

## Ungeordnete Bewegung und Mischung im Meere.

Von H. Thorade, Hamburg.

### I. Innere Reibung und Austausch.

Wenn eine seitlich unbegrenzte Strömung von gleichförmiger Tiefe über ebenen Grund hinwegfließt, so werden die bodennahen Schichten durch die Rauigkeit des Bodens am stärksten aufgehalten, aber sie wirken weiter bremsend auf die darüber befindlichen. Man kann zunächst etwa annehmen, daß jede wagerechte, sehr dünn gedachte Schicht sich als Ganzes bewegt, und daß der Vorgang mit der Bewegung eines Stoßes übereinander geschichteter dünner Tafeln zu vergleichen ist (*laminare Bewegung*). Aus Versuchen von *Poiseuille* (1840 bis 41) über den Durchfluß des Wassers durch enge Röhren kann man schließen, daß die untersten Teilchen am Boden haften, und daß die verzögernde Kraft einer Schicht auf die darüber liegende zum Geschwindigkeitsunterschiede proportional ist. Würde sich also auf einen kleinen Höhenunterschied  $dz$  die Geschwindigkeit um  $dv$  ändern, so kann man die von der Schicht auf die benachbarte ausgeübte Reibungskraft für 1 qcm Fläche zu  $P = \mu \frac{dv}{dz}$  ansetzen, wo  $\mu$  eine für jede Flüssigkeit festzustellende Konstante, der Reibungskoeffizient, ist. Er läßt sich deuten als diejenige Kraft, die aufträte, wenn die Schichten 1 cm dick wären und der Geschwindigkeitsunterschied benachbarter Schichten 1 cm/sec betrüge. Sein Wert beträgt für reines Wasser von 0° C  $\mu = 0,018$ , nimmt aber mit steigendem Salzgehalt, wie *Krümmel* und *Ruppin* feststellten (1907), langsam zu und mit steigender Temperatur schnell ab.

Auf Grund der laminaren Bewegung entwickelte *Zoopritz* (1878) eine Theorie der Meeresströmungen, indem er annahm, daß der Wind die oberste Wasserschicht mit sich schlepe und diese dann ihre Bewegung durch innere Reibung auf die darunter liegenden übertrüge; dies geschieht nach seiner Theorie in ähnlicher Weise, wie etwa die Erwärmung des Erdbodens durch Leitung von der Oberfläche in die Tiefe fortschreitet, und sie hat das Verdienst, grundsätzlich die Wirkung des Windes als Ursache von sog. Triftströmungen nachgewiesen zu haben. Aber seine zahlenmäßigen Ergebnisse widersprechen aller Erfahrung; müßte es doch z. B. allein über 2 Jahre dauern, ehe in 10 m Tiefe nur die halbe Oberflächengeschwindigkeit erreicht wäre!

Dies weist auf einen Fehler in den Voraussetzungen hin. In der Tat sind z. B. Strömungen

in Flüssen meistens von regellosen Wirbeln begleitet, und die Teilchen beschreiben nicht mehr einfache, annähernd geradlinige Bahnen (*turbulente Bewegung*). Von der Annahme turbulenter Bewegung ging namentlich *J. Boussinesq* (1877) aus bei der Untersuchung von Strömungen in offenen und geschlossenen Läufen, und *O. Reynolds* (1883) deckte den Zusammenhang zwischen der laminaren und turbulenten Bewegung auf, indem er durch Versuche an Strömungen in Röhren nachwies, daß die laminare Bewegung in die turbulente überzugehen strebt, sobald der Bruch  $\frac{u a \rho}{\mu}$  ( $u$  = mittlere Geschwindigkeit,  $a$  = Halbmesser des Rohres,  $\rho$  = Dichte), die „Reynoldssche Zahl“, einen gewissen Wert übersteigt. Die sehr zahlreichen seitdem im Interesse des Schiffbaus und der Luftschiffahrt, besonders auch neuerlich gemachten Untersuchungen dieses Gegenstandes gestatten leider keinen Schluß auf die ganz andersartigen ozeanischen Verhältnisse; da die linearen Ausmaße (das  $a$  der Reynoldsschen Zahl) hier sehr groß sind, so muß man erwarten, daß bereits bei ganz geringen Geschwindigkeiten  $u$  der kritische Wert erreicht wird, jenseits dessen die Bewegung turbulent wird.

Erst *F. Nansens* Polarfahrt (1893—96) brachte neue Anregung, indem sie *V. W. Ekman* veranlaßte, den Ursachen der Triftströme erneut theoretisch nachzugehen (1902, 1905, 1906) mit dem Ergebnis, daß u. a. die Windwirkung nur in beschränkte Tiefen reicht, dorthin aber schnell vordringt. Dies veränderte Bild erhielt *Ekman* dadurch, daß er über *Zoopritz* hinaus 1. auch die Wirkung der Erdrotation und 2. der Turbulenz berücksichtigte. Letztere läßt sich so ansehen, als ob durch die ungeordnete Wirbelbewegung zahlreiche Teilchen aus einer Schicht in die benachbarte eindringen und deren Teilchen antreiben; die Antriebe bestehen aus einem unregelmäßigen Anteil, der, über eine große Anzahl Teilchen addiert, verschwindet, und einem regelmäßigen, allen gemeinsamen, der aus der strömenden Bewegung der Ursprungsschicht stammt, und den sie auf die Nachbarschicht übertragen, ganz ähnlich wie die Molekulartheorie dies für die Molekeln annimmt, aus deren Wirkung sie die Poiseuille'sche Reibung ableitet. Nur ist jetzt die Übertragung von Schicht auf Schicht, in großem Maßstabe, eine viel lebhaftere und soll daher im folgenden nicht mehr Reibung, sondern Scheinrei-

bung oder, nach einem Vorschlage von *W. Schmidt* (1917), „Austausch“ genannt werden; die molekulare Reibung tritt dagegen völlig zurück. Da auch die Übertragung der Wärme, des Salzgehaltes usw. so gut wie allein auf dem Mischungsvorgange beruht, so sprach *W. Schmidt* (1917) die Ansicht aus, daß theoretisch dieselbe Austauschzahl  $A$  für scheinbare Reibung, Wärmeleitung und Diffusion gelten müßte; das steht im Gegensatz zu der Anschauung von *J. P. Jacobsen* (1913), der es für durchaus denkbar hält, daß eine Wassermasse etwa in ihre Ursprungsschicht zurückkehrt, ohne daß Temperatur und Salzgehalt sich völlig ausgetauscht haben, während ein Austausch der Bewegungsgröße sofort erfolgen muß, daß also der Austausch der Geschwindigkeit zahlenmäßig den der Temperatur und des Salzgehalts übertrifft.

Zwar können die unten aufgeführten Versuche, die Austauschzahl aus der Geschwindigkeit ( $A_v$ ), aus der Temperatur ( $A_T$ ) und aus dem Salzgehalt ( $A_S$ ) zu bestimmen, bei dem gegenwärtigen Stande der Forschung nicht viel mehr als eine Anschauung von der Größenordnung geben. Soviel ist jedoch von vornherein zu erwarten, daß die Wirbelbildung und damit der Austausch in homogenem Wasser sehr viel größer ist, als wenn das Wasser aus Schichten mit sprunghaft verschiedenem spezifischen Gewichte besteht. Das bewies schon *Ekman* grundsätzlich durch einen Versuch: Er bedeckte den Boden eines weiten zylindrischen Gefäßes mit Sand und schichtete darüber Wasserlagen verschiedenen spezifischen Gewichts; dann versetzte er das Gefäß in langsame Drehung und beobachtete, wie stark die Wasserschichten mitgenommen wurden. Derselbe Versuch wurde dann mit homogenem Wasser wiederholt. Beim ersten Versuche war die Übertragung gering, der „Reibungs“koeffizient stieg in 400 sec von 0,0155 auf 0,023, beim zweiten jedoch in etwa 100 sec von 0,051 auf 0,20, ein Beweis für die ungleich stärkere Turbulenz, während im ersten Falle die Wirbelbildung durch die Sprungschichten gehindert wurde.

## II. Austausch ( $A$ ) der Geschwindigkeit.

a) *Triftströme* (vom Winde erzeugte Ströme). Nach der Ekmanschen Theorie bewirken Erdrotation und Scheinreibung, daß in einer beschränkten Tiefe, der „Reibungstiefe“  $D$ , der Triftstrom so gut wie vollständig aufhört; diese Tiefe ist

$$D = \sqrt{\frac{A_v}{g \omega \sin \varphi}}$$

( $g$  = spez. Gewicht des Meerwassers,  $\omega$  = Winkelgeschwindigkeit der Erde,  $\varphi$  = geographische Breite). Es ist also möglich, aus Beobachtungen der Reibungstiefe die Austauschzahl  $A_v$  zu berechnen; nur sind Beobachtungen der Reibungstiefe noch recht spärlich. *Krümmel* gibt (1911)

<sup>1)</sup> Die Zahlenangaben gelten, soweit nichts anderes bemerkt, im  $c-g-s$ -System. Die Dimension des  $A_v$  ist  $[m l^{-1} t^{-1}]$ , also  $cm^{-1} g sec^{-1}$ .

in  $8^\circ$  N-Br. etwa 150 m als Mächtigkeit des Triftstromes an und findet  $A_v = 240-300$  egs etwa, d. i. viele Tausend mal so viel wie die innere Reibung. *W. Brennecke* (1921) beobachtete auf der Eistrift der „Deutschland“ im Weddellmeer  $D = 50$  m ungefähr, was auf  $A_v = 220^1$ ) führen würde; doch ist die Eistrift keine eigentliche Meeresströmung. Man kann jedoch auch auf einem Umwege zum Ziele kommen. *Ekman* bezeichnet, den tangentialen Druck des Windes auf die Wasseroberfläche mit  $T$  und findet dann, daß die Geschwindigkeit des Oberflächenstroms theoretisch

$$v = \frac{T}{\sqrt{2 A_v g \omega \sin \varphi}}$$

sein sollte. Aus den Beobachtungen *Nansens* leitete er  $v = 0,0127 w / \sqrt{\sin \varphi}$  ab ( $w$  = Windgeschwindigkeit in cm/sec, an Bord gemessen), eine Beziehung, die Verf. (1914) durch eine Untersuchung mehrerer Meeresströmungen in verschiedener geographischer Breite, aus denen sich für Windstärken über 3 Beaufort

$v = \frac{0,0126 w}{\sqrt{\sin \varphi}}$  ergab, bestätigen konnte. Andererseits gewinnt *Ekman* aus Beobachtungen über die Sturmflut in der Ostsee 1872 für den Winddruck die Beziehung  $T = 3,2 \cdot 10^{-6} w^2$ . Damit enthält die obige Formel, nachdem  $v$  eliminiert ist, nur noch die Unbekannte  $A_v$ , und es folgt für Windstärken von 3 Bft. an:

$$A_v = 4,3 \cdot 10^{-4} w^2.$$

Die Austauschzahl<sup>2)</sup> nimmt danach mit steigender Windstärke zu; sie würde bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von 500 cm/sec etwa  $A_v = 110$  sein. Bei einem Passat von 700 cm/sec wäre  $A_v = 210$ , was zu der Beobachtung *Krümmels* ungefähr stimmt. Doch ist die Formel  $T = 3,2 \cdot 10^{-6} w^2$  später angefochten worden, und auch  $v = \frac{0,0126 w}{\sqrt{\sin \varphi}}$  stellt nur ein Mittel von Beobachtungen dar, die im einzelnen vielfach stark abweichen; immerhin ist hinsichtlich der Größenordnung Übereinstimmung vorhanden. Was die Energie der ungeordneten Wirbel betrifft, so würde sie nach *W. Schmidt* ausreichen, die lebendige Kraft auch schneller Strömungen, sobald die treibende Kraft wegfällt, in wenigen Tagen aufzuzehren; sie ist, außer bei Sprungschichten, bedeutend größer als die Arbeit, welche die Teilchen gegen stabile Lagerung leisten müssen, damit es überhaupt zur Mischung kommt.

b) *Konvektionsströme*, d. i. durch Dichteunterschiede veranlaßte Ströme, nimmt *J. P. Jacobsen* (1913) zum Ausgang, indem er Beobachtungen des am Ausgange der Belte zum Kattgatt gelegenen Feuerschiffs „Schultz Grund“ verwertet. Hier dringt schweres, salzreiches Nordseewasser in der Tiefe in die Belte ein, während oben leichtes, ausgesüßtes Ostsee-

b) Die Konstante  $4,3 \cdot 10^{-4}$  hat die Dimension  $[m l^{-3} t]$ , also  $cm^{-3} g sec$ .

