Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 36 (1940-1942)

Vereinsnachrichten: Procès-verbaux des séances 1940 - 1941

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

1940-1941

Séance du 14 novembre 1940.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

H. Obermaier: «*Die eiszeitlichen Rentierjäger der Urschweiz*», voir Hugo Obermaier: *Streiflichter in das Leben der späteiszeitlichen Rentierjäger der Urschweiz.* Tirage à part du 31. Jahrbuch der Schweiz. Gesellschaft für Urgeschichte, 1939.

Séance du 28 novembre 1940.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

Compte rendu annuel du président, voir page 3.

Séance du 12 décembre 1940.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

Fr. Dessauer, Institut de physique: «*Ueber die Weltraumstrahlung*». In memoriam Albert Gockel[1].

Eine der grössten Entdeckungen der neueren Physik geht auf Forschungen zurück, die der frühere Professor der Physik an unserer Universität, Albert *Gockel* vor gerade 30 Jahren gemacht hat.

---

[1] Der Vortrag war verbunden mit einer Ausstellung der im Phys. Inst. vorhandenen Gockel'schen Apparate und seiner wiss. Arbeiten. — Er erschien ausführlich in der «*Schweizerischen Rundschau*». 1940/41, Heft 11, pag. 610-24.

Er würde vor wenigen Tagen seinen 80. Geburtstag gefeiert haben. Zur Zeit seiner entscheidenden Beobachtungen haben nur wenige Menschen geahnt, welch gewaltiges Naturgeschehen durch diese Arbeiten aufgespürt wurde. Jetzt, in der Zeit der Erfüllung, wo alles von der Weltraumstrahlung spricht und auf diesem Gebiet Entdeckung auf Entdeckung sich reiht, ist es wohl angemessen, des stillen, bescheidenen und unermüdlichen Pioniers zu gedenken, der 31 Jahre unserer Alma Mater angehörte und der auf seinem Lebensweg bei weitem nicht die Anerkennung fand, die er verdiente.

Vor 30 Jahren hat Albert Gockel in Ballonfahrten die elektrischen Verhältnisse der Atmosphäre zu untersuchen unternommen. Es ist nötig, hiebei einige Augenblicke zu verweilen: das Grundgeheimnis, das die Physiker seit langem lockte, waren die Gewitter mit ihren gewaltigen elektrischen Entladungen. Woher kommen diese Ströme in die Atmosphäre ? Von diesem Problem ausgehend, wurde zunächst etwas ganz anderes entdeckt, sozusagen das Gegenteil: die «Schönwetter-Elektrizität», wie man sie nannte, die Tatsache nämlich, dass die ganze Atmosphäre der Erde elektrische Ladungen trägt, in der Regel positive, und dass infolgedessen dauernd ein Vertikalstrom von oben nach unten zur Erde abfliesst. Dieser Vertikalstrom ist zwar klein, man kann ihn nicht etwa nutzbar machen, aber für die ganze Erde berechnet, beträgt er doch 9000 Ampères. Damit war nun das Geheimnis der Gewitterelektrizität keineswegs geklärt, sondern es war ein neues Geheimnis dazu gekommen: welche Stromquelle, welcher Naturvorgang speist diese dauernde Vertikalentladung ? Unter den Forschern, die ihre Lebensarbeit ganz oder zum grossen Teil in den Dienst dieser Frage stellten, befand sich Albert Gockel. Man erkannte, dass die Elektrizität in Form von schwebenden, geladenen Teilchen, meist von Molekülen und Molekülgruppen getragen wurde. Man fand auch, dass die Ursache für die Entstehung und Neubildung dieser sogenannten Luftionen ganz überwiegend von der Radioaktivität der Erdkruste herstammt. Die Strahlung radioak-

tiver Komponenten der Erdoberfläche und des aus ihr strömenden radioaktiven schweren Gases «Emanation» ionisiert die Luft, d. h. bildet in ihr gleichviel positiv und negativ geladene Teilchen. Damit war zwar erklärt, woher die Ionisation stammt, nicht aber, woher der Ueberschuss positiver Ladung und damit der unausgesetzt fliessende Vertikalstrom herkommt.

Um dem Geheimnis nachzugehen, mussten über die ganze Erde und in allen möglichen Höhenlagen zuverlässige Messungen über die elektrischen Zustände der Atmosphäre gemacht werden. Es erschien ganz selbstverständlich, dass mit wachsender Höhe die Ionisation und die Ladung abnehmen müsse, weil man sich ja beim Aufsteigen von der Ursache, der Bodenradioaktivität, immer weiter entfernte. Albert Gockel fand als erster mit Sicherheit bei verschiedenen Ballonaufstiegen, die ihn bis auf mehrere 1000 m Höhe führten, dass im Gegensatz zu allen Erwartungen die Luft-Ionisation in grösseren Höhen nicht abnahm, sondern sogar mit Wahrscheinlichkeit zuzunehmen schien. Er schloss richtig und als erster, dass die Ursache dieser Ionisation in der Höhe eine sehr durchdringende Strahlung sein müsse, dass diese Strahlung ihre Quelle ausserhalb der festen Erdschicht haben müsse, also aus einer noch unbekannten Ursache stamme.

Man muss nicht glauben, dass diese Beobachtungen damals Gockel viel Ehre verschafft hätten. Im Gegenteil ! Soweit sich die Physik dafür interessierte, misstraute sie stark diesen Ergebnissen. Es sollte lange Jahre dauern, bis diese Skepsis, das Misstrauen und die Kritik einer endgültigen Bestätigung wich. Unter denen, die aber Gockels Resultate ernst nahmen, seien vor allen Dingen Pater Wulf, S. J., Viktor Hess und Kohlhörster genannt.

Albert Gockel ist am 27. November 1860 in Stockach im badischen Nachbarlande geboren. Er verbrachte Jugend und Studienzeit in Konstanz, studierte an mehreren Universitäten und übersiedelte nach achtjähriger Tätigkeit an Gymnasien 1896 nach Freiburg in der Schweiz. 1903 zum ausserordentlichen, 1910 zum ordentlichen Professor ernannt, widmete er sich ganz besonders der kosmischen Physik. Auch seine Inaugurationsrede als Rektor der Universität für das Studienjahr 1920-21 war diesem Thema, nämlich den elektrischen Spannungen in der Atmosphäre, gewidmet. Seine sorgfältigen Messungen führten ihn weit über die

Welt. Vielfach von seiner Gattin als Gehilfin begleitet, findet man ihn auf den Schweizerbergen, im Innern der Tunnels, auf dem Mittelmeer, in der afrikanischen Wüste, in der Oase « El Mora », in der Sahara, in « Hamam el Lif », bei Tunis. Über 150 sorgfältige, kritische Arbeiten trugen zur Erforschung des Luftreiches wesentlich bei.

Viktor Hess hauptsächlich war es, der mit Gockel in eifrigen Briefwechsel trat und unter Verwertung aller von Gockel ihm bereitwilligst zur Verfügung gestellten Erfahrung die Versuche weiterführte. Seine Resultate waren eine volle Bestätigung. Er stieg höher als Gockel und nach ihm stieg Kohlhörster noch höher, und sie fanden, dass Gockels Annahme einer Steigerung der Ionisation in der Höhe in überraschender Weise sich bestätigte.

Dann kam der Weltkrieg und die Erforschung des Phänomens blieb, wie so vieles, liegen. Erst um das Jahr 1920 beginnt sie wieder und knüpft sich an die schon genannten Namen: Hess, Kohlhörster und dazu insbesondere Regener, der unter Wasser bis in 300 m Tiefe wundervoll erdachte registrierende Messapparate hinabsandte. In den Vereinigten Staaten war es der berühmte Physiker und Nobelpreisträger R. A. Millikan, der das einzelne Elektron gemessen und gewogen hatte, und der sich mit seiner ganzen Energie und mit gewaltigen Mitteln auf das Problem warf.

Der erste, der eindeutig und mit klaren Beweisen die ausserirdische Herkunft der ionisierenden Höhenstrahlen behauptete, war Viktor Hess gewesen. Er bestimmte die mögliche Reichweite und damit die mögliche Höhenintensität irdischer radioaktiver Strahlungen und zeigte damit quantitativ, dass die beobachteten Wirkungen *so* nicht zustande kommen können.

Wir können uns mit der Geschichte der Entdeckung nicht länger befassen. Von nun ab wurde die neuentdeckte Strahlung allenthalben ernst genommen, und viele und hervorragende Forscher aller Länder nahmen sich dieses Phänomens an. Heute wissen wir einigermassen, was das für eine Strahlung ist. Aber wir wissen nicht, woher aus dem Weltraum sie kommt. Erst durch die Erfindung ganz anderer Messmethoden konnte die gar nicht einfache Natur dieser Strahlen geklärt werden. Aber dann fanden sich in der Strahlung neue Phänomene: Das positive Elektron wurde durch sie entdeckt und ebenso das Yukawa-Teilchen, das schwere Elektron.

Die Entscheidung über die Natur der Kosmischen Strahlung konnte nur durch diese neuen Messmethoden gebracht werden.

In der Zeit von Gockels Arbeiten hatte man nichts anderes als die Ionenkammern verschiedenster Art zur Verfügung. Ich zeige Ihnen hier deren Wirkungsweise (Experimente) und Sie sehen, in unserer kleinen Ausstellung der von Gockel benutzten, in unserem Institute vorhandenen Apparate, mehrere der von ihm angewendeten Modelle.

Ein neues, wesentlich vollkommeneres Instrument fand *Geiger*, als er im Jahre 1913 bei Rutherford arbeitete. Es wurde zuerst von Hess und Lawson im Jahre 1916 für Messungen an kosmischer Strahlung angewendet, aber es erreichte seine heutige Vollkommenheit erst 1928, als es von seinem Erfinder und dessen Mitarbeitern zum zuverlässigen « Zählrohr » ausgebildet wurde. Seine Wirkungsweise habe ich Ihnen in zwei früheren Vorträgen an dieser Stelle erläutert und vorgeführt. Erinnern wir uns daran, dass es mit diesem Instrument prinzipiell möglich ist, einzelne Quantenstösse, d. h. also singuläre Photonen, aber auch einzelne Strahlungspartikel (Elektronen, Alphateilchen, usw.) nachzuweisen und darum auch zu zählen und zu registrieren.

Aber das wunderbarste aller Instrumente ist doch die Wilson'sche Nebelkammer, deren Erfinder — das ist wohl der einzige Fall, dass für einen neuerfundenen Apparat eine solche Annerkennung erfolgte — im Jahre 1927 den Nobelpreis bekam. Wir haben hier im Institut eine solche Kammer gebaut, in der ich Ihnen jetzt den Weg der Alphastrahlen zeigen kann (Experimente). Das allgemeine Verfahren ist nicht flüchtige Beobachtung mit dem Auge, sondern die messende Photographie dieser Strahlenwege. Alle ionisierenden Strahlen werden in Wilson-Kammern durch ihre Wegspuren entdeckt. Sie bilden auf ihrem Wege Ionen, an denen sich durch eine plötzliche Temperaturerniedrigung (die durch Expansion künstlich herbeigeführt wird) winzige Nebeltröpfchen anlagern. Diese ihrerseits werden hell erleuchtet und lassen sich wunderbar photographieren.

Ich zeige Ihnen nunmehr aus dem prachtvollen Atlas typischer Nebelkammerbilder von Gentner, Meier-Leibnitz und Bothe die typischen Fusspuren der verschiedenen Strahlenarten.

Darunter sind neuentdeckte, die eben in der Wilsonkammer zuerst gefunden wurden: das Positron, das Neutron und Yukawa's Mesotron. Wir lernen an solchen Bahnen insbesondere *einen* Begriff der Strahlungsphysik sehr deutlich kennen, der bei unserem Thema eine grosse Rolle spielt, nämlich die « Steifigkeit » eines Strahles.

Man kann sich durch einige Experimente diesen Begriff leicht klarmachen. Sie sehen hier eine kleine Kanone, mit der ich Kugeln aus Stahl und aus Holz mit verschieden starker Mündungsgeschwindigkeit abschiessen kann. Das Geschoss verlässt das Rohr genau in der Richtung der antreibenden Kraft. Aber es gerät bei seinem Flug in die Gewalt des Gravitationsfeldes, sobald es die Führung des Rohres verlässt. Dadurch wird die Bahn deformiert, nach unten in die Form einer Parabel gekrümmt. Das geschieht, wie der Versuch zeigt, in ganz verschiedener Weise. Bei einem leichten Geschoss und einer geringen Mündungsgeschwindigkeit ist die Krümmung nach unten sehr stark. Bei einem schweren Geschoss und bei grosser Mündungsgeschwindigkeit ist in den ersten Metern der Flugbahn der Schuss noch fast geradlinig, also nur wenig durch das Erdfeld gekrümmt.

Eben dies nennt man Steifigkeit eines Strahles, dass die abgeschossenen Teilchen vermöge ihrer Masse und ihrer Geschwindigkeit sich durch ein ablenkendes Kraftfeld nicht so leicht stören lassen. Sie sehen hier als blauen Lichtstreifen die Spur von Kathodenstrahlenteilchen, d. h. also negativ geladenen, winzigen Geschossen, die durch eine elektrische Spannung abgeschossen werden. Ich nähere einen Magneten, dessen Feld das Gravitationsfeld bei unseren Schiessversuchen ersetzt, und Sie sehen die Ablenkung. Sie ist sehr stark, weil es sich um relativ langsame Kathodenstrahlen handelt und weil Kathodenstrahlen eine sehr kleine Masse haben. Würde ich Betastrahlen, d. h. also sehr rasche Kathodenstrahlen genommen haben oder Alphastrahlen, d. h. rund 4000 mal schwerere Teilchen, so würde die Bahn weit weniger gekrümmt sein, weil die Strahlung eben steifer wäre. Aus solchen Wilsonkammerbildern, die unter der Einwirkung magnetischer Felder gemacht sind, kann man eben aus der Bahnsteifigkeit und ausserdem aus der Ionendichte der Bahnspur auf die Natur und die Geschwindigkeit der ionisierenden Strahlen schliessen. Und so wurde Vieles messbar!

Mehr als das, es wurde Neues entdeckt. Hier sehen Sie das weltberühmte Bild des ersten sicher nachgewiesenen Positrons, das von C.D. Anderson stammt. Die Entdeckungsgeschichte des Positrons ist eine wahre Detektivgeschichte in der Physik. Das positive Teilchen, das Sie sehen, hat im Magnetfeld umgekehrte Krümmungsrichtung wie ein gewöhnliches Elektron. Deswegen muss es positiv geladen sein. Es hat aber im Magnetfeld den gleichen Krümmungsgrad und die gleiche Ionisierungsdichte wie ein ebenso schnelles Elektron. Darum muss es die gleiche Masse haben. Es ist jetzt tausendfältig beobachtet und es ist sicher ein wesentlicher Baustein der Natur.

1938 wurden die insbesondere von dem japanischen Theoretiker Yukawa aus rein theoretischen kernphysikalischen Ueberlegungen vorausgesagten schweren Elektronen von dem gleichen Anderson in Passadena, gemeinschaftlich mit Neddermeyer entdeckt. Da sie rund 200mal schwerer sind als die Elektronen, aber wie diese geladen, sind sie stark durchdringend und bei Zusammenstössen wirksam. Man kann sie in Nebelkammerbildern, wie Sie sehen, gut von den andern Teilchen unterscheiden.

