln und Gewebekulturen es darstellen, oder Verbesserungen an diesen Objekten. Auch die Anwendung von Hefekulturen, von tierischen Embryonen und Teilen von solchen bedeutet keinen Gewinn, solange diese nur als Strahlungsquelle Verwendung finden, nicht etwa als feiner reagierende Indikatoren. Ob solche unter den schnell wachsenden tierischen oder menschlichen Neubildungen zu finden sind, bedarf der weiteren Prüfung¹. Untersuchungen der genannten Art als Aufgabe für den Biologen sind nur ein Teil der Arbeit, die eine Klärung der umstrittenen Fragen bringen könnte. Die als unerläßliche Ergänzung notwendigen physikalischen Untersuchungen haben bisher nur bemerkenswert geringe und teilweise widersprechende Ergebnisse gezeitigt. Sie alle haben nämlich die entscheidende Arbeit, den Nachweis der Strah-

¹ Anmerkung bei der Korrektur. Ebenso bleibt abzuwarten, ob die neuerdings von BARON (Naturwissenschaften 1929, H. 27) angegebene Methode zur Verwendung von Hefekulturen als „Detektor“ eine Änderung der geschilderten Sachlage bedeutet.

¹ Virchows Arch. 270 (1928).

lung mit anderen als biologischen Verfahren noch nicht geleistet. Diesen Nachweis wird man aber trotz der mutmaßlich geringen Intensität der Strahlung fordern müssen und ebenso weitere Untersuchungen über die Wellenlänge, ehe man den Nachweis der mitogenetischen Strahlen anderen Arbeiten zugrunde legt, wie das in wohl nicht ganz berechtigter Weise von GURWITSCH selbst, von SIEBERT u. a. geschehen ist. Die Frage der mitogenetischen Strahlen darf vorläufig nur als eine unvollständig beantwortete bezeichnet werden, die noch in wichtigen Punkten weiterer Klärung bedarf.

Greifswald, Pathologisches Institut der Universität,
den 22. Juni 1929. H. GUILLERY.

Der Einfluß des Großstadtdunstes auf das Strahlungsklima, insbesondere im Ultraviolett.

Die zur Erdoberfläche vordringende Sonnenstrahlung wird auf ihrem Wege durch die Atmosphäre geschwächt durch Beugung an den Luftmolekülen (nach RAYLEIGH proportional λ^{-4}), durch Absorption an Gasen insbesondere an Ozon im Ultraviolett und an Wasserdampf im Infrarot und durch diffuse Zerstreuung an Dunst- und Wasserpartikelchen (für kleine Teilchen etwa proportional λ^{-2}). Die Beugung und Zerstreuung erhöht gleichzeitig relativ zum Sonnenlichte die Helligkeit des Himmels. Zu den genannten überall wirkenden Komponenten tritt über der Großstadt die Absorption bzw. Zerstreuung des Lichtes durch die in der Luft schwebenden Rauch- und Staubteilchen sowie durch etwaige Gase. Quantitative Versuche über diesen Einfluß sind nicht bekannt.

Zur Prüfung der Rauchwirkung wurden im Laufe des Juni gleichzeitige Messungen im Zentrum Berlins (Nähe Stettiner Bahnhof) im Institut für Strahlenforschung und am Potsdamer Observatorium, das außer bei N- und ENE-Winden erfahrungsgemäß frei von Rauchstörungen ist, ausgeführt. Die benutzten

Apparaturen waren in den vorhergehenden Monaten aufeinander abgestimmt worden; es waren dies lichtelektrische Cadmium- und Kaliumzellen, mit denen elektrometrisch gemessen wurde, sowie Michelson-Aktinometer für die Wärmestrahlung der Sonne. Mit Hilfe von Uviol-Mattgläsern konnte auch die Himmels-helligkeit mit den Zellen gemessen werden. Die einzelnen für diese Versuche besonders geeigneten Spektralgebiete wurden mit Hilfe von Lichtfiltern ausgeblendet (ultraviolett um 310, 320 und 370 μ , blaugrün, gelb, rot-ultraviolett, dazu die gesamte Wärmestrahlung der Sonne).

Das Ergebnis der bisher vorliegenden Vergleichsversuche ist folgendes: Die direkte Sonnenstrahlung wird in allen untersuchten Spektralregionen insbesondere auch im UV. gleichmäßig um etwa 20% durch den Rauch und Dunst Berlins herabgedrückt. Die Himmels-helligkeit zeigt dagegen gleichfalls für alle untersuchten Komponenten die gleichen Werte an beiden Stationen. Diese überraschende Tatsache läßt wohl auf eine starke mit der Absorption verbundene Streu- und Reflexwirkung des Dunstes schließen. Die Messungen der Himmels-helligkeit bei bewölktem Himmel ergaben das gleiche.

Die vielfach verbreitete Ansicht, daß das Strahlungsklima der Großstadt besonders arm an physiologisch wirksamen Ultraviolett sei, bestätigt sich also nach diesen Versuchen nicht. Die Messungen und Registrierungen von Tagessummen der Sonnen- und Himmelsstrahlung für verschiedene Jahreszeiten haben begonnen.

Wir danken Herrn Professor FRIEDRICH für die Anregung zu dieser Arbeit und Herrn Geheimrat SÜRING, sowie der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft für die Bereitstellung der Mittel.

Berlin NW 6, Institut für Strahlenforschung der Universität, und Potsdam, Meteorologisches Observatorium, den 15. Juli 1929.

KONRAD BÜTTNER. ERIKA SUTTER.

Besprechungen.

FEIGE, E., *Die Haustierzonen der alten Welt.* (Petersmanns Mitteilungen. Ergänzungsheft Nr. 198.) Jena: J. Perthes 1928. 121 S. u. 1 Kartentaf. 19 × 28 cm. Preis RM 13.—.

Die Hauptaufgabe der Arbeit, eine Übersicht über die Verteilung der verschiedenen Haustierrassen in der alten Welt zu geben, beansprucht etwa $\frac{4}{5}$ des Gesamtumfanges für sich. Es werden Afrika, Asien, Europa der Reihe nach, im wesentlichen nach den politischen Grenzen unterteilt, abgehandelt, wobei die allgemeinen säugetiergeographischen Verhältnisse, die ökologischen Bedingtheiten und die speziellen wirtschaftlichen Verhältnisse der einzelnen Länder, vielfach durch genaue Zahlenangaben belegt, geschildert werden. Verf. berücksichtigt dabei weitgehend auch die historische und die kulturhistorische Entwicklung, wobei interessante Details zur Sprache kommen, und hat auch die Haustierarbeiten einschlägiger Richtung mitverarbeitet. Das Literaturverzeichnis umfaßt über 250 Nummern. Trägt die Arbeit somit wesentlich referierenden Charakter, so sind doch die Angaben vielfach zu originellen Schlüssen verarbeitet. In einem kurzen Abschnitt wird auch der Versuch gemacht, gewisse grundsätzliche Bedingungen für die verschiedene Verbreitung der „wirtschaftlichen Haustierkreise“ herauszufinden, und ein weiterer kurzer Abschnitt versucht, die „natürlichen Haustier- und Faunenkreise“ zu erfassen.