<sup>2)</sup> Die Konstante  $4,3 \cdot 10^{-4}$  hat die Dimension  $[m l^{-3} t]$ , also  $cm^{-3} g sec$ .

wasser hinausfließt. Im Mittel der über ein Jahr erstreckten Beobachtungen können die Verhältnisse als stationär angenommen werden; der Tangentialschub des Windes hebt sich dann im Jahresmittel wegen des Wechsels der Richtungen fast hinweg, so daß als treibende Kräfte nur die Druckwirkungen der verschiedenen Wassersäulen übrig bleiben; wenn die Bewegung stationär ist, so müssen diese gerade durch die Reibung wieder aufgehoben werden; denn wegen der Schmalheit der Rinne kann von Querströmungen abgesehen werden. Legt man die  $x$ -Achse eines Koordinatensystems in die Längsrichtung des Gewässers und die  $z$ -Achse von der Oberfläche senkrecht nach unten, so lassen sich, wenn noch  $p$  den Druck und  $g$  die Fallbeschleunigung bezeichnet, die Kräfte durch die Gleichung:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial z \partial x} = g \frac{\partial q}{\partial x}$$

ausdrücken, während die Bedingung stationärer Verhältnisse aus

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left( A_v \frac{\partial (q v)}{\partial z} \right)^3$$

führt. Indem *Jacobsen* zwischen beiden Gleichungen  $p$  eliminiert und für die Berechnung der Dichte  $q$  fünfjährige Beobachtungen des Salzgehalts und der Temperatur verwendet, gewinnt er als wahrscheinlichste Werte für  $A_v$  die folgenden:

Tiefe in m	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0
$A_v$	3,1	3,1	2,7	2,2	1,9	3,8,

Werte, die unter sich in Anbetracht der Schichtungsverhältnisse erträglich stimmen, und die bei einem Vergleiche mit den unter a) aufgezählten, in mehr homogenem Wasser gültigen, zeigen, wie sehr die Schichtung des Wassers die Größenordnung des Austausches herabsetzt, indem sie wenig mehr als den hundertsten Teil ausmachen.

c) *Gezeitenströme*. Die kosmischen Gezeitenkräfte würden in einem reibungsfreien Meere allen Wasserteilchen an einer beliebigen Stelle von der Oberfläche bis zum Grunde dieselbe hin- und herflutende Bewegung erteilen. Wenn also die Bewegung in der Tiefe eine andere ist als an der Oberfläche, so wird dies an den Reibungskräften liegen, und diese können aus der Verschiedenheit der Strömungen oben und unten ermittelt werden. Der Unterschied äußert sich nun einmal in einem geringeren Ausmaß der Bewegung unten (Dämpfung der Amplitude) und dann in einem Gangunterschied (Phasenverschiebung), indem der Strom unten zu einer anderen Zeit kentert als oben. *Jacobsen* berechnet (1913) aus diesen Verschiedenheiten folgende Werte für  $A_v$ :

<sup>3)</sup> *Jacobsen* setzt  $A_v$  statt des bisherigen  $A_1/q$ , so daß also bei ihm  $A_v$  (und ebenso unten  $A_g$  und  $A_S$ , übrigens auch bei *Gehrke* und *McEwen*) die Dimension  $\text{cm}^2 \text{sec}^{-1}$  hat. Da aber  $q$  für Seewasser fast = 1 ist, so ist dieser Unterschied unerheblich, und die verschiedenen  $A$  sind vergleichbare Werte.

Aus:	Amplitude	Phase
Feuerschiff Anholt Knob $A_v =$	11,4	5,6
FeuerschiffSchultz'Grund $A_v =$	1,41	0,29

Die Verschiedenheit der Werte deutet an, daß die einfache Anwendung der Gesetze der gedämpften Schwingungen auf die Frage der Gezeitenströme kaum mehr ist als eine rohe Annäherung. Indessen bestätigen sie die schon oben gefundene starke Verminderung der Wirbelbildung in geschichtetem Wasser gegenüber homogenem.

### III. Austausch ( $A_g$ ) der Temperatur.

*J. Gehrke* (1909) hat wohl zuerst versucht, auf Grund der Vorstellung von der Mischung zu wenigstens qualitativen Ergebnissen zu gelangen. Auch hier bildet die in der theoretischen Physik wohlbekannte Gleichung der Wärmeleitung

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( k \frac{\partial \vartheta}{\partial z} \right)$$

( $\vartheta$  = Temperatur,  $k$  = Temperaturleitkoeffizient) den Ausgangspunkt, nur tritt an die Stelle der Leitfähigkeit jetzt eine bedeutend größere Zahl, die hier  $A_g$  heißen soll. Aus Beobachtungen im Finnischen Meerbusen schloß er, daß der Austausch in verschiedener Tiefe verschieden groß ist und außerdem von der Jahreszeit abhängt. In einer späteren Abhandlung (1913) findet er an der Oberfläche des Bornholmtiefs  $A_g = 13$ , in 10 m Tiefe  $A_g = 6$ .

Die Temperatur steht auch im Mittelpunkt ausgedehnter Untersuchungen *W. Schmidts* (1917); danach pflanzen sich plötzliche oberflächliche Temperaturänderungen durch Austausch sehr schnell in die Tiefe fort. Bei einem  $A_g = 100$ , das allerdings, wie sich unten zeigen wird, ziemlich hoch gegriffen ist, berechnet er, daß z. B.  $\frac{1}{2}$  der oberflächlichen Änderung nach einer Stunde bereits in 4 m Tiefe, nach einem Tage in 20 m Tiefe angetroffen würden. (Übrigens würde das gleiche von Stromgeschwindigkeiten gelten, im Gegensatz zu den oben erwähnten Anschauungen von *Zoeppritz*.) Dadurch würden sich z. B. auffällige Temperaturschwankungen, wie sie die Planktonexpedition in oberflächennahen Schichten der Sargassosee fand, aus verhältnismäßig geringen Änderungen an der Oberfläche zwanglos erklären lassen. Eine lehrreiche Anwendung macht *Schmidt* auf die Temperaturen in sehr großer Tiefe. Die Theorie hat gezeigt, daß beim Mischen ohne äußere Wärmezufuhr die Temperatur, wenn sie auch unter der Meeresoberfläche zuerst abnimmt, nach dem Boden hin wieder wachsen muß (adiabatisches Gefälle), ähnlich wie dies im Luftmeere der Fall ist; doch ist die Zunahme wegen der geringen Zusammendrückbarkeit des Wassers viel kleiner und nur in sehr großen Tiefen wahrnehmbar. Beobachtungen haben nun gelegentlich eine stärkere Zunahme gezeigt, als die Theorie sie fordert, und man erklärt dies durch Wärmezufuhr aus dem Erdkörper,

deren Maß bekannt ist und damit eine Berechnung der Austauschzahl gestattet. So findet *Schmidt* für den Philippinengraben  $A_g = 3,2$ , für den Neupommerngraben  $A_g = 2,0$  als Durchschnittswert der Bodenschichten von etwa 5000 m Tiefe ab. Dies spricht für Mischungsvorgänge in diesen Gräben, die von ähnlichem Betrage sind, wie sie sich aus der Beobachtung einer Sprungschicht in der Adria ergaben, nämlich  $A_g = 2,5$ , also immerhin merkliche Größen, während die gewöhnliche Leitfähigkeit des Wassers nur 0,0013 etwa ist. Auch in diesen großen Tiefen herrscht danach keine Ruhe.

Für die oberen Wasserschichten läßt sich  $A_g$  aus dem täglichen und jährlichen Gange der Temperatur ermitteln, die beide in der Art gedämpfter Schwingungen, also mit Abnahme der Amplitude und mit Phasenverzögerung in die Tiefe eindringen. Beobachtungen *Knotts* im Mittelmeer über die Tagesschwankung der Temperatur in verschiedenen Tiefen liefern nach *Schmidt*  $A_g = 42$ , während Angaben von *Knipowitsch* über die Jahresschwankung im Motowskijfjorde (Murmanküste) auf  $A_g = 250-300$  (aus der Amplitude) und auf  $A_g = 280$  (aus der Phase) führen. Es bleibt abzuwarten, ob diese hohen Werte sich bestätigen, zumal es schwer ist, zu beurteilen, ob noch andere Umstände als die von der Oberfläche ausgehende Erwärmung bei der Wärmeverteilung mitgewirkt haben.

*McEwen* (1918) hat versucht, die einzelnen Ursachen der Wärmeverteilung im Meere, getrennt voneinander, mathematisch zu erfassen, und die Formeln mit gutem Erfolge, besonders an Beobachtungen aus den kalifornischen Gewässern, geprüft. Er entwickelt zuerst eine Formel zur Berechnung der verschiedenen Monatsmittel an irgendeinem Orte zwischen 30° und 40° nördlicher Breite, soweit die Temperatur auf Sonnenstrahlung allein beruht. Zweitens wird der Wärmetransport durch wagerechte Strömungen mathematisch ausgedrückt und dieser Ausdruck durch das Verhalten des Kalifornischen und Kanarenstroms bestätigt. Endlich wird der Einfluß senkrechter Strömungen berechnet, die gerade an der kalifornischen Küste eine große Rolle spielen, indem die Oberflächenströmung das Wasser so stark von der Küste fortzieht, daß zum Ersatze kaltes Wasser aus der Tiefe aufsteigt („Auftrieb“). Unter Berücksichtigung aller dieser Umstände wird übrigens die Schlußformel äußerst verwickelt. Die Beobachtungen über die Jahresschwankung und den Jahresgang in der Tiefe führen auf  $A_g = 30$ .

IV. Austausch ( $A_S$ ) des Salzgehalts.

Mit dem letzten Werte  $A_g = 30$  stimmt recht gut der aus der Schwankung des Salzgehalts in demselben Gebiete von *McEwen* berechnete  $A_S = 41$ ; auch die Abnahme der jährlichen Salzgehaltsschwankung mit der Tiefe, wie sie *Knipowitsch* an der Murmanküste beobachtete, liefert nach

*W. Schmidt*  $A_S = 40$ , wobei freilich wohl noch andere Ursachen mitsprechen.

Besonders eingehend hat *J. P. Jacobsen* (1913, 1915 und 1918) die Frage des Salzgehaltsaustausches behandelt, doch handelt es sich um Beobachtungen aus dem Kattegatt, aus dem Trangisvaagfjord (Färöer) und dem Randersfjord (Jütland), also stets mehr oder weniger um geschichtetes Wasser, wo kleine  $A_S$  zu erwarten sind. Bezeichnet man den Salzgehalt mit  $S$ , so ist, wenn die Bezeichnungen wie oben, S. 1003, gewählt werden,  $A_S$  zu berechnen durch Integration der Gleichung:

$$\frac{\partial}{\partial z} \left( A_S \frac{\partial S}{\partial z} \right) = v \frac{\partial S}{\partial x}$$

So erhält *Jacobsen* für das Feuerschiff *Schultz'* Grund:

Tiefe	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0 m
$A_S =$	0,3	0,4	0,18	0,05	0,04	0,20, wogegen
$A_v =$	3,1	3,1	2,7	2,2	1,9	3,8 war.

Der ähnliche Gang von  $A_S$  und  $A_v$  scheint dafür zu sprechen, daß die Werte in gewissem Grade verläßlich sind, daß also hier  $A_S$  viel kleiner ist als  $A_v$  (vgl. die Erklärung S. 1002). Dasselbe Ergebnis, das der (S. 1002) Ansicht *Schmidts* widerspricht, es sei  $A_v = A_g = A_S$ , hat *Jacobsens* Auswertung der Beobachtungen im Randersfjord, durch:

Tiefe:	1	2	3 m
$A_S =$	0,6	0,5	0,4
$A_v =$	(3,5)	2,5	2,6

Etwas größer findet er  $A_S$  im Trangisvaagfjord, wo allerdings die Schichtung weniger ausgesprochen ist als im Kattegatt: Aus zwei Berechnungen folgt beide Male  $A_S = 8$ , also von höherer Größenordnung.

V. Übersicht. Folgerungen.

Der vorstehende Bericht, der keine vollständige Aufzählung bieten, sondern nur die wichtigsten Versuche, die Mischungsvorgänge zahlenmäßig zu erfassen, darstellen will, führte auf folgende Werte:

1. $A_v$	
Aquatorialstrom ( <i>Krümmel</i> )	240-300
Weddellsee ( <i>Brennecke</i> )	220
Nordpolarbecken ( <i>Nansen-Ekman</i> )	} 5 m/sec Wind ... 1;0
Verschiedene Strömungen ( <i>Thorade</i> )	
Kattegatt, Konvektionsstrom	} <i>Jacobsen</i> { ..... 1,9-3,8
Kattegatt, Gezeitenstrom	
2. $A_g$	
Bornholmtief ( <i>Gehrcke</i> )	6-13
Neupommern-, Philippinengraben ( <i>Schmidt</i> )	2,0-3,2
Adria, Sprungschicht ( <i>Schmidt</i> )	2,5
Mittelmeer, Tagesschwankung ( <i>Schmidt</i> )	42
Motowskijfjord, Jahresschwankung ( <i>Schmidt</i> )	250-300, 280
Kalifornische Gewässer, Jahresgang ( <i>McEwen</i> )	30

3.  $A_S$

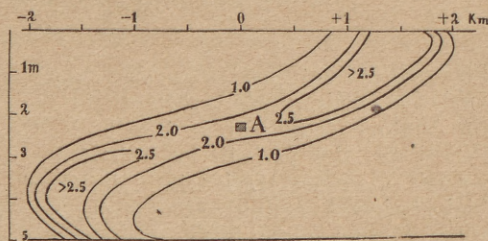
Kalifornische Gewässer, Jahresgang (McEwen)	41
Murmanküste (Schmidt).....	40
Kattegat	} ..... 0,04—0,4
Randersfjord	
Trangisvaagfjord	
	(Jacobsen)..... 0,4—0,6
	..... 8

Es ist nicht zu verkennen, daß die Werte noch weit auseinandergehen, und daß es noch mancher Beobachtungen bedürfen wird, ehe der Austausch in seiner Abhängigkeit von verschiedenen Begleitumständen klar erkannt wird, wenn auch zweierlei wohl schon aus der obigen Aufstellung mit Sicherheit hervorgeht: der außerordentliche Einfluß der Schichtung des Wassers und die, wenigstens oft, stärkere Übertragung der Bewegung gegenüber Temperatur und Salzgehalt. Man darf dabei nicht vergessen, daß die  $A$  nicht streng miteinander vergleichbar sind, da sie Mittelwerte ganz verschieden starker Schichten, unter verschiedenen Umständen genommen, darstellen.

