Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 92 (1909)

Rubrik: Discours d'ouverture du président du comité annuel et conférences faites aux assemblées générales

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: 30.03.2026

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

DISCOURS D'OUVERTURE

DU

PRÉSIDENT DU COMITÉ ANNUEL

ET

CONFÉRENCES

FAITES

AUX ASSEMBLÉES GÉNÉRALES.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Leere Seite
Blank page
Page vide

Daniel Alexandre Chavannes 1765—1846

et

Jacques Auguste Chavannes 1810—1879.

Par

M. le professeur *Henri Blanc*

Président annuel.

Chers et très honorés Collègues!

Au nom de la Société vaudoise des sciences naturelles je suis heureux de vous souhaiter à tous une cordiale bienvenue. Soyez convaincus qu'elle est très fière, avec tous les amis qu'elle a le bonheur de compter à Lausanne et dans le canton de Vaud, de recevoir pour la septième fois la vénérable Société helvétique des sciences naturelles qui va entrer, vaillante, dans sa 95me année d'existence.

Je vous remercie pour l'honneur que vous m'avez conféré à Glaris l'année dernière en m'appelant à présider, cette session. Mais en ce moment, j'éprouve de sincères regrets à la pensée que cet honneur était réservé à un des plus fidèles de nos membres, à notre cher et savant collègue Monsieur Henri Dufour, professeur de physique à l'Université, qui n'a pas pu l'accepter, parce que sa santé exigeait des ménagements. Je suis à sa place, sans le remplacer, aussi je compte beaucoup sur votre indulgence pendant le cours des opérations que je vais avoir à diriger.

Seize ans, Messieurs, ont passé depuis votre dernière visite dans notre ville, et pendant cette courte période,

notre société cantonale a perdu plusieurs de ses membres dévoués. Il en est deux qui vous étaient très attachés; je rappelle le souvenir de Jean Balthazar Schnetzler et celui d'Eugène Renevier qui eurent le privilège de présider les assises de notre association, le premier en 1877 à Bex, le second 1893 à Lausanne. A ces deux savants qui par leurs travaux, leurs enseignements féconds, ont su entretenir le feu sacré de la science dans notre pays, à ceux qui furent nos maîtres aimés et respectés, nous devions rendre en ce jour un pieux témoignage de reconnaissance.[1]) —

Mesdames et Messieurs!

Il n'est pas de famille dans le canton de Vaud, écrivait un chroniqueur en 1846[2]), qui ait fourni autant d'hommes, de femmes, distingués par un goût exquis dans la science, dans les lettres et dans les arts que celle des Chavannes. Dès lors, il s'est écoulé plus d'un demi siècle et il n'y a rien à changer aujourd'hui au jugement si mérité porté sur cette dynastie d'intellectuels, de professeurs, de pasteurs, de savants, de poètes, d'artistes; le recul des années n'a fait que le confirmer.[3])

Permettez-moi de vous entretenir pendant quelques instants, pour leur rendre le juste tribut d'hommages auxquels ils ont droit, de deux des représentants de cette dynastie qui se sont distingués dans le domaine de la zoologie, qui ont enseigné cette science dans notre Haute Ecole et qui ont créé et enrichi nos collections artistiques et scientifiques, j'ai nommé *Daniel Alexandre Chavannes* et son fils, son émule, *Jacques Auguste Chavannes.*

Daniel Alexandre Chavannes naquit à Vevey, le 21 juillet 1765, où son père exerçait alors le Saint Ministère.

---

[1]) Quelques fragments du discours qui suit n'ont pas été lus en séance. —

[2]) Revue Suisse T. IX. 1846.

[3]) Notes sur la famille Chavannes 1882. Bridel éditeur.



Daniel Alexandre Chavannes 1765—1846.

A l'âge de 10 ans, il subit le sort de la plupart des jeunes gens qui se destinaient aux professions libérales. Il fut envoyé au collège de Lausanne et confié pour le séjour prolongé qu'il devait y faire à son oncle *Alexandre César Chavannes*. C'était, dit Gindroz, un homme de science d'un génie pénétrant, étendu et profond; professeur de théologie à l'Académie, de 1766 à 1806, il ne lui a manqué pour arriver à la gloire qu'une plus grande scène ou plus d'ambition. Cette gloire, il l'aurait certainement acquise s'il avait réussi à publier son ouvrage en 13 volumes resté manuscrit de notre bibliothèque. „*Essai sur l'éducation intellectuelle avec le projet d'une Science nouvelle.* Cette science découverte par Chavannes, quelle est-elle? c'est l'anthropologie qui doit, selon sa pensée, étudier l'homme à tous les points de vue, dans l'antiquité, dans ses origines primitives, dans les divers langages qu'il cultive; — on peut affirmer sans crainte d'être contredit que César Alexandre Chavannes a été non seulement le précurseur des anthropologistes actuels, mais le créateur de leur science qu'il a le premier définie.

„J'ignore, conclut Chavannes à propos de sa Science nouvelle, si elle existe en manuscrit, dans quelque cabinet, mais j'annonce au public qu'elle existe actuellement dans le mien et toute prête à voir le jour si cela peut se faire sans inconvénient pour ma fortune, ni pour celle d'aucun imprimeur à laquelle je serais au désespoir de porter la moindre atteinte.“

Vivant sous le toit d'un homme de génie aussi distingué par l'esprit que par le cœur, non loin d'ici, à la Borde, dans une délicieuse solitude cachée autrefois dans la verdure, le jeune étudiant devait nécessairement développer ses dispositions naturelles, et tout en se consacrant à ses études théologiques, apprendre à aimer les choses de la nature et à l'observer.

Apparenté à tout un cercle de vénérables pasteurs, Daniel Alexandre Chavannes fut consacré ministre du

Saint Evangile en 1788, puis il revint à Vevey où il fonctionna comme suffragant de son père et sous-diacre jusqu'en 1810.

En 1790 et 1791 il fit en compagnie d'un ami un voyage de seize mois en Allemagne et en Hollande; il revint par la France. Les notes qu'il a laissées de ce voyage témoignent d'un observateur attentif et d'un esprit tourné vers tout ce qui peut contribuer à l'utilité publique et au soulagement des malheureux. Pendant le court séjour qu'il fit à Paris, il s'occupa surtout de l'Institut de sourds-muets dirigé par le célèbre abbé Piccard; mais les musées d'histoire naturelle l'attirèrent beaucoup.

Chavannes exerça pendant 16 ans le Saint Ministère à Vevey à la louange de ses très nombreux paroissiens.

Il s'efforce de faire le plus de bien possible autour de lui, aimant par dessus tout les choses bonnes et utiles. Orateur très écouté, à la parole captivante, il se fait bientôt remarquer non seulement comme homme d'église, mais par ses talents très divers.

Ardent patriote, il rêve avec d'autres citoyens, hommes d'élite comme lui, l'indépendance de son pays; aussi prend-il par sa parole, par ses écrits, une part active au mouvement révolutionnaire qui en 1798 devait changer si brusquement l'existence politique du canton de Vaud.

Son éloquence, la sincérité de ses opinions, le désignaient pour être au premier rang et c'est comme chapelain du Directoire helvétique siégeant à Lucerne, qu'il a l'occasion de nouer des relations avec des Suisses marquants de l'époque, entre autres Frédéric César de la Harpe, Stapfer, Rengger.[1])

Avant d'être fixé à Lausanne, le pasteur de Vevey entre dans la carrière législative et après avoir fait partie des notables siégeant à Berne en 1802, comme représentant du canton du Léman, il travaille au projet d'organisation du canton de Vaud. En 1803, il fut un des premiers élus

---

[1]) *L. Vuillemin. Journal de la Société d'Utilité publique. T. 32.*

au Grand Conseil vaudois et, à part une courte interruption (qui dura de 1808 à 1813), il fit partie de ce corps dès sa fondation jusqu'en 1841, époque où son grand âge détermina sa retraite. Pendant 27 ans, il remplit l'office de secrétaire de cette assemblée, poste qui lui fut plusieurs fois offert à l'unanimité. L. Vuillemin raconte que la dernière fois qu'il prit la parole au Grand Conseil ce fut pour défendre le budget du musée et qu'il parla de manière à obtenir gain de cause : Laissons lui ses peaux, puisqu'il y tient tant, dit un député de la campagne.[1])

D. A. Chavannes n'était pas homme à se laisser accaparer entièrement par les affaires publiques. Doué d'une grande facilité au travail, imprégné du noble désir d'être en tout et partout utile à ses concitoyens, bien convaincu qu'un pays ne s'élève que par l'instruction, il s'intéressa vivement à la vie de notre vénérable Académie, prenant une part active, comme membre du Conseil académique, au développement de l'instruction à tous ses degrés. — On lui doit d'avoir, le premier, fait connaître Pestalozzi en France, en publiant un ouvrage intitulé: *Exposition de la méthode de Pestalozzi.*

Mais, Messieurs, j'ai hâte d'en arriver au rôle important joué par D. A. Chavannes dans le domaine des sciences naturelles, de la zoologie, à laquelle il s'intéressait beaucoup.

En 1803 se fondait à Lausanne la *Société d'Emulation du canton de Vaud,* dont le programme était de réveiller l'esprit public en le dirigeant dans les divers domaines de l'économie rurale, de l'instruction, de la médecine, de la statistique et de l'archéologie.

D. A. Chavannes fut chargé comme secrétaire, étant données ses connaissances si variées et étendues dans les domaines les plus divers, de rédiger le journal périodique de la nouvelle société „Les *Feuilles d'Agriculture du canton*

---

[1]) *Revue Suisse. Livraison de décembre 1846.*

de Vaud" qui plus tard devait prendre le titre de *Journal de la Société d'Utilité publique.*

Pendant 32 ans, Chavannes, en sa qualité de secrétaire perpétuel, ne fut pas seulement le rédacteur de ces publications; mais il en fut aussi l'âme, le collaborateur le plus intelligent, le plus laborieux, le plus apprécié. Il n'est pas un volume des Feuilles qui ne renferme de ses travaux originaux, ou des rapports, des analyses, des extraits de mémoires scientifiques publiés en France, en Allemagne, en Italie. La plupart de ses études sont du domaine de la zoologie, c'était un passionné du monde des oiseaux, ses connaissances en ornithologie étaient très étendues: je puis citer d'entre ses publications:

Mémoire sur les momies d'Egypte et en particulier sur un exemplaire déposé dans le Musée cantonal (*Feuilles d'agriculture. T. VII. pag. 189*).

Notice sur un végétal des contrées méridionales trouvé à l'état fossile près de Lausanne (*id. T. VII. pag. 304*).

Note sur le grand Cormoran et l'ostéologie de son os occipital (*id. T. X. pag. 304*).

Introduction au cours de Zoologie (*id. T. XV. pag. 396*).

Note sur des Cygnes et des Outardes tués dans le canton de Vaud (*id. T. XVII. pag. 123*).

Note sur un veau monstrueux (*id. T. XVIII. pag. 93*).

Note sur un Court-vite isabelle tué dans le canton de Vaud (id. ou Journal de la société d'utilité publique, *T. XX. pag. 33*).

Extrait et analyse des travaux d'Ehrenberg sur les Infusoires (*id. T. XXI. pag. 184*).

Notice historique sur le Musée cantonal (*id. T. XXVII. pag. 1*).

Note sur un ourson pris vivant à St Cergues (*id. T. XXVIII. pag. 59.*)

---

[1]) *L. Vuillemin.* Tableau du canton de Vaud.

Les actes de la Société Helvétique des sciences naturelles de 1837 renferment plusieurs annotations relatives à la faune suisse.

Dans toutes ses études, Chavannes se révèle observateur sagace, il aime à comparer les faits acquis entre eux pour en tirer des conclusions parfois un peu hardies; la discussion ne l'effraie point.

Il est encore l'auteur du chapître si bien écrit, intitulé *Le Règne animal* paru dans le *Tableau du canton de Vaud*,[1]) publié par notre historien national, L. Vuillemin; je regrette de ne pas pouvoir vous le lire en entier, parce qu'il est des plus instructifs par les souvenirs si intéressants qu'il renferme.

Ainsi lorsque l'auteur présente à ses lecteurs, la faune ichthyologique des eaux du pays, il rappelle que le silure d'eau douce habite l'embouchure de la Broie et les lacs voisins. Nous avons, nous dit-il, des saluts du poids de plus de 40 kilos; celui qu'on voit au musée cantonal en pesait 33. Messieurs, vous ne le verrez pas ce poisson géant, parce que, ayant subi des ans l'irréparable outrage, il n'était plus digne de figurer dans la nouvelle galerie. Vous n'y verrez pas non plus le crâne d'un silure qui pesait 43 kilos, et dont la Société des sciences naturelles, réunie à Lausanne en 1818, a mangé la chair. Il y a longtemps que la tête de ce monstre, servi à la table d'un des premiers banquets de la société helvétique, a disparu de nos collections.

Par ses nombreuses publications, Chavannes s'était fait apprécier non seulement dans sa patrie, mais dans toute la Suisse et à l'étranger, ce qu'attestent les nombreux diplômes que lui décernèrent plusieurs sociétés savantes, désireuses de se l'attacher comme membre correspondant ou honoraire.[1])

---

[1]) Un dossier de famille, constitué par Herminie Chavannes et que Mademoiselle Joséphine Chavannes a bien voulu me laisser consulter, renferme les diplômes honorifiques des sociétés suivantes: Société

Mais j'en arrive à une étape très importante pour nous de l'œuvre de D. A. Chavannes; car c'est lui qui créa avec la collaboration de son ami Lardy, alors inspecteur général des forêts cantonales, toutes les collections artistiques et scientifiques qui sont aujourd'hui réunies dans ce beau palais que nous devons, on ne saurait trop le répéter, à la générosité de Gabriel de Rumine et au concours éclairé de la Commune de Lausanne et de l'Etat de Vaud.

Je ne ferai pas ici l'histoire de nos musées; cependant je dois rappeler en quelques mots quelle a été leur enfance, leur berceau, afin de bien montrer la part très grande qui revient[1]) à celui dont nous voulons célébrer la mémoire en ce jour.

Ami de Pestalozzi, en relation avec le père Girard, ayant gardé le souvenir des belles choses qu'il avait eu l'occasion d'admirer lorsqu'il voyageait, Chavannes devait songer à voir son pays doté une fois de collections, de musées, destinés comme partout à l'instruction de tous, devant servir à son développement intellectuel, les yeux étant les grandes fenêtres du cerveau.

Dans sa notice sur l'histoire du musée cantonal, document des plus précieux pour nous, Chavannes nous raconte comment, avec son ami Lardy, ils conçurent tous les deux le projet, après la mort du peintre Ducroz [né à

---

d'émulation de Lausanne, 1803. — Société des cultivateurs à Lausanne, 1805. — Die Wetteraurische Gesellschaft in Hanau, 1809. — La Société de physique de Zurich, 1812. — La Société pour l'enseignement élémentaire de Paris, 1821. — La Société linéenne de Paris, 1822. — La Société suisse d'utilité publique, 1825. — La Société royale d'agriculture et des arts utiles à Lyon, 1826. — La Société académique de Savoie, 1826. — La Société des établissements charitables de Paris, 1832. — La Société des sciences physiques, chimiques et arts industriels de Paris, 1833. — La Société de médecine de Moldavie, 1834. — L'Institut historique de Paris, 1834.

[1]) *D. A. Chavannes. Notice historique sur le musée cantonal. Journal de la Société vaudoise d'utilité publique.* 9ème année 1841.

Yverdon en 1748, mort à Lausanne en 1810], un des grands aquarellistes de la fin du 18me siècle, de retenir dans le pays les œuvres de l'artiste vaudois convoitées par l'étranger, et cela, dans le but de contribuer par ce moyen à la création d'une Ecole de Beaux-Arts qui manquait à l'Académie. — Une souscription fut lancée, l'Etat s'y intéressa ainsi que plusieurs particuliers, et c'est dans ces conditions que la création de notre Musée des Beaux-Arts fut amorcée et que, grâce à la générosité du peintre Arlaud, il put être installé plus à l'aise qu'il n'était dans le vieux bâtiment de l'Académie. Sur ces entrefaites, la très intéressante collection, constituée par Mr. le professeur Struve, fut achetée par un riche anglais, Marryat.[1]) Celui-ci, après en avoir pris les pièces qui manquaient à la sienne, offrit à M. Lardy, avec lequel il était en relations scientifiques, ce qui restait de cette collection c'est à dire la très majeure partie; cette proposition fut acceptée. — A propos de cette opération, Chavannes a soin de relever que ce n'était point une affaire de spéculation de la part de l'acquéreur, mais un moyen de poser la première base d'un museum cantonal d'histoire naturelle. Une nouvelle souscription fut ouverte et présentée à un petit nombre de citoyens dont on connaissait les dispositions bienveillantes. Nous pouvons citer les noms du *général de la Harpe, de Grand d'Hauteville, Perdonnet* et *J. L. Rivier.* La somme nécessaire fut mise à la disposition des conservateurs de la collection Ducroz. Chavannes et son ami Lardy, préoccupés de loger convenablement ces nouvelles acquisitions, s'adressaient au Gouvernement pour obtenir un local propre à les recevoir. Le Conseil d'Etat accueillit favorablement leur requête et décida qu'une grande salle, prise sur d'anciens magasins, alors sans usage, dans le bâtiment de l'Académie, serait consacrée au musée qu'il s'agissait de créer. Une circonstance d'un haut

[1]) Marryat, frère du célèbre romancier de ce nom, assistait à la fondation de la Soc. hel. sc. nat. à Genève, dont il fut le premier membre honoraire.

intérêt survint à propos pour presser l'exécution de cette mesure. La Société helvétique des sciences naturelles avait décidé de se réunir à Lausanne en juillet 1818; il n'y avait, dit Chavannes,[1]) pas de temps à perdre, si l'on voulait recevoir nos Confédérés d'une manière convenable. Le Conseil d'Etat fit mettre aussitôt la main à l'œuvre et la salle fut aménagée comme il convenait. Tels furent les modestes débuts de nos collections scientifiques — elles ne devaient pas tarder à grandir, à s'enrichir soit par des acquisitions, soit par des dons.

En 1826, plusieurs des citoyens qui avaient coopéré à la première formation du musée crurent le moment favorable venu pour remplir la lacune qu'offrait le règne animal, et cela en acquérant la collection personnelle de Daniel Alexandre Chavannes, bien connue de tous les savants naturalistes qui, en passage à Lausanne, ne manquaient pas de la visiter. Chavannes tenait de sa belle-mère, madame Chatelain, qui l'avait appris en Hollande, l'art d'empailler les oiseaux et il l'avait ensuite étendu aux quadrupèdes. Pendant 30 ans, Chavannes n'avait cessé de travailler à augmenter sa collection qui comprenait la plupart des mammifères sauvages qui habitaient alors la Suisse et de nombreux sujets étrangers à l'Europe, la série à peu près complète des oiseaux d'Europe avec les nids et les œufs d'un bon nombre d'entre eux, plus, les genres des oiseaux étrangers indiqués dans la première édition du Règne animal de Cuvier, à l'exception d'une quarantaine, et, dans cette suite, un grand nombre d'espèces dont plusieurs très rares. Elle comprenait encore divers reptiles de la Suisse et étrangers, la plupart des poissons du Léman, de nombreux poissons de mer, plusieurs séries d'animaux sans vertèbres, des squelettes, des préparations servant à l'enseignement de l'anatomie comparée.

---

[1]) Chavannes. Notice historique sur le musée cantonal. Feuilles d'agriculture T. XXVII.

Désireux d'assurer au canton de Vaud cette collection si précieuse et de prévenir qu'elle ne passât un jour à l'étranger ou qu'elle ne fut dispersée et perdue pour l'instruction publique du pays, quelques citoyens pensèrent que le meilleur moyen de se procurer cette collection, taxée 24,000 francs, était de faire appel à tous les Vaudois qui voudraient contribuer à une œuvre vraiment nationale. Ils soumirent leur projet au Conseil d'Etat qui, le 1er novembre 1826, leur faisait connaître qu'il en approuvait le but patriotique et s'empresserait de faire disposer de la manière la plus convenable l'emplacement nécessaire pour recevoir cette collection dans le musée. Certaines circonstances engagèrent le comité à suspendre momentanément ses démarches. En 1833 un nouvel appel est lancé signé par Rigou, de Saussure, Delessert, Will. Rivier, Perdonnet, Ch. Aug. Bugnion.[1]) Il fut heureusement entendu; la collection Chavannes put être achetée et offerte à l'Etat qui, comme il l'avait promis, aménagea les salles nécessaires pour la recevoir dans le bâtiment de l'Académie. Ainsi fut constitué le noyau du musée zoologique cantonal qui dès lors, grâce à la bienveillance de généreux donateurs, de l'appui de l'Etat, a vu ses séries s'augmenter toujours davantage et c'est le musée zoologique rajeuni comme il devait l'être que vous pourrez voir installé dans les nouvelles salles dont il en a pris possession l'année dernière; vous en serez les premiers visiteurs, vous en consacrerez ainsi l'inauguration.

Parlons maintenant de Daniel Alexandre Chavannes comme professeur de zoologie. En 1788, c'est Gindroz[2]) qui nous l'apprend, l'Académie ne compte que deux professeurs de sciences: Jean Samuel François, professeur de physique et Henri Struve, professeur de chimie. En 1800, François est nommé professeur ordinaire de physique,

[1]) *Journal de la Société vaudoise d'utilité publique 1833. p. 56.*

[2]) Gindroz. Histoire de l'instruction publique dans le canton de Vaud. 1853.

