

9. 11. 1925

Stadtbücherei
Eibing

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON
ARNOLD BERLINER

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

UND

ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 45 (SEITE 909—924)

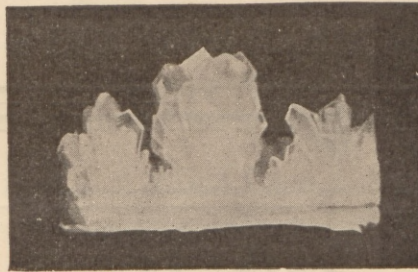
6. NOVEMBER 1925

DREIZEHNTER JAHRGANG

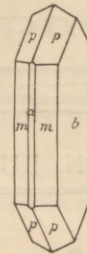
INHALT:

Methoden, Ergebnisse und Ausblicke der geochronologischen Eiszeitforschung. Von KARL TROLL, München 909
Einige Beobachtungen zur Morphologie von Finnmarken und Lappland. Vorläufige Mitteilung. Von G. BRAUN, Greifswald. (Mit 3 Abbildungen) 919

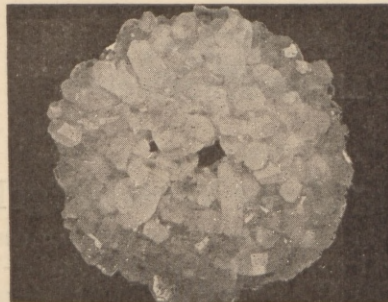
BIOLOGISCHE MITTEILUNGEN: Untersuchungen über die Arbeitsteilung im Bienenstaat. I. Teil: Die Tätigkeiten im normalen Bienenstaate und ihre Beziehungen zum Alter der Arbeitsbienen. Farbsinn der Fische und Duplizitätstheorie . . . 921



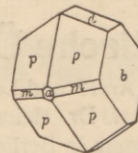
a. Aus abgekühltem Nitroglycerin.



b.



c. Nitroglycerin aus Äther krystallisiert.



d.

Abb. 23. Nitroglycerinkristalle: stabile Form.
(Nach Naudkhoff.)

Aus: **Nitroglycerin und Nitroglycerinsprengstoffe (Dynamite)**
mit besonderer Berücksichtigung der dem Nitroglycerin verwandten und homologen Salpetersäureester. Von Dr. phil. Phokion Naoum. Leiter des wissenschaft. Laboratoriums der Dynamit-A.-G. vorm. Alfred Nobel & Co. Hamburg. 427 Seiten mit 36 Abbildungen und 3 Tafeln im Text. 1924. Gebunden 18 Goldmark

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Der Postvertrieb der „Naturwissenschaften“ erfolgt von Leipzig aus!

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen in wöchentlichen Heften und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland 7.50 Goldmark (1 Gm. = $\frac{10}{42}$ Dollar nordamerikanischer Währung). Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft 0.75 Goldmark zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, erbeten.

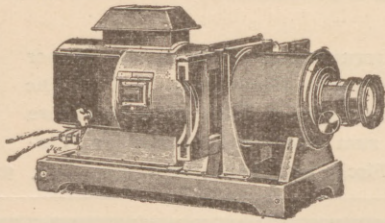
Preis der Inland-Anzeigen: $\frac{1}{1}$ Seite 150 Goldmark, Millimeter-Zeile 0.35 Goldmark. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseingangs.

Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Auslands-Anzeigepreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/34.
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadr.: Springerbuch.
Reichsbank-Giro Konto: — Deutsche Bank Berlin, Depositen-Kasse C.



Ica
Projektions-Apparate
Kinematographen
Preisliste kostenlos

Ica Aktiengesellschaft Dresden 120

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Biologische Studienbücher

Herausgegeben von

Prof. Dr. Walther Schoenichen

1. BAND:

Praktische Übungen zur Vererbungslehre

für Studierende, Ärzte und Lehrer. In Anlehnung an den Lehrplan des erbkundlichen Seminars von Prof. Dr. Heinrich Poll von Dr. Günther-Just, Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie in Berlin-Dahlem. 88 Seiten mit 37 Abbildungen im Text

Gr. 8°. 1923. 3.50 Goldmark; gebunden 5 Goldmark

2. BAND:

Biologie der Blütenpflanzen

Eine Einführung an der Hand mikroskopischer Übungen von Professor Dr. Walther Schoenichen.

216 Seiten mit 306 Original-Abbildungen. Gr. 8°. 1924

6.60 Goldmark; gebunden 8 Goldmark

Als nächster Band erscheint:

Die Biologie der Schmetterlinge. Von Dr. Martin Hering

Weitere Bände befinden sich in Vorbereitung

Methoden, Ergebnisse und Ausblicke der geochronologischen Eiszeitforschung.

VON KARL TROLL, München.

Wenn es der Geologie im Gegensatz zu anderen historischen Wissenschaften von vornherein auch nicht vergönnt ist, im Rahmen einer absoluten Zeitrechnung zu arbeiten, so hat doch schon lange Zeit die Frage nach dem Alter der Erde und dem der einzelnen erdgeschichtlichen Phasen in der Wissenschaft und begreiflicher Weise noch mehr in der Laienwelt den Gegenstand lebhaftesten Interesses gebildet. Die Versuche, das Alter des Erdballs auf geophysikalischen Grundlagen zu bestimmen, sind alt. Die modernsten und wohl auch exaktesten dieser Richtung zielen darauf ab, aus dem Helium- und Bleigehalt radioaktiver Gesteine auf deren Alter zu schließen (BOLTWOOD, 1907; STRATT, 1910). BARELL ist es damit gelungen, das Mindestalter der Erde auf 1700–2200 Jahrmillionen mit einiger Sicherheit festzulegen¹⁾. Demgegenüber blieben fast alle Versuche, das Alter einzelner geologischer Zeitabschnitte durch Abschätzung exogen-dynamischer Vorgänge (Zuwachs von Deltas, Rückschreiten von Wasserfällen, Schlammabsätze in Seen, Erosionswirkungen von Flüssen, Dünenbildungen, Abrasionsterrassen) zu bestimmen, bei recht subjektiven Resultaten stehen.

An einem Beispiel aber ist es geglückt, zu sehr exakten Messungen zu gelangen und eine regelrechte und einwandfreie Jahresrechnung durchzuführen. Dieser einzig dastehende Erfolg knüpft sich an den Namen des schwedischen Geologen GERARD DE GEER, der einen guten Teil seines Forscherlebens auf die methodische Festlegung und die praktische Auswertung dieser Frage verwandt und sie bis heute zu einem umfassenden Arbeitsgebiet ausgebaut hat. Die Untersuchungen wurden begonnen und bisher im wesentlichen auch ausgeführt an den Ablagerungen, die sich beim Rückzug der letzten Eiszeit im Gebiete der Ostsee gebildet haben, und haben zu einer genauen Jahresdatierung dieses letzten Abschnittes der Eiszeit geführt. Außer DE GEER selbst ist hierbei in erster Linie eines seiner Schüler, ANTEVS, zu gedenken, der in Nordamerika seit Jahren an der Fortführung der Untersuchungen mit großem Erfolg tätig ist, und nicht weniger des finnischen Geologen SAURAMO, der durch seine Arbeiten in Südfinnland das bisher vollständigste und detaillierteste Bild des Eisrückzuges geliefert und reiche Anregung für weitere Forschung geboten hat²⁾.

¹⁾ Über die neueren Fortschritte vgl. W. EITEL, Über die absolute Altersmessung radioaktiver Mineralien. Die Naturwissenschaften 13, 17. 1925.

²⁾ Dankbar gedenke ich an dieser Stelle der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft, mit deren Unterstützung ich im Jahre 1924 eine ausgedehnte

I. Die geologischen Grundlagen der Methode.

Beim Rückzug des nordischen Inlandeises gegen Ende der letzten Eiszeit blieb im Gebiete der Ostsee ein riesiger Eisstausee zurück, der sog. Baltische Eisse, in dem das nordische Eis in breiter Front kalbte und seine Sedimente zur Ablagerung brachte. Dieser Stausee hatte im Süden, wo die deutschen und dänischen Küstenstriche damals höher lagen als heute, seinen Ausfluß im Gebiete der dänischen Sunde gegen das Kattegatt und die Nordsee, wogegen er in seinem größeren nördlichen Teil, der unter der Nachwirkung der kolossalen Eisbelastung tiefer lag, weit über die Küsten der heutigen Ostsee hinaus auch über große Teile von Schweden, Finnland und dem Baltikum reichte. Auf diese Weise sind heute, nach der bis zu 250 m betragenden postglazialen Landhebung¹⁾, die beiden für Fennoskandien so bezeichnenden Eiszeitablagerungen, die vor den rückschreitenden Gletschertoren aufgeschütteten Sand- und Schotterrücken, die Äser, und die über den ganzen Stausee schwebend ausgebreiteten Feinsedimente, die Gletschertone, auf den ehemals überfluteten Teilen des Festlandes weithin der Beobachtung und der Untersuchung frei zugänglich geworden. Den Ausgang für die geochronologischen Forschungen bildeten nicht die Äser, sondern die Tone, weil diese in dem jahreszeitlichen Rhythmus des Gletscher-rückzugs und der Eisschmelze eine sehr augenfällige Bänderung angenommen haben, wonach man heute allgemein von „Bänderton“ oder „varvig lera“ (Varve = Band) zu sprechen pflegt. Vor dem Rückzug des Eises hinter das südschwedische Gebirgsplateau und über den finnischen Meerbusen war der Baltische Eisse ein reiner Süßwassersee mit Abfluß durch den großen Belt. Erst als das Eis den nördlichen Eckpfeiler des südschwedischen Plateaus, den Diabastafelberg des Billingen zwischen Wener- und Wettersee, freigab, wurde dem über Meereshöhe aufgestauten Eisse der Ausbruch durch die „Billinger Pforte“ zum offenen Meer

Studienreise durch die nordischen Länder unternommen konnte, ganz besonders aber auch der Begleitung und geistigen Gastfreundschaft der einheimischen Fachgelehrten, in erster Linie G. DE GEER, A. G. HÖGBOM, R. SERNANDER, M. SAURAMO und G. E. DU RIETZ, die mir eine rasche Kenntnis der Objekte und eine Fülle von Gedanken vermittelten.

¹⁾ Sie beträgt im Zentrum, an der Küste von Norrland, über 250 m und nimmt nach außen konzentrisch ab bis zu einer Linie, die vom nördlichen Jütland über Seeland, Memel und den Irmensee zum Weißen Meer zieht (0-m-Isobase). Südlich davon liegt das Land heute tiefer als zur Eiszeit.

ermöglicht und damit ein zunächst zwar noch schmaler und seichter Konnex mit dem freien Meer geschaffen. Die Erweiterung und Vertiefung der Zugangsrinnen, namentlich durch die Öffnung der 70 km nördlicher gelegenen „Närkesunde“, wurde zum Teil durch die Landhebung wieder ausgeglichen. Infolgedessen konnte das salzige Wasser, das natürlich von hier aus nach der Ostsee eindrang, nur recht wenig zur Auswirkung kommen, zumal das schmelzende Eis in viel höherem Grade, als es die heutigen Ostseeflüsse tun, der Versalzung entgegenwirkte. Von einem „Yoldiameer“ und von „Yoldientonen“ kann infolgedessen bei der spätglazialen Ostsee, strenggenommen, nicht gesprochen werden. Denn nur in einem schmalen Streifen von der westschwedischen Küste ostwärts über den Wener- und Wettersee gegen Stockholm ist diese arktisch-marine Muschel anzutreffen. Wenn wir trotzdem nach altem Herkommen von der spätglazialen Ostsee, auch zur Zeit ihres rein limnischen Charakters, kurzweg als Yoldienmeer sprechen, so ist immer zu bedenken, daß damit nicht die Verbreitung der Yoldienfauna, sondern die Ostsee während der arktischen Yoldienzeit (im Gegensatz zum Ancylussee und zum Litorinameer) ausgedrückt sein soll. Ein ähnlicher Konnex der Ostsee über die Karelische Landenge zum Weißen Meer ist bis heute noch nicht erwiesen, wenn auch bisher immer wieder angegeben, und ist gerade durch die neuesten Forschungen wieder recht unwahrscheinlich geworden. Yoldienführende Eismeertone finden sich infolgedessen in Skandinavien außer in dem genannten Streifen nur in den dem freien Ozean zugekehrten Küstenstrichen von Südwestschwedens und Norwegen, wogegen die interglazialen Tone auch an den deutschen Ostseeküsten noch reichlich Yoldien führen.

II. Die Methoden der Auswertung.

Die Schwierigkeiten für die Feststellung der gesamten Bänderzahl innerhalb eines bestimmten Rückzugsgebietes liegt darin, daß die aufeinanderfolgenden Serien der Tonbänder an keiner Stelle vollzählig übereinandergelagert sind, da jedes Tonband nur bis zu einer gewissen Entfernung vom zugehörigen Eisrand nach vorwärts zu verfolgen ist und nach rückwärts naturgemäß mit der Eisrandlage sein Ende erreicht. So entsteht eine dachziegelige Anordnung der Bänder, und jedes jüngere Band greift in der Richtung des Eisrückzuges weiter zurück, um so viel, als das Eis in einem Sommer an Boden freigegeben hat. Das zwingt zu einer Verfolgung der Bänder in horizontaler Richtung, die aber immer nur im Bereiche künstlicher Aufschlüsse, also bestenfalls auf wenige hundert Meter direkt möglich ist. An dieser Stelle setzt DE GEERS Kunstgriff ein. Eine Bandserie ist immer aus einer Folge von ganz verschieden dicken Bändern zusammengesetzt, was zum Teil von allgemein klimatischen Zuständen der betreffenden Jahre, zum Teil von lokalen Verhältnissen bestimmt sein kann. Die absolute Dicke der Bänder

wechselt nun auch in horizontaler Richtung, dagegen ist ihre relative Dicke so weit konstant, daß auf nicht zu große Entfernung eine Bandserie aus ihrem Diagramm mit voller Sicherheit auch ohne direkten Konnex wieder erkannt werden kann. Schon eine Folge von 10–20 zusammenpassenden Bändern ergibt nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung eine absolut zuverlässige Grundlage für die Parallelisierung zweier Profile. Bei Profilen von sehr gleichartiger sonstiger Beschaffenheit der Bänder kann man sich im allgemeinen nur auf diese Methode stützen. Um die Profile praktisch vergleichen zu können, benutzt der Geologe im Felde lange Papierstreifen, auf denen am Profil selbst die Randdicke genau aufgetragen wird. Zur Auswertung wird diese Bandfolge graphisch dargestellt, indem auf den Abszissen eines Koordinatensystems von rechts nach links in gleichen Abständen die Banddicken aufgetragen werden (Fig. 1). Auf diese Weise entstehen

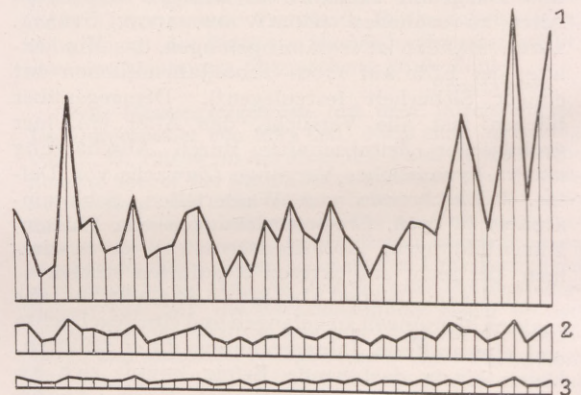


Fig. 1. Drei sich zeitlich entsprechende Tondiagramme von verschiedenen Lokalitäten am unteren Ängermannelf. 1. Oesterrå, 2. Sand, 3. Utnäs. (Nach LIDÉN.)