Von welcher weittragender Bedeutung die ungeordneten Bewegungen sind, das zeigen die Folgerungen, die Jacobsen aus den unter sich ziemlich gut stimmenden  $A_S$  im Trangisvaagfjord und im Randersfjord zieht. Er sucht zunächst den Begriff der Mischung konkreter zu fassen, was freilich nur mittels einer Annahme gelingt, einer Annahme allerdings, die dem aus der Molekulartheorie bekannten Maxwell'schen Verteilungsgesetze entspricht und daher eine ähnliche Berechtigung hat: Das Wasser sei geschichtet, und die Abstände der Mitte der Schichten von einer beliebigen Fläche, etwa der Mitte einer Anfangsschicht, mit  $z$  bezeichnet. Ferner heiße  $q$  derjenige Teil eines Kubikzentimeters Wasser, der anfangs in der um  $z$  entfernten Schicht war und nach 1 Sekunde in 1 ccm der Anfangsschicht eingedrungen ist. Hierfür wird die Annahme gemacht:

$$q = k(1 + \beta z)e^{-\alpha^2 z^2}$$

wo  $k$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$  noch zu bestimmende Faktoren sind. Der Faktor  $(1 + \beta z)$  ist wegen der Strömungen des Wassers notwendig. Alsdann ergibt sich  $k = \frac{1}{\sqrt{4\pi A_S}}$ ;  $\beta$  und  $\alpha$  lassen sich aus  $k$  berechnen, und damit ergibt sich  $q$ , das sich also berechnen läßt, wenn man  $A_S$  kennt. Z. B. möge im Trangisvaagfjord eine 1 m dicke Wasserschicht gleichförmig mit Fischlaich durchsetzt sein; dann würde in ihr nach etwa 2½ Stunden nur noch  $\frac{1}{10}$  der anfänglichen Dichte anzutreffen sein, während  $\frac{1}{20}$  sich in einer 5 m entfernten Schicht vorfindet usw. Sollten Organismen auf diese Weise den Boden oder die Oberfläche erreichen, so werden sie von dort wieder zurückwandern, gewissermaßen spiegelnd zurückgeworfen werden. Für den Randersfjord, aus dem oberflächlich leichtes Wasser ausströmt, während in der Tiefe schweres Wasser eindringt, entwirft Jacobsen nachstehendes Bild.



Verbreitung von Planktonorganismen durch Strom und Vermischung im Randersfjord, berechnet für 6 Stunden. Die Figur stellt einen Längsschnitt durch den Fjord dar.  $A$  bezeichnet den Platz der Organismen vor der Verbreitung, die Kurven die Grenzen der Gebiete, wo die Dichtigkeit der Organismen nach der Verbreitung 2,5, 2,0 und 1,0 ‰ der ursprünglichen Dichte bei  $A$  beträgt. Bei  $A$  selbst bleiben nur 2,2 ‰ zurück.

Die in einer bestimmten Schicht vorhandenen Organismen verbreiten sich also selbst bei der geringen Mischungsintensität im Fjord ( $A_S = 0,3—0,6$ ) durch die anderen Schichten hin und werden dann von den Strömen in verschiedener Richtung bewegt. Zukünftige Beobachtungen werden den Beweis zu erbringen haben, wieweit sich diese aus den Mischungsvorgängen abgeleitete Theorie Jacobsens bestätigt.

Literatur.

Poiseuille, Recherches expérimentales usw. Comptes rendus 11, 12, 1840/41.  
 K. Zoeppritz, Hydrodynamische Probleme in Beziehung zur Theorie der Meeresströmungen. Ann. d. Phys. 1878, III, Ann. d. Hydr. 1878.  
 J. Boussinesq, Essai sur la théorie des eaux courantes. Mém. Sav. Etr. 23, 24, Sciences math. et phys., Paris 1877.  
 O. Reynolds, An experimental investigation . . . Phil. Trans., London 1883.  
 F. Nansen, The oceanography of the North Polar Basin. The Norw. North Polar Exped. 1893—96, Scient. results III, London 1902.  
 V. W. Ekman, On the influence of the earth's rotation on ocean currents. Arkiv Mat. Astr. Fys. 2, 11; K. Svenska Vet. Ak., Stockholm 1905.  
 — Beiträge zur Theorie der Meeresströmungen. Ann. d. Hydr. 1906.  
 O. Krümmel, Handbuch der Ozeanographie, II. Aufl., Stuttgart 1907 u. 1911.  
 J. Gehrke, Beitrag zur Hydrographie des Finnischen Meerbusens. Finn. Hyd. Biol. Unt. III, Helsingfors 1909.  
 — Om vertikale Varmestrømme i Havet. Kopenhagen 1912, zit. b. Jacobsen.  
 H. Thorade, Die Geschwindigkeit von Triftströmungen und die Ekmansche Theorie. Ann. d. Hydr. 1914.  
 J. P. Jacobsen, Beitrag zur Hydrographie der dänischen Gewässer. Medd. Komm. Havundersøgelser, Serie Hydrogr. Bd. II, Nr. 2, Kopenhagen 1913.  
 — Hydrographical investigations in Faeroe waters. Ebenda Nr. 4, Kopenhagen 1915.  
 — Hydrograph. Untersuch. in Randersfjord, ebenda Nr. 7, Kopenhagen 1918.  
 W. Schmidt, Wirkungen der ungeordneten Bewegung im Wasser der Meere und Seen. Ann. d. Hydr. 1917.  
 McEwen, Ocean temperatures, their relation to solar radiation and oceanic circulation. Scripps Instit., Univ. of California, 1918.  
 W. Brennecke, Die ozeanographischen Arbeiten der Deutschen Antarktischen Expedition 1911—1912. A. d. Archiv d. Deutschen Seewarte, Hamburg 1921.

## Über die Aufgabe des Gesanges im Leben der Vögel.

Von Fritz Braun, Danzig-Langfuhr.

Im April/Juliheft des laufenden Jahrgangs des Journals für Ornithologie veröffentlicht der Freiburger Anatom H. Böker eine Arbeit „der Gesang der Vögel und der periodische Ablauf der Spermiogenese“, die einen Markstein in der Geschichte der biologischen Anatomie bedeuten dürfte. Wird doch von B. zum ersten Male versucht, den anatomischen Veränderungen nachzugehen, welche mit den einzelnen Abschnitten in der Entwicklung des Vogelliedes zeitlich zusammenfallen. Von welcher Tragweite das ist, braucht nicht weit-schweifig auseinandergesetzt werden. Weil wir auf Grund unserer biologischen Erfahrungen dem Freiburger Anatomen entgegenzutreten müssen, gewinnt diese Kritik seiner Arbeit ein recht negatives Gepräge. Um so mehr erscheint es deshalb als Pflicht, die positive Bedeutung des von ihm Geleisteten gebührend hervorzuheben; sind wir doch hinsichtlich eines weiten Begriffskreises durch ihn zur Klarheit gelangt, wo wir vordem im Dunkeln tappten.

Die Arbeitsteilung zwischen dem Biologen und dem Anatomen ist aber leider nicht so leicht und einfach zu vollziehen, wie es ein Unkundiger vielleicht glauben möchte. Selbst die Erfahrung eines langen Lebens erscheint dem Biologen in den meisten Fällen noch nicht als genügend, um endgültige Schlüsse zu ziehen. Ganz unwillkürlich wird er zum *Synoptiker*, der immer wieder große Gruppen von Beobachtungen kritisch zusammenfaßt; denn je länger, je mehr muß er zu der Erkenntnis gelangen, daß individuelle Abweichungen und regelwidrige Entwicklung gerade auf seinem Arbeitsgebiet so viel Ausnahmen bedingen, daß der Wert der Einzelbeobachtung überaus gering sein kann.

Darum wäre es wohl das Ideal, wenn ein älterer Biologe, der den Erfahrungsschatz mehrerer Jahrzehnte richtig nützen kann, an solche Untersuchungen heranträte, ein Mann, der als Beobachter etwa einem Neumann, Altum, Heinroth entspräche. Das dürfte aber vielleicht noch auf lange hinaus ein frommer Wunsch bleiben, und so wird man auch in Zukunft hier wohl mit einer Arbeitsteilung rechnen müssen, die deshalb nicht zu den erwarteten Ergebnissen führt, weil der Anatom nicht die genügende Schulung in biologischen Dingen, der Biolog dagegen nicht hinreichende anatomische Kenntnisse besitzt. Je mehr sie von diesen ihren Mängeln selber durchdrungen sind, um so segensreicher dürfte ihre gemeinsame Arbeit werden.

Gerade bei solchen Fragen ist die Menge der Beobachtungen von entscheidender Bedeutung. Als Tierpfleger mußte ich gar bald zu dieser Erkenntnis gelangen. Gerade deshalb verpflegte ich ein ganzes Menschenalter hindurch solche Mengen von Vögeln, daß deren Unterhalt einen Aufwand erheischte, der zu meinen Einnahmen in schreien-

dem Mißverhältnis stand. Ich wußte ja nur allzu gut, daß ich meinen Mitarbeitern an Schärfe der Beobachtungsgabe kaum überlegen bin, aber ebenso war es mir bald klar, daß die Möglichkeit, erhellende Beobachtungen zu machen, bei 70 Vögeln zehnmal so groß ist als bei 7, zumal es sich, sonderlich im Anfange, in der Regel um Zufallsbeobachtungen handelt. So schränkte ich denn selbst in der Not der Kriegsjahre meine Vogelhaltung möglichst wenig ein, weil ich mir der Tatsache wohl bewußt war, daß hier das wichtigste Ergebnis meiner Lebensarbeit auf dem Spiel stand. Während es auf vielen Gebieten der Naturwissenschaften wohl möglich ist, das in wenig Semestern Erarbeitete zu wesentlichen, Licht bringenden Schlußfolgerungen zu verwerten, würde man bei biologischen Fragen, die weitere Lebenskreise angehen, mit solcher Arbeitsweise nicht weit kommen, und das Wort: *vita brevis, ars longa* erweist dort aufs beste seinen tiefen, für den Forscher so leidvollen Sinn.

So weiß z. B. der erfahrene Biologe nur allzu gut, um was für eine energielose Tätigkeit es sich bei dem Gesange der Weibchen zu handeln pflegt, und er weiß ebensogut, daß energisch singende Weibchen wohl ausnahmslos geschlechtlich unnormal sind, wie wir das auch von den krähenden, hahnenfederigen Hennen wissen, die sich die Herrschaft im Hühnerhof anmaßen möchten. [Der Vogel, von dem ich selber den lautesten Weibchengesang zu hören bekam, war ein alter Hänflingsbastard (*Acanthis cannabina*, L. × *Serinus canarius*, L.), ein in geschlechtlicher Hinsicht völlig entartetes Tier.] So sieht sich der Forscher schon hier unwillkürlich gezwungen, Zusammenhänge zwischen dem Vogellied und dem Geschlechtsleben anzunehmen. Wartet man ihm dann mit einer Liste auf, in der 50, 60 Fälle von Weibchengesang zusammengestellt sind, so ist er sich von vornherein darüber klar, daß er diese Lieder durchaus nicht mit dem Gesange brünstiger Männchen vergleichen darf. Ganz ähnlich verhält es sich auch mit den Herbstliedern der Vogelmannchen. Der Anatom jedoch, der sich nach biologischen Stützen für seine Thesen umsieht, wird dabei leichtlich nur die Länge solcher Listen miteinander vergleichen und kaum daran denken, daß es sich hier und da um völlig wesensverschiedene Dinge handelt.

Wir können es verstehen, wenn B. sich darüber fast lustig macht, daß man mittlerweile so viele Theorien über die biologischen Aufgaben des Vogelgesangs vorgebracht hat. Vielleicht rechnet er selber aber auch zu wenig mit der Möglichkeit, daß der Gesang nicht nur eine Aufgabe zu lösen hat, und daß möglicherweise in allen Theorien doch ein Körnchen Wahrheit enthalten ist.

Befremdlich war es mir, daß Altums biologi-

sche Arbeiten von *B.* gar nicht erwähnt sind, obgleich sie meiner Ansicht nach das Reifste sein dürften, was über diese Fragen in deutscher Sprache geschrieben worden ist. Geht *B.* etwa deshalb an ihnen vorüber, weil seit ihrer Niederschrift schon ein so langer Zeitraum verstrichen ist? Gerade auf diesem Gebiet darf man von „Veralteten“ doch kaum reden, denn die Voraussetzung zu erhellenden Schlüssen, ein langes Menschenleben voll unablässiger Beobachtung, läßt sich auch mit den vortrefflichsten Methoden nicht in Kürze beschaffen. Immer wieder begegnen wir ja dem Umstand, daß der beobachtete Ausschnitt des Naturlebens sich als zu klein erweist, um auf Grund des vorliegenden Materials verallgemeinernde Schlüsse zu ziehen.

Ganz und gar lassen sich solche Mißstände ja *niemals* vermeiden. Da stützt sich ein Vogelzugsforscher nur auf die in seiner Heimat beobachteten Erscheinungen, und *dort* vergißt wieder ein Gesangkundiger, daß die Vögel in den Tropen mit ganz anderen Lebensbedingungen zu rechnen haben als bei uns in Mitteleuropa.

Welchen Sinn behält beispielsweise der von *Schwan* geschaffene Begriff der „Weckhelligkeit“, wenn es sich um Singvögel eines äquatornahen Gebiets handelt; in dem die Tageslänge und Lichtfülle während des ganzen Jahres ziemlich beständig bleibt, während der Gesang entsprechend dem Verlauf der Brutperioden ansteigt und abflaut? Bleibt da von diesem Erklärungsversuch nicht schließlich nur eine Reihe von Sätzen übrig, die bei aller Wortlogik schlechterdings nicht verbergen können, daß ihr Sinn nicht auf den ganzen Bereich des Vogellebens angewandt werden kann?

Jedenfalls möchte ich allen Fachgenossen, die sich an das Studium (bloßes „Lesen“ schafft in solchen Fällen nichts Rechtes) der neuen Arbeit *B.s* heranmachen, den wohlgemeinten Rat geben, erst einmal *Altums* altes Buch „der Vogel und sein Leben“ zur Hand zu nehmen. Wenn sie dann den Gedanken *B.s* zu folgen versuchen, werden sie sich sicherlich der Meinung nicht verschließen können, wir hätten es bei dessen These, daß der Gesang der Vögel mit deren Geschlechtsleben *überhaupt nicht* zusammenhänge, mit einer *vor-gefaßten* Meinung zu tun.