Endlich müssen wir noch ein Messverfahren erwähnen, das von Kohlhörster und Bothe in den Jahren 1928-29 erfunden und angewendet wurde. Es brachte eigentlich die Entscheidung in der Frage über die Natur der aus dem Weltraum in das irdische Reich eindringenden Strahlen: Es werden mehrere Zählrohre in bestimmten Richtungen nebeneinander und übereinander gestellt und dann wird nur registriert, wenn zwei oder mehrere vollständig gleichzeitig auf einen Stoss ansprechen.

Das geht ganz automatisch mit Hilfe von elektrischen Schaltapparaten, für deren Ausarbeitung sich hauptsächlich der italienische Physiker Rossi verdient gemacht hat. Das Ergebnis sagt nun folgendes aus: Angenommen drei genau vertikal untereinander stehende Zählrohre sprechen zu gleicher Zeit an. Das kann nur geschehen, wenn ein und derselbe Strahl in gerade dieser Linie durch alle drei hindurchfährt und überall durch Abgabe eines kleinen Energiebetrages das Zählrohr anregt. Man kann dann mit Bestimmtheit sagen, dass es ein *korpuskulärer* Strahl sein muss und welche Richtung er gehabt hat, und kann auf diese Weise die Verteilung der korpuskulären Strahlen in den verschiedensten Richtungen ermitteln.

Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass der durchdringendste Teil der Weltraumstrahlung wirklich aus ungeheuer steifen Elektronen und Positronen besteht.

Es ist kein Wunder, dass mit so vervollkommneten Mitteln ganz andere Sicherheit gewonnen werden kann, als etwa zur Zeit Gokkels, wo nur die Ionenkammer zur Verfügung stand.

Die Erde ist ein Magnet, das zeigt jeder Kompass. Wenn die Weltraumstrahlung in die Erdatmosphäre eindringt, dann werden korpuskuläre geladene Teilchen notwendig abgelenkt, wenig, wenn sie steif sind, d. h., sehr grosse Geschwindigkeiten haben, stark, wenn ihre Geschwindigkeiten gering sind. Sie sehen an diesem Experiment, wie ein Magnetstab, den Sie als magnetische Achse der Erde betrachten wollen, einen stromdurchflossenen beweglichen Draht um sich herumbiegt. Der Stromdurchfluss ist ja nichts anderes, als die Wanderung von Elektronen in diesem Draht mit sehr geringen Geschwindigkeiten, mit starker Ablenkbarkeit. So auch wendet der Erdmagnetismus die weniger steifen Komponenten der kosmischen Strahlung in den äquatorialen Zonen um die Erde herum. Sie können nicht in tiefere Schichten eindringen. Je näher aber die Strahlung an den Polen einfällt, desto weniger wird sie abgelenkt, in den Polarzonen schliesslich gar nicht mehr. Diesen geomagnetischen Breiteneffekt erkannte zunächst der holländische Physiker Clay und er wurde durch riesige Expeditionen von Physikern durch weite Bereiche der Erdkugel genau verfolgt.

Wir wollen jetzt einen grossen Sprung machen, und die Prozesse kurz zusammenstellen, die nach der heutigen Auffassung beim Eindringen der Weltraumstrahlung in unserer Atmosphäre sich abspielen. Geiger hat das folgende Schema aufgestellt, das seinen Namen trägt: Danach kann man vorläufig sagen: Die kosmische Strahlung besteht aus folgenden Komponenten: *a)* Die eigentlichen primären kosmischen Strahlen sind Positronen und Elektronen von ungeheurer Geschwindigkeit. Die Energie eines solchen Strahls wird in Elektronenvolt (eV) gemessen, und es ist sicher, dass solche Teilchen 10^{11}eV Energie besitzen, ja wahrscheinlich 10^{12}eV d. h. also eine Billion. Im Vergleich dazu hat ein Strahl der Sonne im Grüngelb, der für das menschliche Auge wirksamsten Strahlung, eine Energie von 2,5 eV, der Strahl eines sehr starken Röntgenapparates für Tiefenbestrahlung im Mittel etwa $2 \cdot 10^5$ eV.

Ob in den eigentlichen kosmischen Primärstrahlen noch andere Partikel vorhanden sind, ist noch fraglich.

b) Durch Abbremsung dieser Primärstrahlung an Molekülen der Erdatmosphäre entstehen sehr harte elektromagnetische Strahlen, also sehr starke Photonen. Diese werden ihrerseits in die Gruppe *c)* abgebaut, d. h. sie bilden, wie Sie vorhin gesehen haben, Elektronenzwillinge, sie werden materialisiert. Dabei gibt es Reaktionen, die ähnlich den chemischen Kettenreaktionen Vervielfältigung bedeuten. Man nennt sie Schauer. So entstehen, wie Sie es im Bilde sehen, ganze Bündel sehr schneller Korpuskulärstrahlen, was wiederum die gewaltige Energie der Erzeuger abschätzen lässt. Sicher sind jetzt auch bereits viele Mesotronen gebildet worden. In der folgenden Stufe *d)* erzeugen diese Zwillinge wiederum schwächere, aber immer noch gemessen am bisher Bekannten, sehr starke Photonen. Diese endlich werden durch sogenannte Compton-Prozesse — über die wir früher einmal sprachen — und Photoeffekte in langsamere negative Elektronen abgebaut, und diese und ihre Produkte wirken überwiegend in den Ionenkammern, während alles übrige dieser Messmethode zumeist entgeht. Sie können sich vorstellen, mit welchen Schwierigkeiten Gockel und andere Pioniere dem rätselhaften Tatbestand gegenübertreten mussten.

Noch ein höchst dramatisches Ereignis kann ich Ihnen in eindrucksvollen Bildern zeigen: Schauer, die im Gegensatz zu den obenerwähnten Kaskadenschauern die Zersprengung von Atomen durch in den Kern eindringende Ultra-Strahlengeschosse zeigen.

Und nun wollen wir uns noch daran erinnern, dass alle diese Ereignisse unausgesetzt, Tag und Nacht, auf die Erde und alles, was darauf lebt, niedergehen, und dass die Durchdringungsfähigkeit der härtesten Komponenten noch hunderte von Metern in der Tiefe festgestellt werden kann. Dies regt wohl zur letzten Frage an, die wir heute noch kurz besprechen wollen, zur Betrachtung der Beziehungen des Weltalls zur Erde.

Die Erde ist durch den interstellaren Raum von den andern Gestirnen getrennt. Dieser Raum wird von der strahlenden Energie ungehindert durcheilt, denn das Licht der Sonne und der Gestirne kommt ja zu uns. Aber auch materielle Teilchen können ihn ohne ernstliche Störung, und zwar auf gewaltige Distanzen durcheilen.

Es ist durchaus möglich, dass die A-Gruppe der Strahlen Tausende, ja Millionen von Lichtjahren zu uns unterwegs ist, denn der interstellare Raum ist sehr leer. Während auf der Erde in einem cm^3 Gas ungefähr 27 Trillionen Moleküle zusammen sind und in einer Flüssigkeit rund 1000 mal mehr, befindet sich im interstellaren Raum nur noch durchschnittlich ein Atom in einem cm^3 und nimmt darin einen nur durch eine schwindend kleine Bruchzahl ausdrückbaren winzigen Raum ein.

Die Sonne versorgt uns durch diesen Raum hindurch mit Strahlen, der Ursache alles Lebens und aller nutzbaren Energien. Die gesamte Strahlung der Sonne in das Weltall beträgt in der Sekunde $4 \cdot 10^{23}$ Kilowatt (um ein geläufiges Mass zu benutzen), das sind etwa $4{,}2 \cdot 10^{33}$ Erg oder 10^{26} Kalorien. Durch diese Energiestrahlung verliert die Sonne in der Sekunde ungefähr $5 \cdot 10^6$ Tonnen an Masse. Das könnte sie an und für sich sehr lange aushalten (eine Billion Jahre), aber diese Ausstrahlung geht nur auf Kosten der Wasserstoffatomkerne. Doch dies wollen wir hier nicht weiter verfolgen. Die Erde erhält von der Gesamtausstrahlung der Sonne nur den winzigen Teil, der dem Raumwinkel entspricht, den sie besetzt; pro cm^2 und Sekunde erhält sie ungefähr $3{,}17 \cdot 10^{-2}$ Kalorien oder $1{,}3 \cdot 10^6$ Erg. Nehmen wir, um einen Ueberblick zu gewinnen, die mittlere Photonenenergie mit 2,5 eV(Grüngelb), so bedeutet das, dass die Erde von der Sonne auf jeden cm^3 und in jeder Sekunde $3 \cdot 10^{17}$ solcher Photonen erhält.

Dem gegenüber sendet uns der gesamte Fixsternhimmel mit seinen Millionen Sonnen und Nebeln pro Sekunde und cm^2 etwa $5 \cdot 10^{-3}$ Erg, also $0{,}8 \cdot 10^8$ derartiger Photonen. Immerhin pro Sekunde und cm^2 $80 \cdot 10^6$ (achtzig Millionen).

Und nun die kosmische Strahlung ? Merkwürdigerweise liefert sie der Erde annähernd dasselbe wie das gesamte Licht der Fixsterne, nämlich schätzungsweise 3 bis $5 \cdot 10^{-3}$ Erg pro cm^2 und Sekunde. Aber dies ist der Unterschied: Jedes einzelne Photon oder primäre Korpuskel dieser Strahlung ist etwa 10^{10} mal stärker als die sichtbaren Photonen der Sonne und des Sternhimmels. Darum ist natürlich auch die Zahl dieser sehr starken Impakte gringer; in je 10 Sekunden kommt auf jeden cm^2 Oberfläche durchschnittlich ein solches Geschoss phantastischer Energie.

Wir werden also in jedem Augenblicke von solchen Geschossen «durchlöchert», und soweit sie durch uns ungeschwächt hindurchgehen, beeinflussen sie uns nicht. Aber sie werden auch abgebaut; unter gewissen Bedingungen — der Schauerbildung — sehr kräftig, und dann gibt es auch merkliche Energiedepots im menschlichen Körper und natürlich dort, wo auf der Erdoberfläche organisches und anorganische Material getroffen wird. Dies löst die Frage nach der biologischen Wirksamkeit aus, der unser nachfolgender Vortragender Hern Dr. Eugster jahrelang nachgegangen ist. Er wird uns in der nächsten Sitzung selbst seine Resultate berichten. Sein soeben erschienenes, gemeinschaftlich mit Hess verfasstes Buch, lege ich Ihnen hier vor. [1]

Vielleicht erinnert sich mancher unter uns, meine Damen und Herren, an den grossen, stillen, bescheidenen und gütigen Mann, der 31 Jahre lang durch die Strassen von Fribourg hier ins Institut wandelte und in dessen Herz ein Anliegen, eine Sorge lebendig war, die den Alltagsmenschen natürlich seltsam, ja vielleicht ein wenig komisch erscheinen musste: die Sorge, das Anliegen, über die elektrischen Verhältnisse der Atmosphäre Wahrheit zu schaffen. Ja, so ist es eben, ein Forscher, der auf irgend einem Pfad ins Unbekannte schreitet, wird vielleicht von seinem Bemühen ganz erfüllt. Und die Alltagsereignisse, ja sogar die Weltereignisse, von denen die Menschen ringsum erfasst sind, dringen nicht so tief in ihn ein. Gockel wurde während seines Lebens wohl nur von einer kleinen Schar Zeitgenossen ganz verstanden. Die Meisten konnten ja nicht ahnen, was in diesem Geiste vorging. Nun, es ist oft so, dass man die Grösse eines Menschen erst kennt, wenn er einige Jahrzehnte von uns geschieden ist. Und dann mag es sein, wie es in diesem Falle war, dass der bescheidene Pfad, den er einsam, unverstanden, belächelt, aber in gläubigem, demütigem, beharrendem Geiste durch Enttäuschung und Verkennung gehen musste — sich schliesslich vor aller Augen als eine königliche Strasse erweist, die in die Unermesslichkeit der Schöpfung führt.

---

[1] J. Eugster und V.-F. Hess, *Die Weltraumstrahlung und ihre biologische Wirkung.* 1940. Orell Füssli-Verlag Zürich-Leipzig.

Ferner: E. Miehlnickel, *Höhenstrahlung; Wissenschaftliche Forschungsberichte,* Bd. 44. 1938. Th. Steinkopf, Dresden.

Séance du 20 décembre 1940.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

J. Eugster, Zurich: *Ueber die biologische Wirkung der Weltraumstrahlung.*

Voir la publication: J. Eugster u. V.-F. Hess «*Die Weltraumstrahlung und ihre biologische Wirkung*». 1940, Orell Füssli-Verlag, Zürich-Leipzig.

Séance du 23 janvier 1941.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

P. Girardin, Institut de Géographie: «*Le Système de cols du Saint-Gothard*».

Un col passe pour difficile non pas ou rarement à cause de son ouverture supérieure (ensellement, « Sattel ») qui est souvent un palier (« Le plan du col », « Pian Gias »), mais par les gorges inférieures et les défilés d'accès, par ex. les Schœllenen, les gorges de Gondo ou du Cardinell (Splügen), la Via Mala, le Schynn, la gorge de l'Aar aux Nollen (Grimsel), les tunnels de la route du Lukmanier sur le Tavetsch. D'où l'idée soit de tourner les défilés par une « haute route » à mi-hauteur, le Hœhen Weg, soit, à l'époque de l'ancienne viabilité par le chemin de mulets, de franchir plusieurs cols de suite, quitte à descendre et à remonter dans l'intervalle. De là l'usage très général des cols en série, dont nous prendrons un unique exemple dans les Grisons: l'alignement de cols de la « haute route », Coire, Lenzer Heide, Septimer, prolongée par le col de Muretto, tous en ligne droite ou à peu près. On verra que la plupart des cols sont reliés entre eux par ce fil ténu mais continu qu'est le chemin de mulets, qui assure la bonne direction, et dont l'élément essentiel sont les lacets: «Tourniquet», «Voûte» ou «Volte», «in den Kehren», « Kehrbæchli », etc.

Le massif du Gothard constitue un système de cols unique dans les Alpes et en Europe, dû avant tout au rapprochement des deux chaines des Alpes, les Pennines et les Bernoises, qui se confondent et se réduisent à quelques lieues d'épaisseur. On y compterait une trentaine de cols, avec Lukmanier et Greina, mais sans les

cols extérieurs tels que l'Albrun. Il a ses origines dans la géographie physique, celle-ci dans la disposition des couches géologiques et la formation orogénique des Alpes, que l'on s'accorde à donner comme constituées par un système de nappes de recouvrement, lesquelles avaient leur ligne de partage des eaux bien plus au Sud que la crête actuelle ; on peut la restituer en partie sur une carte en relief telle que la carte des Ecoles.