Struve professeur de chimie et d'histoire naturelle: ce furent les débuts très modestes de l'enseignement régulier des sciences dans notre Haute Ecole où, par contre, la théologie, les lettres, le droit étaient représentés par de nombreux cours. Appelé à faire partie du conseil académique, Chavannes est désireux de faire partager à la jeunesse studieuse qui fréquentait alors les divers auditoires de l'Académie, le fruit de ses observations, de ses études en histoire naturelle et, pour cela, il inaugure un cours de zoologie à leur usage, les salles renfermant ses collections servant d'auditoire.

Dans son *Introduction au cours de Zoologie*, qu'il professe en 1824, Chavannes, après avoir donné quelques définitions nécessaires, expose le plan selon lequel il veut présenter le règne animal à ses auditeurs. Cuvier et Lamarck sont ses guides pour l'étude de la classification; mais il s'élève contre le système philosophique de ce dernier, quand il ne voit dans la série des êtres vivants qu'un effet du travail progressif de la nature. Déjà, dit-il, entre les animaux des classes inférieures nommés par les uns zoophytes, par les autres rayonnants ou apathiques et les insectes qui se présentent les premiers dans la division des animaux articulés ou sensibles, nous avons observé un saut qui rompt toute prétendue chaîne par laquelle les diverses classes du règne animal seraient liées de manière à faire un tout organique, commençant aux infusoires et s'élevant progressivement jusqu'aux plus parfaits des vertébrés. Pour soutenir un pareil système avec quelque fondement il faudrait prouver comment les classes naissent les unes des autres, comment les seules circonstances d'habitation, de climat, de nourriture, opérant pendant plus ou moins de temps ont pu créer de nouveaux organes, transformer un radiaire ou un ver en insecte ailé, créer tout à coup l'œil à facettes de la mouche, les instruments avec lesquels l'abeille prépare sa cire et construit son alvéole, la filière du ver à soie, celle de l'araignée, la timbale de la cigale, la pous-

sière si variée, si vivement coloriée, si richement distribuée qui couvre les ailes du papillon, comment les muscles attachés sous la peau chez les crustacés sont tout à coup placés, dans le poisson sur un squelette intérieur..... suffirait-il pour rendre raison de ces merveilles, de prononcer les grands mots du travail de la nature... ouvrage des siècles entassés?

Ministre du Saint Evangile, le professeur Chavannes ne pouvait pas penser autrement sur l'origine des êtres organisés et sur leur descendance —; en admettant la philosophie de Lamarck, il eut été en désaccord complet avec ses principes religieux. S'adressant à ses étudiants voici comment il s'exprime: „Je m'estimerais heureux, messieurs, si les efforts que je vais faire pouvaient vous inspirer le goût d'une étude qui peut devenir pour vous, dans tous les moments, dans tous les états de la vie, une ressource souvent utile, toujours agréable, un délassement à vos travaux, j'ajouterai une consolation dans ces jours fâcheux auxquels nul mortel ne saurait se flatter d'échapper." N'est-ce pas aussi noblement pensé que bien dit?

Reconnaissant des services qu'il avait déjà rendus à l'enseignement supérieur, le Conseil d'Etat nomma Chavannes professeur honoraire le 18 octobre 1829. Il avait commencé des cours chez lui en 1817; il donnait encore les derniers en 1842 dans une salle du musée, toujours avec le même succès.

Mais il convient de le rappeler ici: un des grands titres de Daniel Alexandre Chavannes à notre souvenir est d'avoir été l'un des fondateurs de la Société helvétique des sciences naturelles; il fut un des sept Vaudois, auxquels le Dr. Henri Albert Gosse s'adressa pour constituer le faisceau scientifique qu'il rêvait pour le bien de la patrie.[1])

[1]) *Voici les noms de ces sept naturalistes:*

1° J. de Charpentier, directeur des mines du Canton de Vaud à Bex. Minéralogie et botanique.

2° Daniel Alexandre Chavannes, professeur à Lausanne. Zoologie.

Voici, à titre de curiosité, la copie de la lettre que Gosse écrivait le 11 août 1815 à son collègue Chavannes.

Monsieur,

Un grand rassemblement de naturalistes suisses est arrêté pour le 16 septembre prochain à Genève, j'espère que vous ferez vos efforts pour vous réunir à nous et que vous voudrez bien nous y faire part de quelques parties de vos nombreuses observations que vous avez faites sur l'ornithologie. signé: G.[1])

La réunion projetée n'eut pas lieu le 16 septembre, mais bien le 4 octobre 1815. En 1818 et en 1828, Chavannes eut l'honneur de présider à Lausanne la 3me et la 14me session de la jeune société. En 1843, affaibli par l'âge et privé par la surdité de l'intérêt des séances, il ne fit qu'assister à la réunion présidée par son ami Lardy, dans notre ville.

Si Chavannes a été l'un des fondateurs de notre association, il est certain que par le grand intérêt qu'il portait aux sciences et à leur développement dans le pays, il a largement contribué à la fondation de la Société vaudoise des sciences naturelles dont il fut un des membres les plus actifs.

Devant une carrière si dignement remplie, se souvenant des importants services rendus par Chavannes, ses amis, ses admirateurs eurent la généreuse pensée de consacrer ses traits à la postérité et de déposer son buste au musée zoologique créé par lui. Pour cela, ils s'adres-

---

3° de Dompierre, lieutenant-colonel à Payerne. Entomologie.
4° Jean Gaudin, pasteur à Nyon. Botanique
5° Charles Lardy, inspecteur général des forêts dans le canton de Vaud, Lausanne. Minéralogie.
6° Wyder, contrôleur des postes à Lausanne. Herpétologie.
7° Levade, docteur médecin à Vevey. Minéralogie.

[1]) *Voir le dossier Herminie Chavannes.*

sèrent en 1841 à Clesinger, sculpteur français de grand talent; mais Chavannes ne voulut pas que cette affectueuse marque de reconnaissance fut exposée avant sa mort au lieu de sa destination.

Le 29 octobre 1846 le canton de Vaud perdait en la personne de Daniel Alexandre Chavannes, âgé de 81 ans, un de ses enfants les plus méritants, un homme d'une très grande valeur, ayant bien servi sa patrie parce qu'il lui avait avec joie consacré et son cœur et sa haute intelligence. Notre devoir était de rappeler ici la mémoire de ce citoyen dont le nom restera toujours vénéré et respecté.

Messieurs,

En votre nom, je prie la petite fille de Daniel Alexandre Chavannes, Mademoiselle Joséphine Chavannes, dont nous saluons très respectueusement la présence parmi nous dans cette Aula, de recevoir l'hommage de notre gratitude pour la bienveillante marque de générosité qu'elle a désiré témoigner à notre association en souvenir de son aïeul. —

Dans la séance du 6 décembre 1843 Daniel Alexandre Chavannes présentait à la Société vaudoise des sciences naturelles un mémoire intitulé: „*Sur quelques espèces de Saturnies sériciqènes en Brésil*“, daté de Rio Janeiro, 30 août 1843; l'auteur était son fils Auguste. On peut se représenter la grande satisfaction que dut éprouver le vénérable professeur entretenant son auditoire des observations que son émule faisait en pays lointain.

Né à Vevey le 1er octobre 1810, Jacques Auguste Chavannes aurait dû par tradition de famille embrasser les études théologiques, mais il parvint à faire valoir auprès de ses parents ses goûts personnels et il se voua avec zèle à l'étude de la médecine et des sciences naturelles. Après plusieurs années d'un travail opiniâtre, il obtint à l'Université de Heidelberg le diplôme de docteur (en 1836),

puis il alla compléter ses études à Berlin. — A peine de retour à Lausanne, des circonstances le conduisirent à accompagner au Brésil son ami Perdonnet, fils d'un cousin de son père. Partis du Hâvre en été 1839, à destination de Bahia et de Rio de Janeiro, les deux voyageurs arrivés au Brésil, dans ce pays classique pour les naturalistes, eurent l'occasion pendant les six ans que dura leur séjour, de former de précieuses collections d'oiseaux, d'insectes, de papillons destinés en grande partie à enrichir le musée. En 1845, ils quittaient l'Amérique en passant par les Etats Unis, le Canada et Chavannes rentrait en Europe en 1846, après 7 ans d'absence, pour soigner son père mourant.

C'est sur la demande du comte de Castelnau, chef d'une commission scientifique, envoyée par l'Institut de France en Amérique méridionale pour y étudier ses richesses naturelles, que Chavannes rédige son mémoire sur les papillons sériciginènes qu'il enverra à son père, pour le présenter à la Société vaudoise des sciences naturelles. Rentré à Lausanne, le Dr. Aug. Chavannes est nommé par l'Académie professeur de zoologie et succède ainsi dans cet enseignement à son père qui l'avait créé. En 1857, il est nommé professeur ordinaire, mais le 4 août 1870 la maladie brisait subitement sa carrière non achevée et déjà si bien remplie.

Dès lors, il vécut dans la souffrance et mourut le 16 septembre 1879.

Le professeur Auguste Chavannes fut toujours beaucoup apprécié par ses étudiants; plusieurs d'entre eux sont dans cette salle et se souviennent de lui, de ses cours ayant une réelle valeur scientifique et surtout de la manière pleine de charme dont il savait les présenter. Il avait au plus haut degré le don de l'enseignement et captivait ses auditeurs par une exposition exacte pour le fond, toujours claire et élégante pour la forme. Dans ses rapports avec les étudiants, il réalisait le type du maître toujours affable et cordial, attirant à lui les intelligences et les cœurs.



Jacques Auguste Chavannes 1810—1879.

Si Auguste Chavannes n'a pas marqué dans la science zoologique par des découvertes transcendantes, c'est parce que toute son activité était dirigée vers l'étude de questions scientifiques, importantes par leur côté pratique, et dont il cherchait avec tenacité la solution pour augmenter la richesse économique de sa patrie.

Aussi la plupart de ses travaux (qui ont paru dans les Bulletins de la Société vaudoise des sciences naturelles et dans le Journal de la Société d'utilité publique) ont-ils trait à la pisciculture, à la sériciculture, à l'éducation du ver à soie, à ses maladies, à l'acclimatation d'espèces sérigènes telles que la *Saturnia mylita* si connue en Asie, en Indochine, de la *Limna May*, ver à soie du chêne, originaire du Japon et dont il avait pu se procurer des œufs.

Dans un mémoire qu'il adressait au Conseil d'Etat, en 1853, intitulé: „*De l'éducation des vers à soie dans le canton de Vaud et des moyens à employer pour y développer cette industrie*[1]) Chavannes[2]) discute le pour et le contre de la création d'une industrie sériciole. Ses essais tentés un peu partout à Pont Farbel près de Nyon, à Tolochenaz, n'ayant pas donné de résultats satisfaisants, l'éducation des vers à soie dans le pays dut être abandonnée. Mais de ces essais infructueux, il est resté cependant quelque chose d'intéressant et d'utile: ce sont tous les mûriers plantés autour de Lausanne, ici et là dans le canton, qui ont permis à quantité de jeunes collégiens d'élever au moins une ou deux générations du ver si précieux du Bombyx morii; et sans s'en apercevoir, ils ont appris à observer, s'attachant à l'éducation de leurs élèves. S'ils n'ont pas pu réussir à habiller de soie, comme ils l'avaient peut-être rêvé, leurs mères ou leurs sœurs, ils ont pris goût à l'entomologie, et le musée

---

[1]) *Journal d'Utilité publique* 1853.

[2]) Voir pour les travaux de A. Chavannes la série des Bulletins de la Sociétés vaudoise des sciences naturelles de I à X. Consulter les tables des dix premiers volumes du Bulletin préparées par E. Schnetzler fils. Vol. X. 1868—70.

zoologique a profité des dons qui lui ont été offerts par ces éducateurs d'occasion dont quelques-uns sont devenus d'excellents entomologistes.

Auguste Chavannes s'occupant de sériciculture devait être conduit à rechercher les agents des maladies du ver du Bombyx qui depuis 1849 ravageaient les magnaneries en France et en Italie, le Japon restant indemne. Ses investigations portèrent exclusivement sur le sang des vers, des chrysalides et des papillons malades et furent publiées dans un mémoire documenté[1]), récompensé à Milan d'une médaille d'or. En voici les conclusions:[2])

1° Le sang des chenilles, chrysalides et papillons de lépidoptères à l'état sauvage est transparent et alcalin. Il ne contient que des globules arrondis et aucun corpuscule cristallin vibrant. En se desséchant, il ne laisse cristalliser ni acide urique ni acide hippurique.

2° Le sang des vers à soie chrysalides et papillons réputés sains est transparent, il contient, outre des globules normaux (surtout lorsqu'on examine celui des chrysalides et des papillons), des globules étoilés et quelques corpuscules cristallins vibrants: il est acide et laisse apparaître lors de sa dessication des cristaux d'acide urique en forme de gerbes.

3° Le sang des vers, chrysalides et papillons malades, particulièrement celui de ces derniers, est jumenteux, plus ou moins opaque, chargé de corpuscules cristallins vivants qui sont très probablement formés d'urates et d'hippurates d'ammoniaque. L'acide hippurique cristallise dans les gouttes desséchées de ce sang, sous diverses formes.

4° Les principales maladies des vers à soie sont dues à des éléments urineux régressifs, qui vicient le sang. Elles

---

[1]) *Les principales maladies des vers à soie et leur guérison.* Genève 1862.

[2]) *Conclusions les plus importantes d'un mémoire sur les maladies régnantes du ver á soie. Bulletin de la Soc. Vaud. des Sc. Nat. Vol 6 p. 254*

ne sont point contagieuses de leur nature. Ce sont des urémies et hippurémies qui se présentent sous trois formes principales:

a) *Hippurémie phtysique*: donne lieu aux *passis.*

b) *Hippurémie hydropique:* les jaunisses, les gras.

c) *Hippurémie tachetée:* la gattine, pébrine ou pattes grillées.

5° Les papillons malades transmettent par hérédité, aux œufs et aux vers qui en naissent une grande prédisposition à contracter ces maladies.

6° Les éducations pour graine, faites en plein air, sur les arbres mêmes, au moyen de manchons en treillis métalliques, dans lesquels sont placés les vers, régénèrent en peu de temps les races malades. Ces éducations employées comme remède mettront fin aux maladies régnantes et, continuées dans l'avenir, donneront aux éducateurs une certitude de réussite presque complète.

L'idée de Chavannes d'élever le ver à soie en plein air, était d'obtenir par la sélection naturelle un rajeunissement de la race que la sélection artificielle ne pouvait pas faire. L'élevage en plein air, selon ses expériences, celles entreprises par plusieurs personnes ayant suivi ses conseils, pouvait réussir.[1]) Sans doute bien des vers périssaient ne supportant pas les intempéries de l'atmosphère ou dévorés par des ennemis, les araignées, les fourmis, les oiseaux piquant les vers rampant sur la gaze des manchons; mais il en subsistait pourtant assez qui, sélectés ainsi par la nature, tissaient de très beaux cocons. En élevant les vers de la graine issue des papillons éclos de ces cocons, on était en possession des vers et des papillons d'une seconde génération, indemnes de tous germes de maladies, propres à fournir une race saine et rajeunie; la méthode préconisée par Chavannes ne rencontra pas de partisans

---

[1]) F. A. Forel. *Notes sur les éducations en plein air du ver à soie. Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. Vol. X.*

dans le monde des propriétaires de magnaneries, probablement parce qu'elle exigeait trop de soins.

A Pasteur devait revenir la gloire de découvrir la véritable nature des agents de la pébrine, de la flacherie et de trouver les moyens pratiques de préserver les magnaneries de ces fléaux en préconisant le grainage cellulaire. Les corpuscules cristallins vibrants que Chavannes avait constaté en grande abondance dans le sang des vers, chrysalides et papillons malades n'étaient pas formés d'urates et d'hippurate d'ammoniaque, comme il le pensait, mais c'était, on le sait aujourd'hui, des microorganismes appartenant à la catégorie des psorospermies (Nosema bombycis) causant la *pébrine* et un *micrococcus* (M.. bombycis) provoquant la *flacherie* et transmis par la fermentation des feuilles de mûrier.

Si Auguste Chavannes n'a pas réussi à atteindre le but pratique qu'il se proposait dans le domaine de la sériciculture et vers lequel tendirent ses premiers travaux, ses efforts furent, par contre, couronnés de succès en pisciculture. Il fut dans ce domaine, du moins chez nous, un initiateur et un créateur et il rendit un important service au pays, lorsqu'en 1853, il attirait l'attention du Conseil d'Etat sur *l'importance que l'élevage rationnel du poisson* pouvait avoir pour le rendement des eaux de notre pays. (Soc. d'Utilité publ. 1853). Il est temps, dit-il, de contrebalancer la diminution toujours croissante du poisson; cela ne peut se faire que par les moyens de la fécondation artificielle. Comme il connaît bien les procédés de celle-ci pour les avoir vues pratiquer à Huningue où la France venait de créer son premier établissement de pisciculture pour le réempoissonnnement de ses eaux dans la région de l'Est, Chavannes obtient de l'état un crédit de 600 francs pour entreprendre des essais à St-Prex, à l'embouchure de l'Arnon, à Pont Farbel près de Nyon; il crée un petit établissement à Gland, un autre à Cosseau près d'Yverdon. L'élan était donné, les essais d'élevage ayant pleinement réussi, surtout

avec la truite, l'Etat, les communes, des particuliers n'ont pas cessé dès lors de se préoccuper de cette question importante pour l'économie générale de notre pays si riche en eaux de toutes sortes. Aujourd'hui la pisciculture bien comprise dans ses applications tend non seulement à maintenir, mais à augmenter la richesse de nos eaux en poissons et, alors même qu'elles sont toujours plus exploitées au point de vue industriel, nos eaux vaudoises offrent maintenant aux pêcheurs de profession, comme aux amateurs, de quoi les satisfaire. L'Etat comme les particuliers en retirent un bénéfice qui n'est pas à négliger.

En 1864, A. Chavannes avait succédé au Dr. J. de la Harpe comme conservateur du Musée cantonal d'histoire naturelle; pendant les six ans qu'il en a eu la garde, il s'est beaucoup occupé de nos collections et il a enrichi plus particulièrement nos séries entomologiques d'une quantité de sujets d'espèces exotiques et indigènes.

Telle est, récapitulée dans ses grands traits, l'activité scientifique déployée par le professeur Dr. Aug. Chavannes. Si, empêché par la maladie, il n'a pas pu donner davantage à la science qui lui était chère, il a, comme son père, beaucoup aimé et bien servi son pays. Que ces deux savants, tous deux fils de leurs œuvres, nous servent toujours d'exemples et gardons leur un pieux souvenir. C'est dans ces sentiments, Messieurs, chers et bons collègues, que je déclare ouverte la 92me session de la Société helvétique des sciences naturelles.

La structure du Jura.

Par

Emm. de Margerie,

Membre honoraire de la Société,
ancien Président de la Société Géologique de France.

Mesdames,

Messieurs,

Vous avez sans doute été surpris, en recevant le programme de la 92e session de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, d'apprendre qu'un étranger viendrait vous parler du Jura, — de ce Jura dont il n'y a qu'à vous retourner pour apercevoir, d'ici même, la silhouette, et dont tant de savants, depuis un siècle, ont étudié sous toutes les faces, pour ainsi dire, la structure et l'histoire.

Malgré cet imposant ensemble de travaux, dont un grand nombre sont dus à plusieurs d'entre vous, et dont l'énumération partielle, dans la *Bibliographie géologique de la Suisse,* récemment publiée par M. le Dr. Rollier, occupe plusieurs centaines de pages, il a semblé à votre Comité d'organisation qu'un retour en arrière, un simple coup d'œil sur le chemin parcouru depuis l'origine de la science, ne serait pas inutile. Je suis heureux de l'occasion qui m'est ainsi offerte pour exposer devant vous les résultats auxquels a conduit l'exploration méthodique de celle des deux moitiés de la chaîne qui vous est probablement le

moins familière: le Jura français. Dans quelques mois, j'en ai l'espoir, vous pourrez retrouver les traits principaux de cette esquisse, appuyés sur l'appareil de preuves et de démonstrations nécessaires, dans un mémoire en cours d'impression, qui va paraître sous les auspices du Service de la Carte géologique de mon pays.

Quand, plus tard, on retracera les étapes parcourues, au cours du XIXe siècle, par la tectonique du Jura français, trois noms, à ce qu'il me semble, résumeront les phases principales de cette évolution. Les hommes qui les ont portés — curieuse coïncidence — se rattachent tous les trois à l'École Polytechnique, fondée à Paris par la Convention, et d'où sont sortis tant d'ingénieurs et de savants illustres: le premier, qui n'appartient à la France que par sa naissance, devint Suisse par la plus grande partie de sa vie et par sa mort: j'ai nommé Jules Thurmann[1]). Ce fut, vous le savez tous, le fondateur de la tectonique jurassienne, et, le premier, il introduisit, avec une admirable netteté, de l'ordre et de la logique là où ses prédécesseurs n'avaient vu que des accidents sans lien et sans loi. Le discours qu'il prononçait en 1853, devant la Société Helvétique réunie à Porrentruy, dans sa 38e session, est resté comme un modèle de concision lucide, faisant à jamais regretter que la synthèse dont ce morceau n'était qu'un résumé préliminaire n'ait pas été achevée.

Le second de ces coryphées a, lui aussi, paru plus d'une fois dans vos réunions annuelles, et quelques-uns d'entre vous s'enorgueillissent à juste titre d'avoir été ses élèves. Mais l'éclat de son œuvre alpine a parfois trop fait oublier la valeur de ses contributions à la connaissance du Jura, moins brillantes, à coup sûr, quoique non moins solides. Ce géologue de génie, trop tôt arraché à une

---

[1]) Jules Thurmann, né à Neuf-Brisach (Haut-Rhin) en 1804, mort à Porrentruy en 1855.

carrière rapide, vous l'avez tous reconnu: il s'appelait Marcel Bertrand[1]).