Es ist nicht selten ein Trick effekthaschender Arbeiter, einmal alte Lehrmeinungen auf den Kopf zu stellen und alles zusammenzutragen, was die gegenteilige Ansicht stützen könnte. Wird dadurch nichts weiter geschafft, so erregt es doch Aufsehen. Mit solchen Leuten hat der Freiburger Anatom nicht das Mindeste zu schaffen. Lag es nicht sehr nahe, daß seine negativen Ergebnisse ihn zu solchen Thesen führten? Da singt ein Jungvogel, dessen Hoden vollkommen unentwickelt sind. Mußte er da nicht sagen, diese Lieder könnten mit dem Geschlechtstrieb nichts zu schaffen haben?

*B.* hätte das nicht getan, wenn er sich über

die biologische Rolle des „Spiels“ klarer geworden wäre. Vierjährige Knaben sehen wir oft genug Kampfspiele aufführen, obgleich diese ihre biologische Wurzel sicherlich in *Männchenkämpfen* haben, und obgleich jene Streiter geschlechtlich noch ganz unentwickelt sind. Immer wieder machen wir die Erfahrung, daß Bewegungsreihen, die später für das Leben des Individuums bedeutsam werden, schon zu Zeiten spielerisch *geübt* (über diese Ausdrucksweise später mehr) werden, wo sie an und für sich noch völlig bedeutungslos erscheinen.

Mit Recht nimmt *B.* an dem Ausdruck „neutral“, wo der im Hinblick auf geschlechtliche Dinge gebraucht wird, erstlich Anstoß und setzt energisch auseinander, daß jedes Individuum von vornherein entweder männlich oder weiblich gart ist. Daß geschlechtlich völlig unentwickelte Vogel Männchen den Gesang spielerisch üben, ist darum auch nicht widersinniger, als daß vierzehn Tage alte Täuber wieder und wieder Versuche machen, gleichaltrige Nestinsassen zu treten. Wir bitten den Leser ausdrücklich, sich diese logischen Folgerungen recht zu vergegenwärtigen. Treffen sie zu, so brechen *B.s* Angriffe gegen die ältere Lehrmeinung haltlos in sich zusammen.

Doch wir wollen *B.s* Theorien noch von anderen Punkten aus zu beleuchten suchen.

Auch *B.* gelangt zu dem Ergebnis, daß der Gesang während der Brunstzeit am lautesten und energischsten vorgetragen wird, daß er bis zu dieser Zeit allmählich zunimmt, und dann hier beinahe plötzlich abbricht, dort langsamer abflaut. Das ist so sehr die Regel im Leben der Singvögel, daß uns die abweichende Beobachtung *Hudsons* bezüglich *Sycalis arvensis* Kittl. recht nebensächlich erscheint. Sind doch solche Vorgänge im Tierleben so wenig schematisch, daß man mit geschickter (*nicht*: richtiger) Beleuchtung von *Einzelfällen* schlechterdings alles beweisen bzw. widerlegen kann. Hier brauchen wir nur im Gegensatz zu dem Verhalten von *Sycalis arvensis* darauf hinzuweisen, daß bei *vielen* Vögeln (wir erinnern nur an die *Muscicapidae*) der Gesang eben gerade *nur so lange* dauert wie die Brunst, so daß es a priori widersinnig erscheint, eine Beziehung zwischen der Brunst und dem Gesang in diesen Fällen abstreiten zu wollen. Immer wieder müssen wir unsere schon eingangs gemachte Behauptung unterstreichen, daß gerade hier nur die richtige synoptische Verwertung reichster biologischer Erfahrung zu Schlüssen führen kann, die der Wahrheit nahekommen. Daß der Gesang unmittelbar nach der Brunstperiode rasch abbricht, ist in vielen Fällen keine Folge einer Vollmauser, trifft es doch bei allen Arten, die im Winter mausern (*Hippolais hippolais* L., *Sylvia orphea* Tem. u. a. m.) nicht zu. Beobachtungen an Gefangenen haben gerade hier ja nur bedingten Wert, dennoch möchte ich erwähnen, daß in diesem Juli meine *Stare* ersichtlich verstummt, weil die Mauser nicht zu rechter Zeit in Gang kam. Als

sie dann im August in Form einer Sturzmauser eintrat, waren die mausernden, halb entfederten Vögel mit einemmal wieder in vollem, lautem Gesange. Meine Beobachtungen an *Serinus hortulanus* Koch im orientalischen Winterquartier darf *B.* schon aus dem Grunde nicht gegen mich anführen, weil der Gesang des *brünstigen* Girlitzmännchens sich hinsichtlich der Kraft und Klangfarbe von dem jener winterlichen Sängers doch sehr wesentlich unterscheidet.

Auch für meine Behauptung, daß die Herbstlieder der Singvögel ein ganz anderes Gepräge tragen als der Brunstgesang, möchte ich noch einige Belege anführen. So hörte ich beispielsweise im Herbst noch nie die drosselartig lauten Strophen jener Rotkehlchen (*Erithacus rubecula* L.), welche die Liebhaber als Wipfelsänger bezeichnen. Auch die Weindrossel (*Turdus iliacus* L.) darf hier als Kronzeuge angeführt werden. Deren Gesang wurde als dürrig und leise zwitschernd geschildert, solange man diese Drosselart noch nicht am Nistort gehört hatte. Erst dort erfuhr man, daß sie fast ebenso laut zu singen vermag als ihre gefeierte Base, die Singdrossel (*Turdus musicus* L.). Bei anderen Nordländern wie *Acanthis linaria* L., *Acanthis flavirostris* L., *Pinicola enucleator* L., *Passerina nivalis* L., verhält es sich ganz ähnlich; wenn ich eine größere Anzahl von ihnen in meiner Vogelstube beherbergte, konnte ich nach der Stärke ihres Gesanges mit ziemlicher Sicherheit feststellen, wann ihre freilebenden Verwandten im nordischen Krummholz und in der Tundra zur Fortpflanzung schreiten.

Auch die *Vereinigung* des Gesanges mit Brunstflügen spricht doch für den Zusammenhang des Gesangs mit *geschlechtlicher* Erregung. Wer jemals balzende *Anthus pratensis* L., *Anthus trivialis* L., *Parus coeruleus* L., *Serinus hortulanus* Koch, *Chloris chloris* L. beobachtet hat, wird kaum noch den Mut finden, bestreiten zu wollen, daß wir den Gesang der Vögel als Brunstruf bezeichnen müssen.

Um zu einer Art Abschluß zu gelangen, empfiehlt es sich, auf *Altum* zurückzukommen, da der seine Thesen mustergültig geformt hat. *Altum* sagt:

„Ist der Gesang die notwendige Einleitung des ganzen Fortpflanzungsgeschäfts, ist er das erste Glied von dahin abzielenden Lebensäußerungen, so darf er

1. an dieser Stelle nie fehlen; er muß
2. so oft im Jahre erneuert werden, als die Vögel sich von neuem zur Fortpflanzung anschicken; er darf sich
3. bei fortpflanzungsunfähigen Vögeln und
4. außer der Fortpflanzungszeit nicht äußern.“

Mit den Ausführungen *Altums* zu 1. und 2. sind wir einverstanden. Auch während der Fortpflanzungszeit stumme Arten können als Gegenbeweis natürlich nicht angeführt werden. Mit seinem Punkt 3 will *Altum* im Grunde genommen

wohl nur sagen, daß sich bei geschlechtlich unnormalen Vögeln diese Regelwidrigkeit auch in der Art des Gesanges zeigen dürfte. Bezüglich des 4. Punktes sind wir mit *Altum* nicht ganz einverstanden. Offenbar, weil er nicht mit dem Begriff des Spieles rechnete, sucht *Altum* die Bedeutung der Lieder außerhalb der Brunstzeit herabzusetzen. *B.* verfällt, weil er die *spezifische* Bedeutung des *Brunstliedes* leugnet, in den entgegen gesetzten Fehler und schreibt den Liedern zu anderer Zeit eine viel zu große *selbständige* Wesenheit zu.

Auch *B.* ist sich über die Bedeutung des Spiels im Leben der Tiere ersichtlich nicht recht klar geworden, sagt er doch: „Vielfach findet man den Ausdruck spielerische Gesangesübung und erkennt, daß die Autoren der Ansicht sind, daß der Gesang, seines hohen Zweckes als Kampf- und Brunstruf entsprechend, fleißig der Übung bedürfe. Übung eines Vorganges setzt aber immer voraus, daß sich der Übende des Endzweckes, des Zieles bewußt ist.“

Diese Auffassung widerspricht unserer ganzen Weltanschauung. Alles das geschieht selbstverständlich *unter* der Bewußtseinschwelle. Ein Tier, das gesund ist und nicht durch eine bestimmte, eben vorliegende Triebwirkung (Zugtrieb usw.) zu entsprechenden *Bewegungen* gezwungen wird, spielt eben und übt völlig intransitiv (*natura intus operante*) solche Bewegungsreihen, die in späteren Lebensabschnitten nützlich und lebenserhaltend wirken werden.

Die Tatsache, daß der Gesang in so weitem Umfange spielerisch geübt wird, scheint uns auf das deutlichste zu bekunden, wie wichtig er für das Leben der betreffenden Arten ist, und da er in höchster Kraftentfaltung gerade während der Brunstzeit vorgetragen wird, liegt es doch sehr nahe, anzunehmen, daß er auch gerade zu dieser Zeit eine die Art fördernde, die Art erhaltende Bedeutung besitzt. Wie ich mir diese Bedeutung denke, habe ich schon an den verschiedensten Stellen ausführlich auseinandergesetzt. Geradezu mustergültig darf wohl das genannt werden, was *Altum* über die Bedeutung des Gesanges beim Festsetzen der Brutreviergrenzen ausgeführt hat.

Psychische und körperliche Reize bei dem Tier so scharf zu sondern, wie *B.* das will, dürfte sich kaum empfehlen. Dazu stehen die in zu naher Beziehung. Gewiß mag ein vorher schweigsamer Buchfink, dem ich drei Mehlwürmer verabfolge, bald darauf durch einen psychischen Reiz veranlaßt werden, seinen Schlag zum besten zu geben. Dieser psychische Reiz wäre aber ohne die Mehlwürmer doch nicht eingetreten.

Wenn *B.* als zehnte seiner Thesen den Satz aufstellt: „Psychische Reize sind es, die den Vogel veranlassen zu singen“, fühlt er wohl selber, daß das nicht von *allen* psychischen Reizen in gleichem Maße gilt. Er fährt dann auch selber in seiner 11. These fort: „Besonders starke psychische Reize treffen ihn zur Zeit der geschlechtlichen Er-



regung. Brunstkämpfe werden deshalb von Gesang begleitet. Gesang ist also nur eine Begleiterscheinung, kein eigener Bestandteil der Brunst, wie die Balzbewegung und der Kampf.“

In diesem Satze möchte ich an dem Wort „also“ Anstoß nehmen. In solcher Einschränkung gilt das nicht. Psychische Reize treffen den Vogel auch bei anderen Gelegenheiten, ohne daß Gesang ausgelöst wird. Sollten wir nicht auch bei den nächtlichen Wanderungen kleiner Singvögel, bei denen fortwährend deren Lockrufe an unser Ohr tönen, starke psychische Erregung voraussetzen? Dennoch ist dort von Gesang keine Rede. Durch die Erklärung, daß jene anderen Triebe die Sangeslust unterdrückten, wird am Ende *nichts* erklärt. Warum unterdrückt gerade der Geschlechtstrieb die Sangeslust nicht nur nicht, sondern steigert sie in auffälligster Weise? Doch wohl deshalb, weil beide aufs engste ursächlich zusammengehören.

In seiner zwölften These behauptet dann B.: „Die Güte des Gesanges, die Stärke des „Dichtens“, der Sangesseifer gehen nicht mit dem Geschlechtstrieb parallel.“ Demgegenüber möchten wir betonen, daß sich der Gesang in seiner elementarsten Gewalt doch eben bei brünstiger Erregung äußert, was ich bei mehreren Vogel Männchen jederzeit experimentell vorführen kann, wie es auch der synoptisch schließenden Lebenserfahrung eines Naumann, Brehm, Altum u. v. a. entsprach. Daß B. in diesem Zusammenhang wieder von der „Stärke“ des Dichtens spricht, beweist wieder, daß er den Begriff des Spiels biologisch nicht richtig eingestellt hat. Der Ausdruck „Stärke“ scheint doch auf eine elementare Gewalt

hinzuweisen. Die Vögel singen *spielerisch* aber gerade dann am fleißigsten, wenn sie geschlechtlich nicht besonders erregt sind. Bei starker Brunst sind sie zum „Dichten“ ganz und gar nicht befähigt. Da stürzen Lautreihen, die sich in ausgefahrenen Gleisen bewegen, in raschester Folge hervor, weil dem Vogel alle Ruhe und Muße dazu fehlt, neue zu formen, was doch allein als „Dichten“ bezeichnet werden könnte.

Mittlerweile dürfte der Leser schon selber zu der Erkenntnis gekommen sein, daß sich B.s Ansicht, er habe die alte Lehrmeinung, Gesang und Brunst gehörten zusammen, schlagend und endgültig widerlegt, als irrig erwiesen hat. Mögen die Hoden der Jungvögel und Herbstsänger auch noch so unentwickelt sein, an dem Umstand, daß die Vögel auch zu dieser Zeit den Gesang spielerisch üben, um ihn während der Brunst beim Zusammenbringen der Paare in arterhaltender Weise zur rechten Geltung zu bringen, wird dadurch nicht das Geringste geändert.

Dafür, daß wir Ornithologen durch B.s Arbeit in anatomischen Dingen klarer und weiter sehen, gebührt deren Verfasser unser aufrichtigster Dank. Ich glaube, kein Biologe möchte sich der Aufgabe entziehen, zusammen mit dem Freiburger Forscher neidlos und hilfsbereit neuen Zielen zuzustreben, vermeine aber, daß B. selbst sich der Überzeugung nicht erwehren wird, daß das *biologische* Material, welches ihm zur Verfügung stand, nicht genügte, um damit ein monumentum aere perennius aufzuführen. Ebenso wird allerdings auch der Biologe ohne die zweckmäßig eingestellte Hilfe des Anatomen kaum jemals zu abschließenden Ergebnissen gelangen können.