Zweifellos ist aber ein weiterer Hauptzweck der Arbeit, über die skizzierte Aufgabe hinaus auch in *biologischer* Hinsicht eine bestimmte Grundanschauung des Verf. zu belegen: die Ansicht von der überwiegenden Bedeutung „der Scholle“ für die Entstehung der Rasseeigentümlichkeiten der Haustiere, ebenso wie auch nach Verf. „für jede menschliche Kulturäußerung der Charakter der Landschaft sich als stärker erweist als alle historischen Reminiszenzen“. Wenn man dem Verf. folgt, so hat die Züchtung von Seiten des Menschen nur eine geringe Bedeutung für die Herausbildung der Haustierrassen gehabt. Diese sind vielmehr zum allergrößten Teil nur Wirkungen der Übertragung der Haustiere in fremde Verbreitungsgebiete. Sonstige Wirkungen des Domestikationszustandes — abgesehen von einem gewissen „Luxurieren“ — kommen für Verf. nicht in Frage. Daß hierdurch der „unklare Begriff der ‚Domestikationsreize‘ ersetzt“ wird durch „eine in ihren Wirkungen bekannte Größe“, scheint mir eine Selbsttäuschung zu sein. Denn meines Wissens besteht eine den Forderungen der heutigen Forschung entsprechende „Bekanntheit“ dieser *Wirkungen* nirgends. Die wenigen wirklich beobachteten Tatsachen an Haustieren, die in andere Umgebung versetzt wurden, dürften außerdem in der Hauptsache als Modifikationen zu deuten sein und sind zudem gering, gemessen an der Fülle der großen Abweichungen vom Wildtyp, die ein Überblick der Haustiereigentümlichkeiten zu

erkennen gestattet, und die zum großen Teil nur auf mutativer Basis entstanden zu denken sind. Nebenbei bemerkt, müßte man bei Wildtierarten, die in andere Klimate versetzt sind (Fuchs, Kaninchen nach Australien u. a. m.) dann ähnliche Abänderungen wie bei den Haustieren erwarten, aber auch hier sind diese Veränderungen minimal, gemessen an der Variabilität der Haustierrassen. Die wirklichen Ursachen andererseits, die bei der Übertragung in ein anderes Klima Wirkungen erzielen, kennen wir auch nur recht unvollkommen, und nur das eine können wir mit Bestimmtheit sagen, daß diese Milieuveränderungen wirken nur auf dem Wege über Änderungen des komplizierten physiologischen Betriebes innerhalb des Organismus. Das können andere Bedingungen der Domestikation aber ebensogut tun wie diese eine, welche der Verf. herausgreift. — Freilich wird der Verf. meinen, durch seine eigenen im letzten Kapitel seiner Arbeit wiedergegebenen Ansichten über die „geographische Beeinflussung der Pigmente“ Gesetzmäßigkeiten der Umgebungswirkungen nachgewiesen und damit wenigstens für die Rassemerkmale der Färbung eine solche „bekannte Größe“ gewonnen zu haben. Aber leider muß Ref. sagen, daß der aus diesem Schlußkapitel gewonnene Einblick in die biologische Methodik des Verf. dem Gesamteindruck der Arbeit nur Abtrag tun kann. Aus dem Pigmentschwund im Alter den „Grundsatz“ abzuleiten, daß „die Pigmente für gewisse Funktionen des Körpers lebenswichtig sind“, ist freilich „leicht“. Aber ob solch ein „Grundsatz“ für das physiologische Verständnis bestimmter Vorgänge von Bedeutung ist, ist eine andere Frage. Die Abhängigkeitsbeziehungen bestimmter Farbkleider von bestimmten Umgebungsarten sind auch nach den Ausführungen des Verf. derartig von Ausnahmen durchsetzt, daß man füglich von dem Versuch physiologische Abhängigkeitsgesetzmäßigkeiten aufzustellen Abstand nehmen sollte, bis ausgedehnte wirklich exakte Grundlagen über die physiologischen Beziehungen der Pigmente geschaffen sind, was allerdings auf den Wegen, wie sie dem Verf. vorschweben, kaum zu erlangen sein dürfte. Auf biologische Einzelheiten möchte Ref. lieber nicht weiter eingehen.

B. KLATT, Halle a. S.
KÜKENTHAL, W., Leitfaden für das zoologische Praktikum. 9. Aufl., bearbeitet von ERNST MATTHES. Jena: Gustav Fischer 1928. VIII, 360 S. und 178 Abbild. Preis geh. RM 12.—, geb. RM 13.50.

KÜKENTHALS Leitfaden war seit langem das einzige als Grundlage für den zoologischen Anfängerkurs in Betracht kommende Buch und erfüllte diese Aufgabe so gut, daß sein Fehlen in den letzten Jahren immer wieder peinlich empfunden wurde. Die vortreffliche neue Bearbeitung von MATTHES wird daher überall von Studenten und Lehrern freudig begrüßt werden. Der Text hat, besonders in den allgemeinen Übersichten, ein wesentlich moderneres Gesicht erhalten, und bei den Protozoen und Würmern sind einige wertvolle Abschnitte neu hinzugekommen. In mehreren Kapiteln, besonders bei Protozoen, Schwämmen und Coelenteraten, ist das Abbildungsmaterial wesentlich vervollkommenet, und das für seine Benutzung sehr angenehme Prinzip, die Figuren statt mit unten erläuterten Buchstaben mit ausgeschriebenen Bezeichnungen zu versehen, ist noch weiter ausgedehnt. Ganz besonders schön gelungen ist eine neue plastische Darstellung des Durchschnittes durch die Kiemendarmregion von Branchiostoma, welche wohl geeignet ist, die dem Anfänger immer wieder begegnenden Schwierigkeiten beim Verständnis der Organisation dieser wichtigen Form ein für allemal zu beheben. Mit dem gleichen Geschick wie

in der Einführung neuer Abbildungen ist MATTHES bei der Einsparung alter, besonders von Habitusbildern vorgegangen, die bei dem Zweck des Buches durchaus entbehrlich sind. Daher hat die Gesamtzahl der Figuren nur um vier zugenommen, obgleich die Vorrede 34 neue verzeichnet, die SEIFERT sehr schön ausgeführt hat. Sicher wird das Buch in der neuen Bearbeitung noch besser als bisher seine Aufgabe erfüllen, dem Studenten zur praktischen Erarbeitung der unentbehrlichen morphologischen Grundlage seines zoologischen Studiums zu verhelfen.

K. HENKE, Göttingen.
HENDEL, FR., Zweiflügler oder Diptera. II. Allgem. Teil. (FR. DAHL, Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meere nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise. 11. Teil.) Jena: Gustav Fischer 1928. 17 × 26 cm. 135 S. u. 224 Abb. im Text. Preis RM 8.—.