Le troisième fut un soldat, un topographe, que l'habitude des méthodes rigoureuses et le souci d'une analyse intégrale des formes dont il avait à surveiller la représentation devait bien vite conduire à la géologie. Aussi modeste qu'il était laborieux, le général de La Noë[2]) n'a presque rien fait paraître des travaux qui devraient assurer sa gloire: s'il a beaucoup dessiné, il n'a écrit que fort peu. Et c'est à celui qui vous parle qu'incombe la tâche, délicate autant qu'honorable, de mettre en lumière les matériaux qu'il avait accumulés.

Pour entrer tout de suite en matière, permettez-moi de vous reporter à la plus ancienne esquisse tectonique qui ait été publiée d'une partie de la chaîne dont nous allons nous occuper ensemble. Elle est signée d'un nom célèbre en géologie jurassienne, celui de Gressly. Cette carte, qui représente l'effilement oriental de la chaîne, c'est-à-dire le Jura soleurois, bâlois et bernois, a paru dans les „Nouveaux Mémoires de la Société Helvétique" en 1840[3]); sans nous arrêter aux notations bizarres de „cratères d'explosion", „cratères de soulèvement", „tronc central", etc., qui lui donnent sa date, constatons qu'elle témoigne déjà d'une intelligence remarquablement nette de la structure de nos montagnes, et passons aux tentatives plus récentes.

L'une des dernières[4]) remonte à 1903; M. le chanoine Bourgeat, un des géologues qui connaissent le mieux le

---

[1]) Marcel Bertrand, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'École des Mines et membre de l'Institut, né en 1847, mort en 1907.

[2]) Gaston de La Noë, général de brigade, directeur du Service géographique de l'armée, né en 1836, mort en 1902.

[3]) Tome IV, pl. 12.

[4]) *Carte tectonique du Jura*; planche jointe à l'article intitulé: *De l'influence des rides hercyniennes sur le Jura* (Annales de la Société scientifique de Bruxelles, t. XXVIII, 2me partie, 1903).

Sud de la Franche-Comté, en est l'auteur; mais ce n'est qu'un simple croquis, auquel on pourrait facilement donner une précision beaucoup plus grande, ne fût-ce qu'en rapprochant et en coordonnant les trente et quelques cartes tectoniques fragmentaires gravées, depuis moins de vingt ans, tant en France qu'en Suisse, en Allemagne, et jusqu'en Amérique. Je n'entreprendrai pas d'énumérer ici ces documents, dont la valeur est, du reste, fort inégale; mais je m'en voudrais de ne pas citer, au moins, l'esquisse si expressive du Jura oriental due à M. le Prof. F. Mühlberg [1]), qui, depuis tant d'années, et avec tant de succès, s'est attaché à faire connaître la géologie de l'Argovie et des cantons voisins. Cette carte met admirablement en lumière le rôle inverse du massif ancien de la Forêt-Noire et de la plaine tertiaire d'Alsace sur l'amorce du croissant jurassien, le premier semblant arrêter les plis en profondeur, comme l'a depuis longtemps indiqué Albrecht Müller [2]), tandis que la seconde, avec les rides concentriques du Blauen et du Blochmont, produit dans la direction du nord, ainsi que l'a reconnu M. le Prof. Steinmann [3]), l'effet d'une détente.

Les cartes tectoniques ne sont presque toujours qu'une transformation des cartes géologiques ordinaires, figurant les limites d'affleurement, à la surface du sol, des terrains successifs. Or, l'exécution de ces cartes géologiques se trouve fort inégalement avancée, en ce qui concerne le

---

[1]) F. Mühlberg, *Geotektonische Karte der nordwestlichen Schweiz,* Masstab 1 : 250,000 (Eclogæ Geol. Helv., III, Taf. XI); réimprimée dans le *Livret-guide géologique dans le Jura et les Alpes de la Suisse,* dédié au Congrès géologique international, in-8°, Lausanne, 1894, pl. VI.

[2]) Albr. Müller, *Über die anormalen Lagerungsverhältnisse im westlichen Basler Jura* (Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel, VI, 1877, p. 428—462, 1 Taf.).

[3]) G. Steinmann, *Bemerkungen über die tektonischen Beziehungen der oberrheinischen Tiefebene zu dem nordschweizerischen Kettenjura* (Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. B., VI, 1892, p. 150—159).

Jura, suivant que l'on considère telle ou telle partie de la chaîne. Sans doute, les grandes cartes nationales de la Suisse à 1 : 100,000e et de la France à 1 : 80,000e sont depuis longtemps terminées, en tant du moins que ces collections nous intéressent; mais l'échelle à laquelle elles ont été publiées est devenue tout à fait insuffisante pour les besoins de la science et de la pratique.

De ce côté de la frontière, les documents précis se sont multipliés, depuis quinze ans, grâce aux constants efforts de la Commission Géologique Suisse, opérant sur les bases de l'Atlas Siegfried à 1 : 25,000e: les feuilles dressées successivement par MM. Buxtorf, Mühlberg, Rittener, Rollier, etc., semblent amener la figuration cartographique de la géologie du Jura à un point, en quelque sorte, définitif. Ce niveau n'a guère été dépassé, du moins quant à l'échelle, que dans la carte des gorges de l'Areuse à 1 : 15,000e, coloriée par MM. H. Schardt et Dubois en 1903 [1]).

En France, nous sommes beaucoup moins favorisés sous ce rapport: je ne connais, en fait de documents publiés à une échelle égale ou supérieure à 1 : 25,000e, pour nos départements du Doubs, du Jura et de l'Ain, que trois fragments dont la superficie totale est insignifiante et qui répondent aux environs de Deluz, entre Baume-les-Dames et Besançon [2]), à ceux de Lons-le-Saunier [3]) et au voisinage de la Perte du Rhône [4]).

---

[1]) H. Schardt et Aug. Dubois, *Carte des gorges de l'Areuse* par Mce. Borel et Aug. Dubois, *coloriée géologiquement* (Bull. Soc. Neuchâteloise Sc. Nat., XXX, 1901—1902, pl. II; réimpr. Eclogæ Geol. Helv., VII, 1903, pl. XII).

[2]) A. N. Parandier, *Carte orographique, stratigraphique et géognostique d'un fragment de la chaîne du Lomont, 1 : 10,000* (in: *Topographie stratigraphique et Prodrome de Géologie utilitaire*, in-4°, Paris, Dunod, 1882).

[3]) N. Boyé, *Carte géologique des environs de Lons-le-Saunier*, 1 : 20,000 (Mém. Soc. d'Émulation du Jura, 1848—1850; reprod. Mém. Soc. d'Émulation du Doubs, 2me série, I, 1850).

[4]) E. Renevier, *Carte géologique des environs de la Perte du Rhône*, 1 : 20,000 (Nouveaux Mém. Soc. Helv. Sc. Nat., XIV, 1854, pl. I).

D'ailleurs, quelque parfait que l'on suppose le tracé des contours, il faut bien reconnaître que la seule planimétrie, même avec le secours des coupes, donne trop, en un sens, et pas assez, d'un autre côté: la carte géologique d'un pays est fonction de plusieurs variables, dont il s'agit précisément d'isoler les effets si l'on veut parvenir à une analyse exacte des circonstances qui ont déterminé sa configuration actuelle. Dans l'espèce, pour étudier en chaque point le mode de déformation de l'écorce terrestre, il importe d'éliminer l'influence de l'érosion, qui efface presque toujours, suivant des proportions qu'on ne peut fixer *a priori*, l'œuvre directe, primordiale, des mouvements du sol.

Quand le terrain est formé de couches sédimentaires concordantes, — et ce cas est le seul qui nous intéresse ici —, le plus simple est de traiter ces couches comme s'il s'agissait d'une surface topographique, et d'en représenter l'allure au moyen de lignes de niveau équidistantes. Les mineurs, dans les bassins houillers, pratiquent depuis longtemps cette méthode; mais les géologues, effrayés sans doute par les difficultés matérielles de la tâche, ont été longs à l'appliquer aux territoires plus vastes qui font l'objet de leurs études. Le premier qui, en France, l'employa avec succès fut Albert de Lapparent, dans sa monographie du Pays de Bray [1]), sorte de dôme allongé qui fait saillir les couches jurassiques au millieu des plateaux crétacés compris entre la vallée de la Seine et celle de la Somme. L'une des cartes jointes à cet ouvrage fait connaître, à l'aide de courbes de niveau équidistantes de 10 mètres, l'allure de la base du Cénomanien supposé continu. Pour la construire, l'auteur s'est appuyé sur un nivellement direct: ayant lui-même levé la carte géologique de la contrée, et connaissant l'épaisseur des couches comprises, en chaque point, entre le terrain d'affleurement et l'horizon choisi comme repère, il lui suffisait d'ajouter ou de retrancher le

[1]) Mémoires pour servir à l'explication de la Carte géologique détaillée de la France. In-4°, Paris 1879, pl. III.

chiffre correspondant à la cote du sol pour obtenir, de proche en proche, les altitudes idéales cherchées. L'aspect si régulier du dessin, malgré le grand nombre de points qui ont servi à l'obtenir, garantit, à ce qu'il semble, l'exactitude du résultat.

Plus tard, M. Gustave Dollfus généralisa le procédé, en l'étendant à la Craie de l'ensemble du Bassin de Paris[1]). Tout récemment, enfin, dans la Lorraine française, M. G. Rolland, puis MM. Nicklès et Joly ont dressé, par les mêmes moyens, des cartes tectoniques pleines d'intérêt[2]).

Mais les opérations de nivellement sur le terrain sont toujours longues et laborieuses; et, généralement, le géologue n'a ni le temps, ni la compétence nécessaires pour les mener à bien. Il faut donc chercher une méthode plus expéditive, susceptible de concilier, dans une mesure suffisante, l'exactitude des tracés et la rapidité de l'exécution. Ce résultat nous sera fourni par l'emploi des cartes hypsométriques à grande échelle, où le relief du sol est représenté au moyen de courbes de niveau très rapprochées. En reportant sur ces cartes les contours géologiques, et en procédant ensuite comme l'avait fait M. de Lapparent, il sera facile de construire, par simple intersection, les *courbes structurales* définissant l'allure de la surface qu'il s'agit de reconstituer.

Prenons un exemple, emprunté au bassin supérieur de la Saône, au sud-ouest de la chaîne des Vosges[3]). La

---

[1]) Gustave F. Dollfus, *Recherches sur les ondulations des couches tertiaires dans le bassin de Paris* (Bull. Service Carte géol. de la France, t. II, No. 14, 1890—1891, pl. I).

[2]) G. Rolland, Congrès géologique international, compte-rendu de la VIIIme session, Paris, 1900, 1er fasc., pl. X et XI; R. Nicklès et H. Joly, *Sur ta tectonique des terrains secondaires du Nord de Meurthe-et-Moselle* (Bull. Soc. Géol. de France, 4me série, VII, 1907, p. 297); H. Joly, *Le Jurassique inférieur et moyen de la bordure nord-est du bassin de Paris,* in-4°, Nancy, 1908, pl. VII, 1 : 100,000.

[3]) Il n'a malheureusement pas été possible de joindre au texte de cette conférence les nombreuses projections photographiques (cartes, coupes, paysages, schémas) qui servaient à l'illustrer.

carte qui sert de fond est un fragment de la feuille de *Vesoul* de la carte de France du Service géographique de l'Armée, où l'équidistance des lignes de niveau est de 20 mètres. Six étages successifs du Trias et de la série jurassique, dont l'inclinaison est faible et régulière, ont été utilisés pour le tracé des courbes structurales; grâce aux vallons qui découpent le plateau en tous sens, les intersections sont nombreuses, et la part d'incertitude, en raison de cet incessant contrôle des cotes les unes par les autres, devient très minime.

Si nous passons à des régions ondulées et plissées, comme le Jura central, la tâche est sans doute plus délicate, mais la méthode reste la même. Dans la pratique, bien des difficultés surgissent; les principales proviennent des variations d'épaisseur des couches, dont le détail n'est pas suffisamment connu, et de l'incertitude dans la position des axes anticlinaux ou synclinaux, lignes de points hauts ou de points bas des surfaces structurales. Vous pouvez juger, par les deux fragments que voici de la carte précitée[1]), de l'étendue du travail graphique que la transformation suppose; encore les deux épreuves placées sous vos yeux ne correspondent-elles qu'à la première phase du dessin: la superposition des limites d'affleurement aux lignes de niveau. La construction des courbes structurales, faite sur papier transparent, ne viendra qu'ensuite.

Ce travail a été réalisé, en 1893, pour la totalité du Jura français et pour une grande partie du Jura suisse, d'après les documents que l'on possédait alors, par le général de La Noë. La planche à 1 : 400,000^{e}, dont j'ai l'honneur de vous présenter une épreuve du trait, en constitue le fruit ultime. Sur cette *Carte structurale du Jura,* dont les moindres éléments de courbes n'ont été arrêtés

---

[1]) Correspondant aux feuilles de *Saint-Claude* (149) et de *Nantua* (160) de la Carte de l'État-Major et de la Carte géologique détaillée de la France.

qu'après une discussion approfondie entre celui qui tenait le crayon et celui qui vous parle en cet instant, — les horizons variés dont il avait été fait usage pour construire les diverses parties du dessin ont été ramenés à un repère unique, le sommet du Portlandien. Cet étage est donc supposé débarassé des formations plus récentes au fond des cuvettes et des dépressions synclinales, restauré ou prolongé, au contraire, dans les régions anticlinales et suivant les affleurements des assises plus anciennes.

Le commentaire justificatif de notre planche exigerait des développements dans lesquels il m'est tout à fait impossible d'entrer ici. En dépit de ses imperfections, que je connais mieux que personne, cet *essai de tectonique quantitative* se révèle comme étant d'une extrême fécondité. Sans parler de ses applications à l'analyse de l'hydrographie, dont nous dirons deux mots tout à l'heure, j'ai été souvent étonné moi-même, sur le terrain, de la variété des conclusions qu'il suggère. Vous en seriez, je crois, frappés comme moi si je pouvais vous montrer, au lieu de ce graphique un peu sec, le tirage en couleurs, où les aires comprises entre les courbes successives ont été teintées à la façon d'une carte hypsométrique.

Imprimée depuis quatre ans déjà, notre planche ne tardera pas à être distribuée. J'appelle de tous mes vœux les rectifications, qui seront nombreuses, sans doute; mais, d'après l'expérience acquise dans le Jura français, on peut penser qu'elles porteront plutôt sur les détails que sur le fond même des tracés. Ce qu'il faut souhaiter, surtout, c'est que les géologues suisses, qui possédent l'inappréciable avantage d'avoir à leur disposition une topographie détaillée, où le relief du sol est exprimé par les lignes de niveau, — l'Atlas Siegfried, — reprennent à une plus grande échelle, et pour différents étages, le dessin des courbes structurales que nous n'avons pu qu'esquisser: il y a là toute une *géométrie des surfaces de déformation*, propre non seulement à nous éclairer sur le mode d'action

des forces qui ont fait naître les plis du Jura, mais encore à nous renseigner sur tel ou tel de leurs effets indirects, comme la profondeur à laquelle se trouvent certains bancs de roches exploitables, ou l'allure des nappes d'eau souterraines. Ici, comme partout dans l'étude du monde physique, les chiffres et les mesures doivent remplacer peu à peu les évaluations vagues du langage ordinaire et les termes purement qualitatifs du début.

En attendant la réalisation de ce vœu, et pour vous montrer qu'il n'a rien de chimérique, même étendu à de très vastes surfaces, je ferai projeter devant vous une autre esquisse inédite, qui résume l'allure des terrains secondaires dans tout le Nord-Est de la France, de l'Ardenne aux Vosges et au Morvan. Le territoire représenté est bien deux ou trois fois aussi vaste que celui de la Suisse, et l'amplitude des dénivellations tectoniques extrêmes dépasse certainement deux mille cinq cents mètres; les courbes n'en conservent pas moins, dans leur dessin, une incontestable unité.

L'exemple suivant est peut-être plus frappant encore: c'est celui du soulèvement postcrétacé des Black Hills, dans l'Amérique du Nord, dont les courbes structurales ont été tracées par M. N. H. Darton[1]). En examinant cette carte, on voit combien les courbes sont sensibles aux moindres flexures où s'accentue le pendage des couches; on voit aussi, à la partie supérieure de la planche, les perturbations locales qu'apporte dans leur marche la présence d'un essaim de petits laccolithes intrusifs. Il est inutile d'insister, au moment où le Service géologique des États-Unis généralise de plus en plus, dans ses publications sur la houille et sur le pétrole, l'emploi de ce procédé[2]),

---

[1]) U. S. Geological Survey, Twenty-first Annual Report, 1899-1900, part IV, pl. LXXXIX.

[2]) Voir, en particulier, les *folios* du *Geologic Atlas of the United States* relatifs à la Pennsylvanie (Nos. 82, 94, etc.), et les *Bulletins*

et où le Service géologique de l'Alsace-Lorraine commence à faire paraître une carte structurale à 1 : 200,000e de son champ d'études [1]).

Peut-être les géologues alpins vont-ils objecter que l'emploi des courbes structurales suppose implicitement le parallélisme des surfaces qu'il s'agit de représenter, ou, ce qui revient au même, le plissement harmonique des couches successives: dès qu'il y a discontinuité, charriage, ou pli couché, la méthode cesserait donc d'être applicable, ou, du moins, demanderait certaines restrictions. Je répondrai à cela que ce défaut de parallélisme est précisément un objet d'étude, et qu'une surface, quelque compliquée qu'on l'imagine, est toujours susceptible d'être définie par ses intersections avec une série de plans horizontaux équidistants. Rien ne serait plus instructif, au contraire, que cette *stéréotomie* d'un nouveau genre, basée sur la comparaison des formes structurales, parallèles ou non entre elles, d'un même massif. Je n'en veux pour preuve que l'épure, publiée par M. M. Lugeon, représentant la disposition des couches jurassiques aux environs de Faverges, non loin du Lac d'Annecy [2]).

L'élément générateur essentiel de la tectonique du Jura, vous le savez tous, c'est le *pli anticlinal,* plus ou moins allongé, dont la voûte de la citadelle de Besançon, deux fois recoupée par le Doubs, fournit un excellent

---

suivants du même Service: 198, 318, 346 (Ohio, West Virginia, Pennsylvania), par W. T. Griswold et M. J. Munn; 317, 321, 322, 357 (California), par R. Arnold et R. Anderson; in-8°, Washington, 1902—1908.

[1]) *Tektonische Übersichtskarte von Elsass-Lothringen.* Herausgegeben von der Direktion der Geologischen Landesuntersuchung von Elsass-Lothringen. Masstab 1 : 200,000. *Blatt Saarbrücken,* bearbeitet von L. van Werveke, 1904.

[2]) M. Lugeon, *Recherches sur l'origine des vallées des Alpes Occidentales* (Annales de Géographie, X, 1901, p. 308, fig. 5). Échelle 1 : 50,000; équidistance des courbes 100 m.

exemple. La carte que vous avez sous les yeux[1]) met en lumière les rapports de cet accident avec la géologie de la contrée environnante; ce document vénérable, qui remonte à l'année 1842, est dû à l'inspecteur-général Parandier, et Marcel Bertrand, quarante ans plus tard, s'est borné à y introduire quelques retouches de détail. Nous y reviendrons tout à l'heure.

Il est rare que les plis soient rigoureusement symétriques, comme la dorsale bajocienne et bathonienne contre laquelle s'appuie la petite ville de Treffort, sur le bord occidental du Jura, dans la zone du Revermont. Plus généralement, au contraire, l'un des côtés de la voûte se montre notablement plus incliné que l'autre; c'est le cas pour l'anticlinal de la Chambotte, sur la rive gauche du Rhône, dont la brusque retombée vers l'ouest est mise en évidence par le décapage incomplet des couches, qui s'emboîtent comme des pelures d'oignon les unes dans les autres. Thurmann avait déjà remarqué que cette dissymétrie est *systématique:* presque toujours, en effet, le déjettement se produit vers la partie externe de l'arc jurassien, au nord, au nord-ouest, et à l'ouest; c'est ce qu'il appelait le „regard français" des chaînons. Les travaux récents n'ont fait que confirmer cette conclusion; M. Schardt, en particulier, a fait voir que les plis les plus internes du faisceau, comme celui du Mont-Vuache, qui confine directement à la plaine molassique, obéissent encore à cette règle[2]). La façade du Grand-Colombier, qui domine Culoz, en fournit un exemple remarquable: quand on l'examine du sud, le plongement des assises vers la droite, c'est-à-

---

[1]) Cette carte n'a jamais été gravée. La minute, dont une photographie avait été projetée devant l'assistance, est conservée au Service de la Carte géologique de la France, à Paris.

[2]) H. Schardt, *Études géologiques sur l'extrémité méridionale de la première chaîne du Jura — Chaîne du Reculet et du Vuache* (Bull. Soc. Vaudoise Sc. Nat., XXVII, 1891, p. 69-159, pl. VI-X; réimpr. Eclogæ Geol. Helv., II, 1891, p. 253—344, pl. 4—8).

dire vers l'est, saute aux yeux; or, malgré sa régularité apparente, cette montagne n'a, pour ainsi dire, qu'une moitié, la partie gauche — c'est-à-dire le flanc ouest — manquant presque complètement et étant remplacé par une surface de discontinuité [1]).

Les mêmes faits se retrouvent aussi bien dans l'intérieur du Jura, par exemple dans la région de Saint-Claude, aux environs des Bouchoux, Larrivoire, les Crozets, Moirans, et autour des Planches-en-Montagne, que plus au nord ou plus à l'ouest, dans la basse vallée du Doubs et sur le bord de la plaine Bressanne. Sans s'y présenter avec la même netteté que dans le Jura bâlois ou argovien, puisque leur véritable signification n'a été comprise que beaucoup plus tard, l'existence de failles-inverses, d'écailles isoclinales et de chevauchements, dans ces parties externes du Jura français, n'y apparaît pas aujourd'hui moins évidente.