Ce système de cols est constitué par la rencontre de vallées longitudinales et de vallées transversales, entre autres par la grande longitudinale Coire-Martigny, (Conches, Urseren-Thal, Tavetsch) et d'autres parallèles à celle-ci: Val Bedretto-Val Piora, Maderaner Thal-Hüfi-Gletscher. Parmi les vallées transversales, on peut en compter deux et même trois au Nord, l'Aar, la Reuss, axiale, la Linth, qui sont concourantes par leur direction et viendraient se rencontrer peu au Sud d'Airolo, trois au Sud, le Tessin-Val Blenio, le Tessin-Leventine, la Maggia, et même quatre avec l'Ossola, vallée de la Toce ou Tosa (rapprocher Toce et Ticino). A remarquer la vallée en forme d'arc de cercle à peu près continue de Bellinzona à Domo d'Ossola, dont la voûte supérieure est formée par le Val Bedretto.

Une carte géologique explique à première vue les vallées longitudinales par la présence de couches tendres, en bandes étroites, alignées Est-Ouest, qui sont, du Nord au Sud, d'abord des bandes de Flysch, celle du Pragel, celle des Surenen-Joch-Pass, que continue à l'Est le Klausen, et à l'Ouest, la bande des Scheidegg et la « Zone des Cols », entre Meiringen et Kandersteg, puis entre la Kander et la vallée du Rhône. Plus au Sud c'est le Lias et les schistes lustrés qui jouent le rôle des calcaires et marnes en plaquettes du Flysch. Dans la longitudinale Coire-Martigny se trouvent pincés par places les schistes du Lias ; d'autres part, une bande de schistes lustrés, par le Val Ferret, la vallée du Rhône, Brigue, le val Bedretto, le val Piora, le Schanfigg, le Prætigau forme demi-cercle au Sud de la précédente, dessinant une suite de vallées qui se creuseront un jour. Enfin, plus au Sud, la dépression Valteline-Adda, qui coupe les Alpes de part en part, et qui sépare les Dinarides des Alpes proprement dites. C'est une zone de racines pour les nappes de recouvrement, comme le sont la vallée du Rhône entre Martigny et Sion et celle du Rhin antérieur.

Les vallées transversales, coulant dans le sens de la pente vers le Nord et vers le Sud, ont été les premières dessinées sur le double toit des Alpes, profitant des ensellements qui existaient entre les protubérances des nappes, dites « culminations ». En interrogeant le réseau actuel des vallées, qui conserve des traces du réseau primitif, on peut reconstituer un certain nombre de cours d'eau importants coulant vers le Nord, un provenant du Grand Combin, un ancien Aar, une ancienne Reuss, formée des deux branches supérieures de la Maggia retournées, un Rhin du Somvix et du val Blenio, un Rhin du Septimer. Les premiers écoulements remontent jusqu'à l'Oligocène, et sont aussi anciens que la formation des Alpes, mais ce sont surtout les deltas miocènes, constitués de nagelfluh calcaire ou bigarrée, qui permettent de reconstituer l'emplacement et le débouché de ces premiers écoulements, par l'action dequels s'est opérée la première démolition des Alpes, et qui, comme la Reuss miocène, ont apporté 3000 mètres d'épaisseur de cailloutis sur l'emplacement du Righi. Ce sont donc les vallées transversales, coulant comme des cours d'eau « conséquents », qui sont les premières formées ; les vallées longitudinales, comme celles du Rhône et du Rhin antérieur, se sont formées après coup, de pièces et de morceaux, par le jeu de l'érosion sélective, qui entamait de préférence les couches tendres du Flysch, du Lias et des Schistes lustrés. Que le travail de l'érosion ait été considérable au cours des âges, on peut s'en rendre compte en essayant de restituer par la pensée, au dessus des Alpes actuelles, tont ce qui leur a été enlevé, et en estimant que le fond des vallées, à la fin de l'époque tertiaire, était peut-être à 1500 ou 2000 mètres au-dessus de ce qu'il est aujourd'hui. C'est justement cette descente presque sur place du fond des vallées qui leur a permis, à chaque étape de cet enfoncement, de s'ajuster un peu différemment les unes par rapport aux autres, en combinant selon les arrangements les plus divers des éléments transversaux ou longitudinaux, d'origine ou tectonique ou érosive, qui primitivement étaient tous disposés dans le sens de la pente. Seules les vallées Grisonnes, — on peut en compter quatre ou cinq, — conservent en tout ou partie leur direction primitive, interrompue parfois par un col, du Sud au Nord, et leur parallélisme, du temps qu'elles étaient issues de l'axe de la chaîne, situé sensiblement plus au Sud qu'aujourd'hui.

Si l'on analyse maintenant les passages du point de vue historique en même temps que géograhique, on constate qu'il y a là trois passages relativement indépendants, occidental, central, oriental.

On peut appeler le passage occidental le passage bernois. Dès 1397 le canton de Berne conclut un accord avec le Haut-Valais et le val d'Ossola pour assurer le passage du commerce par le Grimsel et le Gries, où apparait l'importance des cols qui se font suite. C'est par le dernier de ces cols que les habitants du Haut-Valais parlant allemand avaient colonisé le val Pomat, la partie supérieure du val Anzasca (Macugnana) et avaient pénétré dans le Tessin (Val Maggia) à Bosco. Entre 1410 et 1417, il n'y eut pas moins de quatre descentes avec occupation de l'Ossola (vallée de la Toce ou Tosa) par les Confédérés, qui durent l'évacuer après la défaite d'Arbedo. En 1512 le haut Ossola était érigé en bailliage commun des XIII cantons, dont le Valais était exclu, mais la paix perpétuelle de 1516 avec la France l'enlevait définitivement aux Confédérés. Les liens de commerce restaient, et les îlots linguistiques de vallées parlant l'allemand subsistent.

Le passage central est celui qui a pris le nom d'une chapelle de St-Gothard. Grâce au rapprochement des deux chaines, grâce à la direction Nord-Sud de la vallée de la Reuss, que prolonge, sensiblement déviée vers l'Est, celle du Tessin, il dessine l'axe Nord-Sud des communications de la Suisse et de l'Europe Centrale ; il a succédé à ce que fut le Grand Saint Bernard dans l'antiquité. On a dit bien des fois que ce fut la possession en commun du Gothard qui cimenta l'union des Confédérés après l'avoir rendue nécessaire. Mais ce n'est que par étapes que ceux-ci procédèrent à l'occupation des bailliages au pied Sud des Alpes, et le chemin, de son côté, ne fut aménagé que peu à peu par eux en chemin carrossable, en route proprement dite. C'est en 1402 que commence la descente ; en 1403 Uri tout seul occupe la Leventine ; les Confédérés occupent Bellinzone en 1410 ; puis un siècle de luttes entre les gens de Milan et les Suisses : au terme, en 1510, le Val Blenio la Riviera, Bellinzona deviennent des bailliages communs des trois cantons : Uri, Schwytz, Nidwald, qui arrivent jusqu'au Monte Ceneri ; en 1512, le Mendrisio, Lugano, Locarno et le Val Maggia, passent sous la domination des XII cantons et deviennent baillia-

ges communs jusqu'en 1798; c'est l'accès aux trois lacs Majeur, de Lugano et de Côme, les lacs étant alors le moyen le plus pratique de transporter les marchandises. L'accès au lac Majeur non seulement par la Riviera tessinoise, mais par le Val Maggia et Locarno, remplace celui par l'Ossola définitivement perdu. Cette fois les Confédérés ont toute facilité pour aménager le chemin, que la nature a rendu difficile, et qui constitue un passage en partie artificiel, entre Amsteg et Giornico, tant les obstacles naturels sont rapprochés; et pas seulement le redouté défilé des Schœllenen: c'est le couloir au pied du Bristenstock, le Pfaffensprung, le Val Tremola, le défilé de Stalvedro, celui du Monte Piottino (Platifer), celui de la Biaschina à Chironico. Rien d'étonnant à ce qu'on ait cherché plus à l'Est un passage moins laborieux.

Ce passage oriental, c'était le Lukmanier, très bas, à 1917 mètres seulement, qui est plutôt une vallée surélevée qu'un col. Mais, de la vallée de la Reuss et du Lac des Quatre Cantons, il fallait atteindre le Lukmanier et par conséquent passer d'abord un premier col à travers la chaîne septentrionale ici dédoublée, puisqu'elle n'est collée à la méridionale qu'au Gothard lui-même.

Entre les deux passages, on prenait pied dans la vallée du Rhin, ce qui explique la fondation de la grande abbaye bénédictine de Disentis (de même Engelberg entre les deux cols du Joch-Pass et des Surenen).

Comme premier col, dans la chaîne du Nord, on passait probablement le Crispalt, nom dénaturé à cause même de sa vogue, et dans lequel on peut reconnaître le Krüzlipass. Le « Crispalt » a voyagé: c'est aujourd hui un nom de sommet dominant l'Oberalp. On le prenait à Amsteg, remontant le Kärstelenbach, où nous reconnaîtrions volontiers un « Castellum », (cf. Gestelen), l'Etzlithal, puis on redescendait sur Sedrun.

A travers la seconde chaîne, le Lukmanier offrait un passage si facile, sauf la gorge initiale sur Disentis, à travers le Val Sainte Marie, qu'on atteignait Olivone sans difficulté, et le Val Blenio, où l'on retrouve le nom de la rivière, le Brenno.

Tel était, décomposé en deux montées, ce qui était la loi pour la plupart des passages sous le règne du chemin de mulets, le passage qui correspondait au passage oriental, avant l'ouverture du chemin du Gothard, le long duquel s'accumulaient les obstacles

naturels, l'itinéraire habituellement suivi. La présence de l'abbaye bénédictine, entre les deux, jouant là le rôle d'abbaye de pied de col, comme Saint-Maurice au pied du Grand Saint-Bernard, comme Engelberg, comme Münster au pied de l'Ofen-Pass, prend ainsi toute sa valeur, et sur ce rôle des abbayes liées aux grandes voies, nous renvoyons aux ouvrages de Bédier, qui n'a connu malheureusement que les chemins de la plaine.

Si l'on nous concède ces évidences, ce qu'on appelait, du temps des anciens Itinéraires, l'Alpe Lépontienne, devient le Lukmanier plutôt que le Gothard, et si nous disons aujourd'hui « Les Alpes Lépontiennes », cette mise au pluriel est le fait des géographes en chambre qui se sont amusés à tracer les divisions des Alpes restées classiques, attribuant à l'ensemble d'un massif ce qui désignait précisément le passage au milieu du massif. Nous nous heurtons pourtant à une difficulté, que nous ne voulons pas dissimuler, c'est que « l'Alpe Lépontienne » (Alpis Lepontica) est restée dans la nomenclature moderne et n'est autre que la Léventine ; or Léventine signifie bien la vallée du Tessin, la haute vallée, et nullement le Val Blenio ou le Val de Sainte Marie. C'est cette difficulté qui nous a mis sur la voie de l'explication intégrale.

On remarquera que, dans le Val Medels, les villages d'hiver s'arrêtent à Predatsch ; les autres sont des oratoires et d'anciens refuges : Saint Gion, Saint Gall, Sainte Marie, Casaccia. Quelques chalets se sont bâtis autour de Saint Jean : c'est une annexe de Predatsch. Predatsch était une « fourche » de cols, comme Bivio : de là partaient deux chemins, qui tous deux prenaient au plus court, sans emprunter toujours le point haut du Lukmanier, à 1917, l'un à l'Est, gagnant directement Olivone par le Val Cristallina et le Lago Retico, l'autre, à l'Ouest, gagnant, par le Val Termine et le col de l'Uomo, le Val Piora, qui avec ses lacs, est le type du paysage de col. Du lac Retom on pouvait gagner Airolo et descendre toute la Léventine, mais là encore on prenait un raccourci : on gagnait Altanca, et par une terrasse rocheuse très bien marquée, vers 1100 mètres d'altitude le long de la rive gauche, on suivait la « haute route » (Höhen Weg) par Ronco, Deggio, Catto, Vigera, Osco, Mairengo, et on redescendait sur Faido. Cette haute route fréquentée nous explique cette lignée de villages perchés à cette altitude entre 1000 et 1200 mètres, tous à l'« endroit », c'est-à-dire au so-

leil. L'importance de Faido, capitale de la Léventine moyenne, c'est que c'était une croisée de cols, là aboutissant aussi le Campo Lungo venant du Val Maggia. Ainsi se concilient ces deux faits que l'Alpe Lépontienne a pu être le Lukmanier, et que le nom de Léventine est resté à la haute vallée du Tessin.

Revenons en terminant sur l'importance du Val Piora. Outre la longitudinale Furka-Urseren Thal-Oberalp, une communication parallèle, également Est-Ouest, est en train de se constituer plus au Sud, suivant le développement de cet étage tendre que sont les schistes lustrés et dont la carte géologique montre l'extension en arc de cercle entre Brigue et Coire. Les deux éléments principaux de cette dépression sont deux vallées, le Val Bedretto, et le Val Piora, celui-ci resté à l'état de vallée suspendue. Elle s'ouvre soit au Nufenen soit au San Giacomo, se poursuit par le Val Piora, le col del Uomo, Sainte Marie au Lukmanier qui est un carrefour plutôt qu'un passage. De là, par la Ganna Nera, la Greina, le Diesrut, tous cols dans le prolongement l'un de l'autre, on gagne le Lungnez (Val du Glenner), de même orientation que la Greina, laquelle, comme le Lukmanier, est une haute vallée. Toute cette région du Val Piora est hachée de passages, cols de Cadlimo, de Columbe, del Sole, où se croisent les directions de l'Est à l'Ouest et du Nord au Sud. Elle fait partie du système de cols du Gothard.

Séance du 7 février 1941.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

J. Kälin, Institut de Zoologie: « *Ganzheit und Umweltbezogenheit im Bauplan der Vögel.*

Die Entwicklungsmechanik hat uns gezeigt, dass das Lebewesen in der Lage ist, trotz Verletzungen und Schädigungen verschiedener Art in weitem Umfange die Teile wieder zu einem harmonischen Ganzen umzugestalten. In der formativen Tätigkeit des Organismus zeigt sich ganz allgemein eine oberste Tendenz: das ist die Hinordnung der Teile auf das Ganze, ihre Ganzheitsbezogenheit. Besonders eindrücklich erscheint uns die holistische, ganzheitliche Natur des Lebens dort, wo es gelingt, trotz tiefgreifenden und blei-

benden Verlagerungen des Bildungsmateriales wiederum ein normales, harmonisch gebautes Individuum zu erhalten. So kann man etwa den Keim des *Alpenmolches (Molge alpestris)* auf einem gewissen Stadium derart behandeln, dass das Material der einen Symmetriehälfte kreuzweise über dasjenige der andern Symmetriehälfte zu liegen kommt. Und trotzdem erhält man unter günstigen Bedingungen und ohne dass die Verlagerung rückgängig gemacht würde, wiederum einen normalen Molch. Es sind also in diesem Falle die Rollen, welche die einzelnen Keimteile in der Entwicklung zu spielen haben, ausgetauscht worden nach Massgabe dessen, was der harmonischen Gestaltung des Ganzen entspricht. Noch eindrücklicher wird die holistische Natur des Lebens dort, wo es gelingt, 2 Individuen verschiedener Arten zu einer neuen Ganzheit zu kombinieren. Den Bemühungen von Mangold und Seidel (1927) gelang es, den Keim des *Alpenmolches (Molge alpestris)* mit demjenigen des *Kammolches (Molge taeniata)* kreuzweise zu vereinigen. In günstigen Fällen entstand so ein harmonisch gebauter Molch, der allerdings Merkmale beider Eltern in sich vereinigte, also, so paradox es klingt, ein Tier das 2 Väter und 2 Mütter hat!