Die Abhandlung von HENDEL über die Zweiflügler bildet einen Teil von DAHL'S „Tierwelt Deutschlands“. Es liegen bereits eine ganze Reihe von gleichartigen Bearbeitungen anderer Gruppen vor. Das erste Kapitel von HENDEL'S Dipteren ist Erörterungen über das Thema Fliege und Mensch gewidmet. Daran schließt sich eine Angabe der wichtigsten Dipterologischen Literatur, und dann folgen systematische allgemeine Ausführungen, welche aber unerlässlich sind bei der Bestimmung der einheimischen Fliegenfauna. Die morphologischen Abschnitte des Buches behandeln eingehend Kopf, Brust, Hinterleib und die für die Bestimmung der Fliegen so ungemein wichtigen Beborstungsverhältnisse (Chaetotaxie). Bestimmungstabellen der Imagines der deutschen Dipterenfamilien werden ausführlich gebracht, ebenso wie ein Kapitel über die Hauptformen der Dipterenpuppen. Den Schluß bildet eine Bestimmungstabelle der Larven, die für die praktische Brauchbarkeit des Ganzen fast ebenso wichtig ist wie die Bestimmungstabelle für die Imagines. Im wesentlichen liegt ein Bestimmungsbuch vor, und das soll es seiner ganzen Auflage nach auch sein. Allgemeine biologische Erörterungen mußten deshalb zurücktreten. Wer sich mit physiologischen und ökologischen Studien befaßt, der weiß aber, wie außerordentlich dringend das Bedürfnis nach einwandfreien Bestimmungswerken der einheimischen Fauna ist. Das Erscheinen ist freudig zu begrüßen. Die Brauchbarkeit des Ganzen wird durch ein überaus reiches und vorzügliches Bildmaterial erhöht. Die Ausstattung kann mustergültig genannt werden.

ALBRECHT HASE, Berlin-Dahlem.
HANDSCHIN, EDUARD, Praktische Einführung in die Morphologie der Insekten. Ein Hilfsbuch für Lehrer, Studierende und Entomophile. (Sammlung naturwissenschaftlicher Praktika, Bd. 16.) Berlin: Gebr. Borntraeger 1928. V, 112 S., mit einem Atlas von 23 Tafeln. 16 × 24 cm. Preis RM 11.—.

Das Buch ist in erster Linie für praktische Unterrichtszwecke gedacht. Vom rein morphologischen Standpunkte aus wird der Insektenkörper behandelt. Von Abschnitt zu Abschnitt finden sich Hinweise, wie die einzelnen Präparate herzustellen sind. Nach einer kurzen Einleitung wird zunächst das Chitinskelett im allgemeinen behandelt, dann der Kopf und die Anhänge des Kopfes, und dieser Abschnitt nimmt einen guten Teil des Raumes ein. In einem weiteren Abschnitt wird die Brust mit ihren Anhängen behandelt, und das gleiche gilt betreffs des Hinterleibes und seinen mannigfachen Anhängen. Etwas sehr knapp, fast dürftig, ist der Abschnitt über das Endoskelett ausgefallen. Die tonerzeugenden Organe und die Stigmen werden in besonderen Abschnitten dargestellt. Als Hilfsbuch für praktische Anfangsübungen ist diese Morphologie wohl

brauchbar, zumal auch eine Reihe von Literaturhinweisen gegeben wird. Diese Literaturhinweise allerdings hätten zum Teil etwas sorgfältiger ausgewählt werden können. Der Atlas ist in einfachen Strichzeichnungen ausgeführt, und er unterstützt durch seine Anschaulichkeit den Text. Da das Buch auch für Insektenliebhaber (Entomophilen) bestimmt ist, und da es sich im wesentlichen mit den elementaren Dingen befassen will, so hätten die zahlreichen, vielfach völlig überflüssigen Fremdworte vermieden oder durch einen Anhang erklärt werden müssen. Auf Einzelheiten einzugehen, ist hier nicht möglich. Durch Raumersparnis im Druck hätte sich der Umfang um bald einen Druckbogen verringern lassen, oder man hätte auf dem verfügbaren Raum mehr Tatsächliches bringen können. Besondere Hinweise sind gegeben, wie man sich das Insektenmaterial selbst verschaffen kann.

ALBRECHT HASE, Berlin-Dahlem.

HARTMANN, M., **Praktikum der Protozoologie**. 5. erweiterte Aufl. VI, 181 S. und 136 teils farb. Textabb. Jena: Gustav Fischer 1928. 17 × 26 cm. Preis geh. RM 8.—, geb. RM 9,50.

Das HARTMANNsche Praktikum der Protozoologie ist so allgemein eingeführt, daß es kaum noch einer

Empfehlung bedarf. Es ist nicht nur als Leitfaden bei Kursen, sondern mit seinen ausführlichen Angaben über die notwendigen technischen Hilfsmittel und über die Beschaffung geeigneten Untersuchungsmaterials auch besonders zum Selbstunterricht vorzüglich geeignet. Den Bedürfnissen des auf sich selbst Angewiesenen trägt die neue Auflage noch in erhöhtem Maße dadurch Rechnung, daß die allgemeine Technik der Züchtung, Lebenduntersuchung, Fixierung und Färbung der Protozoen durch die Mitarbeit von K. BĚLAŘ eine sehr viel eingehendere Darstellung als bisher erfahren hat. Während sich das Buch ursprünglich auf die parasitischen Protozoen beschränkte, wurden schon in der 4. Auflage in dem Bestreben, möglichst in das Gesamtgebiet einzuführen, auch die freilebenden Protozoen in größerer Zahl berücksichtigt. Auf diesem Wege ist der Verf. weiterschritten, indem er noch *Amoeba proteus* und die Gattung *Euglypha*, von der sich manche Arten auf Agar leicht züchten lassen, neu aufgenommen hat. Zu den Parasiten ist das einfach zu beschaffende Mäusecoccid *Eimeria falciformis* hinzuge treten. Unter den neuen Figuren seien einige von BĚLAŘ stammende klare Mikrophotographien besonders hervorgehoben. E. REICHENOW, Hamburg.

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

In der Fachsitzung am 15. April 1929 erörterte Professor K. R. KUPFFER, Riga, die **natürliche Zugehörigkeit des ostbaltischen Gebietes**. Das Ostbaltikum wird im Norden und zum Teil auch im Westen durch die Ostsee und ihre Buchten begrenzt. Sein westliches Nachbarland ist Ostpreußen.