## Norwegische naturwissenschaftliche Institutionen und Publikationen außerhalb der Universität.

Von Hjalmar Broch, Christiania.

Nur wer Norwegen schon bereist hat, kann sich eine Vorstellung davon machen, mit welchen Ausmaßen man hierzulande zu rechnen hat. Klingt es doch fast märchenhaft, daß der Abstand zwischen der Südspitze und der Nordspitze Norwegens, zwischen Lindesnaes und Nordkyn, der Entfernung zwischen Lindesnaes und etwa Rom oder Neapel gleichkommt, oder der Strecke Berlin—Madrid entspricht, und daß die Fahrt von Christiania nach Bergen in der Luftlinie so lang wie die von Berlin nach Bremen ist, wobei jedoch die Bergener Bahn Gebirgshöhen von 1200 m und mehr zu überschreiten hat. Wenn man hinzunimmt, daß ein derartig ausgedehntes Land mit nur 2 $\frac{3}{4}$  Millionen Seelen besiedelt ist, so versteht man leicht die unbezähmbare Neigung der Norweger, alles zu dezentralisieren. Besonders unheilvoll ist diese Neigung in der Zersplitterung der kulturhistorischen Sammlungen zu einer Unzahl winziger Lokalmuseen, „Bygdemuseer“; wissenschaftliche Notwendigkeit und Rücksicht

auf sparsame Verwendung der Mittel werden hierbei ganz außer Acht gesetzt, jedes Tal will aber sein Museum haben, und also wird gegründet und eingerichtet.

Etwas besser steht es um die naturwissenschaftlichen und archäologischen Sammlungen, die von altersher in Norwegen innig verknüpft sind. Hier hat jede größere natürliche Landschaft ihr Museum für Naturwissenschaft und Archäologie. Die Universitätsmuseen in Christiania, die von Natur und Rechts wegen Nationalmuseen sein sollten, haben nichtdestoweniger mit den Lokalmuseen teilen müssen, und so genießt der Reisende das befremdliche Schauspiel, daß die eine und die andere Sammlung dieses oder jenes Landesmuseums reichhaltiger und wertvoller ist als die des Reichsmuseums.

Naturwissenschaftliche (und archäologische) Lokalmuseen sind in Stavanger, Bergen, Trondhjem und Tromsø errichtet. Das *Museum in Trondhjem* ist die älteste naturwissenschaftliche

Sammlung Norwegens und ist gegründet von dem bekannten Naturforscher *Johan Ernst Gunnerus* (damals Bischof in Trondhjem), in demselben Jahre und bei derselben Gelegenheit, wo er, 1760, zusammen mit seinen Freunden, den Historikern *P. F. Suhm* und *Gerh. Schönning* *Det Kongelige norske Videnskabers Selskab* (die Königl. norwegische Gesellschaft der Wissenschaften) stiftete. „*Bergens Museum*“ entstand erst viel später, es folgte das „*Tromsø Museum*“ und endlich das „*Stavanger Museum*“.

Das bergensche Museum ist in seiner Entwicklung den übrigen Museen weit vorausgeeilt, dank der Einsicht und der Tatkraft hervorragender Leiter, wie besonders der weithin bekannten Ärzte und Naturforscher *D. C. Danielssen* und *G. Armauer Hansen*. Kein Wunder, daß seit Jahren der Ehrgeiz der Bergener auf eine zweite norwegische Universität hinzielt und das Museum als den natürlichen Kristallisationspunkt dieser Entwicklung abgibt. Schon jetzt stellen die dort wirkenden Lehrer und Forscher eine ziemlich vollständige mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät dar und wachsen die dem Unterricht dienenden Laboratorien ganz von selbst aus dem Museumsbetrieb heraus.

Das „*Tromsø Museum*“ erblickt seine Hauptaufgabe in der Darstellung der arktischen Natur und nimmt in dieser weisen Beschränkung eine Sonderstellung ein.

Damit derartige Museen nicht lediglich zu toten Raritätensammlungen werden, müssen in den administrativen Stellungen Männer von wissenschaftlicher Schulung und lebhaftem Forschungsdrang sitzen, Gelehrte, denen daher die Zeit zu wissenschaftlicher Publikation ausdrücklich zugestanden werden muß. Museumsbeamte, die nicht wissenschaftlich frei schaffen dürfen oder können, versumpfen fast ohne Ausnahme, ihre Entwicklung gerät ins Stocken, und am Ende leiden auch die Museen selbst darunter. Für diese Zusammenhänge haben die lokalen Direktionen immer ein gutes Verständnis gehabt und mit Eifer dafür gesorgt, daß regelmäßige Publikationsserien ausgegeben werden. Durch Ankäufe und Tauschverbindungen haben sie weiter auch gute Bibliotheken begründet und damit die arbeitenden Forscher mit den notwendigsten literarischen Grundlagen für ihre Tätigkeit versehen.

Die Publikationsserien dieser großen norwegischen Museen sind nicht immer so bekannt, wie man es wünschen müßte. Das geht wohl einerseits auf die bescheidene Art ihres Erscheinens, andernteils aber auf ihren leider oft heterogenen Inhalt zurück. Und doch enthalten diese Serien nicht selten naturwissenschaftliche Publikationen von altem Interesse. In den „*Tromsø Museums Aarshefter*“, die seit 1878 erscheinen, finden sich die wertvollen zoologischen Abhandlungen, besonders über arktische Tiere, von *J. Sparre-Schneider*, *O. Nordgaard* und *C. Dons*,

und nicht minder bedeutungsvolle botanische Abhandlungen von *Otto Ekstam*, *M. Foslie* und *G. Lagerheim*. — Die Publikationsserie aus Trondhjem „*Det Kgl. norske Videnskabers Selskabs Skrifter*“ ist die älteste wissenschaftliche Serie Norwegens und erscheint seit mehr als 150 Jahren. In den ersten Jahrgängen findet man die vielseitige und zum Teil grundlegende Produktion von *J. E. Gunnerus*, und es sind darunter Abhandlungen botanischen und zoologischen Inhalts, die noch heute den größten Wert haben. In den letzten Dezennien haben *M. Foslie*, *J. Hagen*, *R. Nordhagen* und *H. Printz* hier aufschlußreiche botanische Studien niedergelegt, *Foslie* über Kalkalgen, *Hagen* über nordische Moose und *Printz* über Algen der verschiedensten Gebiete der Erde. Das zoologische Werk *Gunnerus'* wurde in den letzten Jahren von *G. Swenander*, *O. Nordgaard*, *Hj. Broch* und *C. Dons* weiter fortgeführt, und obschon fast stets die örtlichen Verhältnisse Grund und Ausgang abgeben, sind viele dieser Studien von sehr allgemeinem Interesse. — Größere Arbeiten, die in 4° veröffentlicht werden mußten, sind in ungezwungener Serie erschienen; unter diesen dürfte sich *H. Printz'* gewichtige Schrift über die Phanerogamenflora des zentralasiatischen Ssajangebietes einigermaßen Geltung verschafft haben.

Die immer mehr anwachsende rege Tätigkeit in Bergen hat zu einer Zerlegung der Serien geführt, so daß jetzt historische und naturwissenschaftliche Reihen unabhängig voneinander nebeneinander herlaufen. „*Bergens Museums Aarbok*“ ist bei den Meereskundlern aller Zweige so allgemein bekannt, daß wir uns hier begnügen dürfen, den Inhalt des letzt erschienenen Heftes des Jahrganges 1921—22 der naturwissenschaftlichen Reihe aufzuführen, um so mehr, als er zugleich eine gute Übersicht über die vielseitige Tätigkeit der bergenschen Forschung ergibt. *Carl Ferd. Kolderup* berichtet über Erdbeben in Norwegen während der Jahre 1918—20, *Aug. Brinkmann* über die Entoparasiten des Schneehuhnes, *Ivar Jørstad* gibt eine Übersicht über die Uredineen (Rostpilze) des Hardanger Bezirkes, *J. Rebstad* erörtert die Gletscherbewegungen in Norwegen während der Jahre 1921 und 1922 und *Sigurd Johnsen* gibt Remarks on the Distribution and the Biology of *Myctophum glaciale* (Reinh.). Eingeleitet wird das Heft mit einem Artikel von Professor Dr. *Aug. Brinkmann* „Die neue biologische Meeresstation des Museums zu Bergen“ (Mitteilung Nr. 60 der biologischen Station des Museums zu Bergen). Einige Bemerkungen zu dieser Abhandlung dürften erwünscht sein.

Norwegen hat drei marine biologische Stationen, die biologische Station der Universität (in *Dröbak*, an dem Kristianiafjord gelegen), die biologische Station in *Trondhjem* (unterstellt dem Fischereidirektorium, aber auch dem Dienste anderer wissenschaftlicher Untersuchungen ge-

widmet) und die biologische Meeresstation in Bergen. Seit dem Jahre 1891 ist die bergensche Anstalt mit Bergens Museum verknüpft. Viele deutsche marine Gelehrte werden sich dieser Station an dem Puddefjord in der Stadt erinnern, besonders aus der Zeit, wo *O. Nordgaard* als Direktor der Station jederzeit bereit war, dem Forscher wie dem Schüler mit Rat und Tat zu helfen. In der nachfolgenden Zeit aber wurde das Wasser des Puddefjords durch die rege Entwicklung, die die Stadt nahm, immer stärker verschmutzt, und im Jahre 1917 sah sich das Museum gezwungen, die Station aufzugeben. Das alte Gebäude mit dem dazu gehörenden Grundstück am Puddefjord wurde verkauft. Da aber eine biologische Station für marine Forschung in Bergen schlechthin unentbehrlich ist, unternahm der bisherige Direktor der Station Professor Dr. *B. Helland-Hansen* und der tatkräftige Leiter der zoologischen Abteilung des Museums Professor Dr. *August Brinkmann* sofort die schwierige Aufgabe, die Gründung einer neuen Station ins Auge zu fassen und auf privaten Wegen das nötige Geld für den Neubau zusammenzubringen. Als geeignetste Stelle wurde die durch die klassischen Studien des norwegischen Zoologen *Michael Sars* bekannte Insel Herdla (früher Herlö genannt) gewählt, und schon im Spätsommer 1922 eröffnete die Station, als eine erstklassige Stätte der Wissenschaft neu auferstanden, ihre Tätigkeit. Die Station untersteht jetzt dem zoologischen Professor des Museums; ein zoologischer Amanuensis (z. Z. Dr. *Sven Runnström*) wohnt und arbeitet ständig an der Station während des ganzen Jahres.

Die biologische Meeresstation auf Herdla ist mit den modernsten Einrichtungen ausgestattet; für selbständig arbeitende Biologen stehen zwei Laboratorien mit je zwei Arbeitsplätzen, für biochemische und hydrographische Forscher ein Laboratorium mit einem Arbeitsplatz zur Verfü-

gung. Diesen Laboratorien gegenüber liegt ein großer Kursensaal mit 10 Arbeitstischen. — Das zweite Stockwerk enthält Wohnräume, fünf nicht heizbare (somit nur für Studierende während des Sommers berechnet) mit je zwei Betten, und zwei größere, heizbare Zimmer, ebenfalls mit je zwei Schlafständen. Eine Bibliothek und Lesezimmer enthält nur die nötigen Handbücher und Arbeiten über nordische Fauna, da ja Spezialliteratur aus der Bibliothek des Museums in Bergen leicht beschafft werden kann. Eine Messe (für 20 Personen) mit dazu gehöriger Küche sorgt für die materiellen Seiten des Lebens. Im Jahre 1923 wurde für Kost usw. alles in allem nur 5,50 Kronen norwegisch für den Tag berechnet. Die Station verfügt über mehrere Boote; außer kleineren Ruderbooten und einem kleinen Motorboot steht ein besonders für die Untersuchungen gebautes, 23 Bruttotonnen großes Motorfahrzeug „*Herman Friele*“ zur Verfügung, das mit allen nötigen Fanggeräten ausgestattet ist. Das Fahrzeug ist nach dem verstorbenen Malakologen *Herman Friele* in Bergen benannt worden. Man kann ohne zu übertreiben sagen, daß die biologische Meeresstation auf Herdla zurzeit die best ausgestattete Station in ganz Skandinavien ist, und die faunistischen Verhältnisse der Gegend sind so günstig, daß der Biologe stets die allerreichste Gelegenheit für seine Forschungen finden wird. Die Arbeitsplätze werden unentgeltlich abgegeben, und schon norwegische Forscher Vorzugsrechte haben, so dürfte gewöhnlich auch für andere Platz vorhanden sein. Es wäre zu wünschen, daß die neue Station zu erneuter wissenschaftlicher Arbeit Anregung geben wird und daß die Resultate auch die Kenntnisse außerhalb Skandinaviens von den Publikationen der norwegischen naturwissenschaftlichen Museen tatkräftig erweitern und verbreitern werden.

## Der Einfluß der Achsendrehung der Erde auf rotierende Räder.

Von Otto Baschin, Berlin.

In einer früheren Mitteilung konnte ich zeigen, daß der Einfluß, den die Erdrotation auf fast alle Bewegungen an der Erdoberfläche ausübt, in manchen Fällen, namentlich bei geographischen und geologischen Betrachtungen unzulässigerweise keine Berücksichtigung findet, und vor allem bei Bewegungen in vertikaler Richtung völlig unbeachtet bleibt<sup>1)</sup>.