Figuren von der Form unregelmäßiger Sägen, welche man zum Vergleich so lange gegeneinander verschiebt, bis Übereinstimmung erzielt ist. Wechselt dagegen die allgemeine Ausbildung des Tons nach Farbe und Kornbeschaffenheit der ganzen Bänder oder nach dem Verhältnis ihrer Teile oder treten charakteristische Leithorizonte auf, so ist die Parallelisierung meist schon mit bloßem Auge vorzunehmen. Diese Methode, die sog. stratigraphische Konnexion, im Gegensatz zur diagrammatischen, hat namentlich SAURAMO bei seinen Arbeiten in Finnland wesentlich unterstützt.

III. Die Beweise für die Jahresnatur der Tonbänder.

Die Voraussetzung für die ganzen Berechnungen, daß nämlich die Tonbänder auch wirklich den jahreszeitlichen Rhythmus ihrer Sedimentationszeit widerspiegeln, war zunächst nur durch die Beschaffenheit der Bänder selbst bewiesen. Heute,

wo man die Tonbänder auch mit den anderen Ablagerungen, den Moränen und Äsern, in Verbindung setzen kann und auch in ihnen jahreszeitliche Ablagerungsformen erkannt hat, kann darüber nicht mehr der geringste Zweifel existieren.

1. Die Beschaffenheit der Tonbänder (vgl. Fig. 2).

Für alle Tonbänder ist charakteristisch, daß sie unten mit einer sehr scharfen Grenze und mit verhältnismäßig grobkörnigem, meist hellgrauem, bräunlichem oder rötlichem Material beginnen und nach oben ganz allmählich feinkörniger werden und zugleich dunklere, schwarze oder blaugraue Farbe annehmen, die dann mit sehr scharfer Grenze von der helleren Schicht des nächsten Bandes abgelöst wird (Fig. 2). Die helleren gröberen Schichten entsprechen der Frühjahrs- und Sommer-sedimentation, die plötzlich einsetzende Eisschmelze, welche durch die scharfe Grenze angedeutet wird, bringt stärkere Strömung und damit gröberes und reichlicheres Material. Im Sommer werden die Sedimente feiner, ihre Zufuhr geringer, bis sie im folgenden Winter fast völlig stagniert, ganz ebenso wie in unseren Hölzern in der Weite der Tracheen und in ihrer Farbe der jahreszeitliche Ablauf in den Jahresringen abgebildet ist. Die dunklere Färbung rührt her von organischen reduzierenden Beimengungen, sie nehmen überhand in der Zeit der geringen Materialzufuhr, sie werden gänzlich übertönt in der Hochflut des Frühjahrs. Infolgedessen enthält z. B. die Frühjahrsschicht 32% CaCO_3 , die Winterschicht davon nur 2%, umgekehrt ist der Gehalt an schwer löslichem MgCO_3 nur 1% in der Frühjahrs-, aber 3% in der Winterschicht (nach HÖGBOM). Geformte Fossilien fehlen in den limnischen Eissetonen, die der Fossilisation und Erhaltung die denkbar besten Bedingungen liefern könnten, auffallenderweise vollständig. Nur eine Reihe sehr spärlicher, von HÖGBOM als Kriechspuren von Anneliden und Crustaceen gedeuteter Formen auf den Schichtflächen konnten bisher beobachtet werden.

2. Die Konnexion mit den Äsern.

Die zahlreichen interessanten Fragen, welche sich an die klassischen Äser Mittelschwedens und Finnlands knüpfen, von ihrer Morphologie bis zu ihrer kulturgeographischen Bedeutung, können hier nur insofern kurz gestreift werden, als sie mit der Geochronologie in Berührung stehen. Die lange diskutierte Frage ihrer Entstehung ist heute gelöst. Es kann nicht mehr bezweifelt werden, daß es sich um Aufschüttungen der subglazialen Gletscherbäche handelt, welche dort, wo sie am Eisrand *subaquatisch* ausmündeten, sich ihrer Sedimente (Schotter und Sande) entledigten, zum Teil wegen des aufgehörenden Eisdruckes, zum Teil als regelrechte Deltas in stehendem Wasser. Alle charakteristischen Äser sind im Wasser gebildet, haben deshalb Deltaschichtung und liegen im baltischen Gebiet daher im Bereich des ehemaligen Eissees. Aus dem gleichen Grunde fehlen Äser in ihrer

typischen Ausbildung fast ganz im Alpengebiet oder sind in den kleineren, von jüngeren Sedimenten aufgefüllten Becken verschüttet. An der „marinen Grenze“ oder wo ihre Aufschüttung in seichten Teilen sonstwie an den Wasserspiegel heranreicht, treten an ihre Stelle Schotter- oder Sandplateaus (Randdeltas, Marginalplateaus, vgl. NELSON!), zum Teil in Kames- und Kesselfelder aufgelöst, wie sie am Rande alter Seen auch im alpinen Vergletscherungsbereich in großer Zahl zu finden, aber bis heute erst in wenigen Fällen beschrieben und richtig aufgefaßt sind¹⁾. Alle über Wasser gebildeten Äser tragen irgendwie Merkmale der Unvollständigkeit



Fig. 2. Bändertonprofil mit 46 Varven aus der Ebene von Upsala. Scharfe Grenze zwischen Winter- und Frühjahrsschichten. Abnahme der Bändermächtigkeit nach oben mit der Entfernung des Eisrandes.

(Aufn. von K. TROLL, Sept. 1924.)

an sich. Daß die Erklärung durch subglaziale Gletscherflüsse vielfach bekämpft wurde, geht zum Teil auf die falsche Annahme zurück, daß das System der heutigen Äswälle gewissermaßen das erstarrte Abbild des ganzen subglazialen Entwässerungssystems darstelle. Das ist keineswegs der Fall, denn der Äsrücken entsteht erst dadurch, daß das Eis Schritt für Schritt zurückweicht und dabei Sandhaufen an Sandhaufen reiht. Die einzelnen

¹⁾ Starnbergersee, Kochelsee, Langenbürgener See, Sursee, Waginger See, Lechgebiet bei Schongau, Ossischersee u. a.

Schritte aber entsprechen wieder dem jahreszeitlichen Rhythmus, dem Wechsel von Rückschritt im Frühjahr und Sommer, dem Stillstand im Herbst und Winter. Der winterliche Stillstand führt zur Bildung von größeren Hügeln, den sog. Åskernen (Åsentren, Grandhügel). Jeder solche Åskern geht nach vorn in ein flaches Delta, einen Sandkegel über, der etwas seitlich, rechts oder links an dem vorgelagerten Åskern vorbei, austreicht. Unter ständiger Verfeinerung geht dieser Sandkegel schließlich in Tonmaterial, in die Winterschicht eines Tonbandes über. Der Übergang des Åskerns

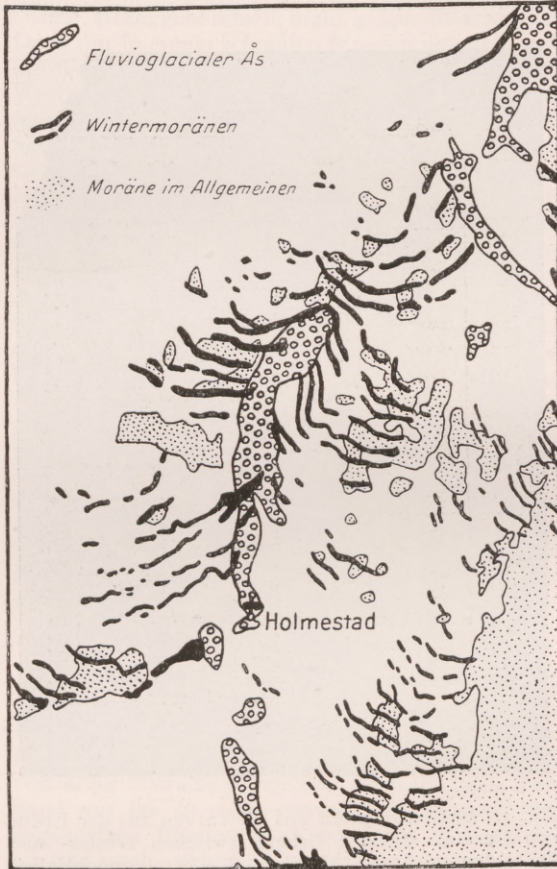


Fig. 3. Der Ås von Holmestad in Vestergötland mit den begleitenden Wintermoränen, die ehemalige Kalbungsbucht demonstrierend. (Nach GUST. FRÖDIN.)

über den Sandkegel in das Tonband ist natürlich praktisch nur an der Veränderung des Materials zu verfolgen, doch hat die Verfolgung der Tonbänder seitlich vom Ås ergeben, daß jeweils in der Breite eines Åskerns ein Tonband sein proximales Ende erreicht und daß der aus dem Aufhören der Tonbänder errechnete jährliche Rückschritt des Eises mit dem Abstand der einzelnen Åskerne übereinstimmt. Es dürfte demnach auch der größte Teil des Tonmaterials gerade von den Gletschertoren geliefert worden sein. Tatsächlich zeigt die

Dicke der einzelnen Tonbänder, welche DE GEER für kleinere Gebiete in sog. Isopachyten kartographisch zur Darstellung gebracht hat, eine konzentrische Zunahme auf die einzelnen Åskerne hin.

3. Die Wintermoränen (vgl. Fig. 3).

Auch in den Moränen hat man den jährlichen Rückgang des Eises abzulesen vermocht. Mit Ausnahme der Endmoränen im äußersten Süden von Schweden und dem großen Doppelmoränenzug, der vom Oslofjord durch Mittelschweden und als Salpausselkä (= „Staurücken“) durch Finnland zu verfolgen ist, fehlen in Fennoskandien größere Endmoränenzüge außerhalb des Gebirges. Auch die Grundmoräne ist sehr spärlich gestreut, denn wir befinden uns nicht mehr im Ablagerungsgebiet des Inlandeises, sondern in seinem zentralen Abtragungsbereich. Felsenhöcker, Tonebenen und Åsrücken sind die drei wichtigsten Komponenten der mittelschwedischen und finnischen Landschaft, und die spärliche Grundmoräne liegt mit Vorliebe im Stoßschatten der Rundhöcker. Seit den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts und in neuerer Zeit in immer größerer Verbreitung kennt man neben den normalen Endmoränen ganz kleine, in kurzen Abständen oft zu Dutzenden aufeinanderfolgende, scharf geschnittene Endmoränenwälle, die meist sehr blockreich sind und förmliche Blockmeere tragen können (Fig. 3). Ihre Abstände, welche mit denen der Åskerne übereinstimmen, deuten mit Bestimmtheit an, daß es sich um Jahresmoränen oder, wie man sie auch zu nennen pflegt, um Wintermoränen handelt. Eigenartig aber ist ihre Bildungsweise und ihr Auftreten. Schon durch die genaue Verfolgung der Eisränder auf Grund der proximalen Varvenendigungen hatte man gefunden, daß der Rand des Inlandeises dort, wo er in das Meer mündete, eigenartig zerlappt gewesen sein muß, nicht durch vorspringende Loben, wie man das bei Gletscherzungen infolge von Unebenheiten der Unterlage gewohnt ist, sondern durch einspringende Buchten. Es sind sog. „Kalbungsbuchten“, entstanden durch den Ausfall kalbender Eisberge. In seichten Gebieten knüpfen sich diese Kalbungsbuchten an die größeren Tiefen im Untergrund des Eissees, weil dort die Möglichkeit zur Auflösung einer mächtigen Eisbräme natürlich größer ist (s. unten!). Aber auch im Verlaufe der Åser sind solche Kalbungsbuchten eine recht regelmäßige Erscheinung. Der Eisrand muß hier, offenbar im Zusammenhang mit dem Austritt der subglazialen Flüsse und mit dem Gletschertor, besondere Neigung zur Kalbung gehabt haben. Nur so erklärt es sich, daß die Åser dann fast immer auf den Hintergrund von Kalbungsbuchten ausmünden, wobei man dann geradezu von *fluvioglazialen Estuarien* zu sprechen pflegt. Die Jahresmoränen stehen mit diesen Kalbungsbuchten in sehr engem Zusammenhang. Sie finden sich fast nur an den beiden Schenkeln von Kalbungsbuchten und haben daher eine zum gesamten

Verlauf des Eisrandes schräge Lage. Darin liegt auch zugleich der Schlüssel zu ihrer Erklärung. Jahresmoränen entstehen normalerweise nicht, der während eines Winters abgegebene Schutt genügt offenbar nicht zu ihrem Hervortreten. Wo aber durch den Ausfall eines Eisberges eine Lücke entsteht, wird das an die beiden Flanken anstoßende Eis zur Ausfüllung der Lücke abgelenkt. Diese Ablenkung hat man auch aus jüngeren schrägen Schrammen neben den älteren abzulesen vermocht. Durch die schräge Bewegungsrichtung aber wird die Grundmoräne, die bisher im Schutz der Rundhöcker auf ihrer Leeseite gelegen hatte, vom Eis angegriffen und zu Jahresmoränen aufgehäuft.