Im Osten und Süden hat es weder politische noch natürliche Grenzen. Der Vortragende nimmt als Ostgrenze eine unregelmäßige Linie an, die etwa im Meridian des Peipus-Sees verläuft. Wo diese Linie die Dina trifft beginnt die Südgrenze, die nach Westen das nördliche Litauen durchzieht. Während das Ostbaltikum von vielen Geographen als Randgebiet der großen russischen Tafel betrachtet wird, rechnen es andere zu Mitteleuropa, sogar zu Nordeuropa oder fassen es als Teil eines ostbaltisch-polnischen Grenzsaumes auf. Will man eine objektive Entscheidung treffen, so darf die politische, nationale und kulturelle Zugehörigkeit der Bevölkerung keine Rolle spielen. Vielmehr kommt nur die Verbreitung von Pflanzen und Tieren in Frage, und da die Tiere im wesentlichen auf die Pflanzen angewiesen sind, so bildet die Pflanzenverbreitung das empfindlichste Reagenz für die natürliche Beschaffenheit des Landes. Der Vortragende hat sich deshalb die Aufgabe gestellt, die Zugehörigkeit des Ostbaltikums auf Grund pflanzengeographischer Verhältnisse zu bestimmen. Eine floristische Eigenart in dem Sinne eines Endemismus gibt es fast gar nicht, da das Gebiet erst nach dem Rückzug der eiszeitlichen Gletscher, vor etwa 12000 Jahren für die Einwanderung von Pflanzen zugänglich wurde. Dagegen ist die floristische Übereinstimmung mit den Nachbarländern ein brauchbares Kriterium, wenn man durch Auszählung der einheimischen und eingebürgerten Pflanzen, jedoch unter Ausschluß der Kulturgewächse feststellt, wie viele Pflanzenarten das Ostbaltikum mit den einzelnen Nachbargebieten gemeinsam hat. Als solche Nachbargebiete kommen in Betracht 1. das nordostdeutsche Flachland, 2. die südlich angrenzenden Nachbarprovinzen von Zentral-Rußland, 3. Südschweden, 4. Südfinnland, 5. die östlich anschließenden Provinzen von Rußland. Diese statistische Methode liefert das Ergebnis, daß die floristische Übereinstimmung mit dem Westen

durchweg erheblich größer ist, als diejenige mit dem Osten, Norden und Süden. Es verdient auch Beachtung, daß die floristische Übereinstimmung mit Südschweden trotz der Trennung durch die Ostsee immer noch größer ist, als die mit dem direkt angrenzenden russischen Osten.

Im Ostbaltikum finden eine ganze Anzahl von Pflanzenarten ihre östliche Grenze, und eine große Schar solcher Verbreitungsgrenzen durchzieht das Land in nord-südlicher Richtung. Diese Grenzlinien liegen hier dichter aneinander gedrängt als weiter östlich und westlich. Es herrscht also sozusagen ein steileres floristisches Gefälle. Die Gründe dafür sind in erster Linie klimatischer Natur, denn auch die Januarisothermen, sowie die Isoamplituden weisen ebenfalls eine solche Zusammendrängung im Ostbaltikum auf. Es handelt sich eben um ein Übergangsbereich, das von Westen her stärker beeinflusst wird als von Osten. Mehrere Zugstraßen barometrischer Minima durchziehen das Gebiet von SW nach NO und die vorherrschenden SW-Winde begünstigen die Einflüsse des Westens, so daß die klimatischen Verhältnisse den mitteleuropäischen näher verwandt sind als den zentralrussischen.

Die Folgen der floristischen Übereinstimmung zeigen sich auch in der Tierwelt, doch sind die faunistischen Beziehungen nicht so deutlich ausgesprochen. Schließlich machen sich alle diese Einflüsse auch in der menschlichen Kultur geltend, so daß die kulturellen Zustände im Ostbaltikum dem Westen ähnlicher sind als dem Osten. Deshalb hat die germanische Kultur dort feste Wurzeln fassen können. Trotz aller Assimilierungsversuche von russischer Seite darf man daher die Hoffnung nicht aufgeben, daß die natürlichen Zusammenhänge sich wiederfinden werden.

Am 4. Mai 1929 hielt Professor W. v. POLETIKA, Berlin, früher Petersburg, einen Vortrag: **Die natürlichen Grundlagen der russischen Landwirtschaft**. Rußland gilt im allgemeinen als ein Agrarstaat, dessen natürliche Verhältnisse ihn in ganz besonderem Maße für den Ackerbau geeignet erscheinen lassen. Der Vortragende bezeichnet eine solche Anschauung als irrig, weil sie auf falschen Voraussetzungen beruht,

und er unternimmt es in ausführlichen Darlegungen diesen Irrtum zu widerlegen, wobei er vor allem auf die klimatischen Verhältnisse eingeht, weil das Klima in den Ebenen des russischen Eurasiens die Rolle des landschaftbildenden Faktors spielt, d. h. als Hauptelement der Landschaft zu betrachten ist. Zwei klimatische Faktoren gelangen hauptsächlich zur Auswirkung. Den ersten, von der Sonnenstrahlung abhängigen bezeichnet der Vortragende als solaren Klimafaktor, dessen Wirkungsgrad thermischer Natur ist und von der geographischen Breite abhängt. Den zweiten nennt er den atlantischen Klimafaktor. Er ist dynamischer Herkunft, wird durch die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre verursacht, und seine Wirkung wird nach Osten hin ziemlich schnell geringer. Unter dem gemeinsamen Einfluß dieser beiden Hauptklimafaktoren nehmen die Jahresmittel der Lufttemperatur nordwärts und ostwärts ab, und zwar schneller mit der Breite, wo der Gradient -0.5 bis -0.8 pro Breitengrad beträgt, als mit der Länge. Die niedrigste mittlere Jahrestemperatur von -20° findet man im Norden der sibirischen Tundra, auf den Neusibirischen Inseln und auf Nikolaus II.-Land. Die höchste Jahrestemperatur von $+20^{\circ}$ kommt in Turkestan nahe der afghanischen Grenze vor. Noch schärfer als im Jahresmittel sind die Temperaturunterschiede im Januar, in welchem der Breitengradgradient sein Maximum mit -1.44° in Ostsibirien erreicht, der Längengradgradient etwa -0.25 beträgt. Die größte Winterkälte treffen wir in Ostsibirien, wo in dem Gebiete von Werchojansk mit -76° (nach WILD) die tiefsten Temperaturen der Erde beobachtet wurden. Die höchsten Januartemperaturen kommen an der Grenze von Afghanistan ($+4^{\circ}$) und an der Batumküste ($+6^{\circ}$) vor.

Die Temperaturverhältnisse des Sommers sind viel ausgeglichener. Der Einfluß des solaren Klimafaktors ist geringer als im Winter. Gleichzeitig hat der atlantische Klimafaktor eine umgekehrte Wirkung, so daß die Sommertemperaturen nach Osten hin zunehmen. Den wärmsten Juli (35°) hat Kuschka in Turkestan an der afghanischen Grenze.

Zu diesen großen örtlichen Verschiedenheiten gesellen sich jene zeitlichen Schwankungen, die einen Maßstab für die Kontinentalität des Klimas abgeben. Die Jahresschwankungen erreichen bei Werchojansk 70° . Diese Eigentümlichkeiten des russischen Wärmehaushalts geben dem Klima den Charakter scharfer Gegensätzlichkeit.

Schaltet man bei Betrachtung der Niederschlagsverteilung die feuchten Grenzgebiete (Krim, Kaukasus, Pazifische Küste) aus, so zeigt sich eine Abnahme der Niederschlagsmengen nach Ostsibirien (< 200 mm) und nach Turkestan (< 100 mm). In Osteuropa haben wir eine niederschlagsreiche Gegend, welche der Vortragende als den atlantischen Keil der maximalen Niederschläge Eurasiens bezeichnet. Das Jahresmaximum der Niederschlagsmengen weist die Batumküste mit 2500 mm auf.