Der Grund hierfür ist vielleicht darin zu suchen, daß natürliche vertikale Bewegungen gegenüber den auf der Erdoberfläche sich fortwährend abspielenden horizontalen Ortsveränderungen an Häufigkeit und Bedeutung erheblich zurückstehen und auf der festen Erdoberfläche nur äußerst langsam und in geringem Ausmaß vorzukommen pflegen. Dies hat mich dazu geführt, nach einer künstlichen Bewegung zu suchen, die so schnell vor sich geht, aber dabei auch von so

<sup>1)</sup> Der Einfluß der Erdrotation auf die tektonischen Bewegungen der Erdkruste. Die Naturwissenschaften, Berlin, 1923, Jahrg. 11, Heft 6, S. 87—89.

langer Dauer ist, daß es bei ihr möglich sein müßte, mit den heutigen instrumentellen Hilfsmitteln den Einfluß der Erdrotation auf vertikale Bewegungen fester Körper messend zu verfolgen.

Eine solche Bewegung findet sich in der Rotation symmetrischer fester Körper um eine Achse verwirklicht, und das am häufigsten vorkommende Beispiel dürfte die Drehung eines Rades sein, die wir deshalb unseren Betrachtungen zugrunde legen wollen.

Liegt die Rotationsebene eines Rades in der Ost-West-Richtung und erfolgt die Drehung so, daß sich die westliche Seite aufwärts, die östliche abwärts bewegt (Fall I), so muß die westliche Seite, weil dort jedes Teilchen ständig eine geringere absolute, nach Osten gerichtete Geschwindigkeit mitbringt als die Stelle, nach der es hingelangt, in der Richtung der Erddrehung etwas zurückbleiben. Auf der Ostseite des Rades dagegen kommen alle Teilchen ständig in eine tiefere Lage mit geringerer Erddrotationsgeschwindig-

keit, als sie selbst besitzen, weswegen sie einen Überschuß an ostwärts gerichteter Bewegung aufweisen. Als Resultat ergäbe sich demnach eine Dehnung des Rades in west-östlicher Richtung. Außerdem aber hat die Oberseite eine größere, die Unterseite eine geringere ostwärts gerichtete Geschwindigkeit als die Achse des Rades. Bei der ersteren bewirkt also die vergrößerte Zentrifugalkraft eine Verminderung, bei der letzteren die geringere Zentrifugalkraft eine Zunahme der Schwere, beides ergibt also eine Tendenz zur Dehnung auch in vertikaler Richtung. Im ganzen kommt somit eine Vergrößerung der, aus der Rotation des Rades folgenden Zentrifugalkraft in allen vier Quadranten zustande.

Erfolgt die Drehung des Rades in entgegengesetzter Richtung, Abwärtsbewegung der westlichen, Aufwärtsbewegung der östlichen Hälfte (Fall II), so tritt, wie im einzelnen wohl nicht näher ausgeführt zu werden braucht, auf der steigenden Ostseite ein Druck nach Westen, auf der sinkenden Westseite ein solcher nach Osten, auf der Oberseite eine Zunahme, auf der Unterseite eine Abnahme der Schwere ein, die Zentrifugalkraft des Rades wird also in allen vier Quadranten vermindert.

Es ist mir nicht bekannt, ob die geschilderten Wirkungen bei der Rotation von Rädern schon beobachtet worden sind, beziehungsweise, ob man dahingehende Versuche angestellt hat. Da die Rotation von Rädern in der Technik eine außerordentlich wichtige Rolle spielt, so sollte man vermuten, daß dieses Problem von technischer Seite bereits gründlich durchgearbeitet worden ist, doch habe ich darüber nichts in Erfahrung bringen können, weshalb mir ein Hinweis auf diesen Einfluß der Erdrotation nicht ganz überflüssig erscheint.

Übrigens ergeben sich bei weiterer Verfolgung solcher Betrachtungen noch andere Wirkungen der Erdrotation, die an sich bekannt sind, deren Ableitung unter dem oben dargelegten Gesichtspunkt aber vielleicht solchen Interessenten willkommen sein dürfte, die nicht daran gewöhnt sind, sich aus mathematisch-physikalischen Ableitungen in der üblichen Form eine lebendige und überzeugende Vorstellung von dem Hergang zu bilden.

Nehmen wir an, daß die Rotationsebene des Rades in der Nord-Südrichtung liegt und das Rad sich mit der Nordseite aufwärts, mit der Südseite abwärts dreht (Fall III), so erfährt die erstere eine Beschleunigung nach Westen, die letztere eine solche nach Osten, das heißt, es tritt eine Tendenz zur Drehung der Rotations-ebene ein, die so lange wirksam bleibt, bis die Rotations-ebene sich in die Ost-West-Richtung eingestellt und somit dieselbe Lage erreicht hat, wie im Falle I. Bewegt sich dagegen die Nordseite des Rades abwärts und die Südseite aufwärts (Fall IV), so tritt bei ersterer die Beschleunigung nach Osten, bei letzterer eine solche nach Westen ein. Die Drehung der Rotations-ebene erfolgt also in entgegengesetztem Sinne, aber gleichfalls so lange, bis die West-Ost-Lage erreicht ist, bei welcher der niedergehende Teil des Rades im Osten liegt, also auch hier wie im Falle I. Diese Endstellung in Lage I entspricht also offenbar einem stabilen Gleichgewichtszustande, während bei entgegengesetzter Rotation (Aufwärtsbewegung der östlichen Radhälfte, Fall II) labiles Gleichgewicht herrscht. Alle anderen Lagen, die zwischen beiden Extremen möglich sind, können nicht von Dauer sein.

Die bisherigen Betrachtungen gelten jedoch nur für den Äquator der Erde, weil dort die Ebene eines vertikalen stehenden Rades mit der Richtung der Zentri-

fugalkraft der Erdrotation zusammenfällt. In höheren geographischen Breiten ist dies nicht mehr der Fall, weshalb dort die Verhältnisse nicht so einfach liegen. Es kommt nämlich noch jene Kraft hinzu, die eine Ablenkung aller horizontalen Bewegungen, auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links verursacht.

Diese Ablenkung durch die Erdrotation spielt vor allem in der physikalischen Geographie und Meteorologie eine wichtige Rolle. Sie ist neuerdings wieder Gegenstand einer lebhaften Auseinandersetzung zwischen verschiedenen Fachgelehrten gewesen<sup>2)</sup>, was als Beweis dafür dienen mag, „daß richtige elementare Ableitungen dieses scheinbar so einfachen Vorganges fast schwieriger zu erfassen sind als die allgemeinen, mit den Hilfsmitteln der höheren Mathematik von den Bewegungsgleichungen eines Massenpunktes ausgehenden“<sup>3)</sup>. Diejenigen Darlegungen, die dem Verständnis weiterer Kreise angepaßt sind, beschränken sich daher meist einseitig auf die verhältnismäßig einfache Erklärung der Ablenkung aus der Nord-Süd-Richtung<sup>4)</sup>. Es ist nämlich leicht einzusehen, daß auf der nördlichen Halbkugel eine längs des Meridians nach Norden gerichtete Bewegung, wenn sie bei der Erdrotation ihre Richtung im Raume beizubehalten sucht, wegen der Konvergenz der Meridiane nach dem Nordpol eine Ablenkung aus der meridionalen Richtung nach Osten, also nach rechts erfahren muß, und daß dementsprechend bei einer Bewegung nach Süden eine Ablenkung nach Westen, also ebenfalls nach rechts eintritt. Auf der südlichen Halbkugel wird in analoger Weise die Ablenkung nach links erfolgen.

Weit schwieriger fällt es erfahrungsgemäß, die Notwendigkeit solcher Ablenkungen auch bei Bewegungen längs eines Parallelkreises in gemeinverständlicher Weise darzulegen, weil hier die, durch Zeichnungen leicht zu unterstützende geometrische Darstellung versagt, und dynamische Betrachtungen an ihre Stelle treten müssen.

Es ist klar, daß eine ostwärts gerichtete Bewegung auf der Erdoberfläche stets eine Vergrößerung der durch die Erdrotation hervorgerufenen Zentrifugalkraft zur Folge haben muß, die den bewegten Körper äquatorwärts, d. h. auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen Halbkugel nach links zu treiben strebt. Andererseits bedeutet eine westwärts gerichtete Bewegung eine Verminderung der Zentrifugalkraft, so daß der bewegte Körper das Bestreben haben wird,

<sup>2)</sup> *Joh. Schubert*: Die relative Bewegung an der Erdoberfläche. Meteorologische Zeitschrift, Braunschweig, 1919, 36, S. 8—11. — *Wilhelm Schmidt*: Über Ableitungen der ablenkenden Kraft der Erddrehung. Ebenda, 1920, 37, 100—101; 1921, 38, 88—89, 214. — *Joh. Schubert*: Die relative Bewegung auf einer rotierenden Scheibe und an der Erdoberfläche. Ebenda, 1920, 37, 259—260. — *M. Radakovic*: Über Ableitungen der ablenkenden Kraft der Erddrehung. Ebenda, 1920, 37, 296—297. — *Adolf Schmidt*: Zur Frage der ablenkenden Wirkung der Erddrehung. Ebenda, 1921, 38, 212—214. — Derselbe: Die ablenkende Kraft der Erddrehung. Petermanns Mitteilungen, Gotha, 1922, 68, 144—146. — *Wilhelm Schmidt*: Erwiderung. Ebenda, 1922, 68, 146.

<sup>3)</sup> *Wilhelm Schmidt*, Eine elementare Ableitung der ablenkenden Kraft der Erddrehung. Petermanns Mitteilungen, Gotha, 1921, 67, S. 209—212.

<sup>4)</sup> *K. Zöppritz*, Über den angeblichen Einfluß der Erdrotation auf die Gestaltung von Flußbetten. Verhandlungen des 2. Deutschen Geographentages zu Halle... 1882, Berlin, 1882, S. 47—53. — *Hermann Wagner*, Lehrbuch der Geographie. 10. Auflage. I. Band. Hannover, 1920, S. 149—151.

sich der Erdachse zu nähern, d. h. polwärts auszuweichen. In allen Fällen kommt demnach auf der Nordhalbkugel eine Rechtsablenkung, auf der Südhalbkugel eine Linksablenkung zustande. Am Äquator selbst ist die Kraft der Ablenkung gleich Null, sie wächst aber in um so stärkerem Maße, in je höhere Breiten man gelangt.

Keihen wir nach dieser Abschweifung wieder zu unserer Betrachtung der Raddrehung zurück und nehmen wir der Einfachheit wegen an, daß die Einstellung des Rades in die Endlage (Fall I) bereits erfolgt ist, so würde in unseren Breiten die Erdrotation noch weitere Änderungen der Lage zur Folge haben. Die obere Hälfte des Rades besitzt eine Bewegung nach Osten, woraus eine größere Zentrifugalkraft resultiert, als der betreffenden Erdstelle zukommt. Dieser Teil des Rades wird also gewissermaßen äquatorwärts geschleudert, und zwar so weit, wie die Anordnung es zuläßt. Ist also die Möglichkeit dazu gegeben, so muß die obere Hälfte sich äquatorwärts neigen, bis sie eine Lage erreicht hat, bei welcher ihre absolute Rotationsgeschwindigkeit den größtmöglichen Wert erlangt hat. Die untere Hälfte mit westwärts gerichteter Bewegung dagegen hat eine zu geringe absolute Rotationsgeschwindigkeit, und sie muß daher polwärts ausweichen. Aus beiden Tendenzen, die in gleichem Sinne wirken, resultiert eine Kippbewegung, die so lange andauert, bis eine Lage zustandegekommen ist, bei welcher die obere Hälfte eine möglichst schnelle, die untere eine möglichst langsame absolute Rotationsbewegung um die Erdachse ausführt. Dies ist naturgemäß dann der Fall, wenn die Radachse eine Stellung erreicht hat, die derjenigen der Erdachse parallel ist.

Wir sind auf diese Weise zu einer elementaren Er-

klärung jener merkwürdigen Tendenz eines rotierenden Körpers gekommen, bei geeigneter Montierung seine Rotationsachse parallel zur Erdachse zu stellen, eine Eigenschaft, die ihn befähigt, den Kompaß als Richtungsweiser zu ersetzen.

Die Theorie des Kreiselkompaß ist bereits so gründlich durchgearbeitet, und in gemeinverständlicher Weise dargestellt<sup>5)</sup>, und das Instrument findet in der Praxis so vielfach Verwendung, daß sich ein weiteres Eingehen auf ihn erübrigen dürfte.

Anders steht es mit den Rädern. Soweit meine Informationen als Nichtfachmann reichen, findet bei technischen Anlagen der Einfluß der Erdrotation keinerlei Berücksichtigung, wahrscheinlich aus dem Grunde, weil die hier in Betracht kommenden Kräfte entweder nicht genügend bekannt sind oder für zu klein gehalten werden, als daß sie praktische Bedeutung erlangen könnten. Trotzdem sollte man die Ergebnisse der vorstehenden Betrachtungen auch in technischen Kreisen nicht unbeachtet lassen und zu ermitteln versuchen, ob sich bei bestimmten Anordnungen nicht vielleicht doch an rotierenden Rädern meßbare Wirkungen der Erdrotation nachweisen lassen.

Diese Wirkungen bestehen kurz zusammengefaßt erstens darin, daß bei Bewegung der Oberseite des Radkranzes nach Osten eine Vergrößerung, bei Bewegung nach Westen eine Verminderung der Schwerkraft eintritt, zweitens in der Tendenz, die Drehungsachse parallel zur Erdachse zu stellen, und zwar so, daß der Sinn der Drehung des Rades mit demjenigen der Erdrotation übereinstimmt.

<sup>5)</sup> H. Maurer: Der Kreisel als Kompaßersatz auf eisernen Schiffen. Meereskunde, Berlin, 1911, 5. Jahrg., Heft 7. 32 S. m. 15 Abbildungen.