IV. Ergebnisse und Ausblicke.

Der Wunsch, eine exakte Zeitrechnung für einen Teil der Eiszeit zu bekommen, ist der Ausgangspunkt der geochronologischen Untersuchungen gewesen. Dieses Ziel war in relativ kurzer Zeit erreicht und hat bis heute einen ständigen weiteren Ausbau erfahren. Bei der Ausarbeitung der Ergebnisse aber wurden — wie es bei jeder erfolgreichen und noch dazu methodisch neuen Forschung der Fall ist — darüber hinaus eine Menge neuer Probleme aufgerollt und neue Erkenntnisse gewonnen, die in zunehmendem Maße die gesamte Eiszeitforschung zu befruchten beginnen. Weil gerade diese Punkte in der Literatur nicht oder nur gelegentlich und zerstreut Beachtung gefunden haben, sei im folgenden auch auf sie eingegangen.

1. Die spätglaziale Zeitrechnung nach den Ergebnissen in Fennoskandia.

Auf die oben dargelegte Weise ist es DE GEER gelungen, in unermüdlicher, jahrelanger Arbeit eine vollständige Jahreszählung von der Halbinsel Schonen, wo er das Ende seiner Daniglazialzeit angesetzt hatte, durch Süd- und Mittelschweden bis zum Ragundasee in Norrland, wo das Ende des Finiglazials und der Beginn der Postglazialzeit angesetzt war, durchzuführen. Für diese Rückzugstrecke ergaben sich insgesamt, einschließlich des Eisstillstandes an den mittelschwedischen Endmoränen, zu deren Aufbau eine Zeit von 700 Jahren erforderlich war, 5700 Jahre, wobei der Rückzug im südlichen Teil langsamer, jährlich etwa 50 m, im nördlichen rascher, bis 300 m jährlich, vorstatten ging. Der letzte Abschnitt dieser Periode konnte nicht mehr an den Ablagerungen der Ostsee durchgeführt werden, er fußt auf Jahreszählungen, welche LIDÉN an fluviatilen Ablagerungen des Angermanelfes durchgeführt hat.

Für die daran anschließende postglaziale Zeit ist es gelungen, jahresgeschichtete Ablagerungen ausfindig zu machen, die sich bis in die jüngste Zeit verfolgen lassen. Diese äußerst wichtigen Sedimente füllen das Becken des Ragundasees, der im Jahre 1796 künstlich zur Entleerung gebracht wurde. Das ideale Ziel, die Jahreszählung bis zu diesem Zeitpunkt ununterbrochen fortzuführen

und damit eine exakte Angliederung an die historische Zeitrechnung zu erlangen, ist zwar nicht erfüllt worden, weil einerseits die Varvenserie nicht ganz lückenlos, andererseits die Sedimentation schon vor dem Jahre 1796 zum Stillstand gekommen war, aber immerhin genügten die mehrmals mit größter Sorgfalt durchgeführten Versuche, um eine annähernde Berechnung auch der Postglazialzeit zu erhalten, und neuerdings ist es DE GEER gelungen, die spätquartäre Glazialchronologie mit der postglazialen Chronologie von LIDÉN und dadurch mit der historischen Zeitrechnung zu verbinden. Die so erhaltene Parallelierung zwischen der historischen Zeitrechnung, den archäologischen Perioden, den Klimaperioden,

Ostsee	Klima	Archäologie	Christl. Zeitrech.	De Geers Geochronolog.	Inlands Rückzug
Mya-Zeit	Subatlant. Zeit	Historische Zeit	1000	Entleerung des Ragundasees	
Limnaea-Zeit	Subboreal. Zeit	Eisenzeit	Chr. G.		
		Bronzezeit	1000	Postglaziale Klimaverschlechterung.	
		Steinkisten-Ganggräber	2000		
Litorina-Zeit	Atlantische Zeit	Dolmen-Rundaxtzeit	3000	3700	Ragunda ausgefüllt
		ältere nord. Steinzeit	4000	3000	
		Steinzeit	5000	2000	
Ancylus-Zeit	Boreal. Zeit	Epipaläolithikum	6000	1000	
Yoldia-Zeit	Subarktische Zeit		7000		Teilung des Inlandssees
Balt. Eissees-Zeit	Arktische Zeit		8000	1000	Entleerung a. Billingen
			9000	2000	Eisrand b. d. mittelschwedisch. Moränen
			10000	3000	
			11000	4000	
			12000	5000	
			13000	6000	Eisrand in Schonen

Fig. 4. Einteilung und Chronologie der Spät- und Postglazialzeit. Vergleich der geologischen und christlichen Zeitrechnung mit der Entwicklung der Ostsee, des Klimas und der prähistorischen Kulturen auf Grund der DE GEERSchen Eisrückzugsperioden. (In Anlehnung an R. SANDEGREN, Lit.-Verz. Nr. 2.)

den Entwicklungsstadien der Ostsee und den Rückzugsstadien der Eiszeit mag aus der Tabelle (Fig. 4) ersehen werden. Das Ende der Eiszeit ist danach auf ca. 6900 v. Chr., das Ende der Daniglazialzeit und damit der Beginn der exakten Geochronologie auf ca. 12 600 v. Chr. anzusetzen.

So bedauerlich es ist, zu konstatieren, daß diese glänzenden Untersuchungen nicht bis zum Höhepunkt der letzten Eiszeit oder gar auf die ganze Eiszeit ausgedehnt werden können, so sind doch durch sie die Schätzungen, wie sie von ALB. PENCK und ALB. HEIM für die letzte Eiszeit in den Alpen gegeben wurden, wenigstens näherungsweise bestätigt worden. Für genaue Jahresangaben wie

sie grobenteils für die Spätglazialzeit, aber nicht für die postglaziale Verknüpfung möglich sind, ist es notwendig, einen eigenen Ausgangspunkt zu wählen. DE GEER benutzt dazu in Schweden den Zerfall des Eises an der Eisscheide, also das Ende der Eiszeit, SAURAMO in Finnland den Abzug des Eises vom zweiten Salpausselkä (Salp. finis). Die Umrechnung der einen Zeitrechnung auf die andere ist noch eine Frage der Zukunft, wenigstens solange noch keine allgemeine Einigung über die Parallelisierung der finnischen mit den schwedischen Profilen erzielt ist. In Finnland ist es heute möglich, mit einer Fehlergrenze von nur wenigen Jahren den Verlauf von ca. 2200 Jahren Eiszeitgeschichte zu verfolgen und z. B. zu sagen, daß der Eisstillstand am 1. Salpausselkä 228 Jahre, an dem 20 km hinter dem ersten verlaufenden 2. Salpausselkä 200 Jahre, und der Rückzug zwischen den beiden 231 Jahre betrug, insgesamt also die Entstehung der beiden Äste des Salpausselkä 660 Jahre erfordert hat.

2. Die Aequicessen.

Um den Vorgang des Eisrückzuges im einzelnen zu verfolgen, war man bisher und ist in anderen Vergleitscherungsgebieten noch heute auf Endmoränen oder evtl. Terrassen angewiesen, welche den Verlauf des Eisrandes aber nur stückweise abzulesen gestatten, nämlich soweit, als sie typisch entwickelt sind. Setzen die Endmoränen aus, so war auch die Konnexion in den meisten Fällen eine problematische. Eine der bekanntesten derartigen Konnexionen ist die von DE GEER früher aufgestellte, heute gänzlich aufgegebenen Konstruktion des „Baltischen Eisstromes“, nach der zwischen den mittelschwedischen Endmoränen und dem Salpausselkä im Bett der Ostsee ein mächtiger Eislobus bis an die Baltischen Moränen in Norddeutschland gereicht haben soll. Auf Grund der Tonprofile können heute nicht nur Lücken im Endmoränenverlauf ohne weiteres ausgefüllt werden, sondern man kann überhaupt ohne Endmoränen den Verlauf des Eisrandes für jedes einzelne Jahr mit Genauigkeit festlegen. DE GEER hat solche Eisrandlagen Aequicessen genannt. Ihre Erforschung stellt eine Ausdehnung der chronologischen Untersuchungen von ihrer ursprünglich linienhaften Verfolgung auf die Fläche dar und ist durch SAURAMO für große Teile von Finnland durchgeführt. Zur Konstruktion einer Aequicesse ist es lediglich notwendig, das Aufhören des entsprechenden Tonbandes an möglichst vielen Punkten festzulegen, die „Proximallinie“ der Varve zu verfolgen. Auf diese Weise ist es ja auch gelungen, die oben erwähnten Kalbungsbuchten zu bestimmen. In der Gegend von Tammerfors in Finnland konnte auf diese Weise sogar die Abschnürung eines Eisrestes, die Bildung einer Toteisinsel, in allen Stadien der Entwicklung verfolgt werden, was bisher nur vom Landeis bekannt war. Aus der Zahl der dort fehlenden Tonbänder läßt sich weiterhin ihre Lebensdauer bzw. der Zeitpunkt ihres Abdriftens bestimmen.

3. Zur Paläo-Ozeanographie des Yoldienmeeres.

Schon die morphologischen und stratigraphischen Verhältnisse, speziell die Verfolgung der marinen Grenzterrasse, vermochten die Ausdehnung des Baltischen Eissees und seine Verbindungen mit dem offenen Meere weithin klarzustellen. In letzterem Punkte aber ist die Untersuchung der Bändertone vorausgeeilt, indem sie sogar über die Verteilung des salzigen Wassers weitgehenden Aufschluß zu geben vermag. Diese Möglichkeit fußt auf der Tatsache, daß salziges Wasser sich in der Ausfällung kolloidaler Tonsubstanzen in ganz anderer Weise geltend macht als Süßwasser. Elektrolyte befördern die Ausfällung der Feinbestandteile. Mariner Eisseeton ist infolgedessen fettiger und meist auch durch seine rötliche Farbe unterschieden. Aus dem gleichen Grund sind marine Varven im allgemeinen bedeutend mächtiger als limnische, was sie dafür wieder an horizontaler Erstreckung einbüßen müssen. In 40–50 km Entfernung vom Eisrand ist salziges Wasser im Gegensatz zu Süßwasser völlig geklärt, und in dieser Entfernung wird auch das Distalende der Varve erreicht. Während im Süßwasser die Ausflockung vor allem im Winter stattfindet und im Sommer mehr gröbere, nicht gelöste Teile abgesetzt werden, sind im marinen Ton innerhalb des Jahresbandes nur geringe Unterschiede der Korngröße zu konstatieren. Statt dessen muß sich aber in Salzseetonen wieder ein Unterschied zwischen Sommer und Winter insofern einstellen, als Frühjahr und Sommer durch die erhöhte Eisschmelze das Wasser brackischer machen als der Winter. Daß in die Ostsee von Süden her, wo sie in der Spätglazialzeit höher stand als heute, kein Salzwasser eindringen konnte, war längst bekannt. Die Untersuchung der Bändertone in Finnland hat aber auch ergeben, daß die früher von RAMSAY angenommene Konnexion mit dem Weißen Meer nicht bestanden haben kann. Es sind keinerlei Spuren von marinen Bändern im östlichen Finnland und in Karelien gefunden, wogegen sich in Südwestfinnland mehr und mehr marine Einflüsse geltend machen, die mit Bestimmtheit auf die Eingangspforten des Billingen und der Närkesunde in Mittelschweden hindeuten. Die Sedimentation reagiert in dieser Hinsicht feiner als die Lebewelt, denn das marine Leitfossil, *Yoldia arctica*, tritt erst in Schweden auf. Es war im Jahre 431 a. Salp. fin., als sich die ersten Einflüsse der salzigen Flut in Südwestfinnland in den Bändertönen geltend machten. Sie werden von SAURAMO mit der Öffnung der Billinger Pforte parallelisiert. Etwa 600–700 Jahre später, als der Salzgehalt ein Maximum erreichte, dürfte die Öffnung der Närkesunde erfolgt sein. Und in dieser Zeit zeigt die abnorm große Entfernung der Aequicessen im westlichen Finnland einen außerordentlich raschen Rückschritt des Eisrandes an, der weiter im Osten nicht mehr zu bemerken ist. Alle anderen dafür geltend zu machenden Faktoren (s. unten!) versagen in diesem Falle. Auch dafür ist der Salzgehalt

verantwortlich zu machen, der, wie schon TARR gezeigt hat, das Schmelzen des Eises durch seine Gefrierpunktserniedrigung sehr zu beschleunigen vermag.

Auch die Tiefe des Meeres ist von erheblichem Einfluß. In seichten Inselmeeren wird der ganze zur Verfügung stehende Wasserraum vom Schmelzwasser beansprucht werden, dagegen kann Salzwasser dort bis in die Nähe des Eisrandes vordringen, wo genügend Tiefenraum für beide vorhanden ist. Die Verteilung von Salz-, Brack- und Süßwasser, wie sie SAURAMO für das Jahr 350 p. Salp. fin. dargestellt hat, zeigt diesen Einfluß in dem hochgelegenen und damals durch Inselfluren gekennzeichneten zentralfinnischen Plateau ganz ausgezeichnet. Sehr interessant sind auch die Wirkungen der subglazialen Schmelzwasser. Wiederum war es SAURAMO, der gezeigt hat, daß das Meer dort verhältnismäßig salzarm war, wo noch heute größere Äszüge das Vorhandensein von Mündungen subglazialer Flüsse bekunden. Wie diese Mündungen sich in den Sedimenten durch flache Seetonfächer anzeigen, so lassen dieselben Sedimente entsprechende Fächer geringeren Salzgehalts für das Wasser erkennen. Wie die Steine eines Mosaiks fügen sich so die ganzen Erscheinungen zu einem einheitlichen Bild zusammen, und mit der Spannkraft eines Romans mögen sie sich dem entwickeln, dem es vergönnt ist, sie zu erforschen. Während man sich so schon beinahe gedrängt fühlt, eine Isohalinenkarte für ein Vorzeitmeer zu entwerfen, eröffnen sich anderenteils Wege, auch in die Strömungsverhältnisse des Yoldienmeeres Einblick zu gewinnen. Die zahlreichen in den Bändertonen Fennoskandiens zerstreuten Findlinge sind erwiesenermaßen als niedergefallene Eisdriftblöcke zu deuten. Ihre Einbettung zwischen zwei gestörte, aber meist erhaltene Tonbänder (s. Fig. 5), gestattet es, das Jahr ihres Niederfallens abzulesen und weiterhin mit Hilfe der zugehörigen Aequiceblinien die Transportweite des Dristeises festzustellen. Diese aber muß Schlüsse auf die Strömungen zulassen, wie es auch heute noch an der Labrador- und anderen Strömungen der Fall ist, sie kann aber auch eine Verschleppung von gewissen Leitgeschieben mit sich bringen, die durch das strömende Eis nicht erklärt werden kann.