Im normalen biologischen Geschehen greifen für gewöhnlich alle Teile des Organismus derart nach Form und Leistung ineinander, dass sie der Erhaltung des individuellen Ganzen dienen. Dabei wird jeder Teil vom Ganzen her beeinflusst, und wirkt sich selbst wiederum aus im Rahmen des Ganzen. Dieses steht in strengem Gegensatz zu jener bloss summenhaften, additiven Ganzheit, wie sie immer noch in der Vorstellung Vieler besteht, die in meristischer Denkweise den Metazoenkörper als ein Produkt von Zellen betrachten, während doch die Zellen schon in der embryonalen Gestaltung als eine Leistung des primordialen Ganzen imponieren!

Das Gesetzmässige, welches nach bestimmten morphologischen Gesichtspunkten aus der Anordnung der Teile im Ganzen sichtbar wird, bezeichnet man als Bauplan. Die Epoche der idealistischen Morphologie betrachtete den Bauplan losgelöst von aller Umweltbezogenheit. Er war ihr lediglich Ausdruck der Form, — der Form an sich. Die naiv-phylogenetische Epoche wiederum sah im Bauplan nur einen Querschnitt aus dem raumzeitlichen Kontinuum eines endlosen Werdens. Die erste Betrachtungsweise ist zwar methodologisch korrekt, aber wegen ihrer Abstraktheit und Einseitigkeit

unfruchtbar. Die zweite Betrachtungsweise gründet sich auf Præmissen, die heute unhaltbar geworden sind. Aus dieser kritischen Situation heraus geriet die Morphologie, und namentlich die vergleichende Anatomie, vielfach in Misskredit. Aber seit Jahren beginnt es im Baum der Morphologie wiederum zu grünen und zu blühen. Denn mehr oder weniger gleichzeitig aus verschiedenen Gesichtspunkten heraus wurde jener Weg gefunden, der vor allem durch Böker und seine Schule, durch Benninghoff, Dabelow, Portmann und andere vertreten wird: die ganzheitliche Betrachtung der organismischen Gestalt in ihren wechselseitigen Beziehungen zu Funktion und Umwelt (« *biologische Anatomie* », Böker). Sie führt zum Begriff der *anatomischen Konstruktion*, und ist real begründet in der Ganzheit morphologischer, funktioneller und ethnologisch-œkologischer Faktoren. « Biologisch-anatomisches Denken ist Ganzheitsdenken » (Böker). Praktisch, d. h. in der wissenschaftlichen Untersuchung, wird jede anatomische Konstruktion auf Teile beschränkt, welche unter den gegebenen Gesichtspunkten in engerer funktioneller Correlation stehen. Von anderen Teilen wird abgesehen. So ist etwa bei der anatomischen Konstruktion vom *motorischen Apparat* der Vögel namentlich vom *Flügel*, von der *Pectoralis-Muskulatur* sowie vom *Brustschullerapparat* die Rede. Von anderen Teilen wird weitgehend abstrahiert. Aber streng genommen umfasst jede anatomische Konstruktion den totalen Organismus, indem beim organismischen Gefüge eben jeder Teil sich ganzheitlich auswirkt. Die verschiedenen anatomischen Konstruktionen des gleichen Organismus entsprechen daher unterschiedlichen funktionellen (inklusive œkologisch-ethnologischen) Gesichtspunkten, vergleichbar den verschiedenen Panoramen, welche von ein und derselben Landschaft aus verschiedenen geographischen Positionen entsprechend zahlreiche und unterschiedliche Bilder geben, je nachdem diese oder jene Komponenten des Ganzen im Vordergrunde stehen.

Die Ganzheitsbezogenheit der Teile und ihre gleichzeitige Umweltgebundenheit in der anatomischen Konstruktion kommt besonders schön zur Geltung dort, wo der Organismus in umfassender Weise in ein bestimmtes Milieu eingepasst erscheint. Unter den höheren Wirbeltieren bietet in dieser Hinsicht ein einzigartiges Beispiel der Bauplan der *Vögel*. In ihm erscheint als ein beherrschendes Moment die Einpassung in den Flug. Die Bedeutung des

Fluges als genereller Lokomotionstypus ergibt sich aus der Tatsache, dass nicht weniger als ca. 75% aller Landtiere fliegen können. (Dabei sind allerdings eingerechnet jene Formen, welche ausschliesslich Gleitflug zeigen, wie der Flugmaki *(Galeopithecus)*, die Flugechse *(Draco)*, die « fliegenden » Frösche der Sundainseln, die gleitfliegenden Schlangen usw.

Man kann im Bauplan der Vögel zweckmässiger Weise vor allem vier mit dem Flug besonders eng zusammenhängende Konstruktionsgruppen unterscheiden:

1. die anatomische Konstruktion des motorischen Apparates;
2. die aerodynamischen Konstruktionen (Konstruktionen zur Gewinnung von Vortrieb und Auftrieb, zur Steuerung, zur Regulation des Gleichgewichtes usw.);
3. Konstruktionen zur Intensivierung des Stoffwechsel ;
4. Konstruktionen des Wärmeschutzes und der Wärmeregulation.

Dabei gilt allerdings, dass, entsprechend der biologisch-anatomischen Ganzheit, die verschiedenen Konstruktionen in weitestem Umfange sich gegenseitig durchdringen, so dass die einzelnen Organe Kompromisslösungen verschiedenster Aufgaben darstellen.

Die Konstruktion des motorischen Apparates zeigt als wesentliche Bestandteile den *Flügel*, die *Pectoralis*-Muskulatur und den *Brustschulterapparat*. Als Heber des Flügels dient vor allem der *M. supracoracoideus*, als Flügelsenker der *M. pectoralis major*. Entsprechend seiner grösseren Arbeitsleistung (beim Niederschlagen des Flügels) ist er stärker ausgebildet als der erstere. Weil die Flugmuskulatur namentlich am *Sternum* und vor allem an der *Carina sterni*, dem Brustbeinkamm, entspringt, zeigt sich hier die altbekannte Correlation der Organe, derart, dass man von einem sehr schwachen oder fehlenden Brustbeinkamm auf sehr geringe oder fehlende Flugfähigkeit schliessen darf. Allerdings ist der Schluss in umgekehrter Richtung nicht zulässig, weil auch flugunfähige Vögel mit starker *Pectoralis*muskulatur vorkommen, dort nämlich, wo der gleiche motorische Apparat für die Fortbewegung im Wasser umkonstruiert wurde.

Was den Bau des Flügels betrifft, so sind in ihm die verschiedensten anatomischen Konstruktionen kombiniert worden, wobei der Flügel namentlich als Kompromisslösung von drei Hauptpro-

blemen imponiert: 1. aerodynamische Wirkungen der Tragflächen zur Gewinnung von Auftrieb und Vortrieb; 2. hohe Festigkeit und Elastizität; 3. geringer Luftwiderstand.

Die grosse Fläche des Flügels wird hauptsächlich gebildet durch Konturfedern. Die Konturfeder ist das merkwürdigste Organ des Vogelkörpers, eine Bildung *sui generis*, die es allein schon unmöglich macht, den Vogel mit irgend einer *bestimmten* Reptilgruppe in engeren Zusammenhang zu bringen. Trotz dem komplizierten Feinbau besteht dieses eigentümliche Organ nur aus völlig verhorntem Material, aus toten Epidermiszellen. Ueber die kausalen Gesetze aber, welche die Differenzierung der Feder beherrschen, ist bis heute nur wenig bekannt geworden. Die grossen Konturfedern des Flügels, die Schwingen, verbinden in einzigartiger Weise Festigkeit und Elastizität. Beim Heben des Flügels werden sie «jalousieartig» um ihre Längsachse gedreht, derart dass die Luft zwischen ihnen nach unten durchstreichen kann. Beim Senken dagegen bieten sie der Luft an der Unterseite eine geschlossene Angriffsfläche. Für die Gewinnung des *Vortriebes* spielt das Handgelenk eine besondere Rolle, indem es beim Niederschlag so funktioniert, dass die Hand proniert wird. Beim Aufschlag geht die Hand wieder zurück in die Supinationsstellung. Im gleichen Sinne wirken auch die endständigen Vortriebsfedern mit schwacher Aussen- und starker Innenfahne. Von besonderer aerodynamischer Bedeutung ist für den Auftrieb das Profil des Flügels; es ist so gestaltet, dass bei gewöhnlicher Flügelstellung in der Luft ein horizontaler Luftstrom Auftrieb erzeugt, indem sich an der Oberseite des Flügels ein Sog, an der Unterseite ein Ueberdruck einstellt. Mitbestimmend für die Grösse des Auftriebes ist ferner der Anstellwinkel. Er darf nur klein sein, kann aber auch negativ ausfallen. Bei grösserem Anstellwinkel wird der Widerstand grösser als der Auftrieb, und die Luft reisst an der Oberseite des Flügels ab. Dieses Abreissen der Luft kann indessen innerhalb gewisser Grenzen korrigiert werden durch einen Hilfsflügel, den *Daumenfittich*. Seine Konstruktion ist in Hilfsflügeln des Flugzeugbaues imitiert worden. Wenn der Vogel ohne Wirkung aktiver Flügelschläge sich in unbewegter Luft aufhält, sinkt er in einer Gleitbahn zu Boden. Man spricht dann vom Gleitflug, bei dem biologisch die Länge der Gleitbahn besonders wichtig ist. Sie wird bestimmt durch den Gleitwinkel und die Höhe über dem Boden.

(Unter Gleitzahl verstehen wir das Verhältnis von Rückstoss zu Auftrieb. Je geringer die Gleitzahl, desto länger ist, gleiche Höhe vorausgesetzt, die Gleitbahn. Die Gleitzahl ist gleich dem Tangens des Gleitwinkels und beträgt z. B. bei den grossen Landraubvögeln und Aasfressern wie *Adler* und *Geier* ca. 1 : 17.)

Zu den aerodynamischen Konstruktionen gehört auch die Spindelform des Vogelkörpers, welche namentlich durch den kontinuierlichen Uebergang von Kopf und Rumpf und die bedeutende Konzentration der Extremitätenmuskulatur gegen den Rumpf hin mitbedingt wird.

Aerodynamisch bedeutsam ist ferner das geringe relative Körpergewicht. Das Skelett ist pneumatisiert, d. h. mit lufthaltigen Räumen durchsetzt, die z. T. mit den Atmungsorganen in offener Verbindung stehen. Dadurch, wie durch die geringe Ausbildung des Markes sind die Vogelknochen auffallend leicht. Zwischen den Eingeweiden finden sich in breiter Ausdehnung Luftsäcke. In diesem Zsammenhang sind auch die anatomisch-physiologischen Besonderheiten des Verdauungstractus wichtig, indem dieser ein für Wirbeltiere ganz ungewöhnliches Tempo der Darmfunktionen zeigt. So kann z. B. bei *Fruchtfressern* die Nahrung in 5 Minuten den Darm passieren, und nach einer zuverlässigen Aufstellung von Grœbbels sind bei einer *Grasmücke* 26 Mehlwürmer in 1 Stunde und 12 Minuten verdaut worden. Dass solche Verhältnisse, und ferner die ausserordentliche Sparsamkeit des Wasserhaushaltes sich günstig auf das geringe relative Körpergewicht auswirken müssen, braucht nicht betont zu werden. Auch das absolute Körpergewicht ist dementsprechend relativ niedrig, und beträgt z. B. an ausgewachsenen Exemplaren gewisser Kolibris nicht mehr als 2 Gramm.

Schliesslich verlangen die Gleichgewichtsregulationen während des Fluges ein in dieser Hinsicht besonders leistungsfähiges Koordinationszentrum. Daher ist das Kleinhirn notwendigerweise relativ stärker entwickelt als in irgend einer anderen Wirbeltierklasse. Drehsinn, Gleichgewichtssinn und Reaktionsgeschwindigkeit aber haben hier ihre höchste Ausbildung erreicht.

Vom energetischen Standpunkte zeigt der Vogelkörper eine einzig dastehende Leistungsfähigkeit. Diese ist Voraussetzung für die gewaltige Arbeitsleistung während des aktiven Fluges. Hiemit hängt auch die hohe Temperatur des *homoiothermen* Vogelkörpers

zusammen, die nach neueren Messungen durchschnittlich mehr als 42° Celsius beträgt. (Nach der R.G.T.-Regel ist ja die Intensitätssteigerung vieler Lebensvorgänge innerhalb gewisser Temperaturgrenzen direkt proportional der Temperaturzunahme.)

Dementsprechend ist wiederum eine besondere Leistungsfähigkeit der Atmungsorgane gegeben, eben weil diese den Sauerstoff liefern müssen zum Unterhalt des Betriebsstoffwechsels. Denn durch den Stoffabbau in der Flugmuskulatur wird ja unmittelbar jene Energie frei, welche den Motor treibt, d. h. die Flügel aktiv bewegt. Die einzigartige Leistungsfähigkeit der Vogellungen wird durch ein Doppeltes erreicht: 1. die Ausbildung der Luftsäcke als Ausstülpungen der Bronchien und der Lungen und 2. den Feinbau der Lungen. Die Luftsäcke werden beim Niederschlagen der Flügel z. T. zusammengedrückt, so dass die Luft pro parte aus ihnen ausgepresst wird und so wiederum die Lungen passiert. Die Lufterneuerung in den Lungen findet daher im Gegensatz zu anderen *Tetrapoden* auch während der Exspiration, nicht nur bei der Inspiration statt. Beim Heben des Flügels werden die Luftsäcke wiederum erweitert, so dass von aussen wieder Luft eingesogen wird. Allerdings spielen, wie *Zimmer* (1935) gezeigt hat, im Gegensatz zu früheren Anschauungen bei den Atembewegungen auch Volumenänderungen des Thorax eine bedeutende Rolle. Doch sind alle diese Bewegungen im Wesentlichen mit dem Flügelschlag koordiniert, so dass Atembewegungen und Lokomotionsbewegungen in der Luft eo ipso in geradezu idealer Weise gekoppelt erscheinen, der Grund weshalb der fliegende Vogel niemals in Atemnot kommt.

Die hohe Leistungsfähigkeit der Atmungsorgane ergibt sich weiterhin aus der enormen Oberflächenvergrösserung des respiratorischen Epithelgewebes und in der Tatsache, dass das Endothel der Luftkapillaren und der Blutkapillaren identisch sind. Die trennende Schicht zwischen beiden Raumsystemen hat damit ihr Minimum erreicht. Die Oberfläche des respiratorischen Epithelgewebes endlich ist so gross, dass pro Gramm Körpergewicht bei einer Taube 176 cm^2 Oberfläche kommen, bei einem Kolibri sogar 666 cm^2 (Grœbbels). (Beim Menschen werden ca. 13 cm^2 angegeben.) Die Zahl der Erythrozyten beträgt bei einem Kolibri pro cm^3 6 590 000 (Grœbbels). (Bei Menschen für den Mann 5 000 000, für die Frau 4 500 000.) Auch der Hæmoglobingehalt des Bluts ist ganz auffallend hoch.