Der Klassifikation von L. BERG folgend, lassen sich in Rußland 5 Hauptklima- oder Landschaftszonen unterscheiden: 1. Das Tundrenklima. Lange kalte Winter, kurze kalte Sommer. Niederschlagsmenge < 200 mm. Der Boden enthält eine ewig gefrorene Schicht, welche während des Sommers im Sandboden bis zur Tiefe von $1,5$ m, im Torfboden nur bis 40 cm Tiefe schmilzt. Die Tundra ist waldlos, die Pflanzenwelt arm, der Boden sumpfig und zum Teil vertorft, Landwirtschaft daher unmöglich. 2. Das sibirische oder Tajgaklima, charakterisiert durch sehr strenge Winter

und verhältnismäßig warme Sommer. Die Januartemperatur beträgt am Kältepol bei Werchojansk -50° . Die Julitemperaturen liegen zwischen 10 und 20° , die Jahresschwankungen zwischen 24 und 70° . Der ewig gefrorene Boden taut bis in Tiefen von $3-5$ m auf. Die Niederschläge betragen $300-400$ mm im Jahr und fallen vorherrschend im Sommer. Die Pflanzenwelt besteht hauptsächlich aus Fichtenwald, dem einige Laubarten untermischt sind. Ackerbau ist überall möglich, aber wenig einträglich. Seine Grenzen liegen im Osten viel nördlicher als im Westen.

3. Das gemäßigte Klima der Laubwaldzone (Eichenklima). Es hat einen kleineren Kontinentalitätsgrad als das Tajgaklima; der Winter ist daher nicht so streng, und die Schneedecke hat überall eine bedeutende Stärke. Die Sommertemperatur liegt zwischen 15 und 22° . Die Niederschläge sind reichlich und betragen 500 mm im Jahr. Dieses Klima herrscht südlich der Linie Petersburg-Nischnij-Nowgorod bis zur Grenze des Waldsteppengebietes. Es umfaßt den Süden Westsibiriens, das Gebiet am Mittellauf des Amur, das Ussurigebiet und das Vorland des Kaukasus. Die vorherrschende Bodenart ist Podsol. Die Pflanzenwelt besteht hauptsächlich aus immergrünem Laubwald, in welchem Eichen den Hauptbestandteil bilden. In Westsibirien aber findet man keine einzige Eiche, ebensowenig Ahorn und Esche. Statt dieser Arten wachsen dort Birken. Die Eiche erscheint erst wieder im äußersten Osten, in dem Monsunklima, wo die Sommerregen überwiegen und die Jahresmenge der Niederschläge 600 mm übersteigt. Im Eichenklima wird überall Weizen- und Roggenkultur getrieben, namentlich die letztere. Im nordwestlichen Teil wird auch Hafer angebaut.

4. Das Steppenlima. Kühle Winter, milde und verhältnismäßig trockene Sommer mit Temperaturen zwischen 20 und $23,5^{\circ}$, relativer Feuchtigkeit zwischen 30 und 40% und Niederschlagsmengen von 200 bis 400 mm. Im Frühjahr und Sommer treten öfters monatelange Dürren auf, die von einem trockenen föhnartigen Winde, dem Ssuchowej, begleitet werden, der die relative Feuchtigkeit bis unter 15% hinabdrückt, die Lufttemperatur auf 40° steigern kann und mit Staubnebel und Staubfinsternis verbunden ist. Zwischen Wald- und Steppenzone liegt jene Windscheide, welche WOJKOFF als große Kontinentalachse bezeichnete. Nördlich von ihr herrschen südliche Winde, südlich von ihr in den Steppen hauptsächlich NNO- bis O-Winde. Die Schneedecke ist dick und beträgt im Durchschnitt 30 cm. Das Steppenlima herrscht im Süden des Europäischen Rußland, im nördlichen Teil der Kirgisensteppen und in einem Teil Transbaikaliens. Als Bodenarten überwiegen Schwarzerden, bei denen die Stärke der Humusschicht zwischen 120 und 65 cm schwankt. Die Pflanzenwelt zeigt Gras oder Buscharten, von denen in den eigentlichen Steppen das Pflanzengras eine große Rolle spielt. Da die Schwarzerden sehr fruchtbar sind, so wird die Steppenlandschaft als die „Kornkammer Rußlands“ bezeichnet, und in ihren nördlichen Gebieten, besonders im westlichen Teil der Waldsteppen, ist sie auch günstig für die intensiven Formen der Landwirtschaft. Die eigentlichen trockenen Steppen dagegen sind den schärfsten Klimaexzessen, insbesondere den Dürren ausgesetzt, so daß hier nur extensive Landwirtschaft betrieben werden kann. Eine Intensivierung der Landwirtschaft wäre unpraktisch, denn es gibt keine Garantien für eine beständige und höhere Erntennorm, keinen Schutz gegen die Erschöpfung der Steppen. Eine Wiederholung von Hungerkatastrophen, besonders bei den kleinen

Bauernwirtschaften, ist höchst wahrscheinlich, und es muß eine staatliche Sicherung der herrschenden Bauernwirtschaften gegen häufige Mißernten gefordert werden. Jedenfalls führt die Steppe den Namen „Kornkammer Rußlands“ zu Unrecht und bietet dem Reich als Agrarstaat keine sichere Unterlage für das Staatsbudget.

5. Das Wüstenklima. Niederschlagsmengen 70 bis 200 mm. Sommer sehr warm (25–35°), also heißer als in den Tropen (24–28°) und oft gänzlich regenlos. Winter kalt < 2°. Mitunter fällt stellenweise Schnee, der aber sofort schmilzt. Relative Feuchtigkeit im Sommer 25–50%. Bewölkung sehr gering; in Termes z. B. 202 heitere und nur 37 trübe Tage. Das Wüstenklima beherrscht die südlichen Teile der Kirgisensteppe und die Halbwüsten des Astrachangebietes. Turkestan ist ein Sonnenland und hat die größte Sonnenscheindauer, die 94% der möglichen beträgt. Da der fruchtbare Boden infolge des Regenmangels nicht ausgelaugt ist, so bestehen äußerst günstige Bedingungen für die Landwirtschaft sobald ausreichende künstliche Bewässerung vorhanden ist. Das Obst Turkestans, Weintrauben, Aprikosen und Melonen, sind durch ihre Süße berühmt. Überall sieht man Baumwollfelder, Weinberge, Obstgärten und Reisplantagen. Aber die Bewässerung ist sehr kostspielig, und der niedrige Stand der Volkskultur, die Abgeschlossenheit des Landes, die Verbreitung der Malaria und der Salzböden bieten Hindernisse, die nur ganz allmählich überwunden werden können.