4. Der Einfluß der Topographie auf den Eisrückzug.

Durch die genaue Festlegung der Eisrandlagen, wie sie an Hand der Jahresbänder möglich geworden ist, haben sich auch neue und in ihrer Verfolgung sehr weittragende Erkenntnisse über den

Einfluß der Landoberfläche auf das Verhalten rückschmelzender Eisränder ergeben. Zum Kalben des Eises ist eine bestimmte Wassertiefe erforderlich, nämlich mindestens $\frac{8}{9}$ der Eismächtigkeit. Für Salzwasser wird dieser Betrag wesentlich erniedrigt. Nun zeigt es sich, daß in manchen Gegenden Wassertiefen von 30–40 m genügen, um Kalbungsbuchten zu erzeugen. Daraus ist zu schließen, daß die Mächtigkeit der Eisbräme nicht erheblich größer gewesen ist. Das im Wasser kalbende Eis zeigt nun auch in seinem Randverlauf ein grundsätzlich anderes Verhalten, als wir es auf festem Boden gewohnt sind. Wo sich das Landeis zungenförmig vorschiebt, nämlich in den Hohlformen des Untergrundes, aus Gründen der Statik, dort hat das Eis im Wasser die größere Möglichkeit zu kalben und so die Tendenz, ein-



Fig. 5. Durch driftendes Eis verfrachteter Block in den Bändertonen bei Tammerfors (Finnland). Einpressung der liegenden Bänder, allmähliche Ausgleicheung durch die überlagernden Bänder. Bei a ist das Jahr des Niederfallens abzulesen. (Aufn. von K. TROLL, Sept. 1924.)

springende Buchten zu bilden. Größere Tiefen als $\frac{8}{9}$ der Eismächtigkeit kann das Wasser am Eisrand nicht besitzen. In einem solchen Falle würde durch Kalbung der Rand so weit zurückverlegt, bis das richtige Verhältnis hergestellt ist. Daraus ergibt sich ohne weiteres, daß über den Untiefen und den submarinen Schwellen der Rand sich länger halten wird als über den tieferen Mulden, daß er auf jenen vorspringenden Zungen, über den letzteren aber einspringende Buchten bilden muß. Es folgt daraus aber auch die ganz allgemeine Erkenntnis, daß die Randlage solcher kalbenden Eismassen nicht in der einfachen Weise klimatisch ausgedeutet werden kann, wie wir das bei terrestrischen Gletscherscheinungen zu tun pflegen. Lassen wir nun einen solchen, durch die Meerestiefe regulierten

Eisrand zurückschmelzen. Dann wird sich ein grundsätzlicher Unterschied herausstellen, ob der Untergrund des Beckens horizontal liegt oder ob er nach vorwärts oder rückwärts geneigt ist (vgl. Fig. 6). Nur im ersten Falle (1) wird sich bei gleichmäßiger Abschmelzung die Rückverlegung des Randes gleichmäßig vollziehen. Der Rand soll dabei von *a* nach *b* um die Strecke *s* zurückweichen. Das Verhältnis des untergetauchten (*w*) und über Wasser (*l*) ragenden Eises bleibt mit $\frac{8}{9}$ gewahrt. Fällt der Untergrund dagegen in der Richtung des

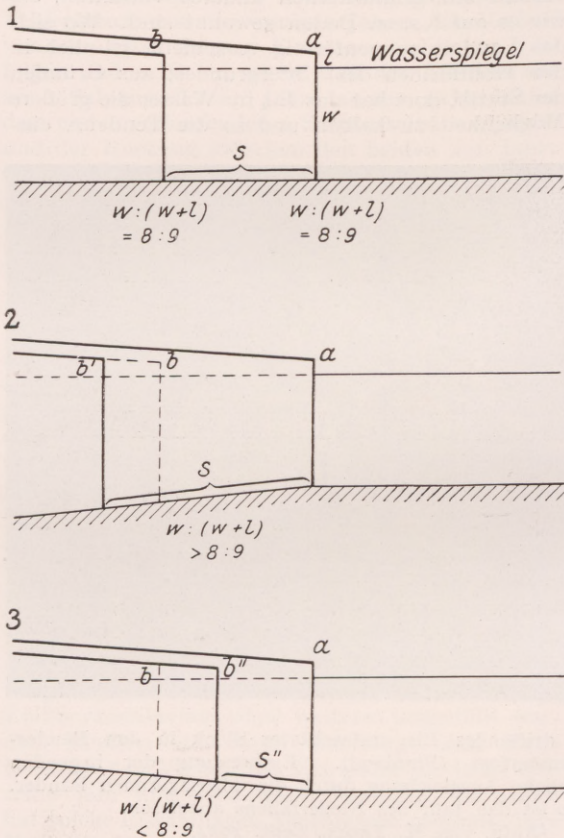


Fig. 6. Das verschiedene Verhalten kalbender Eisränder beim Rückschmelzen in gleichmäßig tiefem (1), tiefer (2) oder seichter (3) werdendem Wasser. Vgl. Text.

Rückzuges ab (2), so kommt der abschmelzende Eisrand in immer größere Tiefen, er wird infolgedessen beim Punkte *b* ($w: [w + l] > 8:9$) noch weiter kalben, solange, bis mit dem Punkte *b'* das richtige Verhältnis erreicht ist. Die Rückverlegung von *b* nach *b'* ist nicht durch das Abschmelzen, sondern durch die Topographie allein bedingt. Umgekehrt wird er bei Anstieg des Untergrundes in der Richtung des Eisrückzuges (3) nur bis *b''* zurückweichen, denn beim Punkte *b* würde das Verhältnis $w: (w + l)$ kleiner als 8:9 sein und es dem Eis erlauben, noch länger in Zusammenhang zu bleiben, nämlich bis *b''*, wo das Verhältnis 8:9

existiert. Wie leicht ersichtlich ist, ist die Differenz zwischen *s* und *s'* bzw. *s''* sowohl von der Neigung des Untergrundes wie von der der Eisoberfläche abhängig. Eine stärkere Neigung des Untergrundes vergrößert die in der Zeichnung gegebene Wirkung nach beiden Seiten, das gleiche tut aber eine geringere Neigung der Oberfläche, wie sie bei Inlandeis meist vorhanden sein wird.

Beim Betreten von rückläufigen Böschungen und von Mulden eilt somit der Eisrand dem wirklichen Abschmelzen der Eismasse voraus, beim Betreten von vorwärtsgerichteten Böschungen und von submarinen Schwellen wird er um diesen Betrag und darüber hinaus retardiert¹⁾. Das kann nun so weit gehen, daß lediglich die Topographie des Untergrundes Stillstandslagen erzeugt. Daß z. B. zu den beiden großen Ästen des Salpausselkä, die sich in zwei schön geschwungenen Girlanden von der Südwestecke Finnlands bis nach Karelien erstrecken, im südwestlichen Finnland noch ein dritter Parallelast tritt, von dem im Osten in der entsprechenden Lage keine Spur zu erkennen ist, soll nur so zu erklären sein. SAURAMO geht aber noch weiter und versucht, den ganzen Salpausselkä als eine topographische Stillstandslage zu erklären. Drei Tatsachen sprechen laut dafür: 1. Es zeigt sich auf einer Höhenkarte und auf Querschnitten, daß der Verlauf der beiden Äste des Salpausselkä genau einem nordwärts gerichteten staffelförmigen Anstieg des Landes entspricht. 2. Die zeitlichen Fixierungen der Eisrandlagen nach SAURAMO verbieten es den Salpausselkä, wie es bisher einstimmig geschah, mit den mittelschwedischen Endmoränen zu parallelisieren. 3. Es fehlt die entsprechende Fortsetzung der beiden Wälle dort, wo sie im Osten auf festes Land treten. Hier liegt ein Ergebnis vor, das alteingesessene, für selbstverständlich erachtete und allgemein akzeptierte Ansichten zunichte machen soll und wohl auf ernstem Widerspruch zu rechnen hat. Trotz der anerkannten Exaktheit seiner Unterlagen mahnt es vorläufig zur Vorsicht. Denn die auffallende Homologie zwischen den mittelschwedischen und finnischen Endmoränen würde mit einem Schlage dem blinden Zufall anheimgestellt.

Eine Tatsache aus der Fülle des Materials muß noch herausgegriffen werden, weil sie gewichtig in die zuletzt angeschnittene Frage nach der Verbreitung topographischer Rückzugsstadien eingreift. Es ist die *Periodizität des Rückzuges*. Jede Stillstandsperiode wird zeitlich dadurch kompensiert, daß ihr eine Periode mit um so beschleunigterem Rückzug auf dem Fuße folgt, und zwar so, daß sie nach dem Stillstand mit maximaler Intensität einsetzt und ganz allmählich abflaut. Das ist nun eine Tatsache, die sich aus der Betrachtung der Figuren notwendig ergeben muß. Beim Rückzug über ein rückläufig ansteigendes

¹⁾ Auch das festem Boden aufliegende Eis wird durch die Bodenform beeinflusst, aber umgekehrt wird sein Rand an rückfallenden Hängen im Rückgang verlangsamt, an rückwärts ansteigenden beschleunigt.

Gehänge wird, auch bei dauernder Abnahme der Eismasse, die Front dadurch gehalten oder ihre Zurücknahme dadurch verzögert, daß das Eis mit der Abnahme der Kalbungstiefe und damit seiner Stirnmächtigkeit länger im Verband erhalten bleibt. Aber die auch während des Stillstandes verringerte Eismasse führt weiterhin dazu, daß sich beim Betreten von rückwärts wieder fallendem Gelände die Zunahme der Kalbungstiefe und damit die Rückverlegung der Front um so rapider geltend machen muß.

In gleicher Weise wie eine Vertiefung des Wassers muß auch eine plötzliche Versalzung aus Gründen der größeren Dichte auf verstärkte Kalbung und Zurückverlegung des Eisrandes hinwirken, wobei die Gefrierpunktserniedrigung (s. oben!) unterstützend mitwirkt.

5. Zur Paläoklimatologie der Spätglazialzeit.

Alle bisher für den Verlauf des Eisrückzuges in Rechnung gesetzten Faktoren, die zum Teil in der Form des Bodens, zum Teil in der Beschaffenheit und Herkunft des Wassers liegen, haben gemeinsam, daß sie von Ort zu Ort wechseln, in keinem Punkte regional, auf die ganze Eismasse, wirksam sind. Das ist aber bis zu einem gewissen Grade, wenn auch nicht vollkommen der Fall bei den Faktoren des Klimas. Zwar mag das Klima Nordeuropas ähnlich wie heute — unter dem Einfluß der Eisbedeckung vielleicht noch mehr oder auch weniger — in den einzelnen Teilen gewechselt haben. Das ganze Schwinden des Eises aber, das Ende der Eiszeit überhaupt, ist ein Phänomen von solcher Größe und Tiefe der Wirkung, daß sein Wesen nur einheitlich aufgefaßt werden kann. Zwei große, bis heute nicht restlos gelöste Fragen drängen sich dabei auf: 1. Was war die Ursache für das Schwinden der Eiszeitgletscher und anderenteils die für ihr Auftreten? Auf beide Fragen eine endgültige Antwort zu geben, ist vielleicht kein Zweig der Eiszeitforschung mehr berufen als die Geochronologie. Denn wie sich der Ablauf der einzelnen Jahreszeiten und die Unterschiede des Wassers in den Tonbädern abgebildet haben, so muß das in gleicher Weise für die klimatische Entwicklung innerhalb längerer Zeitspannen Geltung haben. In Wirklichkeit stellen sich jedoch bei dieser Frage die denkbar größten Schwierigkeiten in den Weg. Was auf die Sedimentation zunächst Einfluß gehabt hat und was uns heute in den Sedimenten entgegentritt, ist eine ganze Fülle nicht allgemeiner Faktoren, von denen ein jeder auf anderem Raume und mit verschiedener Intensität wirksam war. Wir sind daran, jeden dieser Faktoren in seiner Wirksamkeit zu verstehen, aber noch sind wir weit entfernt, ihn exakt fassen zu können. Auch hier erweist sich die Wirklichkeit komplizierter, als es zunächst den Anschein hatte. Erst wenn es einmal möglich ist, alle diese Faktoren lokaler Natur auszuschalten, wird es gelingen, durch große, mühsame und langwierige Vergleiche das allgemeine Klimatische des Eisrückzuges herauszuschälen.

Um den spätglazialen Klimacharakter nach Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen und seinen Einfluß auf den Grad der Vereisung beurteilen zu können, muß an eine vergleichende Untersuchung der einzelnen jahreszeitlichen Ablagerungen, der Frühjahrs-, Sommer-, Herbst- und Winterschichten gegangen werden. Aus der Beschaffenheit der Bänder der Salpausselkä-Epoche hat BRÜCKNER den Schluß auf längere Dauer der Winter, ANTEVS dagegen auf stärkere Niederschläge ziehen zu können geglaubt. SAURAMO hat gezeigt, daß auch andere als klimatische Faktoren dafür verantwortlich gemacht werden können.

Daß die spätglaziale Klimaverbesserung nicht kontinuierlich vor sich gegangen ist, auch wenn sich alle Rückzugsmoränen als topographisch bedingt herausstellen sollten, ist ohne weiteres, zumal nach den Erfahrungen in anderen Gebieten, anzunehmen. Eine Bestätigung von der geochronologischen Forschungsrichtung her steht aber bislang noch aus.