Entsprechendes gilt für das relative Herzgewicht und für die Schlagfrequenz des Herzen.

Die anatomische Konstruktion des *Wärmeschutzes* wird namentlich durch das Federkleid gebildet, wobei die Deckfedern, die « definitiven » Dunenfedern und die Embryonaldunen besonders wichtig sind. *Definitive Dunenfedern (Plumæ)* sind lediglich vereinfachte *Konturfedern* (mit mehr oder weniger rückgebildeter Fahne). Die *Embryonaldunen* (das *Neoptil*) der Jungvögel hat man früher als eine erste Federgeneration angesehen und für besonders primitiv gehalten. Neuere Untersuchungen von Schaub (1914), Ewart (1921), Gerber (1939) und anderen sowie eigene Beobachtungen haben indessen gezeigt, dass es sich hier sicher um spezialisierte Spitzen von der ersten Generation der Konturfedern handelt, offensichtlich eine sekundäre Adaptation an die besondere Notwendigkeit des Wärmeschutzes bei den Jungvögeln. Für die heute allgemein anerkannte Auffassung, dass nicht die Embryonaldunen, sondern die Konturfedern den ursprünglichen Typus des Federkleides darstellen, spricht auch die Tatsache, dass schon beim *Urvogel (Archæornis* und *Archæopteryx)* aus den jurassischen Lithographenschiefern von Solenhofen und Eichstädt ein gutentwickeltes Kleid von Konturfedern nachgewiesen wurde.

Nach biologisch-anatomischen Gesichtspunkten unterscheiden wir heute im Anschluss an Böker folgende wichtigsten Flugtypen der Vögel:

1. Der *Flatterflug*. Er liegt dann vor, wenn es dem Vogel nicht gelingt, trotz kräftiger Flügelschläge in kürzerer Zeit eine beträchtliche Höhe zu erreichen. Die Flatterflieger suchen ihre Nahrung zur Hauptsache auf dem Boden oder im Wasser. Ihre Hauptbewegungsart ist das Schreiten (z. B. Hühnervögel).

2. Der *Hubflug*. Dabei gelingt es dem Vogel mit raschen Flügelschlägen bald eine bedeutende Höhe zu erreichen. Die Nahrungssuche geschieht namentlich durch den Flug (z. B. die meisten Singvögel).

Diesen Typen des aktiven Fluges stehen gegenüber die beiden Flugtypen des im Wesentlichen passiven Segelfluges:

3. Der *statische Segelflug*. Er entspricht dem Segelflug der Technik, wobei Höhengewinn und Fortbewegung in horizontaler Richtung namentlich durch Ausnützung aufsteigender Luftströmungen

zustande kommen; er findet sich vor allem bei grösseren Landvögeln, welche bedeutende Strecken zurücklegen und dabei auch Nahrungssuche treiben. Dahin gehören z. B. die grossen Tagraubvögel und die Aasfresser, wie Adler, Falken, Geier usw. Der statische Segelflug wird entweder im Thermikaufwind (in aufsteigenden Luftströmungen über stärker erwärmtem Boden), oder im Hangaufwind (in aufsteigenden Luftströmungen an Gebirgshängen, Meeresdünen usw.) ausgeführt, wo der Wind nach oben abgelenkt wird.

4. Der *dynamische Segelflug*. Dabei werden Ortsveränderungen in aufsteigender sowie in horizontaler Richtung erreicht durch die Ausnützung der starken horizontalen Winde, wie sie namentlich über den Meeren in geringer Höhe vorkommen. Der dynamische Segelflug findet sich gut ausgebildet bei den grossen Seglern der Meere, z. B. Albatros, Fregattvogel usw.

Bei der Unterscheidung der genannten Flugtypen muss man aber im Auge behalten, dass es sich hier um Kategorien nach biologischen Gesichtspunkten handelt, die nicht mit aerodynamisch unterscheidbaren Flugarten zu verwechseln sind. Dementsprechend lassen sich kontinuierliche biologische Reihen aufstellen, durch welche etwa der Flatterflug mit dem Hubflug, oder dieser wieder mit dem Segelflug verbunden wird. Ferner lassen sich in jeder Gruppe wieder Untertypen feststellen, durch welche besondere Spezialisationen zum Ausdruck kommen. So erscheint der extreme Schwirrflug der Kolibris als eine Spezialisation des Hubfluges, der dynamische Segelflug als eine solche des statischen Segelfluges usw. Der Gleitflug ist biologisch keine besondere Kategorie, sondern eben nur flugtechnisch, denn er wird mehr oder weniger regelmässig bei den verschiedensten biologischen Flugtypen eingeschaltet. Den biologischen Flugtypen sind wiederum typische anatomische Konstruktionen zugeordnet, unter denen die Proportionen des Flügelskelettes besonderes interessieren:

1. Flatterflug: Oberarm kürzer als Rumpf[1]; Unterarm kürzer als Oberarm.

2. Hubflug: Oberarm kürzer als Rumpf; Unterarm länger als Oberarm.

---

[1] Als Rumpflänge gilt im Anschluss an Böker der Abstand der Mittelpunkte von Schultergelenkpfanne und Hüftgelenkpfanne.

3. Segelflug: Oberarm länger als Rumpf; Unterarm nicht länger oder länger als Oberarm.

Als eine Spezialisation des Hubfluges verdient unter anderen subordinierten Flugtypen der Schwirrflug der Kolibris besonderes Interesse. Oberarm, Unterarm und Rumpf zeigen hier die Proportionen des Hubfluges, aber die Hand ist sehr stark verlängert und übertrifft sogar die Rumpflänge.

Da bis heute über die entsprechenden Verhältnisse der typischen *Flügelschwimmer*, der *Pinguine (Sphenisci)*, keine genaueren oder umfangreicheren Angaben vorliegen, habe ich diese merkwürdigen Vögel auch auf die Proportionen des Flügelskelettes geprüft. Ebenso wurden die *Alken (Alcidae)* untersucht, deren vorherrschende Lokomotionsart zwar offenbar noch der Flatterflug ist, die sich aber im Wasser mit Hilfe der Flügel bewegen. Die Resultate der Messungen wurden durch bildliche Indices zur Darstellung gebracht. Charakteristisch für die *Pinguine* erscheint vor allem die enorme Verkürzung von *Stylopodium* (Oberarmteil) und *Zeugopodium* (Unterarmteil) relativ zur Rumpflänge. Sowohl Stylopodium als Zeugopodium erreichen noch nicht einmal die Hälfte der festgelegten Rumpflänge, wobei das letztere noch kürzer ist. Entsprechend der vorherrschenden Lokomotionsart zeigen aber die *Alken*, mit Ausnahme von *Alca impennis L.*, die typischen Proportionen der Flatterflieger. Dagegen ist hier der im vorigen Jahrhundert ausgestorbene *Riesenalk*, *Alca impennis L.*, von besonderem Interesse. Sein Skelett lässt nämlich eine schon sehr bedeutende Verkürzung des Zeugopodium erkennen, so dass dieses nicht einmal mehr die Hälfte der Rumpflänge erreicht und bereits ungefähr so stark verkürzt erscheint, wie dies bei den Pinguinen der Fall ist. Die Verkürzung erfasst also in erster Linie das Zeugopodium. Man kann sagen, dass der *Riesenalk* unter diesem Gesichtspunkt in der Umbildung zum Flügelschwimmer bereits einen bedeutenden Schritt zurückgelegt hat. Das wird auch durch die starke Abflachung der Flügelknochen bestätigt.

Die Kenntnis verschiedener mit dem jeweiligen Lokomotionstypus korrespondierender anatomischer Konstruktionen im Vogelflügel lässt die Frage aufkommen, wie weit diese Konstruktionen sich in der Gesamtheit des Bauplanes und namentlich am Rumpfskelett fassbar auswirken. Dabei steht zunächst im Vordergrund

des Interesses der Coracoscapularwinkel. Ueber diesen berichtet bereits *Fürbringer* (1888) in seiner gross angelegten Monographie zur Morphologie und Systematik der Vögel. Er stellte fest, dass «ganz im allgemeinen der spitzere Winkel unter dem bei *Carinaten* Coracoid und Scapula zusammentreffen, eine höhere Differenzierungsstufe ausdrückt, die sehr oft zusammenfällt mit einer Vergrösserung der Längsdimension des Coracoid oder auch der beiden Knochen des primären Brustgürtels ». Auf Grund umfangreicher Messungen erkannte er, dass der Winkel bei den *Ratiten* mehr oder weniger annähernd 180° beträgt, und ein spitzer Winkel als Ausdruck höherer Differenzierung aufzufassen sei. Endlich soll den sogenannten «schlechten » Fliegern im allgemeinen ein grösserer, den «guten » Fliegern dagegen ein kleinerer Winkel zufallen. Es finden sich hier, um mit dem Autor zu sprechen, « eine ansehnliche Summe von Merkmalen, die in inniger Correlation, und in innigem Causalnexus zu stehen scheinen ».

Auf Grund embryologischer Befunde beim Hühnchenembryo kam dann Nauck (1930) zur Auffassung, dass die Rumpfform für die Winkelgrösse massgebend sei. Besser würde man wohl sagen, dass der Winkel als konstituierender Faktor harmonisch in die Gesamtform des Thorax eingebaut sei, eine Sachlage, welche beim Vergleich von *Ratiten*- und *Carinaten*-Skelett ohne weiteres einleuchtet. Bei den *Ratiten* steht das Sternum beinahe senkrecht zur Längsachse des Rumpfes. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass der Winkel zwischen Sternum und Coracoid hier einem gestreckten nahe kommt, ergibt sich daraus auch eine Steilstellung des Coracoid. Hieraus ist wiederum ein grösserer Coracoscapularwinkel zu erwarten, als dies bei flacherer Lage der genannten Knochen und damit bei den *Carinaten* der Fall ist. Die besondere Grösse des Winkels bei den *Ratiten* aber ist weiterhin mitbedingt durch die Stellung der Scapula. Denn diese ist nicht, wie bei den übrigen Vögeln, als Ganzes mehr oder weniger parallel der Wirbelsäule orientiert, sondern vielmehr stark geneigt, indem der Knochen caudal gegen die Wirbelsäule ansteigt. Und dieses wiederum hängt mit der relativen Kürze des Knochens zusammen. Denn bei der typischen Länge der Vogelscapula würde diese sonst weit über den Thorax hinausragen. Man erkennt hier das Zusammenspiel der konstituierenden Elemente im Rahmen der Gesamtform. *Nauck* (1930) hat

nun den Versuch unternommen, mehr oder weniger deutliche Beziehungen zwischen der Grösse des Coracoscapularwinkels und der Rumpfform nachzuweisen. Um eine gewisse Vorstellung von der Rumpfform zu gewinnen, berechnete er einen « Rumpfformindex » nach der Formel

$$\frac{\text{grösster dorsoventraler Durchmesser des Thorax} \times 100}{\text{grösster transversaler Durchmesser des Thorax}}.$$

Es ist nun allerdings richtig, dass weil das caudale Ende des Sternum in den Bereich der grössten dorsoventralen Ausdehnung des Rumpfes fällt, durch den genannten Index der grösste Querschnitt des Rumpfes einigermassen bestimmt wird. Aber wegen der unterschiedlichen Länge, welche Thorax und Rumpf bei verschiedenen Vögeln zeigen, ist eine auch nur annäherungsweise Erfassung der Gesamtform des Rumpfes durch den genannten « Rumpfformindex » unmöglich. Dieser sollte daher nur als *Höhenbreitenindex* des Thorax bezeichnet werden.

Das Untersuchungsmaterial von Nauck erstreckte sich über 70 Skelette des Berliner Naturhistorischen Museum. Darnach « fallen grosse Rumpfformindices mit grossen Coracoscapularwinkeln ebenso zusammen wie kleine Indexzahlen mit relativ spitzen Winkeln ». Immerhin konnte schon Nauck eine gewisse Ueberschneidung der mitgeteilten Werte feststellen. An einem Material von 176 Skeletten habe ich versucht, die Rumpfform der Vögel einer weiteren Analyse zuzuführen, wobei auch die Resultate von Nauck eine Nachprüfung erfahren haben [1]. Das Material stammt hauptsächlich aus den Naturhistorischen Museen von Basel und Genf und aus dem Zoologischen Museum der Universität Zürich. Dazu kommen noch einzelne Exemplare welche bereits vor Jahren an den Sammlungen von München und Paris gemessen wurden, ferner ein Pinguin-Skelett des Zoologisch-vergleichend-anatomischen Institutes der Universität Freiburg.

Entsprechend dem Vorgehen von Nauck wurden zunächst drei Kategorien von Höhenbreitenindices (« Rumpfindices ») aufgestellt, und ebenso drei Kategorien von Winkelgrössen. Der Anteil jeder Indexgruppe an den Kategorien der Winkelgrössen wurde in

[1] J. Kälin: « Ueber den Coracoscapularwinkel und die Beziehungen der Rumpfform zum Lokomotionstypus bei den Vögeln. » (Revue Suisse de zoologie, Jahrgang 1941, Bd. 48).

Prozenten ausgerechnet. Die von Nauck behauptete Beziehung, derart, dass grosse Indices ebenso mit grossen Winkeln zusammenfallen wie kleine Indices mit relativ spitzen Winkeln, konnte nicht bestätigt werden, und ist nach dem schon mitgeteilten auch gar nicht zu erwarten. Denn der Coracoscapularwinkel ist mit anderen Faktoren derart ins Ganze der Rumpfform eingefügt, dass bei sehr ähnlicher Gesamtform ganz unterschiedliche Winkelgrössen und Proportionen der Teile möglich sind.

Bei *Segelfliegern* zeigt sich an unserem Material in 71.5 % der Fälle ein Coracoscapularwinkel von über 80°. Der Längenbreitenindex beträgt in mehr als ⅔ der Fälle (67.9 %) 80 oder weniger als 80. Der Coracosternalindex zeigt in 79.8 % des Materiales einen Wert von 70 oder weniger als 70. Der Längenhöhenindex des Sternum beträgt in gut ⅔ der Fälle (67.9 %) 55 oder weniger als 55. Es ergibt sich also beim Segelflug eine Tendenz zur Ausbildung grosser Coracoscapularwinkel (über 80°) und eine meist auffallende Länge des Rumpfes. Damit geht parallel eine in der Regel bedeutende Länge des Brustbeins im Verhältnis zur Coracoidlänge und zur Höhe der Crista sterni.

Bei *Hubfliegern* besteht, im Gegensatz zu den Segelfliegern, eine Tendenz zu relativ kleinen Coracoscapularwinkeln. (In 68.8 %, d.h. in gut ⅔ der Fälle 80° oder weniger als 80°.) Was den Längenhöhenindex betrifft, so zeigen sich annähernd ebenso oft Zahlen von 80 oder weniger wie solche, die über 80 liegen. In dieser Hinsicht lässt sich hier keine bestimmte Tendenz erkennen. Dem entspricht wiederum im mehr als ⅔ der Fälle ein Coracosternalindex von über 70 und eine Längenhöhenindex des Sternum von über 55. Beim Hubflug ist also einem meist relativ kleineren Winkel bald ein relativ zum Sternum kürzeres bald ein relativ längeres Coracoid zugeordnet. Dabei erscheint auch der Rumpf bald kürzer, bald länger, die Crista sterni niedriger oder höher.