C'est encore à Marcel Bertrand que l'on doit, si non la découverte, du moins l'interprétation des petits charriages en miniature des environs de Besançon [2]), accidents qui se produisent au sud-est de la voûte si régulière de la citadelle, et qui ne sont, en somme, que des complications de la retombée nord-ouest du grand anticlinal liasique et oolithique qui court d'Arguel à Montfaucon, sur la rive gauche du Doubs.

En suivant vers le sud-ouest cette bande, que je vous proposerai d'appeler *arc bisontin,* nous trouverons, entre Vorges et Byans, une série de plis imbriqués, en échelon, dont les formes topographiques plongeantes, coupées en écharpe par le Doubs, mettent bien en lumière la dissymétrie.

---

[1]) Voir la *Carte géologique détaillée de la France*, feuille de *Nantua* (160), par Em. Benoit, 1887.

[2]) M. Bertrand, *Failles de la lisière du Jura entre Besançon et Salins* (Bull. Soc. Géol. de France, 3me série, X, 1881—1882, p. 114—123, fig. 1—11).

C'est à une zone plus interne qu'appartient, par contre, le chevauchement des environs de Mouthier-Hautepierre, décrit en 1906 par MM. Kilian et Haug[1]), et qui intéresse toute la série des couches jurassiques et infra-crétacées, du Lias inférieur au Gault. Le lien qui rattache la production de cette surface de contact anormal au plissement des assises néocomiennes plongeant sous la masse recouvrante est indéniable; mais sans la coupure de la Loue, qui, seule, permet d'en observer les détails, nous ne saurions rien de cet état de choses. Comme cette superposition, dont l'amplitude transversale est considérable, ne peut pas cesser brusquement, à droite et à gauche du cours d'eau, il est de toute évidence que, dans la direction de l'ouest, par exemple, l'accident doit continuer en profondeur jusqu'aux environs de Nans-sous-Sainte-Anne. Et, de ce côté, de part et d'autre du Lison, le simple examen de la carte géologique montre, effectivement, que nous avons affaire à une série d'écailles empilées les unes sur les autres, venant mourir en biais le long d'une falaise orientée de l'est à l'ouest, qui domine de 200 à 300 mètres le bord des plateaux d'Ornans.

Nous arrivons ainsi au voisinage de la petite ville de Salins, où le Mont-Poupet, avec ses 853 mètres d'altitude, a toujours été regardé, depuis les travaux de Jules Marcou, comme un des points singuliers, comme une des bornes de l'orographie jurassienne. C'est, en effet, sur cette position que la bande de Besançon et la bande de Mouthier convergent, et qu'elles viennent se réunir en laissant entre elles un angle de 60° environ. Mais comment se produit cette jonction? C'est bien à tort que, frappés par ce défaut de parallélisme, certains géologues, à la suite d'une enquête superficielle, ont qualifié la bande de Mouthier

---

[1]) W. Kilian et E. Haug, *Sur les dislocations des environs de Mouthier-Hautepierre* (Bull. Service Carte géol. de la France, t. XVII, No. 112, 1906, p. 1—22, pl. I—IV).

d'„ondulation transversale“: pour peu que l'examen porte sur un territoire plus étendu, il est facile de se convaincre que cette bande n'est que l'extrémité, amincie et déviée vers l'est, du grand massif oolithique formant la façade occidentale du Jura autour de Lons-le-Saunier. En réalité, cet *arc lédonien* déborde vers le nord sur l'extrémité méridionale de l'*arc bisontin,* suite de la chaîne du Lomont, de même que celui-ci chevauche, à son tour, sur les étages supra-jurassiques de son rebord externe.

Il est surprenant que Marcel Bertrand, à qui l'on doit le levé des feuilles de Besançon et de Lons-le-Saunier de la Carte géologique française, feuilles dont les contours sont d'une grande exactitude, n'ait pas aperçu ces relations, qui sont cependant si manifestes; et cela, d'autant plus qu'il avait fort bien observé certaines conséquences secondaires du phénomène, comme les recouvrements d'Ivrey et de Saint-Thiébaud[1]). S'il ne l'a pas fait, c'est sans doute qu'il était alors au début de sa carrière, et qu'il ne soupçonnait même pas les grands charriages de la Provence, auxquels son nom devait rester à jamais associé dans la suite. Nous étions arrivés à cette interprétation il y a près de quinze ans, le général de La Noë et moi; mais je reconnais bien volontiers que, sous le rapport de la publication, la priorité revient à M. le Dr. L. Rollier, dans ses articles des *Annales de Géographie*[2]) et du *Dictionnaire géographique de la Suisse*[3]). La quasi-identité de nos résultats est, pour moi, une précieuse confirmation de leur exactitude.

Je ne puis songer à pousser plus loin, ici, quelqu'en soit l'intérêt, l'analyse tectonique de ce curieux pays de

---

[1]) M. Bertrand, Mémoire cité, p. 123—126, fig. 12 et 13.

[2]) L. Rollier, *Le plissement de la chaîne du Jura* (Annales de Géographie, XII, 1903, p. 405).

[3]) L. Rollier, article: *Jura, Monts Jura ou Montagnes du Jura,* du *Dictionnaire géographique de la Suisse,* t. II, in-8°, Neuchâtel, Attinger frères, 1903, p. 641.

Salins, dont l'étude à grande échelle serait bien désirable, et où, d'ailleurs, la science est encore loin d'avoir dit son dernier mot.

Dans l'intérieur du Jura, le haut bassin du Doubs, en amont de Pontarlier, nous offre un régime de plis très différent. Il y a là une grande dépression, de forme triangulaire, dont les côtés seraient indiqués, au nord-ouest, par les plis en échelons du Laveron, de Bonnevaux et de Saint-Sorlin; au sud-est par la haute falaise rectiligne du Noir-Mont; au nord-est, enfin, par la façade du massif composite que longe la cluse méridienne des Hôpitaux. Au point de vue stratigraphique, tous les étages y sont représentés, du Séquanien au Cénomanien. Au point de vue tectonique, autant les discontinuités s'y montrent rares dans le sens vertical, autant elles y sont fréquentes dans le sens horizontal: les cuvettes néocomiennes et les bombements portlandiens y alternent, en effet, d'une façon capricieuse; d'où résultent, pour les lignes d'affleurement des étages successifs, „des sinuosités, dit Marcel Bertrand, qui dissimulent presque l'allure générale des plis parallèles“ [1]). En même temps qu'ils s'infléchissent au sud-ouest, on voit s'abaisser vers cette *aire d'ennoyage* les anticlinaux venant de la frontière suisse, à l'est. Dans la partie nord-est, où sa largeur est plus considérable, grâce au coude que décrit la voûte du Laveron vers l'ouest, la cuvette s'accidente de deux saillies jumelles, le dôme de Pierre-qui-tourne et celui de Montperreux, entre lesquelles s'aligne le couloir médian du Lac de Saint-Point. Dans la partie centrale, au-delà du Lac de Remoray, il n'y a plus qu'un pli unique, séparant les deux synclinaux accouplés de Mouthe et de Boujeons, dont la direction, parallèle à celle du Noir-Mont, est beaucoup moins redressée vers le nord. Enfin au sud-ouest, au-delà du décrochement de

---

[1]) *Carte géologique détaillée de la France,* feuille de *Pontarlier* (139), Notice explicative, 1887.

Rondefontaine, une dilatation subite du synclinal externe donne lieu à la formation du petit bassin elliptique des Pontets; cette cuvette annexe se ferme si bien, vers l'ouest, qu'on ne trouve plus désormais, entre la cloison marginale et le bord de l'épais massif du Risoux, qu'un étroit couloir infra-crétacé.

Le décrochement que je viens de signaler aux environs de Mouthe est loin d'être le seul accident de cette espèce dont l'existence ait été reconnue dans le Jura français. Le plus important, celui des Hôpitaux et de Pontarlier, décrit pour la première fois par Auguste Jaccard, il y a quarante ans[1]), mériterait, à coup sûr, une étude attentive, comme celle que Mme. Brockmann-Jerosch a consacrée naguère aux fractures qui morcèlent en tronçons successifs les plis de la nappe crétacée du Säntis[2]). Quand on examine l'amorce méridionale de cet accident, par exemple entre Jougne et Vallorbe, on constate qu'aux déviations que subit, en plan, le tracé des anticlinaux et des synclinaux s'ajoutent de brusques dénivellations dans le sens transversal. C'est ainsi que le double cirque oxfordien et bathonien du Mont d'Or et du Mont-Rond est tranché sur toute sa largeur, à l'est, par une cassure aussi droite qu'un trait de scie, qui abaisse de 300 à 400 mètres les couches kimeridgiennes formant le petit plateau triangulaire de Vaubillon et du Mont-Rame. — On a remarqué que ces décrochements, dont l'étendue peut être considérable, sont généralement dirigés du sud au nord.

Un type de structure bien différent nous est offert, sur le bord externe du Jura méridional, par l'arc d'Am-

---

[1]) Aug. Jaccard, *Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois* (Matériaux pour la Carte géol. de la Suisse, livr. VI, 1869, p. 263—265).

[2]) Marie Jerosch, *Die Querstörungen im mittleren Teil des Säntisgebirges* (in: Alb. Heim, *Das Säntisgebiet*, Beitr. zur geol. Karte der Schweiz, Neue Folge, XVI. Lief., 1905, p. 123—267).

bérieu et de Saint-Rambert[1]). Le faisceau lédonien, dont nous avons signalé l'entrée dans l'intérieur de la chaîne, à une centaine de kilomètres plus au nord, disparaît par digitations successives vers la latitude de Pont-d'Ain, et est relayé par une coulisse qui forme désormais la façade du massif tout entier. Il serait difficile de trouver un cas plus frappant de la variabilité des directions qu'un même ensemble d'accidents est susceptible de prendre sur de petites distances: pour un développement de 25 kilomètres environ, l'écart angulaire que laissent entre eux les axes prolongés des anticlinaux atteint, en effet, 120°, sans qu'une continuité parfaite cesse un seul instant d'être réalisée dans l'intervalle. Ce croissant si remarquable, qui tourne sa convexité vers l'ouest, résulte de l'épanouissement progressif d'un fuseau d'abord étroit et rectiligne; le phénomène ne se produit que quand la bande du Revermont et les plis qui lui servent de cortège ont disparu, comme si la présence de cet obstacle avait empêché, jusque là, la libre propagation des ondes orogéniques. Une série de voûtes bathoniennes et de synclinaux oxfordiens ou supra-jurassiques y forment comme une *famille de plis,* dont les caractères particuliers semblent liés à l'épaisseur et à la résistance des calcaires oolithiques. D'ordinaire, ces rides sont symétriques, sauf à l'est, sur l'Albarine, et au sud, entre ce cours d'eau et le Rhône, où la structure imbriquée devient fréquente, le regard des failles-inverses étant toujours tourné du même côté que la courbure du faisceau. On ne peut manquer d'être frappé du rapport qui existe entre la présence de ces accidents, attestant une striction énergique, et le changement de direction que les plis subissent au midi, tout en augmentant d'altitude: ces témoignages, concordant avec la diminution de largeur de la zone plissée, nous mettent sur la voie des causes auxquelles on doit attribuer la grande inflexion du Jura

---

[1]) *Carte géologique détaillée de la France*, feuille de *Nantua* (160).

méridional: ce ne peut être que le môle souterrain de roches anciennes, prolongeant vers l'est, à une faible profondeur au-dessous de la surface, le Massif Central de la France. Et n'oublions pas que les effets de ce mouvement tournant se font sentir jusqu'au voisinage de la plaine suisse: le chaînon du Grand-Colombier, puis celui du Crédo et du Vuache, sont affectés par une déviation concentrique. C'est ce que met en évidence, à côté d'un grand nombre de faits du même genre, l'épreuve de notre carte structurale du Jura sur laquelle j'ai fait ombrer les rides successives conformément à la valeur des pentes, au lieu de teinter les zones d'après leur altitude. C'est donc un essai de représentation du relief du Jura d'après le système de la lumière oblique, et en supposant les formes actuelles remplacées par les formes structurales dont elles dérivent. — Mais l'heure s'avance, et il nous faut passer à un autre sujet.

Dans les grandes lignes, comme on peut s'en convaincre par l'examen de cette planche, la configuration orographique du Jura diffère peu, en somme, de ce qu'elle a dû être à l'origine. Si la date récente du plissement de notre chaîne est bien pour quelque chose dans la conservation de son modelé primitif, force est de reconnaître toutefois que cette cause ne suffit pas à rendre compte d'une permanence aussi singulière: les Alpes prochaines, qui sont nées de la même révolution, ne sont elles pas, dans le même temps, devenues un monceau de ruines? Outre l'inégalité d'écart vertical, relativement au niveau de base, qui a toujours été beaucoup plus faible pour les croupes jurassiennes que pour les cimes alpines, — et l'on sait que cette différence entre les altitudes extrêmes donne la mesure, en quelque sorte, du *potentiel* de l'érosion, — une circonstance paraît avoir joué un rôle très important pour le maintien des formes en question: c'est la perméabilité des roches calcaires qui constituent comme l'ossature du Jura tout entier. Cette perméabilité réduit, en effet, le

travail mécanique des eaux pluviales au minimum, en les absorbant à l'instant même où elles tombent sur le sol. Il en résulte que, par exception à une loi qui, ailleurs, n'en comporte presque aucune, la continuité des pentes n'est réalisée qu'assez rarement, dans l'intérieur du Jura.

Aux environs de Besançon, où ces *bassins fermés* sont particulièrement nombreux, le terrain apparaît, en certains endroits, comme criblé de trous arrondis, répondant à autant de cuvettes sans écoulement superficiel[1]). L'érosion fluviale n'en acquiert, du reste, quand elle est active, que plus d'énergie, grâce aux sources abondantes qui suintent au contact des formations imperméables ou sur les flancs des vallées, témoins ces gorges profondes, comme les canyons du Dessoubre et de la Réverotte, qui découpent les plateaux kimeridgiens des environs de Pierrefontaine, dans le département du Doubs[2]).

Il faut ajouter qu'on aurait tort de prendre trop au pied de la lettre ce que je disais tout à l'heure sur la faible importance de l'œuvre accomplie par la dénudation dans le Jura: dans telle région, au contraire, comme aux environs de Lons-le-Saunier, où la zone liasique et keupérienne du Vignoble fait place à la zone oolithique du Revermont, ce travail est si avancé qu'il ne subsiste presque plus rien, dans la topographie, des formes primitives. La situation est analogue à ce qu'elle est, en Suisse, pour une grande partie du Jura oriental. Cette dégradation plus énergique du faisceau lédonien est un des problèmes non encore résolus de la morphogénie locale; peut-être doit-on la mettre en rapport avec l'émersion précoce de l'arc correspondant, attestée par des discordances tertiaires incontestables[3]).

---

[1]) G. de La Noë et Emm. de Margerie, *Les formes du terrain.* In-4°, Paris, Impr. Nationale, 1888, Atlas, pl. I.

[2]) Voir la feuille d'*Ornans* (127) de la *Carte géologique détaillée de la France.*

[3]) Grusse, lac de Narlay, etc.

Un autre problème, bien souvent agité, et qui se pose périodiquement d'un bout de la chaîne à l'autre, est celui de l'origine des coupures transversales ou *cluses*, si caractéristiques des montagnes jurassiennes. La vallée du Doubs présente plusieurs exemples de ce genre d'accidents, depuis la cluse qui donne son nom au village du même nom, près du Fort de Joux, et qui n'est en réalité qu'une moitié de cluse, jusqu'à celle de Clerval, entre Montbéliard et Baume-les-Dames, où le fleuve franchit, du nord au sud, l'anticlinal oolithique de la Côte d'Armont.

Il n'y a aucun mystère dans la régularité d'aspect, parfois géométrique, de leurs versants, régularité dont la cluse d'Undervelier, dans le Jura Bernois, fournit un exemple célèbre: vous avez tous remarqué, sur la Carte Siegfried, cet *œil* qui s'ouvre dans l'épaisseur des terrains, au sommet de la voûte traversée par la Sorne. Voilà plus d'un demi-siècle que le géologue américain H. D. Rogers, analysant les éléments du relief des Appalaches, faisait remarquer que la symétrie plus ou moins parfaite qui caractérise les cluses s'explique par la seule considération des variations du profil en travers [1]). Plus près de nous, le général de La Noë a pu reproduire en miniature, automatiquement pour ainsi dire, avec du sable et du plâtre fin, toutes leurs particularités essentielles [2]). Mais il reste beaucoup de mystère quant aux causes qui, dans chacun des cas observés, ont déterminé l'emplacement des rivières auxquelles on doit leur modelé actuel.

L'un des exemples qui ont provoqué le plus de spéculations est celui des cluses alignées de la Birse, dans le canton de Berne; leur histoire a été reconstituée en dernier lieu par un géographe des États-Unis, M. A. F.

---

[1]) H. D. Rogers, *Classification of the several types of orographic structure visible in the Appalachians and other undulated Mountain-Chains* (in: *The Geology of Pennsylvania*, 3 vol. in-4°, 1858, vol. II, part 2, p. 933—936, fig. 761—764).

[2]) *Les formes du terrain*, p. 30, 31.

Foerste[1]), et par un géologue de Bâle, M. le Dr. F. Jenny[2]); elle est d'autant plus aisée à suivre que la partie la plus caractéristique du bassin de la Birse a fait l'objet, de la part de M. le professeur Albert Heim, d'un de ces reliefs dont il a le secret, et qui sont de véritables portraits du terrain représenté. Il est certain que si l'on suppose les parois de ces cluses redevenant continues, sans que la topographie du pays subisse d'autre modification, un cours d'eau ne s'établirait pas suivant l'emplacement actuel de ces coupures : la Birse, par exemple, au lieu de percer la voûte du Graitery dans la cluse de Court, en contournerait l'extrémité à gauche, par le col de Champoz ; de même qu'en aval de Moutier, elle éviterait le Raimeux en profitant du couloir qui s'amorce, au nord de cette ville, dans les Pâturages du Droit.

Mais il n'en demeure pas moins vrai que le tracé général de la rivière, à voir les choses de haut, diffère très peu de ce qu'il devrait être en admettant qu'il soit exclusivement commandé par les conditions tectoniques. L'examen de la carte géologique et l'étude de nos courbes structurales, quelque imparfaites qu'elles soient dans cette région, — ayant été tracées d'après les contours de la première édition de la feuille VII[3]) — ne laissent aucun doute sur la réalité du fait. Et la même conclusion s'impose avec une égale force dans toutes les parties du Jura, pour peu qu'on prenne la peine d'en analyser avec soin l'hydrographie. Dès lors, n'est-il pas infiniment probable que cette relation constante entre l'allure des couches et le tracé des cours d'eau est l'indice d'une dépendance

---

[1]) Aug. F. Foerste, *The Drainage of the Bernese Jura* (Proceedings Boston Soc. of Nat. Hist., XXV, 1892, p. 392—420, pl. X, XI).

[2]) Dr. Fr. Jenny, *Das Birsthal. Ein Beitrag zur Kenntnis der Thalbildung im Faltengebirge.* In-4°, 31 p., 2 pl., Basel, Em. Birkhäuser, 1897.

[3]) La 2me édition de cette feuille de la Carte géologique fédérale, dressée par M. le Dr. L. Rollier, n'a paru qu'en 1904.

directe de l'un vis-à-vis de l'autre, et que l'hypothèse d'une origine *antécédente,* par exemple, imaginée pour rendre compte de ces anomalies de détail, porte à faux?

Je vous disais que cette coïncidence, d'ailleurs si naturelle, entre les points bas des surfaces structurales et les lignes d'eau, c'est à dire les vallées, se retrouve partout dans notre chaîne. Le cours du Doubs en présente de nombreux exemples, non seulement dans la section qui relie les plaines tertiaires de l'Alsace à celles de la Bresse, comme entre Baume-les-Dames et Besançon, mais aussi plus en amont, et au voisinage d'accidents bien localisés, tels que la faille méridienne de Pont-de-Roide, dont le fleuve utilise la présence pour couper la chaîne du Lomont du sud au nord. Cette cassure [1]) paraît être franche, et résulter, comme les failles rhénanes, d'une simple dénivellation de ses deux lèvres.

Ailleurs, les vallées jalonnent de véritables lignes de décrochement, attestant une progression inégale des voussoirs contigus qu'elles délimitent, dans la marche en avant du Jura à la conquête de l'avant-pays. C'est ainsi qu'en amont de Champagnole, le secteur triangulaire compris entre le cours de la Saine et celui de la Laime est isolé par „deux surfaces de glissement entre lesquelles les terrains ont subi un mouvement général de translation vers le nord-ouest“ [2]). Le relief du sol met bien le fait en évidence, par le défaut de symétrie des crêtes rocheuses qui se succèdent de part et d'autre de ces deux vallées.

Parfois, le mouvement différentiel n'a pas été jusqu'à la production d'une rupture : il n'y a eu qu'étranglement des plis successifs, serrés, comme les épis d'une gerbe, suivant une arête de rebroussement transversale ; c'est le

---

[1]) Reconnue et très exactement figurée par Le Blanc dès 1838 (Bull. Soc. Géol. de France, 1re série, IX, p. 374, pl. IX, fig. 3 et 4).