Der Verlauf des Eisrückzuges steht aber als Ganzes noch unter einem höheren Prinzip. Seine Geschwindigkeit nimmt nämlich, von allen kleineren Unstimmigkeiten abgesehen, mit dem Ab-

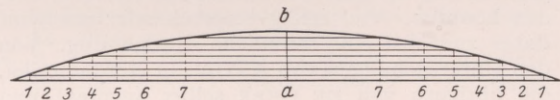


Fig. 7. Diagramm zur Illustration der Rückzugsbeschleunigung einer Inlandeisecke bei gleichmäßiger Abnahme der Dicke. Vgl. Text.

schmelzen der Eismasse stetig zu. Dem jährlichen Rückschritt von 50 m im südlichsten Schweden steht ein solches von 300 m im Norden gegenüber. Für diese Erscheinung ist weder eine zunehmende Vertiefung des Meeresbeckens noch eine allmähliche Versalzung des Wassers verantwortlich zu machen. Zwei Erklärungen stehen zu Gebote. Die Klimaverbesserung, etwa eine Temperaturzunahme, könnte in diesem Sinne progressiv vor sich gegangen sein. Aber auch eine rein mathematische, im Inlandeismassiv selbst ruhende Begründung ist dabei im Spiele. Diese fußt auf dem Prinzip, daß der Radius einer Kugel langsamer abnimmt als ihre Masse, und zwar in geometrischer Progression. In dem Falle des nordischen Inlandeises handelt es sich nicht um eine Kugel, sondern um einen Eiskuchen, näherungsweise ein äußerst flaches Kugelsegment. Wir können uns das gleichmäßige Abschmelzen dieses Segments in der Weise vorstellen (vgl. Fig. 7), daß wir seine Höhe in gleichen Abständen vermindern ohne Veränderung des Radius, also gewissermaßen den Boden des Segments immer weiter von a nach b verschieben. Aus der Figur ist ohne weiteres klar, daß der Radius des Grundkreises, in unserem Falle der Durchmesser der ganzen Eiskalotte, in immer stärkerer Progression abnehmen, daß sich der Rand in gleichen

Zeiten von 1 nach 2, 3, 4 usw. verlegen muß. Eine flüchtige Überrechnung für den Fall des Eistrückzuges in Schweden, wobei ich als Ausgangsradius die Strecke Schonen—Ragunda mit 800 km, die Höhe des Segments mit ca. 3 km angenommen habe, hat gezeigt, daß sich die wirklich beobachteten Werte des Eistrückzuges daraus ohne weiteres verstehen lassen. Wir sind somit nicht gezwungen, für die Dauer dieses Rückzuges eine weiter fortschreitende Klimaverbesserung anzunehmen.

6. Die Fernkonnexionen.

Der naheliegendste Wunsch der Geochronologen ist naturgemäß der, die in Fennoskandien von so glänzendem Erfolg begleiteten Untersuchungen nach Möglichkeit auszudehnen, und zwar sowohl räumlich wie zeitlich. Eine zeitliche Ausdehnung auf die älteren Phasen der Eiszeit, die über Dänemark oder das Baltikum nach Norddeutschland zu erfolgen hätte, erscheint bis heute nicht möglich. Denn mit dem Verlassen des großen Baltischen Stausees fehlt die Einheitlichkeit der Ablagerung, bleiben nur mehr einzelne zusammenhanglose Tonbecken übrig, in denen wohl da und dort Profile aufgenommen, aber wohl nicht oder nur mit größten Schwierigkeiten zusammengeschweißt werden könnten. Viel erfolgversprechender erscheint daher zunächst eine räumliche Ausdehnung. Von den Untersuchungen von ANTEVS in Nordamerika, die übrigens von DE GEER selbst angeregt und begonnen wurden, war schon die Rede. Die außerordentliche Ähnlichkeit des Vereisungsphänomens zwischen Nordamerika und Nordeuropa sichert dort von vornherein den Erfolg. Eine Frage aber ist es, ob, wie es DE GEER versucht hat, eine unmittelbare Parallelisierung, eine Fernkonnexion über den Ozean hinweg möglich ist. Vom klimatologischen Standpunkt aus hat dagegen BRÜCKNER die schwersten Bedenken erhoben. Die Ausführung des Versuches wird die beste Antwort geben. Sodann aber ist es an der Zeit, die Blicke auch der Südhalbkugel zuzuwenden. In erster Linie ist dabei an das Patagonische Vereisungsgebiet zu denken, wo sich glaziale Seebecken von großer Ausdehnung am Ostrand, marine Tonlager am Westabfall der Kordillere finden. Hier winkt der geochronologischen Forschung in nächster Zeit sicher ein wichtiges Betätigungsfeld. Sollten dann etwa gar Konnexionen zwischen der nördlichen und der südlichen Halbkugel gelingen, so würden diese auch auf die Frage nach der Einheitlichkeit der Eiszeit über die ganze Erde hin und damit nach ihren kosmischen oder tellurischen Ursachen entscheidenden Einfluß gewinnen.

In den Alpen wurde bisher merkwürdigerweise noch nie der Versuch zu exakten geochronologischen Datierungen unternommen. Die für Norddeutschland erwähnte Schwierigkeit, daß ein einheitliches Sedimentationsbecken fehlt, gilt hier in erhöhtem Maße. Dafür aber sind in den Alpen die horizontalen Entfernungen weit geringer, die Aufschlüsse dagegen bedeutend tieferreichender. Auch sind in

den Alpen Ablagerungen aus älteren Epochen der Eiszeit der Beobachtung zugänglich, die in Nord-europa fehlen, speziell die der letzten Interglazialzeit. An ihnen wenigstens sollte der Versuch einer geochronologischen Bearbeitung gemacht werden.

Durch die vorstehenden Ausführungen glaube ich gezeigt zu haben, daß durch die von der geochronologischen Fragestellung aus eingeschlagenen Methoden die Eiszeitforschung in Fennoskandien schon heute so wichtige allgemeine Fragen angeschnitten und eine solche Fülle neuer Probleme zur Sprache gebracht hat, daß deren Verfolgung die Geochronologie selbst an Bedeutung noch weit übertrifft. In ihrer Gesamtheit bilden ihre Ergebnisse, die im Laufe der Zeit als reife Früchte vom Baum der geochronologischen Wissenschaft fallen mögen, zweifellos das genaueste und geschlossenste Bild, das nicht nur die Eiszeitgeologie, sondern die gesamte Paläogeographie aufzuweisen hat. Möge dem neuen Wissenszweig und im besonderen seinem Begründer, Professor GERARD DE GEER, noch reicher Erfolg beschieden sein! Wenn der zwar hochbetagte, aber noch arbeitsfrische Forscher im vergangenen Winter von seiner Professur an Stockholms Hörskola zurückgetreten ist, so hätte der schwedische Staat seiner grundlegenden und erfolggekrönten Lebensarbeit nicht besser als durch die Gründung eines Geochronologischen Instituts unter DE GEERS persönlicher Leitung seine Anerkennung zollen können.

Literatur.

1. H. W'SON AHLMANN, C. CARLZON and R. SANDEGREN, The Quaternary History of the Ragunda Region, Jämtland. Preliminary Report. Geol. För. i. Stockh. Förh. **34**. 1912.
2. H. W'SON AHLMANN, C. CARLZON and R. SANDEGREN, Ragundasjön, en geomorfologisk, geokronologisk, växtgeografisk undersökning. Sver. Geol. Undersökning, Ser. Ca, Nr. 12, Stockholm 1924.
3. G. ANDERSSON, Om senglaciala och postglaciala aflageringar i mellersta Norrland. Geol. Fören. Förhandl. **16**. 1894.
4. C. J. ANRICK, Morän- och isrecessionsstudier i Odensala socken, Uppland. Geol. För. Förh. **37**. 1915.
5. E. ANTEVS, Landisens recession i nordösta Skåne. Geol. För. Förh. **37**. 1915.
6. E. ANTEVS, Senkvartära nivåförändringar i Norden. Geol. För. Förh. **43**. 1921.
7. E. ANTEVS, On the late-glacial and postglacial history of the Baltic. Geogr. Rev. **12**. 1922.
8. E. ANTEVS, The Recession of the last ice sheet in New England. Americ. geogr. soc., research. ser. Nr. 11. 1922.
9. ED. BRÜCKNER, Geochronologische Untersuchungen über die Dauer der Postglazialzeit in Schweden, in Finnland und in Nordamerika. Zeitschr. f. Gletscher. **12**. 1921.
10. GUST. FRÖDIN, Über einige spätglaziale Kalbungsbuchten und fluvioglaziale Estuarien im mittleren Schweden. Bull. of the Geol. Inst. of Upsala **15**. 1916.

11. GERARD DE GEER, Om en postglacial landsänkning i södra och mellersta Sverige. Geol. Fören. Förh. 6. 1882.
12. GERARD DE GEER, Om möjligheten af att införa en kronologi för istiden. Geol. Fören. Förh. 7. 1884.
13. GERARD DE GEER, Om istidens kronologi. Geol. Fören. Förh. 7. 1885.
14. GERARD DE GEER, Yttrande angående den hvarviga lerans bildningssätt och sammansättning. Geol. Fören. Förh. 11. 1889.
15. GERARD DE GEER, Ändmoränen i trakten mellan Spånge och Sundbyberg.
16. GERARD DE GEER, Om rullstenåsarnas bildningssätt. Geol. Fören. Förh. 19. 1897.
17. GERARD DE GEER, Stockholmstraktens geologi. Stockholm Sveriges hufvudstad, vol. I, 1897.
18. GERARD DE GEER, Bidrag till istidens kronologi och klimallära. Geol. Fören. Förh. 27. 1905.
19. GERARD DE GEER, Om de senaste undersökningarna rörande den hvarviga lerans bottenhvarf och den senglaciala landisens recession genom Stockholmstrakten. Geol. Fören. Förh. 28. 1906.
20. GERARD DE GEER, On late Quaternary time and climate. Geol. Fören. Förh. 30. 1908.
21. GERARD DE GEER, Dal's Ed, some stationary ice-borders of the last glaciation. Geol. Fören. Förh. 31. 1909.
22. GERARD DE GEER, A thermographic Record of the late-quaternary Climate. In „Die Veränderungen des Klimas seit dem Maximum der letzten Eiszeit“. XI. Intern. Geol.-Kongr., Stockholm 1910.
23. GERARD DE GEER, A Geochronology of the last 12 000 years. Comptes Rendus du XIe Congrès géol. intern., Stockholm 1910.
24. GERARD DE GEER, Om den senkvartära tidens indelning. Geol. Fören. Förh. 33. 1911.
25. GERARD DE GEER, Om grunderna för den senkvartära tidsindelningen. Geol. Fören. Förh. 34. 1912.
26. GERARD DE GEER, Geochronologie der letzten 12 000 Jahre. Geol. Rundschau 3. 1912.
27. GERARD DE GEER, Finiglaciala Yoldiarelikter. Geol. Fören. Förh. 35. 1913.
28. GERARD DE GEER, Om den senglaciala isrecessionen inom den Baltiska dalen. Geol. Fören. Förh. 36. 1914.
29. GERARD DE GEER, Om internationell användning af den svenska kvartärkronologien. Geol. Fören. Förh. 38. 1916.
30. GERARD DE GEER, Fjärrkonnektioner längs de finiglaciala gränsmoränerna. Geol. Fören. Förh. 39. 1917.
31. GERARD DE GEER, Om de finiglaciala gränsmoränerna och motsvarande klimatväxlingar. Geol. Fören. Förh. 39. 1917.
32. GERARD DE GEER, Geokronologiala Relato inter la Alpala e la skandinava glaciali. Geol. Fören. Förh. 41. 1919.
33. GERARD DE GEER, Correlation of late glacial clay-varves in North-America with the Swedish time scale. Geol. Fören. Förh. 43. 1921.
34. GERARD DE GEER, Om den definitiva förbindelsen mellan den svenska tidskalens senglaciala och postglaciala del. Geol. Fören. Förh. 46. 1924.
35. J. P. GUSTAFSSON, Über die Grenzlagen des spätglazialen Bändertons in der Gegend von Upsala. Bull. geol. Inst. Upsala 6. 1903.
36. A. G. HÖGBOM, Studier öfver de glaciala aflagringarna i Upland. Geol. Fören. Förh. 14. 1892.
37. A. G. HÖGBOM, Om relationen mellan calcium- och magnesium-karbonat i de kvartära aflagringarna. Geol. Fören. Förh. 11. 1889.
38. A. G. HÖGBOM, Om djurspår i den uppländska ishafsleran. Geol. Fören. Förh. 37. 1915.
39. R. LIDÉN, Om isafsmältningen och den postglaciala landhöjningen i Ångermanland. Geol. Fören. Förh. 33. 1911.
40. R. LIDÉN, Geokronologiska studier öfver det finiglaciala skedet i Ångermanland. Sver. Geol. Unders. Ca, 9. 1913.
41. G. LUNDQUIST, Den baltiska issjöns tappning. Geol. Fören. Förh. 43. 1921.
42. H. NELSON, Om randdeltan och randåsar i mellersta och södra Sverige. Sver. Geol. Unders. C, 220. 1910.
43. L. VON POST, En exakt geologisk tideräkning. Popul. Naturvetenskapl. Revy, 1911.
44. M. SAURAMO, Geochronologische Studien über die spätglaziale Zeit in Südfinnland. Bull. Commiss. Géol. de Finlande, Nr. 50. 1918.
45. M. SAURAMO, Studies on the quaternary varve sediments in Southern Finland. Bull. Commiss. Géol. de Finlande, Nr. 60. 1923.

Einige Beobachtungen zur Morphologie von Finnmarken und Lappland.

Vorläufige Mitteilung.

Von G. BRAUN, Greifswald.

Im Sommer 1922 und 1924 sah ich das Innere Finnisch-Lapplands und ging auf der Utsjoki-Route nach Norwegen (Finnmarken). Morphologische Beobachtungen dieser Reisen habe ich 1925 in Pet. Mitt. veröffentlicht¹⁾, anthropogeographische an anderen Stellen²⁾. 1925 durchquerte ich Finnmarken von der Mageröya aus über Porsanger-Karasjok und erreichte auf ganz unbetretenen Wegen das Gebiet des Kaamasjoki und den Enare-See in Finnisch-Lappland. Obwohl z. T. schlechtes Wetter herrschte, war diese Tour un-

gewöhnlich aufschlußreich. Einige der Beobachtungen und berührten Probleme mögen hier vorläufig veröffentlicht werden. Herrn Privatdozent Dr. SCHREPPER aus Freiburg danke ich für freundliche Begleitung auf den Exkursionen und fruchtbringende Diskussionen unterwegs.

1. Die Gebirgsgliederung im nördlichen Finnmarken. Während die Stirn der caledonischen Überschiebungen in Finnmarken nach den Untersuchungen der norwegischen Geologen (s. besonders OL. HOLTEDAHL und die neue geologische Übersichtskarte von N-Norwegen) allmählich aus der nordsüdlichen in ostwestliche Richtung übergeht, ist die Anordnung der Erhebungen, was bisher nicht bekannt war, tatsächlich eine von dem Zusammenhang mit der Überschiebung, wie er weiter südlich besteht, abweichende. Die Linien größter Erhebungen machen die geschilderte Umbiegung nach meinen Beobachtungen nicht mit. Im westlichen Finn-

¹⁾ Reisebeobachtungen in Finnisch-Lappland und Finnmarken. Pet. geogr. Mitt. 1925. 17.