Beim *Flatterflug* zeigt sich, dass wenn man auch als Grenzwert 80° annimmt, der Coracoscapularwinkel immer noch in 59.1 % der Fälle höher liegt. Bei den in unserer Untersuchung den Flügelschwimmern zugeordneten *Alken* ist das immer noch in 37.5 % der Fall. Im Gegensatz zu Nauck, der vermutet, dass bei den Flatterfliegern Winkel von über 75° nicht oder selten vorkommen, lässt sich also feststellen, dass bei den Flatterfliegern eher eine Tendenz

zu grossen Winkeln vorliegt. Dabei kommen wiederum bald kürzere, bald längere Rümpfe vor, wobei aber das Coracoid im Verhältnis zum Sternum meist relativ sehr kurz und die Crista sterni relativ niedrig bleibt. (Coracosternalindex in 91.7% der Fälle 70 oder weniger; Längenhöhenindex des Sternum in 85,7% der Fälle 55 oder weniger). Flatterflieger zeigen im allgemeinen eine Tendenz zu kurzem Coracoid und flachem Brustbein.

Bei den *typischen Flügelschwimmern*, den *Pinguinen*, ist der Coracoscapularwinkel sehr klein und beträgt, wie schon angedeutet, bei 11 von 12 Exemplaren sogar weniger als 70. Der Längenhöhenindex des Rumpfes ist in 50% der Fälle niedriger als 65 und nur in 8.3% höher als 80. Die Tendenz zur Verlängerung des Rumpfes zeigt sich also hier viel ausgeprägter als bei den Segelfliegern. Die Feststellung von Dabelow (1925), dass die Anpassung ans Wasserleben zur Verlängerung des Rumpfes führe, kann also in diesem Rahmen bestätigt werden. Die Tatsache, dass ferner in der Mehrzahl der Fälle (83.3%) der Breitenhöhenindex weniger als 125 beträgt und in keinem Falle über 150 liegt, zeigt, dass mit der Verlängerung des Rumpfes auch eine relative Abnahme des dorsoventralen Durchmessers vom Thorax Hand in Hand geht. Diese Veränderung kommt auch in den erhaltenen Zahlen des Höhenbreitenindex bei den *Alken* zum Ausdruck, während dagegen der Höhenlängenindex hier noch häufig höhere Ziffern aufweist. Dagegen ist die Tendenz zur Verkleinerung des Coracoscapularwinkels bei den *Alken* noch kaum bemerkbar. Ganz auffallend niedrig erscheint aber hier der Coracosternalindex, der bei sämtlichen untersuchten Exemplaren unter 55 liegt. Hierin zeigt sich die offenbar mit der Adaptation ans Wasserleben mehr oder weniger zusammenhängende sekundäre Verlängerung des Sternum, die bei den *Alken* ausserodentlich auffallend ist, und bei weitem die relative Verlängerung des Brustbeines der Pinguine übertrifft. Wenn also bei den *Pinguinen* der Coracosternalindex meist grösser ist als bei den *Alken* (in 50% 55-70), so äussert sich hierin sowohl der geringere Grad der Verlängerung des Sternum als auch eine Tendenz zur Verlängerung des Coracoid. Diese Verhältnisse ergeben sich deutlich aus dem Vergleich der Sternumlänge und der Coracoidlänge mit der Rumpflänge und aus dem Vergleich der entsprechenden Indices.

Aufgabe weiterer Untersuchungen wird es sein, die Analyse der Rumpfform innerhalb einzelner Funktionsgruppen wie z.B. der Pinguine und der Alken weiter zu führen, und dabei auch die Muskulatur zu berücksichtigen. Erst dann wird es möglich sein, die Rumpfform in ihrer Beziehung zum Lokomotionstypus einem tieferen Verständnis zuzuführen.

Aus den Beobachtungen von Fürbringer (1888) und Nauck (1930) an Embryonen von *Carinaten* geht hervor, dass der Coracoscapularwinkel hier eine umwegige Entwicklung durchmacht. Er erfährt an dem untersuchten Material zuerst eine Vergrösserung, wohl meist bis ins postembryonale Leben, um nachträglich wieder kleiner zu werden. Bei den Ratiten dagegen ist ein entsprechender Vorgang nicht nachgewiesen worden. Zwar wurde von Broom (1908) auch für den *Strauss* eine Zunahme des Winkels auf frühembryonaler Stufe behauptet. Aber wie Lowe (1928) auf Grund der Abbildungen Brooms hervorhebt und auch von Nauck (1930) betont wird, handelt es sich hier um frühe Biegungsprozesse innerhalb der Scapula selbst, also lediglich um Formänderungen des Schulterblattes. Solche Biegungsvorgänge sind mehrfach bei Carinaten beschrieben worden und dürfen nicht mit der Aenderung des Coracoscapularwinkels verwechselt werden. Deshalb, und weil die Diskussion über die Phylogenese der *Pinguine* durch die Arbeiten von Lowe (1928, 1933, 1935) in ein neues Stadium getreten ist, erschien es um so wünschenswerter, auch die Ontogenese des Brustschulterapparates der Pinguine zu untersuchen. Es wurde deshalb ein Wachsplattenmodell des primären Schultergürtels vom *Adeliepinguin* (*Pygoscelis adeliae* Hombr. Jacq.) mit 23 mm Rumpflänge in 40-facher Vergrösserung hergestellt. (Methode Born-Peter.) Der Coracoscapularwinkel beträgt hier 106°. Bei einem circa 1 Woche alten Jungvogel ist der Winkel merklich grösser und beträgt nicht weniger als 118°. Erst später, im Laufe der postembryonalen Entwicklung, findet eine sehr starke Reduktion des Winkels statt, bis er schliesslich beim adulten Individuum viel kleiner geworden ist. Der Vergleich lässt ohne weiteres erkennen, dass es sich bei der Verkleinerung des Coracoscapularwinkels hauptsächlich um eine schrittweise Drehung der Scapula handelt, wobei ihr distales Ende vor allem caudoventral bewegt wird. Die Längeänderung der Coracoide ist bei der Winkeländerung von ganz untergeordneter

Bedeutung. Die Untersuchung zeigt also, dass in der Genese des angulus coracoscapularis, d. h. in seiner « umwegigen » Entwicklung Verhältnisse vorliegen, welche für die Carinaten allem Anscheine nach typisch sind. Das ist eines jener Argumente, welche dafür sprechen, dass entgegen neueren Arbeiten, namentlich von Lowe, die Pinguine typische Carinaten sind.

LITERATUR

BÖKER H. *Die biologische Anatomie der Flugarten der Vögel und ihre Phylogenie.* Journ. Ornithologie, Bd. 75, 1927.

BROOM R. *On the early Development of the Appendicular Skeleton of the Ostrich.* Transact. S. Afr. Phil. Soc. Bd. 16, 1906.

FÜRBRINGER M. *Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel.* Amsterdam 1888.

GRŒBBEL F. *Der Vogel.* Bd. 1. Bornträger, Berlin 1932.

KÄLIN J. *Ueber den Coracoscapularwinkel und die Beziehungen der Rumpfform zum Lokomotionstypus bei den Vögeln.* Revue suisse zool. Bd. 48, 1941.

LOWE P. R. *Studies and Observationes bearing on the Phylogeny of the Ostrich and its Allies.* Proc. Zool. Soc. London 1928.

— *On the Relationships of the Struthiones to the Dinosaurs.* The Ibis Bd. 5, 1935.

MANGOLD und SEIDEL F. *Homoplastische und heteroplastische Verschmelzung ganzer Tritonkeime.* Archiv Entw. Mech. Bd. 111, 1927.

NAUCK E. Th. *Die ontogenetischen Aenderungen des Coracoscapularwinkels beim Huhn.* Vorl. Mitteilung. Anat. Anz. Bd. 68, 1930.

— *Beiträge zur Kenntnis des Skelettes der paarigen Gliedmassen der Wirbeltiere.* VII. *Der Coracoscapularwinkel am Vogelschultergürtel.* Morph. Jahrb. Bd. 64. 1930.

ZIMMER K. *Beiträge zur Mechanik der Atmung bei den Vögeln etc.* Zoologica H. 88, 1935.

Séance du 20 février 1941.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

W. Schmidt, Institut d'Ethnologie: «*Das Eigentumsrecht der Frau in den ältesten Menschheitskulturen*».

Voir: W. SCHMIDT, «*Ursprung und Entwicklung des Eigentums*». «*Scientia*» Revue internationale de synthèse scientifique, 33me année 1939, p. 47-58, également en traduction française: Origine et production de la propriété.

Bureau de la Revue: Via A. de Togni, 12. Milano.

Séance du 13 mars 1941.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

A. Bögli, Hitzkirch: 1. «*Morphologische Untersuchungen im Goms*», voir Mémoires, série Géologie-Géographie, vol. XI, fasc. 2,

2. «*Über ein weiteres Beryllvorkommen in der Schweiz*».

Anlässlich geologischer Untersuchungen in den südlichen Gneisen des Aarmassives in der Gegend des Goms konnte der Verfasser innerhalb des südlichen Aaregranites einen Pegmatit ausfindig machen, der neben vorwiegend Quarz, etwas Eisenglanz und Biotit, auch ein hellblaues Mineral enthielt. Ich hatte den Pegmatit im Jahre 1935, als die Schneeverhältnisse ausserordentlich günstig waren, südlich des Firrenhorns in einem Kar entdeckt. In den folgenden Jahren war er unter dem Schnee verborgen und nicht mehr zugänglich. Er verläuft steil zum Massivrand hin. Sein Streichen ist somit weder alpin noch herzynisch. Das blaue Mineral tritt nur in den Teilen grösster Mächtigkeit auf. Die Untersuchung ergab, dass es sich um einen Beryll handelt.

Beryll kommt besonders in den Pegmatiten des Bergell und des Tessin vor, während er im Aar- und Gotthardmassiv nur ganz vereinzelt auftritt (siehe P. Niggli, J. Königsberger, K.L. Parker: Die Mineralien der Schweizeralpen).

Das neue Vorkommen am Firrenhorn weist schöne, aquamarinblaue Individuen von strahligem, dünnprismatischem Habitus auf. Sie sind sonnenartig angeordnet. Bis jetzt konnten fünf solcher Sonnen aufgefunden werden. Die Kristalle sind bis 5 cm lang und 2 mm dick. Sie zeigen ausnahmslos das hexagonale Prisma mit gelegentlicher paralleler Verwachsung. Der einspringende Winkel ist in den Negativen deutlich als erhabene Längsrippe zu sehen. Endbegrenzungen sind keine feststellbar. Parallel zur Basis sind die Berylle in wenige Millimeter lange Abschnitte zerlegt. Andere Beryllindividuen wurden von der alpinen Faltung erfasst, zerdrückt, zerrieben und teilweise verschleppt, so dass sich in den Dislokationszonen des Pegmatites zahlreiche derbe Beryllpartien nachweisen lassen.

Séance du 15 mai 1941.

Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

S. Bays, Institut de Mathématique: «*Problèmes résolus et problèmes non résolus de la théorie des nombres entiers*».

L'auteur n'a pas fourni de manuscrit.

Séance du 19 juin 1941.

Présidence de M. le prof. Girardin, vice-président.

J. Rudolph et **L. Weber,** Institut de Minéralogie: «*Der Schweizer Brookit und seine optischen Anomalien.*

Schon vor Jahren wurden im hiesigen Mineralogischen Institut an gewissen alpinen Brookittafeln merkwürdige Interferenzerscheinungen beobachtet. Anlässlich der Genfer Versammlung der S. N. G. (1937) wurde darüber kurz berichtet. Seither konnte neues Material beschafft werden. Im Ganzen standen mehr als 70 lose Kristallplättchen zur Verfügung. Am einen Ende sind diese zumeist abgebrochen; nur wenige sind ringsum vollständig ausgebildet, doch können an den abgebrochenen Plättchen oft noch obere *und* untere Endflächen festgestellt werden. Die Tafelflächen (100) zeigen die bekannte Streifung parallel zur c-Achse.

Durch mikroskopische Messung von Kantenwinkeln ergab sich das Verhältnis b : c = 1 : 0,9406. Die goniometrische Durchmessung eines interessanten Kristalls führte auf a : b : c = 0,8401 : 1 : 0,9398. Der c-Wert ist also im Vergleich zur Kokscharow'schen Angabe fast genau ½ % kleiner.

An den 55 genauer durchsuchten Tafeln wird die randliche Begrenzung von neun verschiedenen Kantenrichtungen gebildet: [010] 55, [021] 21, [043] 38, [011] 48, [012] 44, [0. 3. 10] 1, [027] 3, [015] 1, [001] 55. Die beigeschriebenen Zahlen besagen, an wie vielen Individuen die einzelnen Kanten gefunden wurden. Die Flächen dieser nämlichen Kristalle ordnen sich nach ihrer Häufigkeit wie folgt: (100) 55, (110) 55, (122) 48, (001) 47, (021) 44, (134) 38, (104) 34, (112) 21, (010) 7, (210) 6, (121) 4, (5. 14. 4) 2, (4. 10. 3) 1, (9. 10. 2) 1, (102) 1. (4. 10. 3) und (9. 10. 2) sind neu.

Alle geprüften Brookittäfelchen waren durchsichtig und zeigten starken Diamantglanz. Farbe honiggelb bis blassrötlich. Ohne jede Ausnahme wurde an allen diesen Kristallen eine zweifache Zeichnung festgestellt. Die eine — schon oft beschrieben — läuft perlschnurartig der c-Achse entlang, ist dunkel bis schwarz gefärbt, nach der b-Achse oft fein gestreift und streng kristallonomisch begrenzt. Die andere zieht sich in Gestalt zweier diagonaler Seitenlinien in wechselnder Breite schräg durch den Kristall hindurch, ist lichter gefärbt, weniger regelmässig begrenzt und parallel zur Richtung [012] fein gestreift. Dem ungeübten Auge können diese Diagonalen leicht entgehen. Sie verlaufen nicht schnurgerade, da die zu [012] parallelen Streifen recht verschiedene Länge haben. So hält es schwer, die Orientierung dieser Diagonalen eindeutig festzulegen. Man merkt aber leicht, dass sie gegenüber der c-Achse eine von Kristall zu Kristall wechselnde Lage haben, doch scheinen sie einfachen kristallonomischen Richtungen zum mindesten nahezukommen. Übrigens verlaufen sie rechts und links nicht immer spiegelbildlich; neben kleineren Abweichungen wurden auch solche von 8° bis 22° gemessen.

Seine eigentümliche Pracht und Schönheit zeigt der Brookit im polarisierten Licht. In der Auslöschungsstellung zwischen gekreuzten Nicols leuchten die diagonalen Seitenlinien — ebenso gewisse Nebenlinien — mit herrlicher Farbe aus der dunkeln Tafel des Kristalls heraus. Freilich, die Auslöschung der Platte selber ist — sogar in den normalsten Fällen — recht unvollkommen. Schon bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung sticht der Kristall in seiner Dunkelstellung mit merklicher Helligkeit vom völlig schwarzen Hintergrund ab. Wird eine intensive Zeiss'sche Quecksilbermikroskopierlampe benutzt, so geht in der Dunkelstellung eine auffallende Lichtfülle durch.