[2]) Marcel Bertrand, Notice explicative de la feuille de *Pontarlier* (139) de la *Carte géologique détaillée de la France.*

phénomène que M. Suess a désigné, dans les grandes chaînes de montagnes, sous le nom de *Schaarung*. La dépression qui s'étend du lac de Silan à la Valserine, entre Bellegarde et Nantua, en fournit un exemple excellent: les quatre ou cinq plis parallèles qu'on observe au nord de cette coupure, de Champfromier à Charix, sont *en retard*, pour ainsi dire, sur les tronçons qui en forment le prolongement du côté du sud [1]). Le raccord des deux parties coïncidant, d'ailleurs, avec un ensellement transversal, il est tout naturel qu'une ligne d'eau se soit établie entre l'une et l'autre ; et c'est ainsi qu'a pris naissance, le long de la Semine, la cluse de Saint-Germain-de-Joux.

C'est encore à un accident complexe du même genre, combiné avec une torsion oblique des anticlinaux et des synclinaux, qu'est due la formation de la cluse de la Bienne, au milieu de laquelle est bâtie la petite ville de Morez. De la hauteur du Béchet, au sud, on voit très bien comment la large dépression oxfordienne qui correspond à la vallée de Bellefontaine, au centre, se ferme à mi-pente, sur la rive gauche, et comment en même temps les bancs rauraciens verticaux des Entreroches, sur la rive droite, s'infléchissent au midi, vers le spectateur ; c'est l'amorce d'une déviation qui règne ensuite sur plusieurs kilomètres, le long de la Bienne, en troublant profondément l'allure, jusque-là si régulière, des plis de cette partie du haut Jura. Leur torsion se complique, en outre, d'un relèvement très notable de la rive droite, qui est bien pour quelque chose dans la fière apparence que la silhouette du Mont Risoux prend tout à coup, de ce côté de l'horizon. J'ajouterai que les détails de la tectonique locale, aux environs de Morez, sont à peu près inconnus : il y a là, comme en tant d'autres parties du Jura français, du reste, ample matière à étude monographique.

---

[1]) Attale Riche, Bull. Service Carte géol. de la France, t. XVIII, No. 119, 1907—1908, p. 177, fig. 2.

Les auteurs qui ont décrit le Jura, les géographes, surtout, ont, à maintes reprises, comparé la chaîne franco-suisse à un grand système montagneux de l'Amérique du Nord, la chaîne des Appalaches. A vrai dire, les analogies entre les deux groupes sont assez superficielles : elles se bornent, comme l'ont reconnu depuis longtemps les Neuchâtelois Arnold Guyot, Édouard Desor et Ernest Sandoz [1]), à une similitude d'orientation générale — du nord-est au sud-ouest — et à l'existence, d'un côté comme de l'autre, d'un grand nombre de crêtes parallèles. Tout diffère, d'ailleurs, dans leurs caractères : étendue de la zone disloquée, âge des terrains qui la constituent, date des mouvements orogéniques, allure et dimensions des accidents individuels, formes du relief, tracé des cours d'eau. Il est bien vrai qu'en deçà comme au-delà de l'Atlantique, les phénomènes de striction, de refoulement horizontal, sont, en dernière analyse, responsables des structures produites; mais, après avoir constaté que le Jura et les Appalaches représentent deux exemples-types de chaînes plissées, au lieu de masquer leurs divergences réelles sous le vague d'une formule unique, il importe, au contraire, de les mettre en lumière pour en mieux saisir la portée.

J'ai fait dessiner, à la même échelle, l'ensemble de notre Jura et la plus grande partie de la chaîne des Appalaches. Cette planche montre immédiatement combien la superficie relative du premier est modeste: il tiendrait tout entier dans la cuvette du lac Erié, ou dans celle du lac Ontario. Les limites des Appalaches sont, il est vrai,

---

[1]) Voir, notamment, l'article non-signé : *Neue Forschungen und Messungen im Gebirgssystem der Alleghanies* (Petermann's Geogr. Mittheilungen, Jahrg. 1860, p. 263–272); une très belle carte, due à Ernest Sandoz et intitulée : *Physikalische Karte des Alleghany-Systems*, est jointe à ce travail (1 : 6,000,000, Taf. 12). Pour une synthèse plus récente, voir la carte de V. Huot : *Monts Appalaches et Grands Lacs Canadiens* (1 : 3,000,000) avec notice par Emm. de Margerie, dans *L'Année cartographique* de F. Schrader, XVme année, Paris, 1904.

assez difficiles à saisir, la zone plissée s'appuyant directement, au sud-est, contre les roches cristallines, tandis qu'à l'opposite, ses ondulations extrêmes se fondent peu à peu dans l'épaisseur des terrains de l'avant-pays. Le contraste n'en est pas moins évident, et se passe de commentaires.

En outre, la portion du grand système de montagnes américain à laquelle est réservé plus spécialement le nom d'Appalaches, de l'Hudson à l'Alabama, n'est qu'un tronçon d'une zone immense, édifiée vers la fin de l'ère paléozoïque, et dont nous ne voyons, grâce à la mer et aux terrains de sédiment récents, ni le bord interne, ni le commencement, ni la fin. Marcel Bertrand y a vu la suite déviée de la chaîne hercynienne [1]); et les recherches entreprises depuis sa mort n'ont fait que confirmer cette intuition [2]). Notre petit Jura, au contraire, simple apophyse du puissant faisceau tertiaire des Alpes, égarée dans l'avant-pays, est limité sur les bords, d'une façon très nette, par les plaines néogènes de la Suisse, de l'Alsace et de la Bresse; et, de plus, nous le voyons réellement finir au nord-est, dans le musoir terminal de la Lägern.

Je n'insiste pas sur la différence d'âge relatif des deux séries de terrains affectés: c'est, à prendre les choses en gros, la série primaire ou paléozoïque dans l'exemple américain, et la série secondaire ou mésozoïque dans l'exemple européen. La crise orogénique qui mit fin à la sédimentation date, en conséquence, du milieu ou de la fin des temps carbonifères, dans le premier cas — c'est ce que Dana a appelé la *révolution appalachienne*[3]), — du milieu ou de la

---

[1]) Marcel Bertrand, *La chaîne des Alpes et la formation du continent européen* (Bull. Soc. Géol. de France, 3me série, XV, 1886–1887, p. 442).

[2]) Voir aussi E. Suess, *Ueber die Asymmetrie der nördlichen Halbkugel* (Sitzungsber. k. Akad. d. Wiss. Wien, mathem.-naturwiss. Kl., CVII, Abth. 1, 1898, p. 89—102).

[3]) J. D. Dana, *Manual of Geology*, 4th ed., New York, 1895, p. 728 et suiv.

fin des temps tertiaires, dans le second — et l'on pourrait parler ici de *révolution alpine*. Le temps me manque pour pousser plus loin ce parallèle, en comparant les motifs tectoniques dominants qui prévalent dans les deux systèmes. Je me bornerai à vous renvoyer à la photographie d'un modèle en relief, dû à J. P. Lesley, et représentant les rides concentriques de la Pennsylvanie centrale [1]): rarement, il faut en convenir, la comparaison des plis solides de l'écorce terrestre avec les vagues d'un liquide en mouvement a pu paraître mieux justifiée, ni l'hypothèse de la plasticité des roches, en grand, plus irrésistible.

Arrivons à la morphologie externe. Ici, tout est antithèse, comme on pouvait le pressentir en raison de la vieillesse des Appalaches, que M. le professeur W. M. Davis croit même avoir été ramenés naguère à l'état de „pénéplaine", et de la jeunesse du Jura, dont les formes, malgré l'effort de l'érosion, ont conservé en grande partie leur fraîcheur primitive.

L'un des traits les plus fréquents du relief du sol, en Pennsylvanie, en Virginie et dans les régions voisines, c'est la coïncidence entre les vallées et les plis anticlinaux, et, inversement, entre les crêtes et les cuvettes synclinales. Cette situation, qui est en rapport avec le mode d'alternance et le niveau des couches tendres ou résistantes, ne se montre au contraire réalisée que très rarement, et d'une manière imparfaite, dans le Jura, en particulier dans le Jura français. On peut citer, aux environs du Russey, au milieu des plateaux kimeridgiens du Doubs, l'exemple des vallées anticlinales qui, grâce à l'affleurement des marnes oxfordiennes, sont en train de s'amorcer suivant l'axe de la voûte du Mont-Repentir. Dans une autre partie du Jura, je signalerai le double alvéole anticlinal des Arcets, dans lequel la Bienne prend naissance, avec le bastion

---

[1]) J. P. Lesley, Geological Survey of Pennsylvania, Summary Final Report, vol. I, p. 702, Harrisburg, 1892.

carré du Mont-Fier dans l'intervalle, simple languette de calcaires rauraciens conservée entre les pieds-droits de deux voûtes adjacentes [1]). Ces exemples sont, je le répète, plutôt rares dans notre chaîne ; et le plus marquant est probablement celui du Mont Châtelu, entre Morteau et le lac des Taillères, où le Ptérocérien atteint l'altitude de 1303 mètres.

Quant au tracé des cours d'eau, on ne saurait imaginer un contraste plus radical : la chaîne franco-suisse, comme j'ai essayé de vous le montrer tout à l'heure, est caractérisée par une harmonie presque parfaite entre l'allure du réseau hydrographique et celle des plis sur lesquels il se moule ; les adaptations sont locales et sans importance et les choses se passent à peu près comme si la structure, acquise tout d'une pièce, avait guidé dès l'origine l'écoulement des pluies superficielles. Dans la chaîne américaine, au contraire, l'*inconséquence* des voies fluviales devient la règle : il y a près d'un siècle, Bory de St-Vincent, le continuateur de Desmarest, insistait déjà sur la singularité de ce paradoxe géographique [2]). C'est ici que les amateurs d'*antécédence*, de *surimposition*, de *régression* et autres processus explicatifs ont beau jeu pour faire rentrer dans la théorie ces exceptions un peu déconcertantes : M. Davis, dans une série d'études magistrales [3]), a lui-même ouvert une voie qui paraît devoir être extrêmement féconde. Mais, en ce qui me concerne, je ne crois pas aux épisodes de pénéplanation et de plissement alternés que M. le professeur Ed. Brückner a cru pouvoir déduire d'une analyse approfondie de l'hydrographie jurassienne [4]) ;

[1]) Voir la feuille de *Saint-Claude* (149) de la *Carte géologique détaillée de la France*.

[2]) *Atlas Encyclopédique*, contenant les cartes et les planches relatives à la Géographie Physique. In-4°, Paris, 1827, p. 52, pl. 14.

[3]) W. M. Davis, *The Rivers and Valleys of Pennsylvania* (National Geogr. Magazine, Washington, I, 1889, No. 3), etc.

[4]) A. Penck und E. Brückner, *Die Alpen im Eiszeitalter*. In-8°, Leipzig, Tauchnitz, 1901—1909, p. 441—496.

vous n'attendez pas de moi d'entrer ici en discussion avec notre savant collègue de Vienne. Je me bornerai à dire qu'un observateur très consciencieux, M. l'abbé J. B. Martin, à la suite d'une enquête encore inédite sur l'évolution du Jura méridional, est arrivé, d'une manière indépendante, à des résultats identiques à ceux que j'énonce simplement ici.

Je m'arrête, mesdames et messieurs, ayant à peine effleuré devant vous quelques-unes des faces d'un vaste et beau sujet. Puissé-je, seulement, ne pas m'être montré trop indigne des deux maîtres sous le patronage desquels je me suis souvent placé au cours de cette conférence: Marcel Bertrand et le général de La Noë.

Die Aerodynamik als Grundlage der Luftschiffahrt.

Von

S. Finsterwalder,

Professor an der technischen Hochschule in München.

Als vor bald 25 Jahren das Renard'sche Luftschiff „La France" seinen ersten Kreis beschrieb und damit den Beweis der Lenkbarkeit erbrachte, fand dieses Ereignis vergleichsweise wenig Beachtung; heute, nach den Fahrten Zeppelins und dem Fluge Blériots über den Kanal, wittert alle Welt den Beginn einer neuen Zeit und nur Rückständige zweifeln noch an der endgültigen Eroberung der Luft. Woher kommt dieser Umschlag? Sind neue Kräfte entdeckt oder unerwartete Kombinationen bekannter ersonnen worden, um jene Erfolge zu erzielen, die das Vertrauen und die Hoffnungen weiter Kreise auf eine unabsehbare Reihe neuer Errungenschaften nähren? Nichts von alledem. Es liegt mir ferne, den Gründen nachzugehen, die den Glauben an eine Zukunft der Luftschiffahrt erweckt haben, ich will mich begnügen, von jenen Dingen zu reden, die die wirklichen Fortschritte angebahnt haben. Zu diesen sind zweifellos in erster Linie die Erfahrungen im Bau leichter Explosionsmotoren zu rechnen, wie sie uns die Automobiltechnik in reichstem Masse geliefert hat. Erinnern wir uns daran, dass vor 25 Jahren ein Motor, damals natürlich eine Dampfmaschine mit 75 kg Gewicht für die Pferdekraft noch als ungewöhnlich leicht galt. Die Flugtechniker jener Zeit träumten von einer ideal leichten Maschine, die 10 kg für die Pferdekraft wiegt, und die Erfüllung ihrer Hoffnungen bringen könnte. Noch vor fünf Jahren rechneten ernste, aber von den Fortschritten der Technik voll überzeugte Männer mit 5 kg als Mindest-

gewicht eines dauernd betriebsfähigen Motors und heute sind wir bereits unter der Hälfte davon angelangt. Das technische Prinzip, welches diesen Fortschritt erzielte, heisst: „Schnellbetrieb.“ Mit der Erhöhung der Umdrehungszahl der Motoren geht bei gleicher Arbeitsleistung eine Verminderung der übertragenen Kräfte und eine Verkleinerung der Abmessungen der übertragenden Organe Hand in Hand. Entstehen dabei auch infolge der grossen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen neue Beanspruchungen des Materiales, so kann diesen doch bei der Kleinheit der bewegten Massen durch geeignete Anordnung der bewegten Teile und Verwendung des edelsten Baustoffes wirksam begegnet werden. In bezug auf die Erleichterung der Motoren sind wir heutzutage schon annähernd an der Grenze der Wünsche angelangt und es liegt augenblicklich viel näher, an eine Einschränkung des Benzinverbrauches, der bei den ganz leichten Motoren noch 0,4 kg in der Pferdekraftstunde beträgt, zu denken, als an weitere Erleichterung des Motorgewichtes.

Die ersten augenfälligen Erfolge in der Luftschiffahrt sind so durch einen Überaufwand von konzentrierter Motorkraft errungen worden; dieser hat mit dem kaum minderen Aufwand an moralischer und finanzieller Energie der neuen Bewegung einen heroischen Zug verliehen, der die Popularität ihrer Vertreter mächtig fördert. Dem gegenüber sind die Fragen, die in der vorausgegangenen, vergleichsweise kleinlichen Vorbereitungszeit fast allein die kleine Gemeinde der für die Luftschiffahrt Strebenden und Begeisterten beschäftigten, in den Hintergrund getreten. Es sind das die Fragen der Aerodynamik, deren Bedeutung für die Luftschiffahrt zwar niemals in Zweifel stand, die aber in dem Masse Beachtung gewinnen, als wirtschaftliche Erwägungen sich geltend machen und es nicht mehr angeht, bloss Rekorde in Flugdauer und Geschwindigkeit zu schaffen. Diesen aerodynamischen Fragen wollen wir unsere Aufmerksamkeit widmen.

Die Probleme, welche dabei in erster Linie zu erledigen sind, betreffen das Verhalten der Körper in freier Luft. Zumeist haben wir es mit starren Körpern unter dem Einfluss der Schwerkraft zu tun. Zu der Schwere tritt die Wirkung des Luftwiderstandes, die von der Form und der Bewegung des Körpers abhängt. Wir setzen voraus, dass die Luft in grösserer Entfernung vom Körper ruht oder gleichförmig bewegt ist.

Freilich trifft das nicht immer, ja besser gesagt niemals zu. Auch grosse Luftmassen, die gegenüber den Abmessungen eines Luftfahrzeuges als unendlich gelten können, sind namentlich in der Nähe des Erdbodens häufig als Ganzes in beschleunigter oder verzögerter Bewegung. Im Kleinen ist die Luft in der Regel voll turbulenter Bewegung, die man als innere Unruhe des Windes bebezeichnet hat und in dem Wirbeln der Schneeflocken oder Sonnenstäubchen einen sinnenfälligen Ausdruck findet. Im Interesse der Einfachheit der Grundlagen müssen wir trotzdem davon absehen und nehmen zudem an, dass es für den Luftwiderstand gleich ist, ob sich die Luft gegen den Körper oder umgekehrt der Körper gegen die Luft bewegt.

Der Bewegungszustand des Körpers gegen die in grosser Entfernung ruhende Luft ist dann, soweit er in der Geschwindigkeit zum Ausdruck kommt, durch die Fortschreitungsgeschwindigkeit des Schwerpunktes und eine Drehgeschwindigkeit um eine durch den Schwerpunkt gehende Achse gegeben. Auch die augenblickliche Beschleunigung des Körpers gegen die Luft liesse sich durch eine Beschleunigung des Schwerpunktes und eine Drehbeschleunigung um eine weitere Achse durch den Schwerpunkt ausdrücken. Wir nehmen jedoch ausdrücklich an, dass die auftretenden Beschleunigungen so gering sind, dass sie den Luftwiderstand nicht mehr beeinflussen.

Wir schliessen damit freilich zitternde oder auch rasch drehende Bewegungen des Körpers aus den allgemeinen Überlegungen aus.

Die Wirkung des Luftwiderstandes auf den Körper kann nun unter zweierlei Gesichtspunkten aufgefasst werden, entweder als Gesamtwirkung auf den ganzen Körper oder als Summe von Teilwirkungen auf die einzelnen Elemente der Oberfläche. Die Gesamtwirkung, welche bei Fragen nach der Tragfähigkeit und nach dem Arbeitsaufwand zuerst in Betracht kommt, ist immer durch eine am Schwerpunkt des Körpers angreifende Kraft und ein dazu gehöriges Drehmoment bezw. Kräftepaar darstellbar und die grundlegende Fragestellung nach dem Gesamtwiderstand lautet daher: Wie hängen die im Schwerpunkt angreifende Kraft des Luftwiderstandes und das dazu gehörige Drehmoment von der Geschwindigkeit des Schwerpunktes und der dazu gehörigen Winkelgeschwindigkeit des Körpers ab? Wie verwickelt dieses Problem ist, geht daraus hervor, dass es die Abhängigkeit der sechs Komponenten der Kraftschraube des Luftwiderstandes von den sechs Komponenten der Bewegungsschraube des Körpers in sich schliesst.

Die Frage der Teilwirkungen des Luftwiderstandes auf die einzelnen Oberflächenelemente des Körpers ist für die Beurteilung der Festigkeit bezw. der Beanspruchung des Körpers durch den Luftwiderstand und die Stabilität der durch den Luftwiderstand beeinflussten Bewegung von Bedeutung; ausserdem liegt in ihr der Schlüssel des tieferen Verständnisses des Luftwiderstandes. Es ist klar, dass beide Fragen ohne eine vorausgehende Theorie des Luftwiderstandes nicht gelöst werden können, und wenn wir auch, wie wir bald sehen werden, von einer voll befriedigenden Theorie des Luftwiderstandes etwa im Sinne der Maxwellschen Theorie der Elektrizität und des Magnetismus noch weit entfernt sind, müssen wir eben mit einer unvollkommenen vorlieb nehmen und an ihrer Hand das Tatsachenmaterial ordnen.

Die erste und bis etwa 1870 unbestrittene Theorie des Luftwiderstandes stammt von Newton. Er dachte sich die gegen den Körper anströmende Luft ersetzt durch einen

Hagel parallel fliegender Geschosse, die auf der Oberfläche des Körpers aufprallen, daran abgleiten, und deren Stosswirkung den Luftwiderstand ausmacht. Aus dieser anschaulichen Vorstellung ergeben sich ungezwungen eine Reihe von Gesetzen, die durch die Erfahrung ohne weiteres bestätigt werden, nämlich: 1. die Abhängigkeit des Luftwiderstandes vom Quadrat der Geschwindigkeit. Es nimmt eben sowohl die Zahl der Geschosse, als auch die Stosswirkung des einzelnen mit der Geschwindigkeit zu; 2. die Abhängigkeit von der Luftdichte; 3. die Abhängigkeit von dem Hauptspant des Körpers oder von der Projektion des Körpers auf eine Ebene senkrecht zum Luftstrom. Ausserdem liess die Vorstellung Raum für die Einführung einer sogenannten Oberflächenreibung des Luftstromes und endlich hatte sie den grossen theoretischen Vorteil, dass sie die Einzelwirkung auf jedes Flächenelement unabhängig von den übrigen zu berechnen gestattete; diese hängt nämlich bloss von der Stellung desselben gegen den Luftstrom ab und ist dem Sinusquadrat des Stosswinkels proportional, sie steht ausserdem bei Vernachlässigung der Reibung senkrecht auf dem Oberflächenelement. So gibt diese Theorie für jede auftauchende Fragestellung unmittelbar einen mathematischen Ansatz und den Weg zur Lösung. Demgegenüber wollen die auf der Hand liegenden Mängel der Newtonschen Auffassung zunächst wenig bedeuten. Diese sind in der Unmöglichkeit begründet, sich eine bestimmte Vorstellung über das weitere Verhalten der Geschosse nach ihrer Stosswirkung zu machen oder die Art und Weise zu verfolgen, wie sie schliesslich den Raum hinter dem Körper ausfüllen und auf die Rückseite desselben wirken.

Es haben auch nicht diese Mängel das Schicksal der Newton'schen Theorie, die nun ziemlich allgemein verlassen ist, besiegelt, sondern der Widerspruch mit unleugbaren Tatsachen, inbesondere des Vogelfluges.