Eine andere, für landwirtschaftliche Zwecke durchgeführte Einteilung Rußlands in Klimaprovinzen stammt von P. BROUNOFF, der zwei Hauptzonen unterscheidet, die nördlich und südlich der „BROUNOFFSchen Achse des transtropischen barometrischen Maximums“ liegen, welche ungefähr der Linie: Pyrenäen, mittlere Alpen, Südrußland (Mittellauf des Pruth nach Saratow), längs des 50. Breitengrades bis zum Baikalsee folgt. Es ist beinahe die gleiche Richtung wie WOELKOFFS „Große Kontinentachse“. Nördlich der Achse herrschen feuchte SO-Winde vor, südlich trockene NO- und O-Winde. Die BROUNOFFSche Achse, die mit der Isotherme von 22,5° und der Sommer-Isohyete von 150 mm zusammenfällt, ist die Mittellinie des Schwarzerdegebietes und trennt die Waldsteppe von der Grassteppezonen.

Der strenge und lange Winter ist ein Hauptmerkmal des russischen Klimas. Mit Ausnahme der Batumküste gibt es keinen Ort, dessen Temperaturminimum höher ist als – 20°. Der ganze kontinentale Teil Osteuropas, Turkestan und Sibirien haben mehr als 120 Frosttage im Jahre, Nordsibirien sogar bis 280.

Dieses Klimatelement ist besonders wichtig, denn es bestimmt die Vegetationsdauer und die Möglichkeit der Feldarbeit. Fast ganz Sibirien hat nicht mehr als 150 Vegetationstage, im äußersten Norden nur 70. An mehreren Tabellen wies der Vortragende die Abnahme der Vegetationsdauer mit der Zunahme des Kontinentalitätsgrades nach. Die landwirtschaftliche Bevölkerung Rußlands ist in Osteuropa mehr als 4 Monate, im Tajagebiete bis zu 8 Monaten an der Feldarbeit verhindert und somit gezwungen, einen entsprechend langen Winterschlaf zu halten oder anderen Gewerben nachzugehen. Sogar in den Gebieten, welche die für den Ackerbau günstigsten Klima- und Bodenverhältnisse aufweisen, nämlich in den Zentralgouvernements zwischen Dnjepr und Don, der uralten Wiege des russischen Ackerbaues, ist der Landwirt gezwungen ein halbes Jahr zu feiern.

Auf Grund einer älteren Statistik von D. MENDELEFF

leisten nur 27% der russischen Bevölkerung Arbeit. Die übrigen 73% haben ein geringes Einkommen und leben von den Spenden anderer. Von den 27% arbeitender Russen ist die Hälfte in der Landwirtschaft tätig, das sind etwa 20 Millionen von den 120 Millionen der heutigen Landbevölkerung, welche die Stadtbevölkerung erheblich überwiegt. Nur 17,7% der Russen wohnen in Städten, während in Deutschland die Stadtbevölkerung 70%, in England und Belgien sogar 75% beträgt.

Weitere große Schäden für die Landwirtschaft sind die Dürren, gegen welche der Vortragende rationelle Bearbeitung der Äcker und Schneemeliorationen empfiehlt, die Platzregen und Überschwemmungen, der ewig gefrorene Boden, Nachtfroste und andere Klimatexzesse. Die wirklich landwirtschaftlich benutzte Fläche betrug in Rußland 1,6 Hektar pro Kopf in der Zeit 1911–1913. Die Saatfläche umfaßte 1927 etwa 115 Millionen Hektar, also weniger als 1 Hektar auf den Kopf der Landbevölkerung.

Der Vortragende kommt zu dem Schluß, daß das Klima Rußlands, trotzdem es den Ackerbau in der Waldzone und den nördlichen Steppen gestattet, der Entwicklung der Landwirtschaft im großen und ganzen nicht günstig ist. In dem Klima liegt der Hauptgrund zur Lösung der Frage, warum in Rußland, einem, nach allen sozial-wirtschaftlichen Merkmalen ausgesprochenen Agrarstaat, bei äußerster Agrarüberbevölkerung die Saatfläche lediglich 5% des gesamten Staatsterritoriums beträgt. Es ist deshalb, besonders unter den jetzigen Verhältnissen mit 96% kleiner Bauernwirtschaften, nicht möglich, mit dem Ackerbau als alleinigen Faktor der künftigen wirtschaftlichen und kulturellen Entwicklung Rußlands zu rechnen. Die Macht des Naturfaktors und der niedrigen kulturell-ökonomischen Verhältnisse der russischen Landwirtschaft ist so groß, und die Richtung der mangelhaften organisatorischen Kräfte des Volkes bei der herrschenden Form der Wirtschaftspolitik ist so irrwegig, daß man an der Möglichkeit zweifeln muß, in naher Zukunft die Hindernisse der geographischen Lage und des Klimas zu beseitigen und eine wesentliche Änderung in dem heutigen Bilde der Verteilung der Agrelemente zugunsten des Menschen herbeizuführen. Es besteht keine Hoffnung für einen raschen Wiederaufbau der russischen Landwirtschaft, und eine Hebung der russischen Getreideausfuhr wird nicht möglich sein. Auf den Export muß auch die rasche Bevölkerungszunahme hemmend einwirken.

Nach Ansicht des Vortragenden ist für einen Fortschritt in Rußland der Übergang zu einer nicht kommunistischen differenzierten Landwirtschaft intensiverer Form und freier Hausindustrie notwendig. Ebenso notwendig wäre die Ausnutzung der Bodenschätze durch Entwicklung des Bergbaues, der Schwer- und der Verarbeitungsindustrie, ohne welche eine Hebung des Landwirtschaftssystems nicht möglich ist. Die Industrialisierung auf normaler Grundlage wäre eine der praktischsten Maßnahmen zur Bekämpfung der Agrarüberbevölkerung, die das größte sozial-ökonomische Übel des russischen Lebens war und als wichtigste Ursache der Revolution zu betrachten ist.

Die Ausführungen des Vortragenden deckten sich großenteils mit seinem Aufsatz „Klima und Landwirtschaft Rußlands“, welchen er in den, vom Reichsministerium für Ernährung und Landwirtschaft herausgegebenen Berichten über Landwirtschaft (N. F. IX, H. 4 [1929]) veröffentlicht hat, so daß der vorstehende Bericht zugleich als ein Referat über diese Arbeit betrachtet werden kann.

O. BASCHIN.

Astronomische Mitteilungen.

Zwei neue Kataloge von Radialgeschwindigkeiten. Auf dem Gebiete der Bestimmung von Radialgeschwindigkeiten der Sterne sind im vergangenen Jahre zwei größere Veröffentlichungen erschienen, die das in jahrzehntelanger Beobachtungsarbeit zusammengetragene Material der Allgemeinheit zugänglich machen, und von denen eine jede noch spezielle Untersuchungen auf diesem Teilgebiet der astronomischen Spektroskopie enthält. Die Licksternwarte teilt im Band 16 ihrer Publikationen die Radialgeschwindigkeiten aller Sterne mit, die heller sind als die Größe 5,51, und die Kapsternwarte veröffentlicht im Band 10, Teil 8 ihrer Annalen die radialen Geschwindigkeiten von 434 helleren Sternen der Spektralklassen A bis M sowie eine Bestimmung der Aberrationskonstanten und der Sonnenparallaxe auf spektroskopischem Wege.