²⁾ Finnisch-Lappland und Petsarimo. Ber. a. d. Inst. f. Finnlandkunde d. Univ. Greifswald 5. Greifswald 1925. Beobachtungen in Finnisch-Lappland übertragen auf den Besiedlungsgang Norddeutschlands. Im Druck bei der „Leopoldina“. Halle.

marken liegen sie vielmehr im Bereich der Gabbros auf den Inseln; im Hinterland des Alten Fjord und an der Wurzel der Porsanger Halbinsel ist sozusagen ein Loch, die Stirn der Stufe nur unbedeutend entwickelt (600 bis 700 m), und erst weiter östlich tritt mit den Quarziten der Porsanger-Formation (so genannt auf der geol.

nach Norden und Osten senken sich die Gipfelhöhen. Der Sockel liegt etwa 400–500 m hoch, er zieht in das Gebiet des Alten Fjord hinüber und unterbricht damit die skandinavische Gebirgszone.

2. *Die subcambrische Fläche und jüngere Einebnungen in Finnmarken und Finnisch-Lappland.* Ich habe



Fig. 1. Subcambrische Fläche (im Hintergrund hell beleuchtet) am Sockel der Überschiebung in Finnmarken. Westabhang des Stuurra Gagga 840 m, von W gesehen, über das Tal des Lakselv hinweg, dessen Trog in die subcambrische Fläche eingeschnitten. Der Vordergrund etwa im Niveau der subcambrischen Fläche. Rechts S. — G. BRAUN phot.



Fig. 2. Blick auf die Piedmontfläche am Fuß der Muotka-Tunturi vom Otsamo südl. Enare (von O). Im Vorland der Muddusjärvi (etwa 160 m). Die Berge am Horizont sind 550–590 m hoch. — G. BRAUN phot.

Übersichtskarte) ein neues hohes Bergland auf. Es zerfällt in die durch Talungen usw. deutlich geschiedenen 3 Gruppen des Cokkarassa 1131 m im Westen, des Halkkavarre 1048 m in der Mitte, der Gaisas mit dem Rastegaisa 1080 m im Osten. Die Berge sind, soweit wir sehen konnten, im Westen rund (ohne Kare?), im Osten z. T. zugespitzt. Sie haben Auslieger an der Überschiebung, die als mächtige Stufe entwickelt ist;

schon in Pet. Mitt. 1925 darauf hingewiesen, daß hier unbedingt jüngere Verebnungen als die subcambrische Fläche vorhanden sind. Das ist auf dieser Reise durchaus bestätigt worden. Die subcambrische Fläche ist unter der Überschiebung wunderbar klar im Porsanger-Gebiet sichtbar (Fig. 1) und dort auch von HOLTEDAHL in ihrem Gefäll dargestellt. Die Beobachtung ergab, daß sie hoch über das Vorland ausstreicht, das

etwa 400–450 m hoch liegt. Nun kann ja dieses auch hier sehr ebene Vorland an sich ein Teil der subcambrischen Fläche sein, die im Bereich der Überschiebung durch diese eingedrückt worden wäre. Dem widerspricht indessen die ziemlich starke Differenz in den Neigungswinkeln und das Herumgreifen der 450 m-Flächen. Die Untersuchung des Sockels der Auslieger wird weitere Hinweise zur Lösung dieses Problems erbringen.

Noch jüngere Einebnungen, eine 300 m-Fläche, sind klar und schön am Anarjoki (südlicher Ast des Tana) entwickelt und greifen im Westen im Gebiet der Karasjokka, im Osten um die Muotka-Tunturi-Gruppe herum (Fig. 2), um sich am obersten Skietsham-Joki wieder zu vereinigen. Die Ebenheit ist verblüffend. Die Gebirgszüge wie Iskuras 642 m, Golmak 535 m, Gurbis

dem Kaamasjoki. Der (bekannte) Äszug des Luomussee setzt sich erheblich weiter, als bisher gezeichnet, nach Südwesten und Westen über die Passijävri-Gegend hin fort und wird von ausgedehnten Sandrflächen mit Gefäll nach Westen begleitet. Die Wasserscheide selbst in 300 m Höhe ist stark vermoort. Nach Osten hin führen von ihr ebenfalls Äsar, Sandrflächen und Stromrinnen zum Kaamasjoki hinaus, so daß m. E. kein Zweifel besteht, daß im Gebiet der Pais-Tunturi im Norden ein lokaler Eiskuchen am Ende der Eiszeit liegengeblieben ist.

Den gleichen Eindruck gewinnt man für die Muotka-Tunturi im Süden, in deren nordöstlichem Vorland am Kiellajokka und Peldojokka. V. TANNER zeichnet am oberen Kaamasjoki einen großen glazialen Stausee.



Fig. 3. Typus der Sandrflächen am oberen Kaamasjoki, Gegend des Uddavärr. Bodenvegetation Renntierflechte und Beerenkraut, darüber Birken und Kiefern, z. T. abgestorben und gestürzt. — G. BRAUN phot.

583 m auf norwegischer, Nupir 519 m, die Muotka-Tunturi mit Peldoaiivi 568 m und Koarvikods 591 m, die Skietsham-Tunturi 557 m, Maaresta-Tunturi usw. auf finnischer Seite tragen deutlich abgesetzt dieser weiten Piedmontfläche, die mit glazialen Schutt dick verhüllt ist. Sie wird auf Karten und in der Natur weiter von mir verfolgt werden. In sie erst sind mit Terrassen die Täler eingesenkt.

3. *Vom Ende der Eiszeit im nördlichen Finnisch-Lappland.* Hier sind nur wenige Feststellungen gemacht, dagegen Probleme aufgeworfen, auf die im folgenden hingedeutet sei. Festgestellt ist, daß im ganzen Gebiet Kare völlig fehlen, nur am Otsamo bei Enare fanden sich in 375 m Höhe einige unzweifelhafte, aber nur ganz kleine Schneeflecken-Nischen in Nordexposition. Sonst sind alle Berge, einschließlich des 623 m hohen Ailigas, vollkommen rund, bis in die Täler hinab. Wichtig ist die Wasserscheide zwischen dem Karigasjokka und

Nach unseren Barometerbeobachtungen sind aber die mächtigen Sandflächen (Dünenbildung!) und Schotterfächer (Fig. 3) nach Osten hin regelmäßig geneigt und Seespuren waren nicht zu finden; die Berge sind umschüttet.

Besonders wichtig ist auch das Problem des Enare-See. Wir gewannen die Vorstellung, daß auch hier ein lokaler Eiskuchen in der Niederung (wegen seiner Mächtigkeit!) am Ende der Eiszeit liegengeblieben sei. Dazu führten uns die nur lokal bei dem Kirchdorf Enare über Bändertonen entwickelten hohen Sandterrassen, vor allem aber die gewaltigen Blockmoränenwälle (die wildesten, die ich je sah), am ganzen Südufer zwischen Enare und Ivalo, die nicht aus irgendwelchen Tälern hervorgekommen sind. Doch kann diese Frage hier nur berührt werden, ihre Lösung erfordert theoretische Untersuchung und weitere Feldarbeit rings um den See.

Biologische Mitteilungen.

Untersuchungen über die Arbeitsteilung im Bienenstaat. I. Teil. Die Tätigkeiten im normalen Bienenstaate und ihre Beziehungen zum Alter der Arbeitsbienen. (G. A. RÖSCH, Zeitschr. f. vergl. Physiol. 2, 571–631. 1925.) Trotz der ungeheuren Ausdehnung der imkerischen und bienenwissenschaftlichen Literatur wissen wir bis heute nichts Zuverlässiges über die Probleme der Arbeitsteilung im Bienenstaate. Die

Verteilung der Leistungen auf die Kasten zwar ist bekannt: Die Königin allein legt Eier, die Drohnen haben lediglich die Aufgabe der einmaligen Begattung der Königin; alle übrigen Pflichten liegen ausschließlich den Arbeiterinnen ob. Wie aber verteilen sie sich auf diese? Gibt es etwa innerhalb der Arbeiterinnenkaste noch Unterkasten, deren jede nur eine einzige Aufgabe erfüllt, so wie es vielleicht für die „Soldaten“ der Ter-

miten gilt, und gehört jede Arbeiterin zeitlebens nur einer und derselben Unterkaste an, oder aber ist die einzelne Arbeiterin vielleicht befähigt, nacheinander alle verschiedenen Tätigkeiten auszuüben?

Zwei bedeutsame methodische Kunstgriffe ermöglichen v. FRISCH¹⁾ bekanntermaßen die Lösung des „Sprach“-problems der Biene, nämlich der in ganzer Wabenausdehnung übersehbare Beobachtungsstock und die Numerierung der Bienenindividuen. Dieselben zwei Hilfsmittel gestatteten seinem Schüler einen glücklichen experimentellen Griff in das Neuland der intimen Vorgänge im Bienenstocke.

In drei aufeinanderfolgenden Sommern numerierte er im Beobachtungsstocke frisch ausgeschlüpfte Bienen einzeln und verfolgte ihre Lebensgeschichte; daneben versah er auch größere Gruppen gleichzeitig geschlüpfter Bienen mit gleichen Marken und gewann so das Material für histologische Untersuchungen. Andere Eingriffe in das normale Geschehen des Bienenvolkes wurden vorerst gänzlich unterlassen.

Wie sich als Endergebnis der äußerst zahlreichen und mühsamen Versuche herausstellte, trifft die zweite der oben gegenübergestellten Möglichkeiten zu: jede einzelne Arbeitsbiene erledigt *nacheinander* alle verschiedenen Tätigkeitsarten, und zwar in einer für sämtliche Arbeiterinnen nahezu konstanten Reihenfolge.

Nachdem die frischgeschlüpfte Biene die Reste der Puppenhaut von ihrem Körper abgeputzt hat, beginnt sie ihre soziale Tätigkeit stets und in durchaus konstanter Weise als „Zellenputzerin“: Sie kriecht in leere Brutzellen hinein und macht sich darin zu schaffen. Nur derart geputzte Zellen werden von der Königin mit Eiern befestet. Der Trieb zum Zellenputzen ist angeboren („instinktiv“), denn auch isoliert ausschüpfende und gehaltene Jungbienen üben ihn regelrecht aus. Hat die Zellenputzerin mehrere Zellen besucht, so pflegt sie stundenlang ruhig dazusitzen, jedoch immer nur auf Brutzellen, auf offenen so gut wie auf gedeckelten. Offenbar wärmt sie die Brut, wie ein über die Zelle gelegtes Federbettchen. In dieser ersten Lebensperiode läßt sich das junge Tier von älteren Genossinnen füttern. Erst vom dritten Lebensstage an holt sie Pollen und Honig aus den Vorratszellen des Stocks, worauf sie auf den Brutwaben umständlich herumzusuchen beginnt. Bei mindestens 4 Tage alten, also fast erwachsenen Larven macht sie halt und gibt ihnen Pollen und Honig in ihre Zelle hinein. Die „Futterdrüse“ (Kopfspeicheldrüse) ist zu dieser Zeit noch nicht funktionsfähig. Da die Biene aber einen guten Teil der den Stockvorräten entnommenen Nahrung für sich selbst behält, reift bei der guten Ernährung auch die Futterdrüse bald heran; und vom sechsten Lebensstage an vermag sie, dem histologischen Bilde nach beurteilt, zu sezernieren. Als bald geht die Arbeiterin dazu über, auch jugendliche Larven zu füttern, diesmal nämlich mit Futterdrüsenensaft. Alle Larven also, gleichwohl welchen Alters, erhalten von mindestens 6tägigen Arbeiterinnen Kopfspeicheldrüsenensaft; dazu wird den älteren Larven durch die jüngsten Bienen Pollen und Honig als Zusatznahrung verfüttert. Bis höchstens etwa zum 15. Lebensstage währt diese Periode der direkten Brutpflege; mit der morphologisch nachweisbaren Rückbildung der Futterdrüse erreicht sie ihren Abschluß.

Gleichzeitig ändert sich das Benehmen der jungen Stockbiene durchaus. Im Gegensatz zum bisherigen Verhalten gewinnt sie jetzt Interesse an den Werbentänzen der beladen heimkehrenden Feldbienen, vordenen

sie bisher stets „wie erschreckt entflohen“; und wenn sie einmal an einem schönen sonnigen Tage dem Flugloche zu nahe kommt, so wird sie sozusagen in den allgemeinen Wirbel mit hineingerissen und verläßt erstmals den Stock, jedoch nur zu ganz kurzem Orientierungsfluge. In den folgenden Tagen können weitere Orientierungsflüge stattfinden, auf denen das Tier eine immer genauere Ortskenntnis der Stockumgebung erwirbt, jedoch ohne daß es schon selbst sammelte. Vielmehr liegt ihr Hauptbetätigungsgebiet nach wie vor im Stocke, unsere Biene ist in die „zweite Periode der Stocktätigkeit“ übergetreten. Meist beginnt sie damit, den heimkehrenden Sammlerinnen den Nektar abzunehmen, um ihn teils an Stockgenossen zu verfüttern, teils in die Vorratszellen zu tragen. Weiterhin betätigt sie sich als „Pollenstamperin.“ Die heimkehrenden Pollensammler geben nämlich ihre Beute nicht ab, im Gegensatz zu den Nektarsammlern, sondern sie eilen zu den Vorratszellen, wo sie ihre Höschen abstreifen. Nun kommt unsere Stockbiene und stampft die beiden Pollenkugeln zu einer festen Masse zusammen. Ferner kann sie auch Fremdkörper, wie tote Bienen, Wachsreste oder Unrat, mit den Mandibeln ergreifen und damit zum Stocke herausfliegen, um sie im Freien etwa 10 m vom Flugloch entfernt fallen zu lassen. Auch nagen sie in diesem Stadium die Brutzellenränder glatt und erleichtern durch Aufbeißen der Wachsdeckelchen den Jungbienen das Ausschlüpfen.