Dieser Widerspruch äusserte sich drei verschiedenen Weisen. 1. verlangt die Newton'sche Theorie einen unnatür-

lich grossen Arbeitsaufwand zum Fliegen. Dieser besteht nämlich aus zwei getrennten Teilen, der Schwebearbeit und der eigentlichen Flugarbeit. Erstere wäre nach der Newtonschen Theorie gleich dem Produkt aus dem Gewicht des Flugkörpers und der Grenzgeschwindigkeit, die der senkrecht fallende Flugkörper unter dem Einfluss von Schwere und Luftwiderstand erlangt. Diese Schwebearbeit wäre sonach unabhängig von der Fluggeschwindigkeit und würde beispielsweise bei einem Storch von 4 kg Gewicht und 0,5 m^2 Flügelfläche schon eine halbe Pferdekraft betragen. Dazu käme noch die mit der 3. Potenz der Geschwindigkeit wachsende Flugarbeit. 2. ist nach der Newtonschen Theorie der Luftwiderstand ebener Flächen auch bei schiefem Luftstoss unabhängig von der Form ihres Umrisses, während doch die Erfahrung lehrt, das beispielsweise langgestreckte Rechtecke, wenn sie an der Schmalseite angeblasen werden, ungleich weniger Luftwiderstand erfahren, als wenn dies an der Langseite geschieht. Diese für die Flugtechnik bedeutungsvolle Tatsache wurde zuerst von dem Engländer Wenham i. J. 1866 ausgesprochen. 3. müsste die Resultante des Luftwiderstandes ebener Flächen nach Newton stets durch den Schwerpunkt gehen, während sie in Wirklichkeit bei schiefem Stoss beträchtlich gegen die angeblasene Kante vorrückt, ähnlich wie es das Avanzinische Gesetz beim Wasserstoss verlangt.

Dazu kommt, dass für ebene Flächen die nach der Newtonschen Grundanschauung abgeleitete Abhängigkeit des Luftwiderstandes vom Sinusquadrat des Luftstosswinkels mit der Erfahrung nicht stimmt, und so liess sich die lange festgehaltene Grundlage der Aerodynamik nicht länger verteidigen.

Man sah sich genötigt, die Luft als elastische Flüssigkeit aufzufassen, was in der Physik, insbesondere in der Aerostatik längst gang und gäbe war, und in der Lehre vom Luftwiderstande bisher nur aus dem Grunde der Rechenschwierigkeit vermieden worden war. Euler hat

bekanntlich die Differentialgleichungen einer bewegten Flüssigkeit in zwei Formen aufgestellt und damit eine neue freilich weniger bequeme Grundlage für die Aerodynamik geschaffen. Dabei liegt folgende Auffassung zugrunde: Jedes abgegrenzte Flüssigkeitsquantum erfährt eine doppelte Beschleunigung, einmal durch äussere Kräfte wie die Schwere und ausserdem durch die in der Flüssigkeit herrschende Druckverteilung in der Richtung des Druckgefälles. Daneben muss die Kontinuität gewahrt bleiben, d. h. das Quantum muss auch bei der durch die Beschleunigungen abgeänderten Bewegung den ihm dadurch zugewiesenen Raum ausfüllen und seine Dichte dementsprechend abändern. Zusammen mit dem Gesetz, das Dichte und Druck verbindet, bestimmen diese Forderungen den zeitlichen und örtlichen Verlauf der Bewegung und Druckänderung, sobald noch festgesetzt wird, was an den Grenzen der Flüssigkeit geschieht, z. B. dass sie an den festen Körpern (reibungslos) entlang gleitet. Ein in die Flüssigkeit getauchter Körper wird allseitig von ihr umspült und der in ihr herrschende Druck überträgt sich senkrecht auf dessen Oberfläche. Auf diese Weise kommt die Wechselwirkung von Körper und Flüssigkeit zustande, die das Wesen des Luftwiderstandes ausmacht. Dieser Luftwiderstand ist — im Gegensatz zur Newtonschen Auffassung — abhängig von der Beschleunigung des Körpers. Nimmt man den einfachen Fall einer stationären Bewegung, so fällt der Einfluss der Beschleunigung fort und dann zeigt sich, dass die auf den Körper senkrecht übertragenen Druckkräfte, von einer wichtigen, später zu besprechenden Ausnahme abgesehen, wohl noch ein Drehmoment aber keine Resultante mehr besitzen; ein solches Medium würde also — aller Erfahrung zum Trotz — keinen Widerstand gegen das gleichförmige Verschieben ausüben, sondern nur den Körper zu drehen bestrebt sein. Im übrigen würde sich die Abhängigkeit des geweckten Luftwiderstandes von der Form und dem Bewegungszustand insofern verhältnismässig einfach ergeben, als diese Abhängigkeit nur eine

endliche Zahl (bei einem Körper beliebiger Form immerhin noch 15) von Parametern enthält und daher durch eine endliche Zahl von Versuchen zu bestimmen wäre. Die rein rechnerische Ermittelung dieser Parameter, obwohl prinzipiell möglich, ist praktisch undurchführbar. So leistet also der Eulersche Ansatz, dessen Folgerungen für unser Problem hauptsächlich Kirchhoff gezogen hat, auch wenn alle analytischen Schwierigkeiten überwunden wären, nicht das, was von ihm zu erwarten ist. Durch Einführung der inneren Reibung im Sinne von Stokes kommt man nicht viel weiter, da durch sie wohl eine der konstanten Bewegung widerstehende Kraft herauskommt, die aber weder vom Quadrat der Geschwindigkeit abhängt, noch mit dem Querschnitt des Körpers proportional wächst. Trotzdem lässt sich der Eulersche Ansatz so abändern, dass er mit den empirischen Gesetzen des Luftwiderstandes in Einklang zu bringen ist. Das ist Helmholtz durch Einführung der Diskontinuitätsflächen gelungen. Man muss nur die bisher implizit festgehaltene Forderung aufgeben, dass benachbarte Luftteilchen immer benachbarte Geschwindigkeit haben und zulassen, dass längs gewisser Flächen, die von der Oberfläche des Körpers fahnenartig abzweigen, endliche Geschwindigkeitsdifferenzen vorkommen. Die Einführung solcher Flächen ist schon darum notwendig, weil das einfache Umfliessen des Körpers an allen Kanten und Ecken der Oberfläche unendliche grosse Geschwindigkeiten zur Folge hätte, die sich in unbegrenzter Verminderung des Druckes an solchen Stellen und in darausfolgender Lösung des Zusammenhanges der Flüssigkeit äussern würde. Das wirkliche Vorkommen solcher Diskontinuitätsflächen lässt sich auf experimentellem Wege nachweisen. Es sind das aber äusserst instabile Gebilde, welche flatternden Fahnen gleichen, die sich bald an die Oberfläche des Körpers anlegen, bald sich von ihr entfernen, wobei sie eine ganz unregelmässige Bewegung des Mediums auf der Rückseite des Körpers einleiten, deren lebendige Kraft schliesslich in zahllose Wirbel umgesetzt

und in Wärme verwandelt wird. Während die lebendige Kraft der Strömung eines durch die ursprünglich ruhende Luft gleichförmig gezogenen und von ihr stetig umflossenen Körpers nur *einmal* bei Beginn der Bewegung erzeugt wird und dann dauernd erhalten bleibt, so dass kein weiterer Aufwand an Arbeit zur Fortbewegung mehr erforderlich ist, wird bei diskontinuierlicher Bewegung, auch wenn sie gleichmässig erfolgt, *andauernd* wirbelnde oder mindestens neubewegte Luft erzeugt, deren Bewegungsenergie, ohne dass sie sich in Druck umsetzt, infolge innerer Reibung gebremst wird. Dementsprechend findet bei stetig umflossenem Körper kein Bewegungswiderstand statt, wohl aber bei unstetig umflossenen und zwar umsomehr, je mehr Wirbel nutzlos erzeugt werden. Auf solche Weise lässt sich das Auftreten des Luftwiderstandes und die Zunahme mit dem Quadrat der Geschwindigkeit an einem mit Ecken und Kanten behafteten Körper aus der von Helmholtz modifizierten Eulerschen Theorie erklären. Neuerdings hat nun Prandtl (Ueber Flüssigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung. Heidelberger Kongressverhandl. 1904, S. 484) die Bildung von Diskontinuitätsflächen auch an gerundeten Körpern, an denen die stationäre Strömung nirgends unendliche Geschwindigkeit aufweisen würde, plausibel gemacht und damit das Auftreten eines Widerstandes auch in solchen Fällen theoretisch gerechtfertigt. Er nimmt dabei an, dass die innere Reibung der Luft nur an der Körperoberfläche und an Diskontinuitätsflächen mit endlicher Geschwindigkeitsdifferenz auf beiderlei Seiten zu berücksichtigen sei. Die an der Oberfläche des Körpers haftende, wenig bewegte Schicht wird von den Stellen höheren Druckes an der Stosseite des Körpers allmählich gegen jene niederen Druckes an den Flanken getrieben und folgt willig der damit verbundenen Beschleunigung. Sobald diese Schicht aber beim Übergang von den Flanken gegen die Rückseite des Körpers wieder an Stellen höheren Druckes gerät und einer Verzögerung unterliegt, weicht sie seitlich aus und gibt Anlass zum

Auftreten einer in die Strömung eingreifenden Diskontinuitätsfläche mit den schon erörterten Folgen für den Luftwiderstand. Gleichzeitig mit der dabei eintretenden Änderung des Bewegungszustandes auf der Rückseite des Körpers vermindert sich dort der Druck gegenüber dem Betrag, den er beim glatten Umfliessen erreichen würde und es entsteht der den Luftwiderstand erzeugende Drucküberschuss auf der Vorderseite des Körpers.

Fassen wir nochmals zusammen, was auf Grund der Eulerschen Hypothese im Zusammenhang mit einer ziemlichen Dosis von Erfahrungstatsachen über das Verhalten der Luft gegenüber gleichförmig bewegten Körpern zu sagen ist. Die zuströmende Luft wird an der Vorderseite des Körpers gestaut, sie verliert an Geschwindigkeit und gewinnt an Druck, der sich auf den Körper überträgt. An gewissen Stellen ist die Luft gegenüber dem Körper in Ruhe. Dort tritt der grösste Druck auf; dort teilt sich die Luft und umfliesst den Körper, wobei die Geschwindigkeit über das Mass der ursprünglichen wächst und der Druck unter den der unbewegten Luft sinkt. Je nach der mehr oder minder glatt verlaufenden Form tritt auf der Rückseite des Körpers ein verschieden ausgedehnter Schweif von unregelmässig bewegter Luft auf, der sich hinten zuspitzt und allmählich wieder in den regelmässig bewegten Luftstrom einordnet. An den Stellen, wo der Schweif an den Körper grenzt, herrscht gegenüber der Vorderseite variabler Unterdruck, der mit dem Überdruck auf der Vorderseite den Hauptteil des Luftwiderstandes ausmacht. Neben diesem geht eine mehr nebensächliche Oberflächenwirkung, also eine in jedem Flächenelement wirkende parallel zur Tangentialebene gerichtete Kraft einher, die zum Teil der Luftreibung im engeren Sinne, zum grösseren Teil aber der an den Unebenheiten der Oberfläche unterhaltenen Turbulenz der benachbarten Luftschichten ihre Anregung verdankt.

Wie unsicher und unvollständig auch diese theoretische Grundlage erscheint und wie wenig quantitative Schlüsse

aus ihr zu ziehen sind, so gibt sie doch schon wichtige Fingerzeige für die Verminderung der passiven Widerstände. Sie erklärt, dass man durch blosse Zuspitzung des Vorderteiles eines Flugkörpers z. B. eines Lenkballons allein nicht den Widerstand beliebig herabsetzen kann, wie nach der Newtonschen Theorie anzunehmen wäre, sondern dass die Formgebung der Rückseite, wo die eigentliche Quelle des Widerstandes zu suchen ist, wichtiger ist. Die günstige Wirkung der Fischform wird durch sie durchaus verständlich. Auf Grund dieser Anschauung wird man auch nicht geneigt sein, die hindernde Wirkung der Takelung eines Luftschiffes, die sogar bei dem Zeppelinschen noch mindestens ein Drittel vom reinen Widerstand des glatten Ballonkörpers beträgt, zu unterschätzen.

Aber auch für die aktive Wirkung des Luftwiderstandes, die in der Hebewirkung der Tragflächen von Drachenfliegern ihren augenfälligsten Ausdruck findet, liefert die hydrodynamische Theorie bemerkenswerte Gesichtspunkte. Ich erwähnte schon, dass die Newtonsche Theorie sehr grosse Arbeitsaufwände für Hebewirkungen postuliert, die mit der Erfahrung nicht in Einklang stehen. Die hydrodynamische Theorie zeigt uns nun, dass so wie ein idealer Fall gleichförmiger Bewegung ohne schädlichen Luftwiderstand denkbar, ja theoretisch sogar die Regel ist, diese widerstandslose Bewegung auch noch mit einer Hebewirkung verknüpft sein kann, also ein dauerndes Schweben eines schweren Körpers in gleicher Höhe in der Luft ohne Arbeitsaufwand im Idealfalle wenigstens keinem inneren Widerspruch begegnet. Diese mit den Kirchhoff'schen Ergebnissen über die Bewegung eines Körpers in einer vollkommenen Flüssigkeit schwer zu vereinigende Behauptung ist erst in letzter Zeit mit Erfolg aufgestellt worden. Vor sieben Jahren hat M. Kutta, angeregt durch die Versuche Lilienthals, die Formeln für eine Strömung aufgestellt, welche eine rechteckige quer zur Langseite schwach zylindrisch gebogene, lange und schmale Platte hervorruft, wenn sie in horizontaler

Richtung parallel zur Sehne des gebogenen Querschnittes durch die Luft bewegt wird (Auftriebskräfte in strömenden Flüssigkeiten Ill. aëron. Mitteilungen 1902, S. 133). Es tritt dabei keinerlei Diskontinuität auf und dementsprechend ist auch kein dauernder Arbeitsaufwand für die Bewegung nötig. Aber dennoch erfährt die Platte einen Auftrieb senkrecht zur Sehne des Querschnittes und damit zur Richtung der Bewegung. Die Grösse dieses Auftriebes steht mit dem Experiment wohl in Einklang. Neuerdings hat Lanchester (Aerial Flight 1. Bd.) unabhängig davon eine Reihe ähnlicher, wenn schon weniger schlagender Beispiele aufgefunden und zugleich den schon von Kutta angedeuteten Grund aufgedeckt, warum für solche Fälle die Argumentation von Kirchhoff, wonach bei gleichförmiger kontinuierlicher Bewegung ein Widerstand nicht entsteht, versagt. Kirchhoff setzt nämlich stillschweigend voraus, dass der Raum, in dem sich die Luft befindet, durch den hindurch bewegten Körper nicht unterteilt wird, oder, mathematisch ausgedrückt, von einfachem Zusammenhange bleibt. Bewegt sich nun ein sehr langgestreckter Körper quer zu seiner Längsausdehnung durch die Luft, so unterteilt sich der Luftraum in dem Sinne, dass er praktisch zweifach zusammenhängend wird, kreisende Bewegungen der Luft um den Querschnitt des Körpers daher viel natürlicher verlaufen und ein Umfliessen des Längsschnittes als nahezu ausgeschlossen erscheint. Solche kreisende Bewegungen führen aber im Zusammenhang mit der fortschreitenden Bewegung stets zu einer Auftriebwirkung senkrecht zur fortschreitenden Bewegung. Auf der Oberseite der Platte vermehrt nämlich die kreisende Bewegung die fortscheitende, dort haben wir grosse Geschwindigkeiten und dementsprechend geringen Druck. Auf der Unterseite wirken beide Bewegungen gegeneinander und es entstehen kleine Geschwindigkeiten mit grossem Druck. Das Ergebnis ist ein Überdruck nach oben. Da er senkrecht zur Bewegungsrichtung ist, leistet er keine Arbeit und sein Auftreten bei der ohne Arbeitsaufwand

unterhaltenen Bewegung bedeutet daher auch keinen Widerspruch mit dem Gesetz von der Erhaltung der Energie. Der ganze Vorgang lässt noch eine andere, sehr anschauliche Auffassung zu. Die kreisende Luftbewegung um die Querschnitte des Körpers bildet einen Wirbel, dessen Drehachse sich in der Längsrichtung des Körpers erstreckt. Diese Wirbelachse setzt sich immateriell über die beiden Enden des Körpers hinaus und zwar bogenförmig nach rückwärts fort und müsste in einem reibungslosen Medium in zwei Punkten die Erdoberfläche erreichen. Wirbel in einem reibungslosen Medium sind nun unzerstörbare Gebilde. Einmal erzeugt, pflanzen sie sich in alle Ewigkeit fort, eine Eigenschaft, die bekanntlich Lord Kelvin veranlasste, die materiellen Atome als Wirbel des Äthers aufzufassen. Auf einem solchen einmal erzeugten Wirbel reitet nun gewissermassen die Platte horizontal weiter und wird dabei vom Wirbel getragen.

Selbstverständlich treten bei dieser Bewegung, wenn sie von einem wirklichen Flugorgan erzeugt wird, allerlei hindernde Widerstände auf, insbesondere sorgt die innere Reibung der Luft für ein allmähliches Erlöschen des Wirbels, der dann mit einem gewissen Arbeitsaufwand weiter unterhalten werden muss, allein dieser Arbeitsaufwand hat nicht, wie auf Grund der Newton'schen Theorie anzunehmen war, eine unüberschreitbare untere Grenze. Es bleibt stets die Hoffnung, ihn durch geschickte Anordnung weiter zu verringern.

Als praktische Regel für die Ausführung von Flugmaschinen ergibt sich aus dieser Anschauung die möglichste Vermeidung von Hindernissen auf der Oberseite der Tragflächen, im stärker bewegten Luftstrom, während solche auf der Unterseite weniger störend sind. Die hydrodynamische Theorie des Luftwiderstandes lässt sich zwangslos zu einer Theorie der Luftschrauben erweitern, wenn man die von Rankine geschaffene Grundlage der Theorie der Schiffsschraube benutzt. Man hat dabei den Vorteil, dass

die Voraussetzungen der Theorie bei den Luftschrauben wesentlich strenger erfüllt sind, als bei den Schiffsschrauben. Man setzt, durch die Erfahrung berechtigt, voraus, dass die Schraube hinter sich einen zylindrisch begrenzten Reaktionsstrahl erzeugt, dessen lebendige Kraft durch dauerden Arbeitsaufwand zu unterhalten ist, und dessen Stosswirkung in Richtung der Schraubenachse den Vortrieb liefert. Die durch Einwirkung eines Torsionsmomentes auf die Schraube übertragene Arbeit bewirkt eine Verdrehung des Reaktionsstrahles. Dem frei sich entwickelnden Vorstrom und dem verwundenen Reaktionsstrahl muss sich die Form der Schraubenflügel anpassen. Freilich sind wir auch hier von einer mathematisch strengen Lösung des zugehörigen Strömungsproblems noch weit entfernt und die Näherungen, die man bislang zu benützen genötigt war, liefern keine quantitativen Resultate, sondern nur die rohe Form der Abhängigkeit der massgebenden Grössen voneinander und erst Versuche können den entwickelten Formeln einen praktisch verwertbaren Inhalt geben.

Vor ähnliche Verhältnisse sind wir durch Annahme der Eulerschen Grundlage der Aerodynamik allenthalben gestellt. Während auf Grund des Newton'schen Ansatzes für jedes Problem der Weg zur rechnerischen Lösung vorgezeichnet war, sind wir nunmehr fast stets zur Entscheidung durch das Experiment gedrängt und die tiefere Einsicht, welche uns die neue Grundlage in das Wesen der aerodynamischen Vorgänge verschaffte, hat uns die Notwendigkeit neuer Versuche auf's klarste erwiesen. Die Unentbehrlichkeit des Experimentes gilt in noch höherem Masse dort, wo uns jegliche theoretische Grundlage fehlt, wie bei schwirrenden, flatternden oder ähnlichen unregelmässigen Vorgängen.

Versuchsergebnisse liegen nun freilich in grosser Zahl bereits vor, aber bei kritischer Sichtung bleibt wenig Unanfechtbares übrig. Zweifellos ist ein sehr grosser Teil der Versuche durch falsche Grundanschauungen, sei es in ihrer

Anordnung, sei es bei ihrer Auswertung entstellt. Insbesondere hat die Folgerung aus der Newtonschen Theorie, dass die Luftwiderstände der einzelnen Teile eines Körpers unabhängig von einander seien und sich infolgedessen mittels gewisser noch aufzufindender Elementargesetze aus den Luftstosswinkeln gegen die einzelnen Oberflächenelemente berechnen lassen, viele Forscher ins Irre geführt. Ich will versuchen, die Gesetze namhaft zu machen, welche nach unserem jetzigen Stande der Kenntnis als empirisch und theoretisch genügend gestützt gelten können und eine relativ sichere Basis für neue Versuche abgeben. Zunächst das Gesetz von der Proportionalität des Luftwiderstandes mit der Luftdichte, dem Quadrat der Relativgeschwindigkeit zwischen Körper und Luft in grösserer Entfernung bei paralleler Bewegung des Körpers gegen die Luft und die Proportionalität mit der dem Winde zugekehrten Querschnittsfläche bei ähnlich gestalteten Körpern.

Mit verhältnismässig geringen, sehr naheliegenden Verallgemeinerungen folgt daraus das Gesetz der Ähnlichkeit der Bewegungen von Körpern in Luft, welches mit Rücksicht auf die nirgend auszuschaltende Schwere und unter Vernachlässigung der Oberflächenreibung folgendermassen formuliert werden kann. Bei n-facher Vergrösserung der Lineardimensionen wächst das Gewicht n^3mal, die Querschnitte n^2mal. Damit der Luftwiderstand in gleichem Masse wie das Gewicht wachse, muss die Geschwindigkeit, deren Quadrat er ausser den mit n^2 zunehmenden Querschnitten proportional wird, mit $\sqrt{n}$ wachsen, was im Zusammenhang mit den n-fach vergrösserten Lineardimensionen einer $\sqrt{n}$-fach vergrösserten Zeit gleichkommt. Die zur Überwindung des Luftwiderstandes aufzuwendende sekundliche Arbeit ist gleich dem Produkt aus Luftwiderstand und Geschwindigkeit und wächst daher mit $n^{7/2}$. In diesen Formulierungen, deren Bedeutung für den Schiffbau und Schiffantrieb Froude zuerst erkannte, steckt eine noch wenig ausgebeutete Quelle von fruchtbaren Experimentaluntersuchungen mittels Modellen.