## Zuschriften und vorläufige Mitteilungen.

### Über das Leuchten der Flammen.

Unter dieser Überschrift hat Herr W. Gerlach kürzlich in dieser Zeitschrift (S. 782) aus der Breslauer Dissertation von H. Senftleben einige Schlüsse bezüglich des Temperaturleuchtens in Flammen gezogen. Herr Gerlach meint, wenn das Leuchten der Flammen auf Temperaturanregung beruht, so muß in einer mit Natriumsalz gefärbten Flamme die Zahl der Natrium- atome im angeregten (emissionsfähigen) Zustande, die er leuchtende Atome nennt, mit wachsender Temperatur gemäß der Boltzmannschen Verteilung wachsen,

nämlich proportional  $e^{-\frac{E}{RT}}$ , wo  $E$  die Anregungsenergie bedeutet. Nun sei in der genannten Arbeit mit Hilfe der Magnetorotation die Zahl der leuchtenden Atome in Flammen verschiedener Temperatur gemessen, und daher könne man aus diesen Messungen die Wärmetönung  $E$  berechnen; dabei ergibt sich aus den Messungen ein Wert von 48 900 cal., der mit dem aus der Anregungsspannung (2,1 Volt) berechneten befriedigend übereinstimmt. Diesen Schluß halten wir nicht für richtig und die Übereinstimmung der Zahlenwerte für zufällig.

Denn mit Hilfe der magnetischen Drehung der Polarisationsenebene wird die Zahl  $\mathcal{N}$  der Dispersions- elektronen gemessen, die aber im Sinne der Quantentheorie nicht mit der Zahl der angeregten Atome zu identifizieren ist. Entsprechend der anerkannten klassischen Theorie ist die Zahl  $\mathcal{N}$  gleich der der absorbierenden Atome, und auf Grund der Gültigkeit des Kirchhoffschen Gesetzes in der Flamme kann man  $\mathcal{N}$ , wie in der Dissertation dargelegt, gleich der Zahl der „leuchtenden“ Atome setzen, d. h. gleich der Zahl der

schwingenden Elektronen. Die Messungen ergaben bei konstanter Temperatur und bei Vermehrung des der Flamme zugeführten Salzgehaltes, daß die Helligkeit der  $D$ -Linien proportional  $\sqrt{\mathcal{N}}$  anstieg, wie theoretisch zu erwarten ist (vgl. R. Ladenburg und F. Reiche, Ann. d. Phys. 42, 181, 1913). Bei steigender Flammtemperatur und konstanter Salzzuführung nahm sowohl  $\mathcal{N}$  als auch die Helligkeit zu, letztere jedoch weit stärker als proportional  $\sqrt{\mathcal{N}}$ . Reduziert man die Helligkeiten durch Division mit  $\sqrt{\mathcal{N}}$  auf gleiche Werte von  $\mathcal{N}$ , so muß man bei Temperaturleuchten erwarten, daß sich bei verschiedenen Temperaturen die Helligkeiten verhalten wie die Intensitäten eines schwarzen Körpers von gleicher Temperatur und Wellenlänge; in der Tat wurde dieser Schluß experimentell bestätigt. Hierin ist bei quantentheoretischer Deutung die Überlegung von Herrn Gerlach bereits enthalten, daß bei wachsender Temperatur die Zahl der angeregten Atome im Verhältnis zur Zahl der unangeregten Atome gemäß der Boltzmannschen  $e$ -Funktion ansteigt, da ja

das Strahlungsgesetz den Faktor  $e^{-\frac{h\nu}{kT}}$  enthält.

Andererseits ist jedoch quantentheoretisch, wie schon oben erwähnt, die durch Magnetorotation (oder anomale Dispersion) gemessene Zahl  $\mathcal{N}$  nicht gleich der Zahl der angeregten Atome; vielmehr ist sie (vgl. R. Ladenburg, Zs. f. Phys. 4, 451, 1921; R. Ladenburg und F. Reiche, Naturwiss. 11, 588, 1923) gleich dem Ausdruck:

$$N_i \frac{g_k}{g_i} a_{ki} \frac{m c^3}{8 \pi^2 e^2 \nu_0^2}$$

also abgesehen von Konstanten gleich der

Zahl  $N_i$  der Natriumatome im Normalzustand, multipliziert mit dem Einsteinschen Wahrscheinlichkeitsfaktor  $a_{ki}$  für den spontanen Übergang aus dem Anregungszustand  $k$  in den Normalzustand  $i$

und mit dem Verhältnis  $\frac{g_k}{g_i}$  der statistischen Gewichte in den beiden Zuständen. Die magnetorotatorischen Messungen von  $\mathfrak{N}$  ergeben also die Änderung von  $N_i$  mit dem Salzgehalt bzw. mit der Temperatur. Das Anwachsen von  $\mathfrak{N}$  mit der Temperatur beruht daher auf der Zunahme der Zahl der normalen Natriumatome, d. h. auf der Steigerung der Dissoziation des der Flamme zugeführten Salzes, und auf diesen Dissoziationsprozeß kann man die Überlegungen von Herrn Gerlach anwenden. Im Fall des bei den Messungen benutzten  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ist der primäre Vorgang der bei der Flammentemperatur wahrscheinlich vollständige Zerfall in  $\text{CO}_2$  und  $\text{Na}_2\text{O}$ , und letzteres zerfällt in Natriumatome und Sauerstoff. Die Wärmetönung dieses Vorganges ist es also vermutlich, die aus den genannten Messungen mittels Gerlachs Rechnungen zu entnehmen ist; und soweit Daten bekannt sind, liegt der Wert 48 900 cal. in der richtigen Größenordnung. Man kann auf diese Überlegungen eine ganz interessante Methode gründen, um die Dissoziationswärme von Metallverbindungen auf rein optischem Wege zu messen.

Breslau, den 10. Oktober 1923.

Rudolf Ladenburg. Hermann Senftleben.

Herr W. Gerlach teilt mit, daß er, nachdem zwei Ansichten über diese Frage geäußert worden sind, eine weitere Diskussion so lange aufschieben möchte, bis besseres, zuverlässigeres experimentelles Material zu der Frage der Magnetrotation und der anderen Dispersionerscheinungen in Metaldämpfen vorliegt.

Berlin, den 10. Dezember 1923.

Die Schriftleitung.

### Zur Ableitung der Lorentz-Einsteinschen Transformationsgleichungen.

In der Mittelschulzeitschrift „Nastavni Vjesnik“ (Zagreb, Jahrg. XXIX, 1921, S. 238; kroatisch) veröffentlichte ich eine Ableitung der L-E-Transformationsgleichungen, die ich Vorlesungen aus dem Jahre 1910 entnahm. Der betreffende Aufsatz wurde in den Physik. Berichten 4, S. 380, abfällig besprochen, sodann auf Grund von unveröffentlichten Übersetzungen von Max v. Laue als richtig befunden („Nastavni Vjesnik“ XXXI, S. 355), von einem bekannten Gegner der Relativitätstheorie hingegen abgelehnt („Univerzum“, Zagreb, I, S. 313). Da es nun untunlich wäre, eine Diskussion weiterzuführen in Zeitschriften und in einer Sprache, die nicht allen Beteiligten zugänglich sind, möchte ich im folgenden den beanstandeten Teil meines Aufsatzes wiedergeben und daran eine Beantwortung der letztgenannten Kritik knüpfen. Da die Sache trotz ihrer Einfachheit auf Widerspruch stieß, scheint sie mir eine passende Gelegenheit zur Einübung der Anfangsgründe der besonderen Relativitätstheorie zu bieten.

Das System (Beobachter)  $\Sigma$  ( $\xi, \eta, \zeta, \tau$ , Anfangspunkt  $\Omega$ ) möge sich relativ zum System  $S$  ( $x, y, z, t$ , Anfangspunkt  $O$ ) mit der konstanten Translationsgeschwindigkeit  $v$  bewegen. Die Orientierung der Koordinatenachsen sei die übliche. Im Zeitpunkt  $t=0$ , da  $O$  und  $\Omega$  zusammenfallen, mögen aus  $O$  Lichtstrahlen nach allen Seiten ausgesandt werden, welche dann an geeignet aufgestellten Spiegeln in Punkten  $P$  zurückgeworfen werden, u. z. derart, daß nach der Reflexion alle Strahlen im Punkte  $\Omega$  gleichzeitig zusammen treffen. Für den Beobachter  $S$  müssen die Punkte  $P$

an der Oberfläche eines verlängerten Rotationsellipsoides liegen, dessen Brennpunkte  $O$  und  $\Omega$  sind, da die Summe der Lichtwege  $OP + P\Omega$  für alle Punkte gleich ist. Bezeichnet man die Entfernung  $OP = r$ , die Abszisse des Punktes  $P$  mit  $x$ , so lautet die Gleichung des Ellipsoides:

$$r - \frac{O\Omega}{OP + P\Omega} x = \text{Konst.}$$

und da der Weg  $O\Omega$  des Anfangspunktes  $\Omega$  in gleicher Zeit zurückgelegt wird wie der Lichtweg  $OP + P\Omega$ , erhält die Gleichung des Ellipsoides die Form:

$$r - \frac{v}{c} x = \text{Konst.}$$

Wenn man nun die Zeit, zu der das Licht den Punkt  $P$  erreicht, mit  $t$  bezeichnet, demnach  $r = ct$  setzt, folgt aus der Gleichung des Ellipsoides:

$$t - \frac{v}{c^2} x = k. \quad (1)$$

Dies gilt für den Beobachter  $S$ ; der Beobachter  $\Sigma$  braucht gar nicht zu wissen, daß er relativ zu  $S$  in Bewegung ist; er setzt voraus, daß das System  $\Sigma$  ruhe, und daß die Lichtstrahlen, die aus dem Anfangspunkt ausgingen, in denselben auch zurückkehren. Für ihn lägen demnach die Punkte  $P$  auf einer Kugelfläche, deren Mittelpunkt  $\Sigma$  ist. Die Zeit  $\tau$ , zu der die Strahlen die Punkte  $P$  erreichen, ist demnach für alle Punkte  $P$  dieselbe.

Demnach: wann immer  $x$  und  $t$  der Gleichung (1) Genüge leisten, muß  $\tau$  konstant sein. Es ist also

$$\tau = \text{eine Funktion von } t - \frac{v}{c^2} x.$$

Der weitere Weg zur vollständigen Ableitung der Transformationsgleichungen ist hier ohne Interesse, ich kann somit zur Beantwortung des erwähnten Einwandes übergehen. Es wird darin behauptet, daß, wenn obige Betrachtung richtig wäre, „der Beobachter  $S$  die beiden Flächen: Spiegelfläche und Wellenfläche des Beobachters  $\Sigma$  als verschieden auffassen“ müßte, er würde „mithin das, was für den Beobachter  $\Sigma$  ein und dieselbe Kugelfläche ist, als zwei verschiedene Flächen auffassen“. Um diese „Schwierigkeit“ zu heben, „könnte man annehmen, . . . daß jeder Beobachter seine eigene Spiegelfläche und sein eigenes Lichtsignal hätte, von denen der andere nichts weiß“.

Demgegenüber sei bemerkt, daß ich nur von geeignet aufgestellten Spiegeln, nicht aber von einer Spiegelfläche rede. Falls nun die Spiegel im System  $S$  ruhen, können sie zu einem Ellipsoidspiegel vereinigt werden, dessen Oberfläche eben mit dem in der Ableitung benutzten Ellipsoide identisch ist. Diesen Spiegel nennen wir: Spiegel  $D$ . Falls aber die Spiegel im System  $\Sigma$  ruhen sollen, muß ihre Orientation geändert werden, da sie ja für das System  $S$  bewegte Spiegel sind und für solche das gewöhnliche Reflexionsgesetz keine Geltung hat. In diesem Falle können die Spiegel zu einer Fläche vereinigt werden, die im System  $\Sigma$  eine Kugel ist. Diese Kugel nennen wir: Spiegel  $\Delta$ .

Nun muß  $D$  vermöge der relativistischen Kontraktion im System  $\Sigma$  als eine Kugel erscheinen, was man leicht auch durch Niederschreiben der entsprechenden Formeln ersieht. Der Mittelpunkt dieser Kugel folgt der Bewegung des Punktes  $O$  in einer bestimmten Entfernung. Der Spiegel  $\Delta$  aber, der allerdings zur obigen Ableitung keine nähere Beziehung hat, würde im System  $S$  als verkürztes Ellipsoid erscheinen. Es sei noch erwähnt, daß im System  $\Sigma$  Spiegel  $D$  und  $\Delta$  im Zeitpunkte der Reflexion sich decken — im Einklang mit dem Reflexionsgesetze, welches auch für be-

wegte Spiegel bei senkrechter Inzidenz senkrechte Reflexion ergibt. Es stimmt also alles recht gut.

Ob nun die Zurückwerfung der Lichtsignale mit Hilfe von  $D$  oder von  $\Delta$  oder auf irgendeine andere Art, z. B. ohne Spiegel, bewerkstelligt wird, ist für unsere Ableitung völlig belanglos. Eine Schwierigkeit entsteht sonach nur, wenn man  $D$  und  $\Delta$  in Betracht zieht und dabei die Widerspruchslosigkeit ihres Wirkens verkennt. Das Lichtsignal bleibt in allen Fällen dasselbe. Stanko Hondl.

Zagreb, Kroatien SHS-Staat,  
Universität, 24. November 1923.

#### Die Kristallstruktur des Argons.

Wir haben die Kristallstruktur des Argons nach der Debye-Scherrer-Methode ermittelt mit einer Appa-

ratur, die demnächst in der Zeitschrift für Physik beschrieben wird („Die Kristallstruktur des Chlorwasserstoffs“). Die Aufnahmen ergeben ein flächenzentriertes kubisches Gitter mit der Gitterkonstanten 5,43 Å (dichteste Kugelpackung). Die Temperatur lag etwas oberhalb der des siedenden Wasserstoffes. Aus der Gitterkonstanten berechnet sich eine Dichte von 1,65 gegenüber einer Flüssigkeitsdichte am Schmelzpunkt von 1,42. Der nach Bragg errechnete Atomradius beträgt 1,92 Å. Anwendungen dieser Ergebnisse folgen in einer ausführlichen Publikation.

Berlin, den 11. Dezember 1923.

Physikalisch-Chemisches Institut  
der Universität Berlin.