Beim Drehen des Kristalls zwischen gekreuzten Nicols ändern die diagonalen Seitenlinien im weissen Licht fortwährend ihre Farbe und werden niemals dunkel. Wird die Platte in irgendeinem Sinne aus der Normallage herausgedreht, so färben sich die beiden Linien unterschiedlich. Besonders eindrucksvoll und schön ist der leuchtende Gegensatz von Rot und Grün, der bei 19° bezw. 71° Drehung erreicht wird.

Gewisse Brookitkristalle zeigen parallel zu den Endkanten [011] eine Bänderung. Auch diese wechselt beim Drehen des Kristalls die Farbe und zwar in gleicher Weise wie die anstossenden Seitenlinien. Einzig in den Mittelstellungen von 25° bis 65° wird die Farbe gleich der des Untergrundes, so dass die Zeichnung verschwindet.

Zu völlig unerwarteten Ergebnissen führte die konoskopische Untersuchung. Punkte, die zwischen der perlschnurartigen Zeichnung und den diagonalen Seitenlinien liegen, ergeben völlig normale Achsenbilder. Werden aber durch Parallelverschiebung der Platte Stellen der Diagonallinien ins Zentrum gebracht, so ergeben sich Achsenbilder, die gegenüber der erforderlichen Normallage eine gewisse Verdrehung aufweisen (bis 36°). Es ist so, als ob die diagonalen Seitenlinien aus Kristallelementen bestehen, die um die a-Achse etwas verdreht sind. Man möchte also an Zwillingsbildung denken, wobei eine Fläche (0 k l) Zwillingsebene wäre. Diese Deutung vereinfacht aber die Verhältnisse allzu sehr. Das zeigt sich schon daran, dass die zur c-Achse parallele Streifung der Brookittafeln an den Seitenlinien gar keinen Knick erfährt. Die Oberfläche ist unbedingt homogen.

Die Verdrehung der Achsenebene unterliegt übrigens komplizierten Gesetzen. Aus zahlreichen Messungen lassen sich folgende Regeln ableiten:

a) Die Verdrehung der Achsenebene auf den Seitenlinien ist links gegensinnig wie rechts, ohne aber genau spiegelbildlich zu sein, und umso stärker, je näher der untersuchte Punkt am Rande des Kristalls liegt.

b) Für gelbes und grünes Licht hat die Drehung weder die gleiche Grösse noch den gleichen Sinn. Das Grössenverhältnis der zusammengehörigen Drehungswinkel (gelb/grün) beträgt ungefähr 3 : 2.

Alle diese Erscheinungen deuten auf einen komplizierten innern Aufbau; vielleicht handelt es sich um subparallele Verwachsungen dünnster Plättchen. Tatsächlich kann mit Hilfe eines Drehapparates bei starker Vergrösserung festgestellt werden, dass die Brookittafeln aus zahlreichen Lamellen aufgebaut sind. Zwischen diesen kommen sogar hohle oder mit fremder Substanz (z. B. Flüssigkeit) erfüllte Räume vor. Durch Aufeinanderlegen verschieden orientierter Glimmerspaltblättchen lassen sich Polarisations-

erscheinungen und Achsenbilder erzeugen, die denen des Brookits ähnlich sind — mit Ausnahme jener Eigenschaften, die mit der Dispersion der Achsenebene des Brookits in Zusammenhang stehen. So ist man versucht, die Anomalie des Brookits auf zwillingsartige Verwachsungen verschieden gestellter Individuen zurückzuführen. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass die diagonalen Seitenlinien durch gesetzmässige Einlagerung fremder Substanz (z. B. Rutil) bedingt sind.

Séance du 3 juillet 1941.

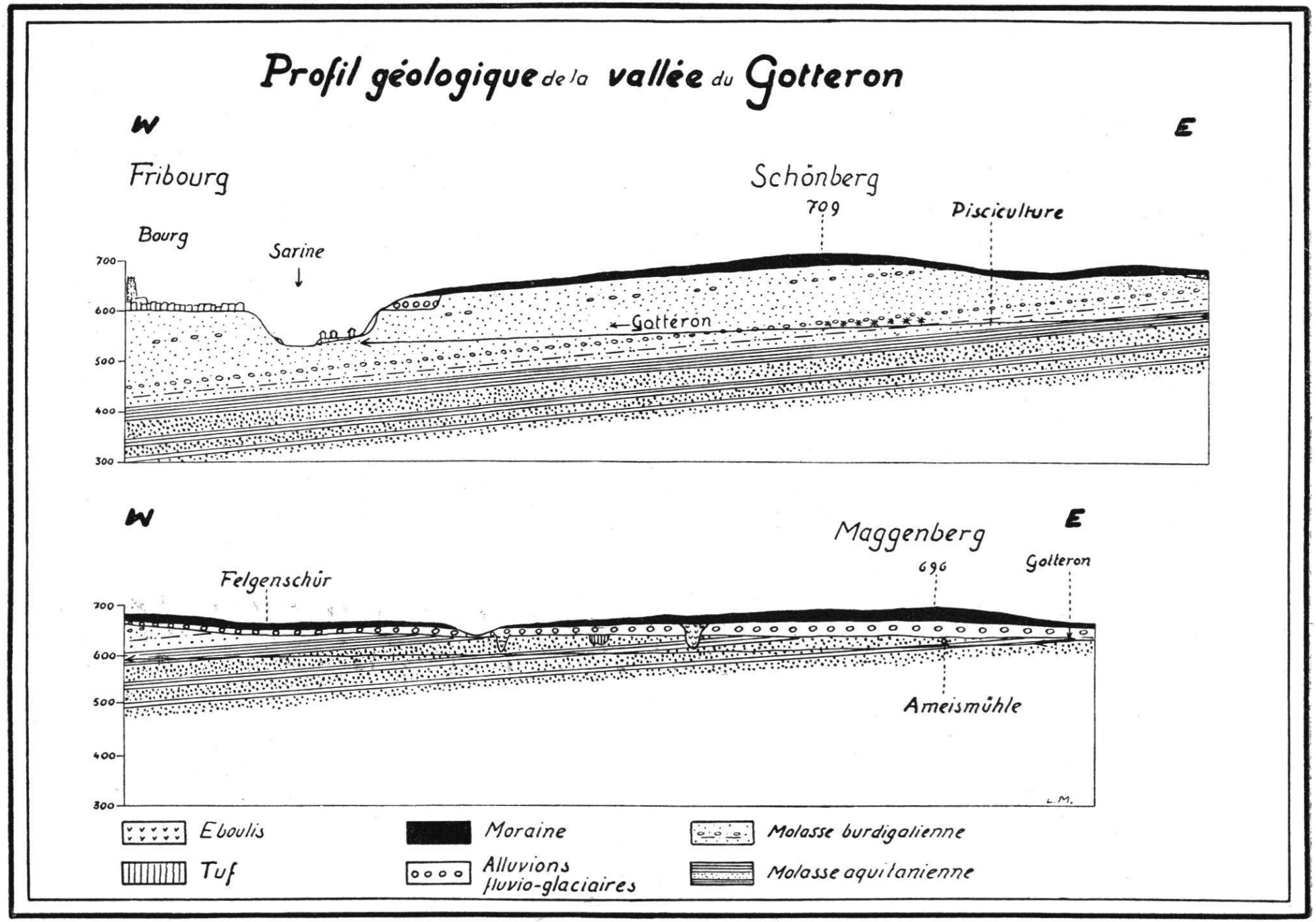
Présidence de M. le prof. S. Bays, président.

J. Tercier et **L. Mornod**, Institut de Géologie: «*La molasse de la vallée du Gotteron près Fribourg: faciès et gisement de fossiles*, avec 3 figures dans le texte.

Les grandes falaises rocheuses qui bordent les méandres encaissés de la Sarine dans la région de Fribourg et qui sont l'élément morphologique caractéristique du site de Fribourg offrent une section profonde dans la molasse qui constitue tout le substratum de la région. En outre les divers ravins latéraux qui aboutissent à la Sarine donnent également des coupures intéressantes dans le voisinage immédiat de la vallée principale.

Par contre, sur le plateau de Pérolles et sur les collines entourant la ville, les affleurements molassiques sont restreints et se ramènent le plus souvent à des sections limitées le long des chemins ou dans les quelques carrières demeurées ouvertes. Partout ailleurs le substratum rocheux est caché soit par les alluvions fluvio-glaciaires préwürmiennes, soit par les dépôts morainiques rhodaniens.

Le profil dans la vallée de la Sarine est capricieux à cause des méandres de la rivière. Une section plus courte mais tout aussi profonde est fournie par l'affluent principal de la Sarine, à Fribourg, le Gotteron. En effet, entre Obermühlethal (Ameismühle), au Sud de Tavel et le pont du Gotteron, à Fribourg, le petit torrent du Gotteron s'est creusé une gorge profonde, légèrement sinueuse, à direction générale E.W., longue d'environ 4 km.



0 100 200 300 400 500 m

FIG. 1.

La molasse de Fribourg et du Gotteron.

Peu d'auteurs se sont occupés de la molasse de Fribourg et de ses environs. La monotonie de cette formation dans les falaises de la Sarine, l'absence d'horizons un peu spéciaux, la stérilité apparente des grès, ont fait que les données géologiques sur cette molasse sont presque nulles. Par contre les dépôts morainiques et plus spécialement les alluvions fluvio-glaciaires constituant plusieurs terrasses au-dessus du socle molassique ont retenu l'attention de divers auteurs. Nous y reviendrons dans une autre occasion. Cependant *V. Gilliéron*, le principal auteur qui ait traité de la molasse du Plateau fribourgeois (lit. 1), signale la présence à l'E. de Fribourg de deux niveaux molassiques distincts, l'un marin, constituant la molasse de Fribourg proprement dite et appartenant à la molasse marine supérieure, l'autre, plus profond à faciès d'eau douce, se rattachant à la molasse d'eau douce inférieure. Dans la vallée du Gotteron, qu'il considère comme appartenant toute entière à la molasse marine, il signale cependant des débris qui ont les caractères des assises d'eau douce (lit. 1, p. 377). Nous reviendrons tout à l'heure sur l'âge exact de ces deux molasses. Pour le moment rappelons que l'on attribue aujourd'hui la molasse marine de Fribourg au Burdigalien, donc à l'étage inférieur du Miocène, et la molasse d'eau douce du Gotteron à l'Aquitanien, c'est-à-dire à l'Oligocène supérieur. Etudions le profil fourni par la vallée du Gotteron.

Le profil molassique du Gotteron.

La molasse de Fribourg n'est pas horizontale. Il suffit de considérer les rochers de Lorette et de la Maigrauge pour constater une inclinaison de 5° à 8° vers l'W. approximativement, parfois vers le W.-SW. Aussi en se dirigeant vers l'E., donc en remontant le vallon du Gotteron, on atteint des horizons molassiques plus anciens. L'étroitesse de la vallée et sa direction à peu près rectiligne, plus ou moins perpendiculaire à la direction des assises molassiques, permet en outre d'établir un profil très complet à travers la formation.

1. *Molasse marine burdigalienne.*

A son embouchure dans la Sarine, dans la grande coupure du pont du Gotteron, la molasse est constituée d'assises très puissantes, mesurant 6 à 8 mètres d'épaisseur, accompagnées de lits plus res-

treints, de l'ordre de 50 à 80 cm. La stratification est déjà assez irrégulière, surtout là où l'épaisseur des bancs est réduite. Il s'agit dans l'ensemble de grès à ciment marno-argileux, verdâtres, à assez forte teneur en glauconie. Les gros bancs sont à grains très fins et localement ils ont été exploités dans de petites carrières, intermittentes

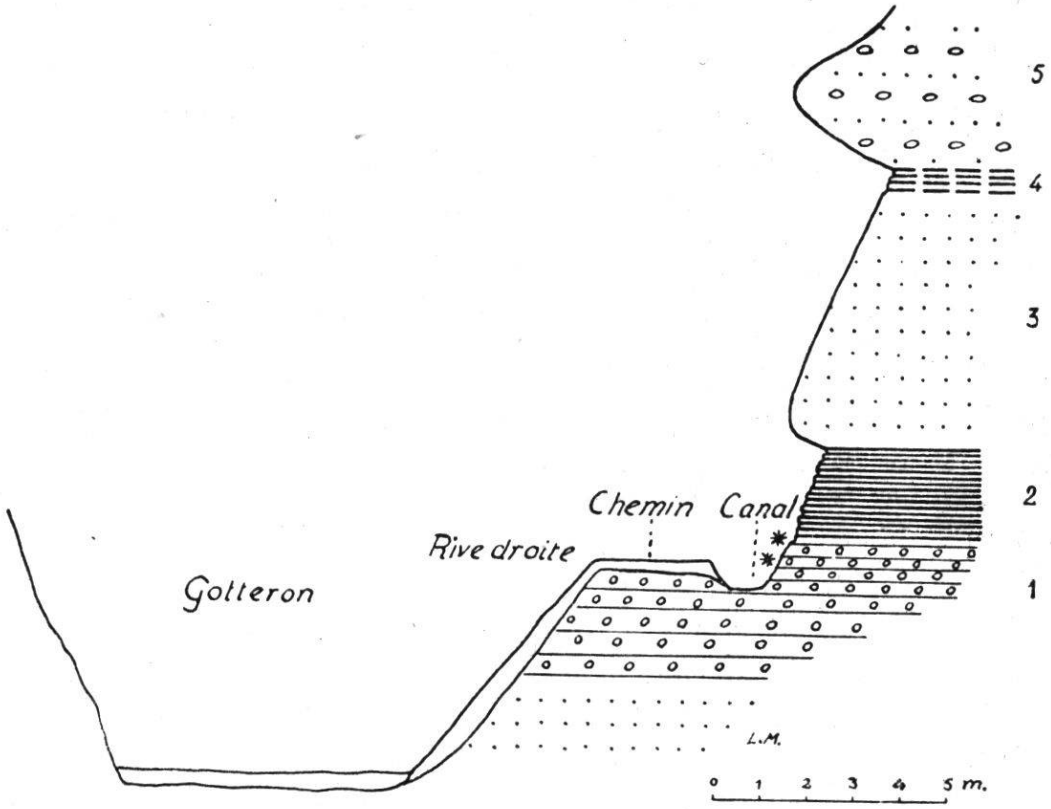


FIG. 2. — *Profil au S. du P. 709 du Schönberg.*

1. Banc de grès à galets, visible sur 1 m. Egalement dans les parties gréseuses, des moules mal conservés de Bivalves, probablement de Mactra ou Tapes.
2. Petits bancs de grès marneux, bleuâtres, avec des pistes d'organismes assez analogues à certaines pistes trouvées dans des grès du Flysch 2 m.
3. Banc de grès fin, assez dur, formant une paroi lisse . . . . . 6 m.
4. Lit de grès marneux foncés. . . . . 0,4 m.
5. Gros banc de grès, avec, à la base et formant corniche, des petits galets . . . . . *x* m.

le plus souvent. Encore en 1935, on a ouvert une vague carrière à peu près en dessous du pont du Gotteron et les bancs exploités servaient à la fabrication de fourneaux (molasse réfractaire). Aujourd'hui cette carrière est à nouveau fermée. Mais on observe également des bancs à grains plus grossiers, très friables. On observe pareillement, tout comme à Fribourg (carrière de Beauregard, chemin Ritter vers le Barrage, et ravins de Pérolles, passerelle des Neigles, etc.), des

niveaux assez réguliers de galets sillonnant les grès. Ces niveaux à galets, à épaisseur moyenne de 50 cm. sont constitués par de petits cailloux de 1 à 5 cm. de diamètre disséminés au milieu du grès et faisant souvent saillies. Il s'agit surtout de quartzites blancs et verdâtres, mais en outre on y reconnaît souvent d'autres éléments: porphyres rouges et granites roses ou rouges, roches éruptives basiques, radiolarites. Ce sont dans l'ensemble les mêmes éléments exotiques que ceux qui constituent la Nagelfluh polygénique de Montévraz, au S. du Mouret, d'âge helvétien.