Wir wollen nun die hauptsächlichsten empirischen Methoden und Versuchsanordnungen, sowie deren Fehlerquellen kurz besprechen. Für die Untersuchung der Teilwirkung des Luftstromes auf eine bestimmte Stelle der Oberfläche gibt es ein prinzipiell einfaches manometrisches Verfahren. Der betr. Körper wird an der zu untersuchenden Stelle mit einer feinen Öffnung versehen, an welche sich eine durch das Innere erstreckende Rohrleitung anschliesst, die auf der Rückseite aus dem Körper heraustritt und zu einem feinen Manometer führt. Wird der Körper angeblasen, so zeigt das Manometer die an der Öffnung herrschende Druckdifferenz gegenüber dem Atmosphärendruck der unbewegten Luft an. Um die Methode ausführen zu können, braucht man Luftgeschwindigkeiten von mindestens 10 Metern, wobei die Druckdifferenzen immer noch unter 5 mm Wassersäule bleiben. Die von Recknagel ausgiebig verwendete Methode hat den prinzipiellen Nachteil, dass sie die Luftreibung im engeren Sinn nicht berücksichtigt.

Einfacher ist die Ausführung der Bestimmung der Gesamtwirkung des Luftwiderstandes, die im wesentlichen darin besteht, dass der Körper in vorgegebener Stellung dem Luftstrom ausgesetzt wird, wobei die ihn haltenden Organe mit Vorrichtungen ausgestattet sind, die gestatten, die auf sie übertragenen Drücke oder Drehmomente zu messen. Aus ihnen lässt sich dann das von Luftwiderstand und Schwere gemeinsam erzeugte Kräftesystem (Resultante und resultierendes Moment) berechnen, woraus nach Abzug der Wirkung der Schwerkraft die des Luftwiderstandes übrig bleibt. Eine Fehlerquelle bildet natürlich dabei immer der Luftwiderstand der Halte- und Messvorrichtungen. Auf diesem Wege sind die Lilienthalschen Bestimmungen des Luftwiderstandes schwach gekrümmter Flächen und die Langley'schen Untersuchungen über den Widerstand ebener Platten entstanden,

Diese zweite Methode berücksichtigt ausser dem eigentlichen Luftwiderstand auch noch die Oberflächenreibung

und durch Kombination beider Methoden ist eine Trennung der beiden Teile des Luftwiderstandes möglich. Für die praktische Ausführung beider Methoden ist von entscheidender Wichtigkeit, ob dabei der Körper ruht und die Luft sich bewegt, oder umgekehrt. Beide Möglichkeiten stossen auf nicht geringe Fehlereinflüsse, die die Geduld des Beobachters auf das äusserste beanspruchen. Bei bewegtem Körper in ruhender Luft müssen mindestens die Messgeräte (so beim Rundlaufapparat), manchmal sogar der Beobachter, wenn etwa auf einem laufenden Wagen gemessen werden soll, mit bewegt werden. Dadurch entstehen schädliche Luftströmungen, die besonders bei Anwendung des Rundlaufapparates und grösseren Geschwindigkeiten leicht verhängnisvoll werden. Beobachtet man gar im Freien, so stört die stets vorhandene und kaum fühlbare Luftbewegung die Resultate erheblich.

Man ist daher neuerdings zu der Beobachtungsmethode bei feststehenden Körpern in bewegter Luft übergegangen. In einem Kanal von grossem Querschnitt wird mit einem Ventilator durch Saug- oder Druckwirkung ein kräftiger Luftstrom erzeugt, dem dann die zu untersuchenden Körper ausgesetzt werden. Leider ist ein solcher Luftstrom zunächst nichts weniger als homogen und von gleicher Geschwindigkeit. Die Luftbahnen sind vielmehr schraubenförmig angeordnet und ausserdem noch mit erheblicher Turbulenz behaftet. Durch ein kompliziertes System von Führungen gelingt es schliesslich den Luftstrom so zu richten, dass er auf eine genügende Versuchsstrecke annähernd parallel, gleichförmig und pulsationsfrei ist. Zu dieser Beruhigung ist ein verhältnismässig grosser Energieaufwand erforderlich, der etwa $^1/_3$ des zur Erzeugung des ursprünglichen Luftstromes nötigen beträgt. Die erste grössere Einrichtung dieser Art wurde 1906 auf Anregung von Joukowsky in Kutschino bei Moskau mit einer Röhre von 1,2 m Weite und Geschwindigkeiten bis 6,5 m getroffen und zwar nach dem Vorgange von Charles Renard, der in Meudon bei

Paris einen kleinen Versuchsapparat mit 0,3 m Durchmesser ausprobiert hatte. In noch grösserem Masstab mit einem Kanal von 2 m im Quadrat ist gegenwärtig das aerodynamische Institut in Göttingen von Professor Prandtl ausgestattet, wobei ein 40pferdiger Ventilator verwendet wird, mit dem man 10 m Geschwindigkeit erzeugen kann. Prandtl hat die Vorrichtungen zur Beruhigung des Luftstromes am feinsten ausgebildet, die Abweichungen der Einzelgeschwindigkeiten vom Mittel bleiben unter 2 %. (Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. Bd. 53, S. 1711, 1909.)

Die beiden bisher betrachteten Methoden sind statische, insofern bei ihnen der Luftwiderstand im Beharrungszustande der Bewegung gemessen wird. Es gibt aber auch eine dynamische Methode, die darauf beruht, dass man die Bewegungen studiert, die Körper unter dem Einfluss des Luftwiderstandes ausführen und aus diesen Bewegungen auf die Grösse und Richtung des Luftwiderstandes schliesst. Es handelt sich dabei in erster Linie um Gleitflugversuche in ruhender Luft mittels Modellen, dann um Versuche mit Modellen, die Motoren tragen (zumeist tordierte Gummischnüre). Aber auch Gleitversuche mit bemannten Apparaten, wie sie zuerst von Lilienthal in erfolgreichster Weise durchgeführt wurden, und schliesslich die Flüge mit wirklichen Flugmaschinen können zur Ermittelung des Luftwiderstandes nach dieser dynamischen Methode dienen. Es leuchtet ein, dass Versuche dieser Art am schwersten zu deuten sind und gewissermassen nur als „Experimenta crucis“ gelten können, um die aus den statischen Methoden gewonnenen Ergebnisse im Grossen zu erhärten. Als erfolgreichster Experimentator mit kleinen Gleitflugmodellen hat sich Lanchester bewährt, welcher eine Reihe von schwierigen Versuchen mit kleinen Glimmermodellen dazu benutzt hat, Oberflächenreibung und Luftwiderstand an Aeroplanen getrennt zu bestimmen. Unter den Experimentatoren im Grossen nach der dynamischen Methode stehen zweifellos die Gebrüder Orville und Wilbur Wright obenan. Das

Wenige, was sie über ihre Gleitflugversuche und sonstigen Experimente vor ihren epochemachenden Motorflügen im Jahre 1903 veröffentlicht haben, zeigt, dass sie in durchaus systematischer Weise vorgegangen sind und die beiden sich leicht störenden Forderungen wissenschaftlicher Erkenntnis und technischer Verwertbarkeit in geradezu genialer Weise zu vereinigen wussten. Nichts wäre falscher, als den Erfolg dieser Männer in erster Linie kühnem Draufgängertum und akrobatischer Geschicklichkeit zuzuschreiben; die wissenschaftliche und technische Leistung, die ihre Arbeit gezeitigt hat, sollte sie vor der zweifelhaften Ehre bewahren, mit den Kämpen der Radrennbahn auf gleiche Stufe gestellt zu werden.

Zu den Problemen, welche die Praxis der Luftschifffahrt in den Vordergrund gerückt hat, und die bei dem früheren theoretischen Betrieb der Aerodynamik kaum als Kuriosa gestreift wurden, ist das der Stabilität des Fluges in erster Linie zu zählen. Bei den Lenkballons trat es zuerst auf, als die starken Motoren grössere Geschwindigkeiten ermöglichten. Der nächste Erfolg war eine gesteigerte Instabilität, welche die Lenkbarkeit gänzlich in Frage stellte. Sie wurde praktisch nach dem Vorschlage von Charles Renard dadurch erzielt, dass man den fischförmigen Körper mit passenden Hinterflossen, einer sogenannten Befiederung versah, welche dem Bestreben des ungefiederten Ballonkörpers sich bei einer kleinen Störung seiner parallelen Lage zur Windrichtnng schief, ja schliesslich quer zu ihr zu stellen, entgegentritt, und, wenn sie im richtigen Ausmass gewählt ist, umsomehr entgegentritt, je schneller der Ballon bewegt ist. Ch. Renard hat durch Modellversuche die ablenkenden Kräfte des Luftwiderstandes bei verschiedenen Stellungen des Ballonkörpers studiert und darauf die Theorie der Befiederung begründet, welche erst im Kleinen und später bei allen schneller bewegten Luftballons im Grossen betätigt wurde.

Bei den Flugmaschinen liegt die Frage der Stabilität etwas anders. Schon 1871 hatte Pénaud an freifliegenden

Modellen gezeigt, dass sich durch Anfügung eines ebenen Schwanzes, der gegen die Haupttragflächen unter schwachem Winkel geneigt ist, vollkommene Stabilität erzielen lässt, und seither haben die Erfahrungen an Kastendrachen, die sich von der Schnur loslösten, die Möglichkeit eines automatisch stabilen Fluges ergeben, ja es zeigte sich, dass schon eine ebene Platte mit exzentrischem Schwerpunkt eines solchen Fluges fähig ist. Vor wenigen Jahren hat die von Routh ausgebildete Theorie der Stabilität von Bewegungen einen mathematischen Ansatz ermöglicht, der unter der Voraussetzung der Kenntnis empirischer Daten die Frage nach dem Vorhandensein und dem Grade der Stabilität innerhalb eines sehr kleinen Störungsbereiches mathematisch zu entscheiden und sogar die Schwingungen, die ein Flugkörper unter dem Einfluss kleiner Störungen um die ungestörte Bahn ausführt, zu berechnen gestattet. Ich muss dabei nachtragen, dass schon Joukovsky vor langem (1891), die Bahnen eines annähernd ebenen Flugkörpers unter der Voraussetzung, dass sie unter dem Einfluss der Schwere und eines dem Quadrat der Geschwindigkeit proportionalen hebenden Widerstandes in einer Vertikalebene vor sich gehen, berechnen gelehrt hat. Die erwähnten Schwingungen setzen sich aus zwei gedämpften Grundschwingungen zusammen, von denen eine die andere stark überwiegt, so dass sie zumeist allein zur Geltung kommt. Eine bislang fehlende Vorbedingung für die Anwendung dieser aussichtsreichen Theorie ist die Kenntnis des Luftwiderstandes der Flugmaschine, nicht nur in der Normalstellung zum Wind, sondern auch der Änderung desselben bei den kleinen Abweichungen der Normalstellung, wie sie momentane Störungen der Lage mit sich bringen. Insbesondere mangeln bisher noch alle Angaben über den Luftwiderstand, wenn der Luftstrom aus der Symmetrieebene des Flugkörpers heraustritt, wie das bei räumlich gekrümmten Bahnen stets der Fall ist. Für die Beurteilung der steuernden Wirkung windschief verdrehter Flächen fehlen uns heutzutage noch

alle Grundlagen. Hier ist ein weites Feld für die Arbeit aerodynamischer Institute gegeben.

Ein weiteres Problem von grosser Dringlichkeit im Zusammenhang mit dem Stabilitätsproblem bieten die Luftschrauben. Wir wollen einmal von der allerdings noch sehr wünschenswerten Verbesserung der Wirkung derselben unter normalen Umständen, also wenn sie parallel ihrer Drehachse angeblasen werden, absehen, da wir für diesen Fall eine leidliche Theorie bereits besitzen. Was uns aber noch ganz unbekannt ist und für die Stabilität der heutigen Drachenflieger von Einfluss ist, für die Flugfähigkeit und Lenkung der zukünftigen Schraubenflieger aber geradezu den Ausschlag gibt, das ist das Verhalten von Luftschrauben in beliebig gerichtetem Winde. Schon haben sich bemannte Schraubenflieger längere Zeit in der Luft gehalten und dabei erhebliche Strecken zurückgelegt. Es ist daher an der Zeit, dass die Aerodynamik auch für diese Möglichkeit des Fluges die Grundlagen liefert, was mit den schon im Gebrauch befindlichen Einrichtungen der aerodynamischen Institute geschehen kann.

Allzuleicht liesse sich das Programm dringend nötiger Untersuchungen auf unserm Gebiete vermehren, und sicher werden längst neue Wünsche auftauchen, ehe die schon bestehenden erfüllt sind. Die Errichtung neuer Institute für aerodynamische Forschung ist allenthalben erforderlich. Die einzigen Arbeitsgelegenheiten dieser Art in Deutschland, die Modellversuchsstation in Göttingen und die Schraubenversuchsstation in Lindenberg, sind durch Zuwendungen aus industriellen Kreisen entstanden. Auf die Dauer werden sich aber auch die Staaten den Forderungen der Zeit nicht mehr entziehen können, und da an der Luftschiffahrt im Gegensatz zur Seeschiffahrt alle Staaten gleichmässig beteiligt sind, oder doch in Zukunft sein werden, ist zu hoffen, dass im edlen Wettstreit der Nationen der Wissenschaft und Technik zahlreiche und fruchtbringende Werkstätten erschlossen werden. Unsere Zeit hat den Traum von Jahr-

tausenden in Erfüllung gehen sehen, und ihr ist es vergönnt gewesen, die Luft zu erobern. Dennoch dürfen wir kaum erwarten, dass die Aerodynamik am Aufschwung der Luftschiffahrt in gleichem Masse teilnimmt, oder etwa gar die Führung an sich reisst. Diese wird noch auf lange hinaus dem Wagemut der Konstrukteure und Piloten verbleiben. Gleich der Hydrodynamik oder mehr noch ihrer nützlichen Magd, der Hydraulik, steht auch der Aerodynamik ein harter Kampf mit Beobachtungsschwierigkeiten einerseits und einer kaum übersehbaren Mannigfaltigkeit der Erscheinungen andererseits bevor, bei deren Sichtung von der mathematischen Theorie nicht allzuviel zu erwarten ist. Hoffen wir, dass sich neben den unbedingt nötigen äusseren Mitteln ausdauernde und kritische Beobachter finden werden, die den Kampf mit Erfolg aufnehmen. Sein Ergebnis wird die gesicherte Grundlage für neue Errungenschaften der Luftschiffahrt sein, sein Preis die Bereicherung unserer Kultur.

Psychologie comparée, théorie de la mnème et déterminisme.

Par

M. le Dr. *Auguste Forel,*

ancien professeur de psychiatrie à Zurich.

Les hypothèses métaphysiques, la vieille psychologie scolastique basée sur elles et les préjugés religieux fondés sur une base du même genre ont dénaturé en grande partie l'objectivité et la simplicité de notre jugement scientifique partout où la psychologie entre en ligne de compte.

Et c'est pourtant avec notre *sujet,* avec notre moi psychologique que nous avons élaboré la science! Il y a dans ce fait une singulière ironie sur laquelle je me permets d'attirer votre attention. Cette situation provient de ce que la science n'a longtemps pas osé s'attaquer à l'étude de la psychologie. Elle s'en est détournée avec un saint respect, l'abandonnant aux métaphysiciens qui l'avaient annexée et codifiée à leur guise. Ce fut là un grand tort, dont les suites pèsent encore lourdement sur nous. Heureusement qu'on en revient peu à peu.

Constatons tout d'abord qu'il n'existe aucune antithèse entre le „sujet“ et „l'objet“. Tout ce que nous connaissons, nous le connaissons par la lunette de notre sujet, c'est-à-dire de notre introspection psychologique, si bien qu'il suffit d'éliminer un sens (la vue p. ex.) dès la nais-

sance, pour que toute l'introspection correspondante fasse absolument défaut à notre âme. Ce que nous appelons objectif ou scientifique est de fait tout aussi „subjectif" qu'un sentiment ou qu'une pensée. La différence est la suivante: Nous appelons subjectif ou psychologique notre introspection *directe*, qu'il s'agisse de perceptions sensorielles (vue d'objets, ouïe de sons, etc.), ou de sensations organogènes (faim, soif, malaise d'estomac), ou encore de sentiments (plaisir, terreur), ou de volitions (résolutions prises). Nous appelons *objectif* ou *fait réel* le résultat de la *comparaison* de nos diverses introspections à l'aide de nos mouvements et de nos expériences. Nous contrôlons nos diverses impressions subjectives les unes par les autres et nous en induisons l'existence d'un monde intérieur, d'objets extérieurs et de leurs relations entre eux. — C'est de pareilles comparaisons qu'est sortie toute la science, tout ce que nous savons. Nous les appelons *faits objectifs;* en réalité ce sont des conclusions logiques, tirées des images subjectives de nos sens, comparées entre elles et contrôlées les unes par les autres.

Si nous disons: „*Les mammifères ont le sang chaud*", nous ajoutons que c'est là un fait. En réalité c'est une conclusion par induction. Nous avons donné le nom de mammifères à un grand groupe d'êtres vivants dont nos sens nous ont fait connaître les caractères sous forme de phénomènes (subjectifs pour nous). La comparaison, autant que la répétition, nous ont permis de constater la constance de ces caractères. Parmi eux se trouve la chaleur du sang que nous constatons directement par nos sens et indirectement par le thermomètre (instrument conventionnel). — Donc le simple „fait" dont il s'agit ici se décompose en une immense synthèse d'inductions comparatives et de conclusions, toutes opérées par notre cerveau à l'aide des impressions subjectives de nos sens, et ainsi de suite.

Les notions abstraites de matière et d'énergie p. ex. ne sont rien moins que des faits; ce sont de simples hypo-

thèses, faites à la limite de la métaphysique. On ne peut pas même en excepter les mathématiques pures. En effet, l'esprit de l'enfant, profondément concret, compare entre eux des objets analogues et multiples, les doigts de la main, de petites pierres etc. De leur répétition il déduit peu à peu la notion de nombre. C'est avec les doigts qu'il apprend le plus souvent à compter. Toutes les abstractions — les notions de temps et d'espace comme les autres — sont ainsi déduites petit à petit des impressions dites concrètes de nos sens.

Que pouvons nous donc connaître? Les images de nos sens ne nous fournissent pas la réalité du monde extérieur, ni même celle de notre propre corps, mais seulement un symbolisme sensoriel de cette réalité supposée. Pour l'homme qui a vu et entendu, le monde est coloré et sonore. Pour Hélène Keller, aveugle, sourde et muette dès l'âge d'un an, ce même monde n'existe que par les symboles du toucher, de l'odorat et du goût qu'elle a reçus de lui. Tout ce symbolisme sensoriel du monde et de notre corps, ces phénomènes, comme nous les appelons, ne peuvent nous fournir en outre que des relations entre les symboles de nos sens. Néanmoins, si c'est là tout, absolument tout ce que nous pouvons connaître, c'est déjà beaucoup, car nous possédons un appareil enregistreur et combinateur de ces symboles, notre cerveau, appareil qui fonctionne avec une grande précision et qui a une faculté presque inépuisable d'enregistrement et de combinaison. Puis, grâce à l'écriture et à l'imprimerie, nous enregistrons en outre le travail cérébral de chaque génération à l'usage de nos successeurs.

Cela constaté, il est de toute importance de savoir ce que nous ne pouvons pas connaître, savoir l'absolu et la réalité cosmique supposée du monde. L'homme, qui s'imagine pouvoir tout savoir et percer l'énigme du monde dans sa vie passagère — tant il attache d'importance à son moi — se forge des questions dites métaphysiques et se

paie de mots en s'imaginant y répondre. Il veut savoir, par exemple, si les phénomènes qu'il observe, et qu'il attribue à un quelque chose qu'il désigne du nom de matière ou substance, sont divisibles à l'infini ou non, si l'espace est infini ou fini, et il ne se rend pas compte que cette question est oiseuse, les notions absolues d'infini et de fini étant *impensables,* inaccessibles à notre esprit qui, de par sa nature même, ne peut se mouvoir que dans les relations. Il veut savoir si l'univers a une cause première, absolue, toute puissante et créatrice, ainsi qu'une fin dernière, et il ne voit pas la profonde absurdité de cette question, pour laquelle tout essai de solution aboutit nécessairement à des contradictions intrinsèques, à des tautologies ou à des cercles vicieux. En effet, les notions mêmes de causalité et de détermination sont relatives, et ne peuvent concerner que les rapports entre les symboles de nos sens. Vouloir les transporter dans l'X de l'inconnaissable ou de l'absolu supposé est vouloir un non-sens. Il est encore plus absurde, si possible, après avoir décrété l'existence d'une cause première, toute puissante, sans commencement ni fin (éternelle), de l'affubler de qualités humaines et relatives, de „volonté", des notions toutes relatives du „bien et du mal", pour ne pas parler des religions qui lui attribuent nos sentiments humains de vengeance, de colère, de sympathie etc. — Nous n'avons pas ici à faire le procès des hommes qui veulent absolument se payer de mots et y croire. C'est leur affaire. Mais nous sommes en droit d'exiger que les sophismes et les cercles vicieux de la métaphysique soient exclus du domaine de la science et ne viennent pas prétendre nous octroyer des connaissances ou des révélations inaccessibles au cerveau humain, puis nous les imposer. On peut avoir la foi en des mots, en des sentiments ou en des extases; mais cette foi ne peut revendiquer pour elle les droits de la science, de la logique, de la connaissance en un mot, qui seule fait progresser notre civilisation.