An der Licksternwarte wurde mit der Bestimmung von radialen Geschwindigkeiten der Sterne im Jahre 1896 begonnen. Die Spektren wurden mit dem 36zölligen Refraktor in Verbindung mit dem Millsspektrographen erhalten, wobei je nach der Beschaffenheit der Spektrallinien ein oder drei Prismen zur Anwendung kamen. Da vom Mt. Hamilton der Südhimmel nur bis zu Deklinationen von etwa -30° beobachtet werden kann, wurde im Jahre 1903 eine Filiale in Santiago

stark bewegten Sterne nicht typisch für die Gesamtheit der untersuchten Sterne sind und Besonderheiten in ihren Bewegungen zeigen, und endlich eine größere Zahl von Sternen, die Mitglieder der Sterngruppen in Taurus, Perseus, Ursa Major, Plejaden, Orion und Scorpio-Centaurus sind, weil deren Radialgeschwindigkeiten infolge der gemeinsamen, einander parallelen Bewegung der einzelnen Sterne einer jeden Gruppe nicht unabhängig voneinander sind. Nach Ausschluß aller dieser Sterne bleiben für die weitere Untersuchung noch 2149 Sterne, die zwar nicht ganz gleichmäßig über den Himmel verteilt sind, deren Verteilung aber als zufriedenstellend für statistische Zwecke angesehen werden kann, und die das beste Material darstellen, das wir heute für solche Untersuchungen besitzen. In die Bedingungsgleichungen zur Bestimmung des Zielpunktes und der Größe der Sonnenbewegung wurde auch noch eine weitere Unbekannte K aufgenommen, die den Einfluß irgendwelcher nicht erfaßter systematischer Fehler oder sonstiger Besonderheiten der beobachteten Radialgeschwindigkeiten darstellen soll. Das Resultat der Untersuchung ist in der ersten Zeile der folgenden Zusammenstellung enthalten, die zum Vergleich auch noch frühere teils auch mit anderem Material ausgeführte Apexbestimmungen gibt.

	A	D	V_0 km/sec	K km/sec	Benutztes Material
LICK 1927	270.58	+ 29.24	19.65	+ 1.20	2149 Rad.-Geschw.
„ 1911	268.5	+ 25.1	19.5	+ 1.91	1193 „
„ 1901	277.5	+ 20.0	19.9	—	280 „
CHARLIER	269.3	+ 30.8	19.0	—	1986 Rad.-Geschw., 4182 E. B.
STRÖMBERG	272.1	+ 29.5	20.6	—	1026 räuml. Geschw.
WILSON	270.8	+ 27.1	19.0	—	2748 und 2305 Rad.-Geschw. und E. B.

gegründet, welche den Teil vom Südpol bis -30° Deklination beobachten sollte. Als Beobachtungsinstrument wurde hier ein Spiegel von 93 cm Öffnung und ein Spektrograph mit 1, 2 oder 3 Prismen verwendet. Die Filiale war ursprünglich nur für 2 Jahre vorgesehen, sie hat ihre Arbeiten jedoch bis in die Neuzeit hinein weitergeführt. In diesem Jahre wird sie von der katholischen Universität in Santiago übernommen werden. Durch die Zusammenarbeit der Licksternwarte mit ihrer südlichen Filiale ist im Laufe der Jahre ein außerordentlich wichtiges Beobachtungsmaterial gesammelt worden, das als sehr homogen und als weitgehend frei von größeren systematischen Fehlern betrachtet werden kann. Sein Wert wird noch ganz besonders dadurch gesteigert, daß es sich über den ganzen Himmel erstreckt.

Die Astronomen der Licksternwarte haben dann auch die erhaltenen Radialgeschwindigkeiten dazu benutzt, die Richtung und Größe der Bewegung der Sonne durch den Raum erneut abzuleiten. Für diese Untersuchung wurden dem Beobachtungsprogramm entsprechend alle Sterne bis zur Größe 5,50 verwendet, also nur die helleren Sterne oder im wesentlichen die Sterne in der Nachbarschaft der Sonne. Man wird aus diesem Material die Bewegung der Sonne relativ zum System der helleren Sterne aller Spektraltypen in ihrer näheren Umgebung finden. Von den ca. 2600 zur Verfügung stehenden Sternen sind eine größere Zahl bei der Untersuchung der Sonnenbewegung weggelassen worden. Es wurden alle spektroskopischen Doppelsterne ausgeschlossen, deren Systemgeschwindigkeiten nicht bekannt sind, ferner alle Sterne, deren radiale Geschwindigkeiten infolge der schlechten Definition ihrer Spektrallinien nur sehr unsicher bestimmt werden konnten, weiter alle Sterne, deren Radialgeschwindigkeiten größer als 60 km/sec sind, da diese

Unter A steht die Rektaszension, unter D die Deklination des Zielpunktes der Sonnenbewegung, V_0 ist die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Sonne durch den Raum bewegt, alles relativ zum System der bei der Bestimmung dieser Größen verwendeten Sterne. Auch die eben erwähnte Konstante K ist mit angeführt; sie sollte gleich Null sein, wenn die beobachteten Radialgeschwindigkeiten frei von Besonderheiten irgendwelcher Art wären. Der neue Wert von K ist zwar kleiner als der aus dem Jahre 1911, was auf die Anbringung von negativen systematischen Korrekturen an den beobachteten Radialgeschwindigkeiten von Sternen der späteren Spektralklassen zurückzuführen ist, er ist aber immer noch so groß, daß sich durch ihn deutlich die Existenz von Einflüssen zu erkennen gibt, deren Natur wir noch nicht eindeutig angeben können.

Bei früheren Untersuchungen hatte sich gezeigt, daß die Geschwindigkeit der Sonne V_0 relativ zu den Sternen der einzelnen Spektralklassen verschiedene Werte hat. Diese Erscheinung tritt in dem neuen Material auch wieder klar hervor. Die Konstante K variiert ebenfalls merklich für die einzelnen Spektraltypen und auch die von der Sonnenbewegung befreite, durchschnittliche Radialgeschwindigkeit der Sterne V_* ist verschieden für die Sterne verschiedener Spektralklassen, wie die folgende Zusammenstellung zeigt.

Spektral- typus	V_0 km/sec	K km/sec	V_* km/sec	Zahl der Sterne
Oe 5—B 5	22.7	+ 4.90	8.7	284
B 8—A 3	18.6	+ 1.68	9.9	500
A 5—F 4	19.7	+ 0.34	12.5	199
F 5—G 4	18.6	— 0.19	14.8	244
G 5—K 4	18.0	+ 0.28	15.3	687
K 5—Mb	22.1	+ 0.66	16.1	234

Es ist bemerkenswert, daß die Geschwindigkeit der Sonne ihren größten Wert erreicht in bezug auf die Sterne der Spektralklassen B und M. Die B-Sterne zeigen ferner einen großen Wert der Größe K , die auch bei den A-Sternen noch sehr merklich ist. Die durchschnittlichen Sternengeschwindigkeiten selbst sind am kleinsten bei den B-Sternen und nehmen nach den Sternen der Spektralklasse M hin regelmäßig zu.