F. Simon. Cl. v. Simon.

### Astronomische Mitteilungen.

**Bemerkungen zur Aufnahme von funkentelegraphischen Zeitsignalen.** Die astronomischen Mitteilungen dieser Zeitschrift waren bisher nicht der Ort von Diskussionen. In Heft 43 fühlt sich nun Herr *Mahnkopf* veranlaßt, meine Anregung (Heft 34), ein deutsches Koinzidenzsignal einzuführen und dem Onogo-Signale eine funkentelegraphische Fehlermitteilung folgen zu lassen, „ungenauere Angaben und Irrtümer grundsätzlicher Art, die in ähnlicher Form bereits verschiedentlich aufgetaucht sind“, zuzusprechen. Ich bin gezwungen, darauf in Kürze einzugehen.

Herr *Mahnkopf* ist das Opfer eines Mißverständnisses. Offenbar wurde meine Anregung dahin aufgefaßt, daß es sich um die Bekanntgabe der definitiven Fehler handelt. Es ist doch eine Selbstverständlichkeit, daß die Zeiten für eine Signalabgabe nur durch Extrapolation gefunden werden können und auch mir nicht unbekannt, da ich ja Tag für Tag diese Extrapolation rechne, um unsere telegraphischen Signale für den österreichischen Zeitdienst abgeben zu können. Im übrigen geht dies auch aus meinem Texte hervor: „Die mit Extrapolation gefundenen Zeiten für den 1. und 300. Punkt gibt Paris . . .“ und bei Nauen: „Dies kann analog wie bei dem unten zu besprechenden Pariser Koinzidenzsignal wohl schon nach einer halben Stunde geschehen.“ Die Publikation der definitiven Korrekturen im Beob. Zirk. muß natürlich weiter bestehen bleiben. Das ergibt sich aus dem nächsten diesbezüglichen, von Herrn *Mahnkopf* nicht mehr zitierten Satze: „Neben der späteren Publikation . . .“

Herr *Mahnkopf* wendet sich ferner wegen der Möglichkeit einer automatischen Registrierung gegen meine Fassung, „daß für Längenbestimmungen nur ein Koinzidenzsignal als einwandfrei erscheint“. Daß bei automatischer Registrierung die Sachlage eine andere ist, ist ja klar. Im vorangehenden Referate habe ich daher auch betont: „Das Ideal wäre natürlich Schreibempfang am Chronographen.“ Wenn man aber, wie wir dzt. in Wien und wohl die meisten anderen, darüber nicht verfügt — ganz abgesehen davon, daß bekanntlich gewisse Schaltungen und elektrische Einrichtungen nur für die Koinzidenzsignale zu verwenden sind —, so wird niemand im Zweifel sein, daß bei einer direkten akustischen Signalaufnahme die Auffassung von Koinzidenzen dem Einschätzen von Punkten in Zehntelsekunden weit überlegen ist. Die Unsicherheit verhält sich wie 1 : 6. Ist man aber im Besitze einer automatischen Registriervorrichtung, dann wird freilich der Unterschied zwischen wissenschaftlichem und Onogesignal verwischt, dann erscheint aber wegen der exakten Auswertungs-

möglichkeit dieses Signals die funkentelegraphische Mitteilung des Onogofehlers erst recht bedeutungsvoll!

Im übrigen kommt Herr *Mahnkopf* am Schlusse seiner Ausführungen selbst dazu, „der großen Wichtigkeit der Koinzidenzsignale keinen Abbruch tun zu wollen“, am deutlichsten wohl mit der erfreulichen Mitteilung, daß die Einführung von Nauener Koinzidenzsignalen seit längerem von Hamburg aus angestrebt wird und, wie ich im August gehofft hatte, nun auch wirklich zu erwarten ist. So wird trotz der schweren Zeiten in Deutschland und Zentraleuropa auf dem Gebiete der Vervollkommnung der drahtlosen Zeitabgabe ein großer Fortschritt erzielt sein! Bernheimer.

**Die spektroskopischen Parallaxen des Harvard College Observatory.** Schon im Dezember 1921 veröffentlichte *Shapley* einen ersten Versuch, das umfangreiche Material an Sternspektren, das seit Jahren am Harvard-Observatorium für Zwecke der Klassifizierung angesammelt worden ist, für die Bestimmung spektroskopischer Parallaxen nach dem Mt.-Wilson-Vorbilde auszubeuten (Harv. Circ. 228). Seit dieser Zeit sind drei weitere Listen erschienen (Circ. 232, 243, 246); die Gesamtzahl der gemessenen Parallaxen auf 437 steigend. Dieses Unternehmen ist aus mehr als einem Grunde von Bedeutung. Einmal, weil es auf Grund der in Arequipa gemachten Aufnahmen den in fast allen Gebieten astronomischer Beobachtungen stiefmütterlich behandelten südlichen Himmel mit in den Kreis der Betrachtungen zu ziehen gestattet; dann aber vor allem, weil damit neben dem bisher einzigen System spektroskopischer Parallaxen (dem des Mt. Wilson) ein neues, gleichwertiges zu entstehen beginnt, das jetzt schon die Brauchbarkeit der Methode im allgemeinen und die Zuverlässigkeit des Mt.-Wilson-Systems im besonderen zu prüfen gestattet. Die ersten drei Listen *Shapleys* enthalten nur K-Sterne, in der letzten sind die Untersuchungen bereits bis G 5 ausgedehnt, und es ist zu hoffen, daß der Spielraum in Bälde sich noch erweitern wird. Um die Brauchbarkeit der Harvard-Objektivprismenaufnahmen für diesen besonderen Zweck erst einmal zu erproben, stützte sich *Shapley* (unter Mitwirkung *Lindblads*) zunächst auf das Mt.-Wilson-System und eichte seine Reduktionskurven mit Hilfe der auf dem Mt. Wilson bestimmten absoluten Helligkeiten. In der Hauptsache beruhen die Harvardparallaxen auf dem Intensitätsverhältnis der Linien  $\lambda 4215$  (Sr+) und  $\lambda 4326$  (Fe), die bei einer Dispersion von 20 mm (11"-Draper-telescope in Cambridge) bzw. 22 mm (13"-Boyden-telescope in Arequipa) zwischen  $H_{\beta}$  und  $H_{\gamma}$  genügend nahe beisammen stehen, um sichere Einschätzung in die ein-

zelen Intensitätsstufen (4 in dem Bereich der K-Riesen) zu ermöglichen. Der Anschluß an Mt. Wilson beruhte auf 50 K-Sternen, die Übereinstimmung der Messungen beider Beobachter untereinander und mit Mt. Wilson war sehr ermutigend. Es waren die bezüglichen systematischen und durchschnittlichen Differenzen in absoluten Größen:

Lindblad-Shapley:  $+0,^{M}31$  bzw.  $\pm 0,^{M}32$  (50 Sterne)  
 Harvard-Mt. Wilson:  $-0,09$  bzw.  $\pm 0,29$  (14 Sterne)  
 Zum Vergleich sei bemerkt, daß der wahrscheinliche Fehler der absoluten Helligkeiten der Mt.-Wilson-Liste auf  $\pm 0,^{M}4$  zu veranschlagen ist. Ein Stern fällt besonders heraus, dessen abweichenden Wert spätere Harvardmessungen bestätigen:  $\delta$  Leporis. *Shapley* und *Lindblad* fanden im Mittel  $M = +3,7$ , die Messung weiterer Platten durch *H.* und *M. B. Shapley* ergab  $M = +3,9$ , im Mittel also  $M = +3,8$  (entsprechend  $\pi = 0'',096$ ). Auf dem Mt. Wilson hingegen wurde gefunden  $M = +1,5$  (entsprechend  $\pi = 0'',033$ ). Die trigonometrische Parallaxe ist noch kleiner als diese beiden stark disharmonisierenden Werte, nämlich  $\pi = 0'',024$ . Eine ähnlich große Abweichung findet sich in der zweiten Liste *Shapleys* für  $\alpha$  Virginis ( $M_{\text{Harv.}} = +3,3$ ,  $M_{\text{Mt. Wilson}} = +1,0$ ) und in 9 Fällen von den übrigen 100 Sternen sind die Differenzen  $\geq 1,^{M}0$  entsprechend einer Unsicherheit der abgeleiteten Parallaxe von mehr als 20%. Die Vorsicht, die von verschiedenen Seiten bezüglich der Zuverlässigkeit spektroskopischer Parallaxeneinzelwerte angeraten wird, scheint also immerhin am Platze zu sein, und es sind alle Versuche, dem Mt.-Wilson-System neue und von ihm möglichst unabhängige Systeme an die Seite zu stellen, zu begrüßen.

*Shapley* ist denn auch auf dem einmal eingeschlagenen Wege einen Schritt weitergegangen und hat das Harvardsystem auf eigene Füße gestellt, indem er seine Reduktionskurven an die aus den Eigenbewegungen des Bosskatalogs abgeleiteten mittleren Parallaxen (bzw. absoluten Helligkeiten) anschloß. Bei der bekannten Abhängigkeit der Sternengeschwindigkeiten von der absoluten Helligkeit ist das zwar ein etwas gewagtes Verfahren, aber das einzig mögliche, solange für den südlichen Himmel nicht ein ähnlich ausgebautes System trigonometrischer Parallaxen zur Verfügung steht wie für den nördlichen. Die im neuen System noch einmal bestimmten absoluten Helligkeiten von 43 Sternen der alten Listen ergeben die folgenden systematischen bzw. durchschnittlichen Abweichungen:

H. C. 228,232 — H. C. 243:  $+0,^{M}39$  bzw.  $\pm 0,^{M}46$   
 während der Vergleich mit Mt. Wilson zu den Zahlen führt:

Mt. Wilson — H. C. 243:  $+0,^{M}53$  bzw.  $\pm 0,^{M}51$  (23 Sterne)  
 „ „ — H. C. 246:  $+0,33$   $\pm 0,48$  (9 Sterne)  
 Mittel  $+0,^{M}47$  bzw.  $\pm 0,^{M}50$

Am Harvard werden also die Sterne um fast eine halbe Größenklasse absolut heller gefunden als auf dem Mt. Wilson. Das ist eine systematische Differenz, welche die mittlere innere Unsicherheit der Messungen (w. F. einer einzelnen absoluten Helligkeit  $\pm 0,^{M}4$ ) übertrifft.

Eine bemerkenswerte Abweichung zwischen den beiden Harvardsystemen selbst tritt noch bei  $\lambda$  Sagittarii auf. Für diesen Stern wurde in H. C. 228, übereinstimmend mit Mt. Wilson, gefunden  $M = +3,2$ ,  $\pi = 0'',113$ , während die Messung im neuen System (H. C. 243) ergab:  $M = +1,1$ ,  $\pi = 0'',043$ . Solche Diskrepanzen könnten bedenklich stimmen und zur Stütze

der Kritik dienen, die *van Rhijn* (Publ. Groningen 34) an der spektroskopischen Methode übt. In einzelnen Fällen mag dies auch sicher berechtigt und Vorsicht geboten sein, und es wird sich empfehlen, die Intensitätsmessungen auch auf andere als die bisher benutzten wenigen Linien auszudehnen. Daß aber im allgemeinen die am Harvard fast ausschließlich benutzte Linie  $\lambda 4215$  recht brauchbar ist, weist *Shapley* in einer kurzen Note (H. B. 788) nach. Die Gruppierung von 217 K-Riesen am südlichen Himmel nach der Größe der EB ergibt einen deutlichen Gang des Intensitätsverhältnisses zwischen  $\lambda 4215$  (Sr+) und  $\lambda 4326$  (Fe):

mittl. EB	Int.	Anzahl
0'',023	5,0	54
47	4,8	54
85	4,4	54
0,176	4,2	55

Ganz das gleiche Bild bieten 91 Sterne von G 7 bis K 2 des nördlichen Himmels dar (andere Skala der Intensitäten!):

mittl. EB	Int.	Anzahl
0'',023	3,4	22
55	3,2	23
90	2,9	23
0,209	2,5	23

Mit den vorliegenden Arbeiten hat *Shapley* das Programm des Harvard Observatory um einen außerordentlich wertvollen Punkt bereichert, und nach dem bisher Erreichten zu schließen, kann man den weiteren Veröffentlichungen spektroskopischer Parallaxen von dieser Seite mit berechtigten Hoffnungen entgegensehen. Ob das Gelingen dieser Versuche an einem gar nicht für den speziellen Zweck und keineswegs mit besonders großen instrumentellen Hilfsmitteln gesammelten Material nicht vielleicht aufmunternd wirkt auf andere Beobachter, die um ein zeitgemäßes Programm verlegen sind?

Die scheinbare Verteilung der M-Sterne weist nach Harvard Circular 245 die folgenden Eigentümlichkeiten auf. In galaktischer Länge ist die Verteilung ziemlich gleichmäßig und zeigt nur eine Anhäufung vor allem der Sterne schwächer als 8. Größe in der Sagittarius-gegend. In galaktischer Breite ergibt sich ein der allgemeinen Sternverteilung ähnliches Bild: die hellen Sterne zeigen geringe Konzentration gegen die Milchstraße, während bei den schwächeren Sternen der Einfluß der Milchstraße sehr viel deutlicher hervortritt. Einige Zahlen, aus *Shapleys* Tabellen zusammengefaßt, mögen das veranschaulichen.

Größe	Spektr.	Galaktische Breite			Anzahl (0°) Anzahl (80°)
		$\pm 80^\circ$	$\pm 50^\circ$	0°	
< 8,0	Ma	135	148	199	1,5
	Mb	52	53	74	1,4
8,0 bis 9,0	Ma	71	124	275	3,9
	Mb	23	41	95	4,1
> 9,0	Ma	52	77	192	3,7
	Mb	32	44	115	3,6

Während die Sterne heller als 8. Größe in der Milchstraße nur etwa  $1\frac{1}{2}$ mal so häufig sind als in der Gegend der Pole, steigt die Konzentration der schwachen Sterne auf den vierfachen Betrag an. *Kientle.*