Gegen Ende der zweiten Periode im Stock endlich übernimmt die Biene den Wächterdienst. Dann hält sie sich dauernd in unmittelbarer Nähe des Flugloches auf. Mittels ununterbrochener Fühlerbewegungen kontrolliert sie jede heimkehrende Biene, die über das Flugbrettchen hereinkriecht; und selbst bei solchen, die im Fluge über das Flugbrett hinwegstreichen, gelingt ihr die Geruchskontrolle, indem sie auf den Hinterbeinen aufgerichtet mit den Vorderbeinen und ausgestreckten Fühlern nach ihnen schlägt. Einige wohlgelungene Momentaufnahmen zeigen den markierten Wächter auf dem Flugbrett in wartender Stellung, im Kampfe mit einer zudringlichen Wespe und beim Untersuchen einer toten Biene. Nur etwa 4 Tage dauert der Wächterdienst; dann ist (insgesamt etwa mit dem 20. Lebensstage) auch die zweite Stockperiode vorbei und die Biene geht zur Sammeltätigkeit über; die „Hausbiene“ wird zur „Feldbiene“.

Bisher dienten ihre Ausflüge, wie gesagt, nur zur Erwerbung von Ortskenntnis. Eines Tages aber sieht man sie plötzlich mit Tracht beladen heimkehren und sich derselben im Stocke genau so entledigen, wie die erfahrenen Sammler es tun, nur mit einem Unterschiede: die Erstsammlerin tanzt noch nicht. Ebenso läßt sie sich auch noch nicht durch die Tänze der alten Sammler anwerben; sie „spricht“ weder, noch „versteht“ sie die Bienensprache. Vielmehr scheint sie eigene Wege zu gehen; jedenfalls sieht man sie oftmals mit Höschen von anderer Farbe heimkehren, als die Mehrzahl der eingeflogenen Sammlerinnen. So könnte die junge Erstsammlerin dem Stocke neue Trachtquellen erschließen, sobald sie erst selbst zu tanzen beginnt; doch bedarf gerade dieser Punkt noch eingehender Untersuchung. Der Zug zur Blüte ist bestimmt angeboren und beruht nicht auf Unterweisung; welche Reize aber ihn erstmals auslösen, ist ebenfalls noch nicht sichergestellt.

Auch das Lebensalter der Sommerbienen ließ sich an dem markierten Volke ablesen. Die älteste gezeichnete Biene wurde mit 55 Tagen im Stocke letztmals gesehen, andere mit 48 oder 37 bis hinab zu 20 Tagen.

Für alle Arbeitsbienen also gilt, daß sie in aufeinanderfolgenden Lebensphasen nacheinander verschiedene Tätigkeiten ausüben. Zuerst treiben sie

¹⁾ v. FRISCH, Sinnesphysiologie und „Sprache“ der Bienen. Die Naturwissenschaften 12, 981–987. 1924.

indirekte (Zellenputzen, Brutwärmen), dann direkte Brutpflege (Füttern). Es folgt die Zeit der Orientierungsflüge und gleichzeitig die zweite Periode der Stocktätigkeit mit Nektarabnehmen, Pollenstampfen, Reinhalten des Stockes, und endlich der Wächterdienst. Den Abschluß bildet die Sammeltätigkeit, die Beschäftigung als Feldbiene. Im „Hofstaat“ der Königin findet man Bienen aller Lebensalter vereinigt und zwar niemals dauernd dieselben.

Soweit die schönen und klärenden Ergebnisse der mühevollen Beobachtung am normalen Glasstock. Sogleich aber regen sie eine Fülle weiterer Fragen auf, deren brennendste kurz abgeleitet werden mag. Besonders die im beschriebenen Lebenslaufe der Arbeiterin die Mitte haltenden Tätigkeitsperioden lassen sich zeitlich nicht genau nach Tagen begrenzen. Vielmehr zeigt sich, wenn auch nicht hinsichtlich der Reihenfolge, so doch hinsichtlich der Dauer der Tätigkeitsphasen eine beträchtliche Plastizität. Bald ist die Stocktätigkeit ungewöhnlich verlängert und zwar entweder zugunsten der Brutpflege, oder es rücken andere Tätigkeiten in den Vordergrund. Ein andermal beginnt die Sammeltätigkeit ungewöhnlich früh, wobei hier vorzugsweise Pollen, dort überwiegend Nektar eingetragen wird usw. Die Außenfaktoren spielen dabei eine bedeutsame Rolle. Immer aber sind die Tätigkeiten so verteilt, wie es unter den gegebenen Bedingungen für den Stock, für das Wohl des Volkes als Gesamtheit am besten ist. Wo überreiche Brut vorhanden ist, da fehlt es nicht an Brutpflegern, und je weniger Bienen des entsprechenden Alters zur Verfügung stehen, um so länger bleiben sie der Brutpflege treu; im brutarmen Volke mit spärlichen Vorräten dagegen wird die Sammeltätigkeit schon in verhältnismäßig frühem Alter aufgenommen. Kurz es herrscht in der Verteilung der Pflichten eine Harmonie, wie sie nicht besser sein könnte, wenn eine übergeordnete Intelligenz die Arbeit einteilte und nach vorbedachtem Plane jedem Tier die seinen Fähigkeiten entsprechende Tätigkeit täglich von neuem zuwiese.

Ein ähnliches Problem lag für die Sammeltätigkeit darin, daß die Anzahl der Sammlerinnen an einer bestimmten Trachtquelle stets deren Ergiebigkeit aufs beste entspricht. Auch hier schien alles geradezu auf eine intelligent zentralisierte Organisation hinzudeuten. v. FRISCH jedoch hat diese gewiß überraschende Harmonie durch die Aufdeckung eines höchst einfachen Mechanismus völlig zu erklären vermocht: Je reicher die Quelle fließt, um so mehr wird im Stock getanzt, um so mehr Neulinge werden angeworben und sammeln mit, bis endlich die Quelle versiegt. Mit Beginn des Spärlichwerdens der Tracht aber hören die Tänze auf; so versiegt auch der Zuzug der Neulinge und die Schar verfliegt sich.

Hoffentlich gelingt es dereinst dem Fleiße und Geschick des Verf.s in seinen bereits begonnenen planmäßigen Versuchsreihen mit Stöcken, die unter experimentell stark abgeänderten Außen- und Innenbedingungen zu arbeiten haben, auch für sein Hauptproblem, die Harmonie der Pflichtenverteilung auf die einzelnen Lebensalter, eine ähnlich einfache und glücklich überzeugende Lösung zu finden, wie sein Lehrer sie uns bereits für das verwandte Problem der Sammelgemeinschaft geschenkt hat.

Farbensinn der Fische und Duplizitätstheorie. (K. v. FRISCH, Zeitschr. f. vergl. Physiol. 2, 393–452. 1925.) Im Wirbeltierauge finden sich zweierlei Sehzellen, die Stäbchen und die Zapfen. Der Duplizitätstheorie zufolge sind die Zapfen *farbenblind*, nur wenig adaptionsfähig und relativ empfindlich für langwelliges Licht (Gelb erscheint am hellsten, Rot heller als

Blau); die Stäbchen dagegen sind *total farbenblind*, hochgradig adaptionsfähig und relativ empfindlich für kürzerwelliges Licht (Gelbgrün erscheint am hellsten, Blau wesentlich heller als das wie schwarz gesehene Rot. Das (farbige) „Tagessehen“ ist eine Funktion der Zapfen, das (farblose) „Dämmerungssehen“ ist Stäbchensehen. In dieser Form wurde die Duplizitätstheorie für den Menschen aufgestellt und ist auch für ihn als Objekt heute noch umstritten. Noch viel weniger gewiß ist es, ob die gleichen Annahmen auf alle Wirbeltiere verallgemeinert werden dürfen.

In der Netzhaut der Fische sind nun Bewegungsvorgänge des Pigmentes und auch der Sehzellen unter dem Einfluß der Beleuchtung bekannt. Im Hellauge ist das Pigment weit vorgewandert („vor“ bedeutet glaskörperwärts, dem Lichte entgegen; „zurück“, „hinten“ bedeutet chorioideawärts, vom Lichte fort), so daß es fast bis an die Membrana limitans, den Ort der Bildentwerfung heranreicht und die Sehzellen optisch voneinander isoliert. Die Zapfennenglieder sind maximal kontrahiert, so daß ihre Außenglieder in der Bildebene liegen; die Stäbchen dagegen sind maximal gestreckt, ihre Außenglieder liegen im Pigment verborgen weit hinter der Bildebene. Andererseits ist im Dunkelauge das Pigment maximal zurückgezogen, die Zapfen sind gestreckt, d. h. rückwärts aus der Bildebene herausgerückt; die Stäbchen aber sind kontrahiert, ihre lichtempfindlichen Außenglieder nehmen die Bildebene ein. Kurz, im Hellauge liegen die Zapfen, im Dunkelauge die Stäbchen am Orte der Bildentwerfung. Das ist entschieden ein Argument zugunsten der Duplizitätstheorie. Um sie aber zu beweisen, müssen wir erstens wissen, ob auch die Fische nebeneinander Tages- und Dämmerungssehen besitzen, ob auch sie im Hellen farbenblind, in der Dämmerung total farbenblind sind; und wenn das der Fall sein sollte, muß zweitens festgestellt werden, ob bei einem bestimmten Fisch die Verlagerung der Stäbchen und Zapfen genau mit dem Übergange vom Tagessehen zum Dämmerungssehen zusammenfällt oder nicht.

Beide Fragen wurden in der vorliegenden Arbeit erstmals gemeinsam in bejahendem Sinne entschieden. Verf. dressierte Fische auf farbige Futternäpfchen aus gewachsenen HERINGSCHEN Farbpapieren (meist Rot, gelegentlich auch Gelb; Gegenmerkmal verschieden helle Graunäpfchen) bei hoher Gesamtbeleuchtung. Da die Dressur gelang, so ist damit der Farbensinn des (tagessiehenden) Fisches erneut bewiesen. Dann erniedrigte er die Gesamtbeleuchtung immer mehr, und es ließ sich stets eine Helligkeit finden, unterhalb welcher der wohldressierte Fisch stets das Farbnäpfchen mit den Graunäpfchen verwechselte. Demnach sind dämmerungssehende Fische total farbenblind. Weiterhin, und das ist der entscheidende Schritt, wurden bei Intensitäten der Gesamtbeleuchtung, wo (wie der unmittelbar vorausgegangene Versuch lehrte) die Fische eben noch die Farbe erkannten, wie auch bei nahe benachbarten, wo sie die Farbe eben nicht mehr als Farbe erkannten, die Augen unmittelbar nach dem Versuch fixiert und später histologisch auf die Anordnung der wanderfähigen Elemente untersucht.

Um diffuses Licht von beliebig geringer Intensität zu erzielen, diente zuletzt folgende Versuchsordnung. In der Dunkelkammer brannten hinter Schirmen zwei Glühlampen bei konstant gehaltener Stromspannung, d. h. mit konstanter Intensität. Ihre gegen die Decke und die Wände reflektierten Strahlen verbreiteten in einem Zelte aus weißen Tüchern von sorgsam ausprobiert Anordnung, in dem die Aquarien standen, ein nahezu gleichmäßiges Licht. Um geringe Beleuchtungen zu erzielen, wurden die Lampen möglichst wenigerkerzig

gewählt und weiterhin auch mit Seidenpapierhütchen überdeckt. So ließen sich Helligkeiten im Zelt bis hinunter zu $\frac{1}{100}$ Hefnerkerzen erzielen, wie die photometrische Bestimmung zeigte.

Vorversuche fanden an Stichlingen statt. Ihre Netzhäute waren sehr geeignet, aber ihre große Freßgier ließ sie selbst bei augenscheinlich guter Dressur auch nach falschen Näpfen schnappen. Weit zuverlässiger reagierten die vorzüglich dressierbaren Elritzen, doch ist bei ihnen umgekehrt das Verhalten der einzelnen Zapfen nicht einheitlich genug. Vorzüglich dressierbar und gleichzeitig von vorbildlicher Einheitlichkeit des Zapfenverhaltens aber waren Gründlinge, die also die Vorzüge der beiden erstgenannten Fischarten in sich vereinigten. So lieferten denn die Gründlinge die wirklich entscheidenden Versuchsergebnisse; grundsätzlich stimmt aber auch das Verhalten der Stichlinge und Elritzen mit dem hier allein besprochenen der Gründlinge überein.

War die Helldressur auf Rotnäpfchen einwandfrei, und hatten die Tiere fernerhin sich daran gewöhnt, auch bei geringer Beleuchtung die Näpfchen anzugehen, so ließ Verf. sie sich stets vorerst 2 Stunden an ein Dämmerlicht adaptieren. Wurden nun die Farbnäpfchen neben Graunäpfchen dargeboten, so zeigte sich, daß manche Gründlinge bei Intensitäten bereits farbenblind waren, wo andere noch die Farbe erkannten; auch lag die Farbschwelle für Rot im Winter allgemein tiefer, als im Sommer. Als höchste Farbschwelle darf $\frac{1}{4}$ HK, als niederste etwa $\frac{1}{100}$ HK gelten. Bei Elritzen lag sie höher, bei Stichlingen tiefer als die menschliche des Verf. So kommt es, daß manche Fische bei derselben Helligkeit den Rotnapf farbig sahen und ihn also ausschließlich besuchten, wo andere ihn mit den Graunäpfen verwechselten (Verhältnis der Rot- und Graubesuche proportional der Anzahl der nebeneinander gebotenen Rot- und Graunäpfchen). Und ausnahmslos ergab die histologische Untersuchung der sogleich nach dem letzten klaren Versuch fixierten Augen folgendes: Hatte der Fisch die Farbe eben noch *erkannt*, so standen die Zapfen in Hellstellung, d. h. *in der Bildebene*, während das Pigment schon zurückgezogen sein konnte. Hatte jedoch ein zweiter Fisch, und zwar womöglich bei genau derselben Beleuchtung wie der erste, die Farbe *nicht erkannt*, d. h. mit Grau verwechselt, so waren stets die Zapfen gestreckt, und in der Bildebene standen die *Stäbchen*.

Demnach besteht nachweislich Tages- und Dämmerungssehen, und nachweislich fällt der Übergang vom Tagessehen zum Dämmerungssehen mit der Ausschaltung der Zapfen und Einschaltung der Stäbchen zusammen. Zahlreiche Photogramme und 4 farbige Bilder der Netzhäute, denen jeweils das zugehörige Versuchsprotokoll beigegeben ist, belegen das Gesagte mit wunderbarer Klarheit. Damit ist aber die eingangs gestellte Forderung erfüllt, und die *Duplizitätstheorie* für die untersuchten Fische *erstmalig* bündig *bewiesen*.