La présence de ces galets donne de suite plus de consistance à la molasse qui forme alors facilement corniche. Dans la vallée du Gotteron on observe un banc semblable le long du chemin Del Sotto, versant Bourguillon, où ce niveau forme précisément le toit de la corniche. On retrouve un niveau semblable plus bas, directement dans la vallée, au voisinage des maisons situées immédiatement au S. du P. 709 du Schönberg. On a là, sur la rive droite, une petite paroi allongée de rocher lisse dominée par une corniche et le profil de détail est le suivant, de bas en haut (fig. 2).

Ces horizons se poursuivent de façon très visible sur la rive droite en direction de la pisciculture. On remarque particulièrement bien le niveau 1 (banc à galets inférieur) qui mesure au total près de 2-3 m. Puis on le voit s'amincir et passer latéralement à un niveau gréso-marneux à stratification entrecroisée très remarquable, admirablement visible près de la maison située à environ 50 m. en aval des petits étangs de la Pisciculture. On a là le profil suivant, de bas en haut (rive droite), à partir du chemin (fig. 3).

Ces mêmes horizons passent au-dessus de la Pisciculture. Au-dessus des deux maisons situées à l'E. des étangs, là où bifurque le chemin vers le P. 672, en direction de la route Fribourg-Tavel, on voit l'emplacement d'une ancienne carrière encore encombrée de débris: il y a un certain nombre d'années encore, la molasse était à cet endroit assez intensément exploitée et les blocs descendus du versant droit étaient sciés en plaques: aujourd'hui cette exploitation est également arrêtée. Dans les débris on trouve aisément des fragments abondants de bois charrié ainsi que des restes de plantes. Certains restes végétaux sont assez bien conservés, sans cependant permettre une détermination précise. On observe pareillement de vagues petites lentilles de lignite. Ces restes organiques proviennent

d'un banc situé un peu plus haut mais mal visible sous les éboulis. On trouve pareillement des moules de Bivalves analogues à ceux observés plus bas. Il s'agit certainement du même horizon que celui étudié un peu plus en aval.

2. *Limite de la molasse burdigalienne et aquitanienne.*

La limite entre ces deux molasses se voit aujourd'hui de façon particulièrement nette et l'affleurement est tout récent, car il a été

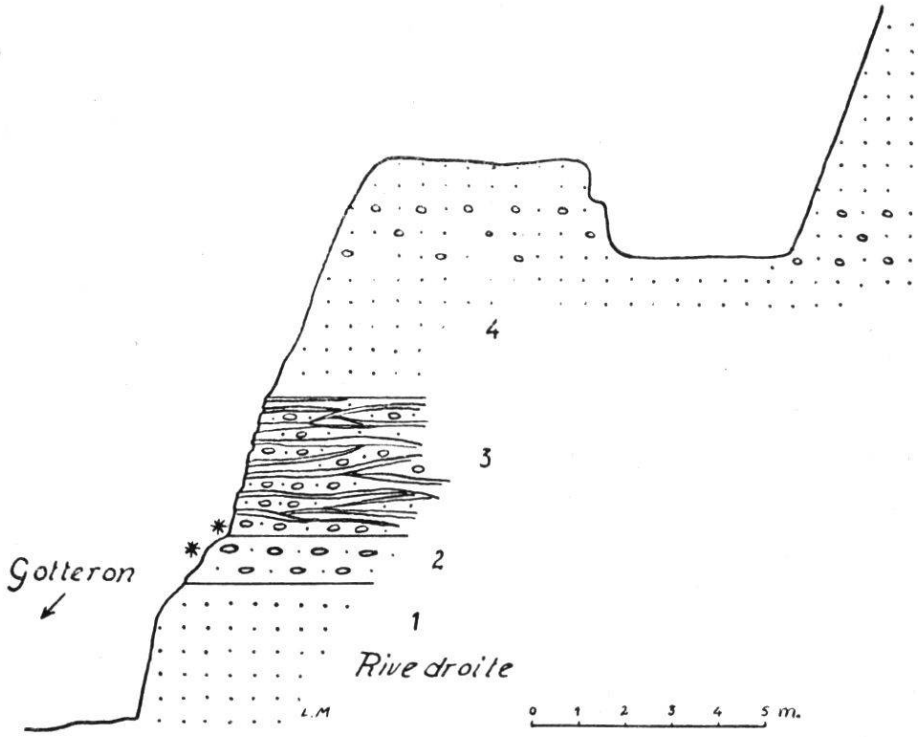


FIG. 3. — *Profil près de la Pisciculture.*

1. Grès fin . . . . . 3 m.
2. Grès à galets avec empreintes de Bivalves . . . . . 1 m.
3. Lits à galets, avec grès marneux à structure entrecroisée . . 5 m.

A la base, des grès grossiers avec des moules assez abondants, bien que mal conservés, de Bivalves.

4. Banc de grès fin, avec quelques lits très disséminés de galets.

Ce banc, assez épais, a été autrefois exploité en carrière et l'emplacement est encore bien visible, un peu au-dessus du chemin.

provoqué par un glissement du sol datant probablement de ce printemps. On a en effet immédiatement au S. du P. 672 de la carte topographique une portion déboisée sur la rive droite de la vallée et l'eau de surface provenant de la partie E. du Schönberg tombe en petite cascade sur la molasse mise à nu. Immédiatement au-dessus du chemin de la vallée on aperçoit sous la molasse marine bur-

digalienne formée ici de grès plutôt grossiers, verdâtres, des marnes assez compactes, de couleur vert-claire. Ce sont des marnes franches, fortement argileuses, nettement différentes des marnes sableuses bleuâtres précédemment intercalées vers la base du Burdigalien. La limite entre les grès sus-jacents et ces marnes est très nette: c'est une surface ondulée, visible sur 1-2 mètres. Par place on constate une sorte d'intrication irrégulière entre les marnes et le grès. Il est possible qu'il s'agisse d'une surface d'érosion.

Bref tout conduit à admettre ici la surface de transgression de la molasse marine burdigalienne sur la molasse d'eau douce aquitanienne. Quelques mètres plus loin affleurent d'ailleurs les marnes rouges et violettes, caractéristiques de la molasse d'eau douce.

3. *Molasse d'eau douce aquitanienne.*

Au S. du P. 672, en allant vers l'E. on a une coupe assez bonne dans la molasse aquitanienne. Ce changement de formation se traduit aussi de suite dans le profil transversal de la vallée. Au lieu de parois abruptes, presque verticales, qui caractérisaient la partie inférieure de la vallée, on a un versant plus adouci, mais surmonté encore jusque vers Felgenschür par la paroi réduite du Burdigalien. Dans l'ensemble l'Aquitanien montre une alternance de marnes bariolées, rouges, vertes ou violettes avec des grès jaunâtres, assez tendres, à bancs concrétionnés et dissociés par de multiples diaclases. Jusqu'au fond de la vallée du Gotteron, à Obermühlethal (Ameismühle) on a des affleurements assez abondants de ce type de molasse d'eau douce commun dans bien d'autres régions. Jusqu'à présent on n'y a pas trouvé de fossiles.

L'âge des molasses de Fribourg et du Gotteron.

Nous avons déjà mentionné l'attribution par *V. Gilliéron* de la molasse de Fribourg à la molasse marine supérieure, d'âge miocène, et celle du haut du Gotteron à la molasse d'eau douce inférieure, considérée généralement comme oligocène. Dans la suite on a tenté de préciser davantage cette notion d'âge en utilisant la classification d'étages. Toutefois, en l'absence de fossiles, on s'est basé essentiellement sur les faciès et sur les analogies de la molaasse de Fribourg avec les régions voisines. C'est le cas au S. de Fribourg, où, dans la région de la Roche-Montévraz, on trouve de magnifiques

horizons fossilifères caractérisant l'Helvétien et correspondant aux couches classiques du Belpberg, entre Berne et Thoune. De même, entre la Singine et l'Aar, la molasse a été l'objet d'abondantes recherches dues principalement à *E. Gerber* et *R. Rutsch*. La carte géologique détaillée de toute la région molassique de Planfayon-Guggisberg-Rüschegg-Giebelegg a également été levée par l'un de nous. Cependant les résultats ont été assez lents en ce qui concerne la molasse de Fribourg.

En 1895, *R. de Girard*, dans une petite publication traitant des carrières du canton range la molasse marine dans l'Helvétien (lit. 2).

En 1901, le même auteur, dans son « Tableau des terrains de la région fribourgeoise » lit. 3) attribue la molasse de la Singine (molasse jaune) et en particulier celle du Gotteron à l'Helvétien supérieur tandis que celle de Fribourg (molasse bleue daterait de l'Helvétien inférieur: autrement dit, celle du Gotteron serait plus jeune que celle de Fribourg.

En 1902, dans le *Dictionnaire géographique de la Suisse* (lit. 4, t. II, p. 166), la molasse des falaises de la Sarine est encore attribuée à la molasse d'eau douce tandis que la molasse marine n'apparaîtrait que dans les hauteurs dominant la ville.

Dans l'ouvrage *Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz* paru en 1915, la molasse exploitée à la carrière de Beauregard, à Fribourg, est placée par *E. Gerber* dans l'Helvétien (lit. 5, p. 127).

Dans la suite on ne trouve pour ainsi dire presqu'aucune mention de la molasse de Fribourg dans la littérature géologique. En particulier on ne trouve rien sur cette molasse dans la *Geologie der Schweiz* de Alb. Heim, ni dans le *Guide géologique de la Suisse* paru en en 1934.

Cependant, sans le mentionner expressément, la présence de la molasse d'eau douce, d'âge aquitanien dans la région de Alterswil, Heitenried et du Gotteron laissait bien envisager un âge burdigalien pour la molasse de Fribourg. Mais en fait une confirmation de l'âge de cette molasse manquait.

Les résultats nouveaux.

Depuis quelques années l'un de nous procède au levé géologigique de la feuille Fribourg au 1 : 25 000 (atlas Siegfried, feuille 331).

A la suite d'une excursion, dans la vallée du Gotteron, des étudiants en géologie de Fribourg, un étudiant en géologie, M. L. Mornod, en explorant avec beaucoup de soin le niveau de base du Burdigalien a découvert, au voisinage des couches à restes végétaux, quelques moules de Bivalves. Nous avons revu ensemble ce niveau et trouvé encore d'autres restes de fossiles. Ces fossiles, mal conservés dans un grès assez grossier, à galets, ne peuvent être déterminés spécifiquement. On reconnaît cependant des restes de Tapes et de Vénus, éventuellement aussi de Mactra. Il s'agit donc incontestablement de fossiles marins. La présence de ces restes marins à environ 20 à 30 m. au-dessus de la molasse d'eau douce est des plus intéressantes. Car ils marquent nettement le début de la grande transgression burdigalienne. Et, à ma connaissance, ce sont les seuls restes fossiles trouvés jusqu'à présent dans la molasse des environs immédiats de Fribourg, si l'on excepte quelques dents de squales (Lamna) signalées dans la carrière de Beauregard à Fribourg.

La présence de petites lentilles de lignite, de restes végétaux et de quelques feuilles dans une assise voisine de celle contenant les fossiles marins ne doit pas être considérée comme une dernière récurrence lacustre ou continentale, car il s'agit simplement de restes végétaux charriés dans la mer peu profonde du Burdigalien. On trouve d'ailleurs un peu partout des débris analogues dans toute la molasse burdigalienne, également dans la molasse helvétienne, nettement marine. Toutefois ces débris sont plus abondants vers la base du Burdigalien où l'on note un changement assez net dans la sédimentation qui répond dans une certaine mesure à un conglomérat de base.

Cet horizon basal du Burdigalien peut dans le Gotteron être évalué à 40 m. environ. Il passe assez insensiblement au niveau principal du Burdigalien qui affleure en particulier à Fribourg et dont la puissance totale peut être estimée à environ 300 m. Ce niveau principal, formé surtout par des grès massifs, en bancs épais le plus souvent, est lui-même surmonté d'un complexe moins bien stratifié, à bancs plus petits, souvent à grès assez grossiers et qui constitue une limite, d'ailleurs peu précise, entre le Burdigalien et l'Helvétien.

Il est également intéressant de comparer l'horizon basal du Burdigalien dans la vallée du Gotteron, avec les régions molassiques immédiatement voisines.

Dans la région de Berne, *R. Rutsch* a décrit (lit. 7) un horizon semblable à la base du Burdigalien, la « Scherli-Nagelfluh ». Selon cet auteur il s'agit de lits de galets, surtout de quartzites, souvent réduits à des galets disséminés dans le grès. On y trouve des restes de plantes, mais pas de fossiles marins.

Ce même horizon a été pareillement signalé par *E. Gerber* (lit.6) dans les environs immédiats de la ville de Berne.

Dans la région du Jorat, *A. Bersier* a fait les mêmes constatations. En particulier dans la vallée du Talent, près du pont de la Râpe (lit. 3, p. 80) il décrit une limite aquitano-burdigalienne: l'Aquitanien est formé au sommet par une série de marnes jaunes, grises ou rougeâtres, et sur ces marnes, le Burdigalien débute par des grès à stratification entrecroisée, variable en grain et composition, à fragments ligniteux et à nombreuses empreintes coquillières.

BIBLIOGRAPHIE

Lit. 1. Gilléron, V., *Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne, compris sur la feuille XII* (Mat. carte géol. de la Suisse, 1re série, livr. 18, 1885).

2. Girard, R. de, *Les produits minéraux du canton de Fribourg* (Notice sur les exploit. min. de la Suisse, pour l'exposition nationale, Genève, 1896).

3. Girard, R. de, *Tableau des terrains de la région fribourgeoise* (Mém. Soc. frib. Sc. nat., vol. II, fasc. 2, 1901).

4. *Dictionnaire géographique de la Suisse.* Attinger, Neuchâtel,

5. *Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz* (Mat. carte géol. Suisse, série géotechn. livr. 5, 1915).

6. Gerber, E., *Ueber die Molasse im Amtsbezirk Bern* (Mitt. Naturf. Ges. Bern, 1925).

7. Rutsch, R., *Beiträge zur Geologie der Umgebung von Bern* (Mat. carte géol. de la Suisse, N.S., livr. 66, 1933).

8. Bersier, A., *Recherches sur la géologie et la stratigraphie du Jorat* (Bull. labor. de géol. Univers. Lausanne, nº 63, 1938).