Wenn wir nach den Ergebnissen der oben angeführten Apexbestimmungen für die Koordinaten des Zielpunktes der Sonnenbewegung die runden Zahlen $A = 270^\circ = 18^h$ und $D = +30^\circ$ annehmen und die Geschwindigkeit der Sonne mit rund 20 km/sec ansetzen, so kommen wir damit der Wahrheit sehr nahe, falls wir uns dabei bewußt sind, daß sich diese Daten auf die Bewegung der Sonne relativ zu den helleren Sternen aller Spektralklassen in ihrer näheren Umgebung beziehen.

Von den oben erwähnten spektrographischen Arbeiten der Kapsternwarte möge hier nur auf die Bestimmung der Aberrationskonstanten auf spektroskopischem Wege näher eingegangen werden. Diese für die Astronomie so wichtige Größe ist vielfach und auf verschiedene Weise aus rein astrometrischen Messungen bestimmt worden. Die Beobachtungen sind aber häufig durch systematische Fehler entstellt, deren Natur noch nicht aufgeklärt ist. Es ist deshalb sehr erwünscht, diese fundamentale Konstante auch auf einem anderen Wege abzuleiten.

Die Aberrationskonstante k ist bestimmt durch das Verhältnis der mittleren linearen Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn zur Lichtgeschwindigkeit c . Man kann die mittlere Erdgeschwindigkeit v_0 aus den Elementen der Erdbahn nach der Formel $v_0 = na \sec \varphi$ berechnen, wo n die mittlere tägliche Bewegung der Erde (in Winkelmaß), a die halbe große Achse und φ der sog. Exzentrizitätswinkel der Erdbahn ist. Dann ist also $k = \frac{v_0}{c}$. Dieses Verhältnis läßt sich aber spektro-

graphisch direkt beobachten, am einfachsten und sichersten indem man — wie zuerst KÜSTNER 1905 zeigte — die radiale Geschwindigkeit eines in der Nähe der Ekliptik stehenden Sternes um die Zeiten seiner Quadraturen mit der Sonne bestimmt. In diesen Zeiten bewegt sich die Erde entweder auf den Stern zu oder von ihm hinweg, und die in die Richtung nach dem Stern fallende Komponente der Erdgeschwindigkeit ist dann sehr nahe gleich der Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn. Der in dem Sternspektrum beobachtete Dopplereffekt gibt, abgesehen von dem Einfluß der Rotation der Erde, das Verhältnis der Summe oder Differenz der Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn und der Radialgeschwindigkeit des Sterns zur Lichtgeschwindigkeit. Aus den in zwei aufeinander folgenden Quadraturen gemachten Beobachtungen kann man dann $\frac{v_0}{c}$ und die Radialgeschwindigkeit des Sterns ab-

leiten, wenn diese sich in der Zwischenzeit nicht geändert hat, wenn der Stern also kein spektroskopischer Doppelstern ist. Der Vorteil dieser Methode besteht somit darin, daß die Beobachtungen unmittelbar das Verhältnis der mittleren Erdgeschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit, also die Aberrationskonstante, liefern frei von irgendwelchen mehr oder weniger fehlerhaften Bestimmungen anderer Größen, wie z. B. der Lichtgeschwindigkeit und des Äquatordadius der Erde.

Um diese spektroskopische Methode mit Erfolg anwenden zu können, ist es notwendig, die Erdgeschwindig-

keit sehr genau zu bestimmen. Man muß bei der Beobachtung also Spektrographen mit großer Dispersion verwenden. Am Kap diente zur Aufnahme der Sternspektre der 24 zöllige Victoriarefraktor in Verbindung mit einem 4-Prismenspektrographen. Die Dispersion ist nicht viel größer als die gewöhnlich mit 3 Prismen erzielte und beträgt bei $H\gamma$ 8.4 Å/mm. Zur Erreichung der größtmöglichen Genauigkeit in der Bestimmung des Dopplereffektes ist es ferner notwendig, nur solche Sterne zu beobachten, deren Spektre genügend viele und vor allem gut definierte Linien enthalten, also in der Hauptsache Sterne der späteren Spektralklassen.

An der Kapsternwarte ist nun zur Bestimmung der Aberrationskonstanten in der Zeit von 1906—1908 ein Programm von 7 Sternen und dann in den Jahren bis 1913 ein solches von 20 Sternen beobachtet worden, unter denen allerdings 3 mit langsam variabler Radialgeschwindigkeit sind. Aus diesen langen Beobachtungsreihen folgt als Wert der Aberrationskonstanten $k = 20''.475 \pm 0''.010$, ein Resultat, das also unabhängig ist von der Größe der Lichtgeschwindigkeit und des Äquatordadius der Erde.

Die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn ist nach der oben angegebenen Beziehung $v_0 = na \sec \varphi$ verknüpft mit der halben großen Achse der Erdbahn, also der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne. Für diese Größe führt man gewöhnlich die Sonnenparallaxe π_\odot ein, das ist der Winkel, unter welchem vom Sonnenmittelpunkt aus der Äquatordadius ϱ_0 der Erde erscheint. Es besteht somit eine enge Verknüpfung zwischen der Aberrationskonstanten und der Sonnenparallaxe, welche durch die Beziehung gegeben ist:

$$k'' \pi''_\odot = \frac{n'' \varrho_0 \sec \varphi}{86400 \text{ arc } 1'' c}$$

Benutzt man diese Relation, um π_\odot aus k abzuleiten, so wird — abgesehen von n'' und φ , welche beide als ausreichend bekannt anzusehen sind — der Wert von π_\odot außer vom Äquatordadius der Erde noch von der Lichtgeschwindigkeit abhängig sein.

Mit dem HAYFORDSchen Werte von ϱ_0 , der heute als der Wahrheit am nächsten kommend betrachtet wird, und der 1926 von MICHELSON gefundenen Lichtgeschwindigkeit 299796 km/sec erhält man folgende zusammengehörige Werte von Aberrationskonstanten und Sonnenparallaxe:

k	π_\odot	k	π_\odot
20''.465	8''.8075	20''.485	8''.7989
20.470	8.8054	20.490	8.7968
20.475	8.8032	20.495	8.7946
20.480	8.8011	20.500	8.7925

Dem an der Kapsternwarte gefundenen Werte 20''.475 für die Aberrationskonstante würde hiernach die Sonnenparallaxe 8''.803 entsprechen. Wie die Zahlen der vorstehenden Zusammenstellung erkennen lassen, findet man die Sonnenparallaxe auf ein halbes Hundertstel der Bogensekunde, wenn man die Aberrationskonstante auf ein Hundertstel Sekunde kennt. Diese Genauigkeit in der spektroskopischen Bestimmung der Aberrationskonstanten wird sich mit gewissen modernen Spektrographen großer Dispersion sehr wohl erreichen lassen, so daß wir auf dem Umwege über die Aberrationskonstante die Möglichkeit haben, die Sonnenparallaxe durch Beobachtungen von nur einem Ort an der Erdoberfläche aus mit einem sehr hohen Grade von Genauigkeit zu bestimmen.

OTTO KOHL.