Verf. bleibt dabei aber nicht stehen, sondern fragt sofort weiter, wie die aufgefundenene Beziehung zwischen Zapfenstellung und Farbsehen zu deuten ist.

Sind die Zapfen vielleicht nur im kontrahierten Zustande erregbar (HERTEL), oder aber ist das Farberkennungsvermögen bei gestreckten Zapfen deshalb erloschen, weil die Zapfenstreckung bei einer Helligkeit eintritt, die unterhalb der Zapfenschwelle liegt? Auch diese Alternative konnte entschieden werden. Die Zapfenwanderung erfordert nämlich längere Zeit, etwa 20 Minuten (WUNDER). In den bisherigen Versuchen hatten sich die Fische stets vor Versuchsbeginn 2 Stunden in dem zu prüfenden Dämmerlicht befunden, und die Zapfeneinstellung war also bei Versuchsbeginn entsprechend der individuellen Zapfenschwelle bereits

vollzogen. Bei den jetzt zu besprechenden 2 Versuchsreihen aber ging Verf. anders vor. In der ersten kam der Fisch vorerst 2 Stunden in völlige Dunkelheit, so daß Pigment und Sehzellen sich sicherlich in völliger Dunkelstellung befanden. Nun wurde rasch eine für den Fisch nachweislich farbenüberschwellige Helligkeit hergestellt, und unmittelbar darauf bewies der Fisch durch richtige Wahlen des Rotnapfes, daß er die Farbe erkannte; seine Zapfen aber standen, bei unmittelbar darauf erfolgter Fixation, noch in Dunkelstellung, d. h. sie waren gestreckt und lagen hinter der Bildebene. Demnach vermögen die Zapfen auch im gestreckten Zustande Farberkennung zu vermitteln; die natürlich zu erwartende Verminderung der Sehschärfe kam noch nicht zur Beobachtung, da die verwandten Futternäpfe ein verhältnismäßig großes Sehobjekt darstellten. Die für den Gegner der Duplizitätslehre naheliegende Annahme, hier hätten einmal die Stäbchen farbig gesehen, ist durch die erste Versuchsserie mit dämmerungsadaptierten Fischen sicher ausgeschlossen. In der zweiten ist das Pigment ja noch maximal retrahiert; das Licht kann also ungehindert die Zone der Bildentwerfung und die dort befindlichen Stäbchen passieren und zu den dahinterliegenden Zapfen vordringen. Es bleibt, wie gesagt, nur die Erklärung übrig, daß die Zapfen auch in gestrecktem Zustande sehtüchtig sind, und HERTELS Theorie ist damit widerlegt.

Und auch das Umgekehrte: Farbenblindheit bei kontrahierten Zapfen in der Bildebene, läßt sich verwirklichen. Verf. konnte nämlich in Zusammenarbeit mit WUNDER zeigen, daß die Farbschwelle und die Kontraktionsschwelle der Zapfen nicht stets zusammenfallen, indem nämlich die Kontraktionsschwelle mit von dem vorherigen Adaptationszustande des Auges abhängt. Nach Dunkeladaptation liegt sie niedriger als nach Helldadaptation, und es läßt sich für jeden Fisch ein bestimmtes, bereits unterfarbschwelliges Dämmerlicht finden, bei dem der helladaptierte Fisch die Zapfen streckt, der dunkeladaptierte aber sie kontrahiert. Wurden nun vollkommen dunkeladaptierte Fische plötzlich diesem Dämmerlichte ausgesetzt, so waren sie nicht imstande, die Farbe zu erkennen, und doch ergab die unmittelbar darauf vorgenommene Konservierung der Augen, trotz der unterfarbschweligen Intensität, kontrahierte Zapfen. Auch dieser auffällige Sachverhalt könnte auf den ersten Blick gegen die Duplizitätslehre zu sprechen scheinen, jedoch nur dann, wenn man die klaren Ergebnisse an dämmerungsadaptierten Fischen vergißt. Und biologisch läßt er sich gut verständlich machen. In der Natur erfolgt ja der Übergang vom Tageslicht zur Dämmerung und umgekehrt nicht plötzlich und sprungweise wie im Versuche, sondern allmählich. Abends werden nun dem Gesagten zufolge die Zapfen so lange die Bildebene einnehmen, wie sie noch erregbar sind; erst wenn die Beleuchtung unter die Zapfenschwelle sinkt, räumen sie den Stäbchen das Feld. Des Morgens aber, beim Übergang von Dunkelheit zur Dämmerung, treten sie schon bei einer Helligkeit, die sie selbst noch nicht erregt, die lange Zeit beanspruchende Wanderung zur Bildebene hin an, und sind daher bereits zur Stelle, sobald es so hell geworden ist, daß sie sehen können. So ist der Nachteil der Langsamkeit der Zapfenwanderung ausgeglichen, und der biologische Nutzen der Erniedrigung der Kontraktionsschwelle (gegen die Farbschwelle, nach Dunkeladaptation) liegt darin, daß durch sie — unter natürlichen Verhältnissen — das Auge seine optimale Leistungsfähigkeit sofort erlangt, sowie die außen herrschende Beleuchtung den Zapfengebrauch gestattet, m. a. W., daß die Zapfen, solange sie überhaupt zu funktionieren vermögen, auch in der Bildebene stehen.

O. KOEHLER.

NEU ERSCHIENENE BÜCHER

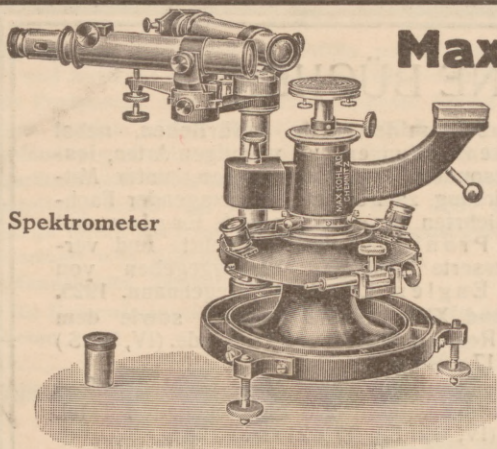
- Benrath, A.**, Physikalische Chemie. II. Teil: Thermische und photochemische Gleichgewichts- und Geschwindigkeitslehre. (Wissenschaftliche Forschungsberichte. Naturwissenschaftliche Reihe, herausgegeben von R. Ed. Liesegang, Band XIV. Dresden und Leipzig, Th. Steinkopff. 1925. (X, 192 S.) 15×22 cm. Reichsmark 8.50, geb. 9.70
- Bräuer, E. W.**, Überwindung der Materie. Leipzig, J. A. Barth. 1925. (VI, 108 S.) 14×22 cm. Reichsmark 4.80, geb. 5.70
- Eitel, W.**, Physikalisch-chemische Mineralogie und Petrographie. Die Fortschritte in den letzten zehn Jahren. (Wissenschaftliche Forschungsberichte. Naturwissenschaftliche Reihe, herausgegeben von R. Ed. Liesegang, Band XIII. Dresden und Leipzig, Th. Steinkopff. 1925. Mit 53 Abbildungen. (VIII, 174 S.) 15×22 cm. Reichsmark 8.—, geb. 9.20
- Gottlob, K.**, Technologie der Kautschukwaren. 2. Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1925. Mit 128 Abb. (XI, 340 S.) 16×24 cm. Reichsmark 19.20, geb. 22.—
- Gutenber, B.**, Aufbau der Erde. Berlin, Gebr. Borntraeger. 1925. Mit 23 Abbildungen. (VIII, 168 S.) 16×25 cm. Reichsmark 9.—
- Herzfeld, K. F.**, Kinetische Theorie der Wärme. Unter Mitwirkung von H. C. Grimm. (Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik. 11. Auflage. III. Band, 2. Hälfte.) Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1925. Mit 52 Abb. (X, 436 S.) 16×25 cm. Reichsmark 21.—
- Kaysner, H.**, Tabelle der Schwingungszahlen der auf das Vakuum reduzierten Wellenlängen zwischen λ 2000 A und λ 10000 A. Leipzig, S. Hirzel. 1925. (V, 106 S.) 19×26 cm. Reichsmark 10.80, geb. 13.—
- Krenkel, E.**, Geologie Afrikas. I. Teil. Berlin, Gebr. Borntraeger. 1925. Mit 105 Abbildungen und 22 Tafeln. (X, 461 S.) 17×26 cm. Reichsmark 34.50
- Löwe, F.**, Optische Messungen des Chemikers und des Mediziners. (Fortschritte der chemischen Technologie in Einzeldarstellungen, herausgegeben von B. Rassow, Band VI.) Dresden und Leipzig, Th. Steinkopff. 1925. Mit 34 Abbildungen. (XI, 166 S.) 15×22 cm. Reichsmark 6.—, geb. 7.20
- Niggli, P.**, Versuch einer natürlichen Klassifikation der im weiteren Sinne magmatischen Erzlagerstätten. (Abhandlungen zur praktischen Geologie und Bergwirtschaftslehre, Band I.) Halle, W. Knapp. 1925. Mit 11 Abbildungen. (69 S.) 19×24 cm. Reichsmark 4.80
- Pfeiffer, H.**, Grundlagen zur Entwicklungsmechanik der Pflanzengewebe. Abhandlungen zur theoretischen Biologie, herausgegeben von J. Schaxel, Heft 20. Berlin, Gebr. Borntraeger. 1925. (VI, 99 S.) 16×25 cm. Reichsmark 6.—
- Planzenfamilien, Die natürlichen**, nebst ihren Gattungen und wichtigen Arten, insbesondere den Nutzpflanzen, unter Mitwirkung zahlreicher hervorragender Fachgelehrten begründet von A. Engler und K. Prantl. 2., stark vermehrte und verbesserte Auflage, herausgegeben von A. Engler. Leipzig, W. Engelmann. 1925. Band XI. Mit 376 Figuren, sowie dem Register zum 10. und 11. Bande. (IV, 542 S.) 17×24 cm. Reichsmark 34.—, Halbleder 40.—
- Band XXI. Mit 228 Figuren und 1 Tafel. (IV, 660 S.) 17×24 cm. Reichsmark 42.—, Halbleder 48.—
- Soergel, W.**, Die Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters. Fortschritte der Geologie und Paläontologie, herausgegeben von W. Soergel, Heft 13. Berlin, Gebr. Borntraeger. 1925. Mit 7 Abbildungen und 3 Tafeln. (VI, S. 125—251.) 16×25 cm. Reichsmark 8.25
- Vanino, L.**, Handbuch der präparativen Chemie. I. Band: Anorganischer Teil. Ein Hilfsbuch für das Arbeiten im chemischen Laboratorium, unter Mitwirkung verschiedener Fachgenossen. 3., vielfach vermehrte Auflage. Stuttgart, F. Enke. 1925. Mit 96 Abbildungen. (XXIV, 852 S.) 16×25 cm. Reichsmark 36.60, geb. 39.60
- Weimann, P. P. von**, Die Allgemeinheit des Kolloidzustandes. Kolloidales und kristalloides Lösen und Niederschlagen. 2. Auflage. Aus dem Russischen übersetzt von S. F. Slokasow. Für die zweite Auflage bearbeitet von A. Kuhn. Dresden und Leipzig, Th. Steinkopff. 1925. Band I. Mit 134 Abbildungen, 2 Tafeln und zahlreichen Tabellen. (XVI, 504 S.) 17×25 cm. Reichsmark 25.—, geb. 27.—
- Würschmidt, J.**, Theorie des Entmagnetisierungsfaktors und der Scherung von Magnetisierungskurven. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1925. Mit 31 Abbildungen. (VI, 118 S.) 13×22 cm. Reichsmark 6.—
- Würschmidt, J.**, Theorien des Magnetismus. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1925. Mit 67 Abbildungen. (X, 309 S.) 13×21 cm. Reichsmark 16.—, geb. 18.—
- Riemann, G. F. B., und H. Weber**, Die Differential- und Integralgleichungen der Mechanik und Physik. 7. Auflage von Riemann-Webers partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik, herausgegeben von Ph. Frank und R. von Mises. Teil I: Mathematischer Teil. Herausgegeben von R. von Mises. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1925. Mit 76 Abbildungen. (XX, 691 S.) 15×23 cm. Reichsmark 40.—, geb. 44.—

Zu beziehen durch die

Hirschwaldsche Buchhandlung

für Medizin, Naturwissenschaften und Mathematik

Berlin NW 7, Unter den Linden 68



Spektrometer

Max Kohl A. G. Chemnitz 6

Seit 1876 bestehend

Physikalische Apparate
Einrichtung von Hörsälen
Experimentier - Schalttafeln
Luftpumpen für Laboratorien
Funkeninduktoren

Listen, Kostenanschläge, Beschreibungen usw. auf Wunsch!
(336)

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Zeitschrift für vergleichende Physiologie

Redigiert von

K. v. Frisch
München

A. Kühn
Göttingen

Abteilung C der

„Zeitschrift für wissenschaftliche Biologie“

Aus dem Inhalt der letzten beiden Hefte

Heft 6 (Schluß) des 2. Bandes (ausgegeben am 31. VII. 25)

Rösch, Gustav Adolf. Untersuchungen über die Arbeitsteilung im Bienenstaat. I. Teil. Die Tätigkeiten im normalen Bienenstaate und ihre Beziehungen zum Alter der Arbeitsbienen.

Drastich, Ludvik. Über das Leben der Salamandra-Larven auf hohem u. niedrigem Sauerstoffpartialdruck.

Fränkel, Gottfried. Der statische Sinn der Medusen.

Brecher, Leonore. Physiko-chemische und chemische Untersuchungen am Raupen- und Puppenblute (*Pieris brassicae*, *Vanessa urticae*).

Preis 17.60 Goldmark

Heft 1 des 3. Bandes (ausgegeben am 7. X. 25)

Wunder, W. Physiologische und vergleichend-anatomische Untersuchungen an der Knochenfischnetzhaute.

Doflein, Ingeborg. Chemotaxis und Rheotaxis bei den Planarien. Ein Beitrag zur Reizphysiologie und Biologie der Süßwassertricliden.

Müller, Annemarie. Über Lichtreaktion von Landasseln.

Preis 18.— Goldmark

Sinnesphysiologie und „Sprache“ der Bienen

Von **K. v. Frisch**

27 Seiten mit 3 Abbildungen. 1924. 1.20 Goldmark

(Vortrag, gehalten auf der 88. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Innsbruck am 23. September 1924)

Sonderausgabe aus der Zeitschrift „Die Naturwissenschaften“ 12. Jahrg.