Si l'on nous objecte que la science, elle aussi, fait des hypothèses, je réponds qu'il faut s'entendre. Les *hypothèses proprement dites* ou suppositions à base inductive insuffisante n'ont qu'une valeur passagère. Elles servent à provoquer la discussion et une étude ultérieure des relations entre les phénomènes observés. En général la vérification montre qu'elles sont partiellement ou entièrement fausses et cela amène à des explications plus rapprochées de la vérité. Quand enfin, par corrections successives, l'hypothèse en arrive à rendre un compte à peu près complet et exact d'observations et d'expériences contrôlées et toujours répétées, elle devient *théorie* ou *loi.* Mais même celle-ci demeure sujette à caution *et ne vaut que jusqu'à preuve du contraire.* Jusque là, la théorie ou loi est applicable avec fruit et a droit à être reconnue, ce qui n'est pas le cas de l'hypothèse pure. Voilà la différence. Néanmoins toutes les transitions existent de l'hypothèse à la théorie.

Le dogme au contraire, comme toutes les affirmations arbitraires, métaphysiques ou autres, exige la foi sans preuve scientifique. Qu'il y ait en science des dogmes et des bonzes, qui le niera! Mais ce sont là des hommes qui donnent de la théologie ou de la métaphysique pour de la science. La science, elle, n'en peut mais, et a le devoir de repousser énergiquement leurs prétentions autoritaires.

Cela dit, constatons que la psychologie est du domaine de l'accessible à nos connaissances par introspection directe et indirecte. Ce qu'est l'introspection, sa nature, nous ne pouvons le savoir; c'est là encore une question métaphysique. Nous ne pouvons savoir ce qu'est ce miroitement de notre activité cérébrale qui s'appelle „*avoir conscience de nous*“. Mais nous ne pouvons pas non plus savoir ce qu'est l'„*énergie*“, c'est-à-dire la notion indirectement obtenue du quelque chose qui se cache sous les phénomènes du monde à nous connus; c'est aussi là une question métaphysique.

Par contre, en étudiant les relations de nos introspections directes, et en les comparant à l'étude introspective indirecte des activités cérébrales sur nous-même et sur d'autres êtres vivants, nous pouvons, par une série toujours plus serrée d'inductions, constater de mieux en mieux l'identité réelle des introspections avec l'activité cérébrale, et plus spécialement avec l'activité attentionnelle. C'est là, non une question de métaphysique, mais une question d'observation et d'expérience. En constatant ainsi que l'énergie cérébrale introspectée directement (âme) ou indirectement (cerveau vivant) n'est qu'une seule et même chose, nous ne préjugeons rien en métaphysique, nous ne sommes pas plus „matérialistes" que „spiritualistes", nous ne matérialisons pas plus „l'abstraction esprit" que nous ne spiritualisons „l'abstraction matière". Nous faisons à peu près le même raisonnement scientifique que celui qui nous prouve que la vibration d'un même diapason, vue avec l'œil, perçue avec le tact et entendue avec l'oreille est, en fait, une même réalité du monde extérieur, nous apparaissant par trois symboles divers de trois sens différents, voilà tout. En réalité les notions d'âme et d'activité cérébrale sont des abstractions que nous avons arbitrairement séparées l'une de l'autre par raisonnement analytique dans notre personnalité.

Excusez cette introduction, mais elle était nécessaire. Cela dit, constatons que toute psychologie scientifique est nécessairement comparée. Il faut être bien plus métaphysicien que psychologiste pour oser encore soutenir que la psychologie soit la science de l'introspection directe pure. Pour cela, il faudrait qu'elle fût celle d'un homme vivant seul au monde, sans même la compagnie des animaux, et n'ayant jamais lu ni parlé. — Cette psychologie là n'existe que dans l'ergotage métaphysique des philosophes scolastiques. La psychologie du langage en est la négation même. En effet, le langage, la monnaie des idées et des sentiments, se compose de mots écrits ou parlés qui sont censés représenter des objets ou des notions concrètes ou abstraites,

en commun pour une grande catégorie d'êtres humains. Il suppose donc une psychologie commune et représentable par des symboles conventionnels pour tous ces êtres, c'est-à-dire la comparaison entre la psychologie de chacun d'eux. Le langage s'efforce d'unifier ladite psychologie. On sait qu'il n'y réussit que partiellement, que chacun comprend les mots plus ou moins à sa façon (avec sa psychologie propre). Néanmoins les hommes en arrivent à se communiquer plus ou moins, par la parole et les écrits, leurs psychologies réciproques, et c'est de là que se déduisent, par l'observation et à l'aide de l'expérience, les notions générales de la *psychologie humaine*. Celle-ci est donc, eo ipso, comparée.

Les animaux n'ont pas de langage, c'est vrai, ou du moins ils n'en ont que des rudiments, surtout mimés. Mais le langage de l'homme sert aussi souvent à déguiser qu'à trahir sa pensée. Talleyrand l'a fort bien dit. Tout bon psychologiste le sait, et juge son prochain bien plus par ses actes et par l'expression involontaire et subconsciente de ses sentiments que par le sens de ses paroles. Eh bien! puisqu'il en est ainsi, de quel droit vient-on nous interdire d'en faire autant pour les animaux?

Certains auteurs (Bethe, Uexküll, Loeb même) ont prétendu que la psychologie comparée ne pouvait exister. En ce faisant ils sont tombés en plein et sans s'en rendre compte dans la métaphysique et dans le dualisme. Ce n'est pas avec un mot — „tropisme“ ou autre — qu'on expliquera le „mécanisme“ de la vie, tant qu'on n'aura pas réussi à créer chimiquement une cellule vivante. Or malgré les si intéressantes découvertes sur les colloïdes (je laisse de côté les petits jeux de M. Leduc avec certains précipités ou cristaux) nous en sommes encore à cent lieues. La cellule vivante est un organisme extrêmement complexe, dont le mécanisme primordial présumé est actuellement encore inaccessible à la chimie aussi bien qu'au microscope. Je renvoie aux magnifiques études de M. Stauffacher sur les

noyaux des cellules, présenté ici même à la section de zoologie. Attendons sans rien préjuger et ne prétendons pas résoudre des difficultés par d'autres plus grandes encore. Ce qu'il faut faire, pour demeurer dans le domaine de la science, c'est d'observer et d'expérimenter *en même temps*, aussi bien à l'aide de l'introspection directe de notre „moi", pris comme terme de comparaison, qu'à celle des combinaisons indirectes des résultats de l'introspection par nous, des phénomènes du monde extérieur observés chez les autres hommes et chez les animaux (physiologie et biologie). Il faut de plus nous efforcer de nous entendre aussi bien que possible sur le sens des termes employés.

On objecte toujours le danger de l'anthropomorphisme en psychologie comparée. Je crois que c'est aujourd'hui, en somme, de l'histoire ancienne et que nous avons plus encore à lutter contre le mécanisme à tout prix — c'est-à-dire — contre un faux mécanisme, s'imaginant expliquer la psychologie animale avec les lois chimiques et physiques *actuellement* connues, sans tenir compte des grosses inconnues. Ce mécanisme là est presque aussi pernicieux à la science que le vitalisme qui vient placer une fable mystique, une „force vitale" à la place de ces inconnues, voulant ainsi nous octroyer une métaphysique dont la science n'a que faire. En effet, l'étude des instincts ou automatismes héréditaires a été si bien faite, qu'aucun homme sérieux ne pense aujourd'hui à voir chez eux un raisonnement humain, individuel, réfléchi et plastique ou modifiable. Par contre, on tombe dans un extrême aussi faux en refusant aux animaux toute activité intellectuelle et toute conscience du monde et d'eux mêmes (toute introspection).

Au lieu d'aller chercher midi à 14 heures, voici donc, à mon avis, comment on doit procéder en psychologie animale:

Il faut d'abord observer soigneusement et sans parti pris les faits et gestes des animaux à l'état naturel, en utilisant avant tout leurs appétits vitaux: recherche des

aliments et reproduction de l'espèce. Puis il faut mettre l'instinct en défaut par l'expérimentation, afin de voir à quel point l'animal utilise ses expériences personnelles à l'aide de souvenirs et de leur association. En ce faisant, il faut toujours tenir compte, d'un côté de ce que l'animal fait par instinct héréditaire, sans l'avoir appris, et de l'autre, de ce qu'il est obligé d'apprendre par expérience personnelle. Chemin faisant, on peut apprivoiser, c'est-à-dire dresser l'animal, en d'autres termes, lui enseigner certaines choses que ses congénères ne font pas spontanément. Le dressage qui réussit est toujours une preuve de la faculté d'apprendre (acquis individuel).

Dans toutes ces études, et pour ne pas se méprendre sur les conclusions qu'on en tire, il faut étudier à fond les sensations de chaque espèce animale en expérimentant par élimination sur la façon dont elle utilise ses organes sensoriaux. Le moyen le plus simple est la suppression transitoire ou définitive d'un sens (oblitération des paupières, enlèvement ou, chez les insectes, vernissage de l'œil, etc.). On observe alors comment et jusqu'à quel point tel sens peut guider l'animal à l'exclusion de tel autre, et de quelle façon chaque sens est utilisé. C'est ainsi, par exemple, que j'ai démontré que les abeilles se dirigent par leurs souvenirs visuels et gustatifs et presque pas par l'odorat. C'est par ce procédé aussi que j'ai pu prouver ce que j'ai appelé l'odorat topochimique dans les antennes des fourmis. Ce point mérite quelques mots. Privées de leurs deux antennes, les fourmis sont incapables de s'orienter et de distinguer leurs compagnes de leurs ennemies. A leur aide au contraire, elles reconnaissent tout, même une route compliquée, dans les deux directions, et même quand on les déplace en les remettant au milieu d'une piste déjà parcourue. Comment cela se fait-il? Notre odorat ne nous donne pas connaissance de l'espace, parce que les odeurs arrivent en tourbillon au fond du nez, sans relations déterminées de forme entre elles. Nous sommes donc incapables de nous re-

présenter une topographie par des relations d'odeurs, comme nous nous la représentons par les relations fixes de la forme des objets colorés à l'aide de l'œil. Figurons nous par contre un sens de l'odorat situé au bout de nos doigts, et capable de palper directement la qualité chimique de tous les objets que nous tâtons et même de reconnaître la direction de leurs diverses émanations à courte distance. Cet odorat là nous fournira nécessairement une carte géographique des odeurs du monde extérieur. Nous connaîtrons telle odeur ronde, telle autre carrée, telle autre en fil, telle autre encore appliquée sur un fond dur ou mou, venant d'en haut, de droite, de gauche sur telle et telle surface. Et cet odorat nous fera connaître l'espace et les formes. C'est le cas des insectes à antennes mobiles, capables de palper, et c'est là ce que j'ai appelé *odorat ou sens topochimique.* — Ce simple exemple montre à quel point l'étude attentive des sensations des animaux, même fort éloignés de nous, nous permet de pénétrer leur psychologie. Au lieu d'attribuer leurs erreurs et méprises à leur bêtise, à leur manque d'âme, et leurs découvertes qui nous déjouent à des forces mystiques ou inconnues (Bethe), nous en arrivons à prouver qu'elles tiennent au défaut, ou au contraire à l'acuité et aux propriétés spéciales de tel ou tel sens dans ses relations avec la mémoire et les facultés cérébrales.

Mais ce n'est pas tout. Il faut ensuite observer l'usage que chaque espèce fait de ses données sensorielles et jusqu'à quel point elle est capable de les emmagasiner, et de les utiliser plus tard comme souvenirs. Et ici, ce ne sont plus les organes des sens, mais c'est le développement du cerveau qui détermine les facultés en question. Il y a en somme trois lois qui découlent de l'observation:

1° Les facultés mentales de l'animal dépendent du volume *relatif* du cerveau, c'est-à-dire du plus puissant centre nerveux supérieur superposé aux centres inférieurs, à ceux des neurones périphériques ou cellules d'origine des

nerfs dits moteurs et aux ramifications d'arrivée des nerfs dits sensibles.

2° Le volume *absolu* du cerveau ne peut donner la mesure de la complication des facultés mentales, parce que, chez les gros animaux, chaque organe (muscle, glande, surface de la peau etc.) exige pour vaquer aux plus simples fonctions un bien plus grand nombre d'éléments nerveux que chez les petits. Cela nécessite donc un volume bien plus considérable des centres inférieurs, et aussi du cerveau pour innerver ces derniers, sans que pour cela la complication mentale augmente.

3° Le déchaînement héréditaire automatique d'une série d'actes fort compliqués, mais déterminés, toujours les mêmes, chez les individus de même sexe et de même espèce, se répétant toujours de la même manière et dans un seul et même but — l'instinct en un mot — exige un nombre beaucoup moins considérable de neurones, et, par là, bien moins de substance cérébrale, que la faculté mentale plastique (intelligence de l'individu) qui consiste dans l'utilisation des souvenirs, à l'aide de leur association et de leur combinaison, pour adapter les actes de l'animal à de nouvelles situations imprévues, ainsi que pour préparer de nouveaux actes au moyen de la combinaison des souvenirs.

Je ne m'étendrai pas plus longuement sur la psychologie comparée. Je me contente de constater que l'instinct et l'intelligence, définis comme ci-dessus, de même que les sentiments et la volonté, existent chez les animaux dans des combinaisons et à des degrés très divers. Il suffit d'une analyse soigneuse, faite sans parti-pris, pour s'en assurer. Les prétendues facultés de l'âme qu'on a voulu attribuer spécialement à l'homme ne sont que des degrés supérieurs de complication, en particulier dans le domaine des combinaisons plastiques. Le chien se souvient, combine ses souvenirs, en tire des conclusions, parle du regard, de la queue et des oreilles, a des sentiments d'affection, de haine et de colère, a mauvaise conscience quand il a enfreint un ordre

de son maître en cédant à un appétit, prend des résolutions, etc. Nous n'avons aucune raison pour lui refuser une conscience de son moi, des autres chiens, des hommes et du monde extérieur. Nous ne pouvons sans doute juger directement des qualités spéciales de ses sensations, de ses états de conscience en général, mais nous ne le pouvons pas non plus pour nos semblables (je ne cite que le daltoniste, ou encore le musicien pour celui auquel le sens musical fait défaut). Toutes les observations indirectes nous prouvent néanmoins que les sensations et réactions du chien sont fort parentes des nôtres et diffèrent d'elles surtout par une moindre complication. On refuse aux animaux la faculté d'abstraction. Mais on oublie que cette faculté n'est qu'une exagération de la synthèse des ressouvenirs. Ces synthèses ou représentations générales sont appelées abstractions dès que nous les désignons par un symbole ou mot. Il est vrai que le langage développe énormément la faculté d'abstraction. Mais on enseigne aussi aux animaux supérieurs à comprendre des signes conventionnels. C'est là un rudiment de langage. La différence est dans le degré et ne dépend que du développement du cerveau. Encore une fois, toutes nos idées dites abstraites sont dérivées de sensations concrètes fondues en grandes synthèses. La notion de mal par exemple est la synthèse de tous les phénomènes que nous avons reconnus être nuisibles à notre moi et (par une extension due aux sentiments de sympathie dits altruistes) à nos semblables, et ainsi de suite.

Théorie de la mnème. Les considérations qui précèdent nous amènent à une exigence formelle, celle de l'étude de la psychologie à la fois par ses deux côtés, l'introspection directe et les conclusions indirectes de l'observation et de l'expérience sur le moi et le non moi. Une psychologie aussi bâtarde que moderne a inventé le mot *parallélisme* pour séparer ces deux côtés de l'étude des fonctions du cerveau ou de l'âme. C'est là une équivoque, une concession tacite faite par l'hypothèse, seule soutenable

de l'identité psychophysiologique ou monisme, au dualisme traditionnel entre le cerveau et l'âme. Tous deux peuvent s'abriter provisoirement sous cet oracle de Delphes, pour faire croire au public qu'ils ont trouvé une formule d'entente. Aucun penseur sérieux ne s'y laissera prendre. Le cerveau et l'âme ne sont pas plus parallèles, l'un avec l'autre, qu'un miroir avec l'image qu'il reflète. Et si c'étaient deux choses, rien ne serait moins „parallèle“ que les deux modes par lesquels nous les étudions. Ce qui nous a fait défaut jusqu'ici, ce n'est pas la possibilité d'une méthode commune d'investigation, mais simplement une bonne terminologie, un symbolisme approprié à l'étude sans parti pris des phénomènes de la psychologie, étude faite *à la fois* par les deux méthodes que nous avons indiquées. Nous souffrons, d'un côté d'une terminologie surannée que nous a léguée la psychologie métaphysique scolastique dont j'ai parlé au début, et de l'autre d'une terminologie physiologique mécaniste tout aussi exclusive qui ne sait voir partout que des „réflexes“ et des inhibitions. La première est partie des nébuleuses célestes et la seconde des terriers de la taupe. Faut-il s'étonner qu'elles ne sachent voir clair ni l'une, ni l'autre à la surface de la planète où nous vivons et soient incapables de s'entendre et de se voir à la modeste clarté de nos sens et sous les rayons solaires qui éclairent nos actes?

Frappé des analogies entre les habitudes acquises, l'instinct et le développement ontogénique et phylogénique des êtres, un physiologiste de génie, Ewald Hering, en a fait une courte synthèse, presque résumée en ces mots: „*L'instinct est une mémoire de l'espèce*“. — Lorsqu'un érudit ou un professeur écrit un gros livre pour reclasser, critiquer ou commenter des théories ou des faits déjà connus, en y ajoutant ou n'y ajoutant pas quelque nouvelle dénomination, on admire et l'on donne son assentiment à l'œuvre magistrale. Mais quand il s'agit d'idées vraiment nouvelles et hardies, on se moque de prime abord; on les répudie

parce qu'elles viennent déranger les traditions reçues. Tel fut aussi le cas de l'idée de Hering, de sorte qu'il ne la poursuivit pas. Néanmoins la semence avait germé. R. Semon comprit que là-dessous se cachait une grande loi de la vie organique qu'il appela la loi de la mnème. Et pour bien préciser son indépendance de toute hypothèse métaphysique tacite ou explicite, par conséquent des exclusivismes mécaniste et spiritualiste, ainsi que de leurs terminologies respectives, il institua, pour les besoins les plus urgents du moins, une terminologie neutre, applicable aussi bien à l'introspection ou conscience *directe* du moi et du non moi, qu'à leur étude *indirecte* et comparative par induction.

Semon part de l'action des *complexus d'irritations* provenant du monde extérieur et venant — d'une façon générale — exciter la matière organique vivante — et, d'une façon plus spéciale, les organes des sens chez les animaux et chez l'homme. Ces complexus viennent modifier l'état moléculaire de la substance vivante d'une façon encore inexpliquée, mais correspondant à la disposition relative des parties constituantes du complexus irritateur et à celle des surfaces réceptrices (Reizpforten, portes d'entrée des impressions) de la substance organique vivante (organes des sens). Ces dernières sont ordinairement disposées d'une façon adéquate aux complexus irritateurs correspondants. Nous en avons cité sommairement un exemple à propos du sens topochimique des antennes de certains insectes. Semon appelle *engramme* la modification moléculaire de la substance vivante ainsi produite par des complexus d'irritations. La substance organique a la propriété de conserver les engrammes, de les enregistrer comme des photographies toujours renouvelées et superposées du monde extérieur. L'*engraphie* est le fait de recevoir et de fixer des engrammes. La *mnème acquise* ou individuelle est la somme des engrammes enregistrés par un individu de sa naissance à sa mort, la *mnème héréditaire,* celle des engrammes transmis

aux descendants par les germes sous forme d'énergie latente, cumulée dans la phylogénie, et devenant active (kinétique) dans l'ontogénie. — Cette énergie mnémique héréditaire apparaît morphologiquement dans le développement des phases embryonnaires, physiologiquement dans leurs fonctions, dans les instincts et dans les dispositions héréditaires, introspectivement dans le fond même de la structure de notre pensée, de nos sentiments, de nos passions, de nos déterminations psychiques en un mot.

Mais l'engramme devient latent dès que l'irritation originaire qui l'a produit cesse (ou plutôt peu après, car il se produit encore une phase d'oscillation décroissante de l'irritation que Semon appelle *phase acolute*). Le phénomène fondamental de la mémoire et de l'hérédité est la faculté qu'a la substance vivante de *revivifier* ou de *réactiver* l'engramme, dans ses lignes essentielles du moins, soit par suite d'un retour seulement partiel, soit par suite d'un retour affaibli du complexus irritateur original, retour qui peut donc être constitué *par une simple petite partie d'un complexus engraphié*. C'est là le phénomène que Semon appelle l'*ecphorie* et que nous observons dans nos souvenirs.

La loi de l'engraphie est la suivante:

„*Toutes les irritations se produisant simultanément dans un organisme constituent un complexus simultané et associé d'irritations qui s'engraphient comme telles, c'est-à-dire qui laissent un complexus correspondant d'engrammes formant un tout* (*complexus des engrammes simultanés*)."

La loi de l'ecphorie peut être formulée comme suit:

„*Le retour partiel de la situation energétique qui avait déterminé un engramme suffit pour ecphorer le complexus entier des engrammes simultanés qui avaient été produits la première fois.*" —

Les complexus d'engrammes (l'engramme unique n'existe qu'en théorie) peuvent s'associer en séries successives

et ces successions demeurent latentes et fixées, comme les composantes d'un complexus simultané dont elles ne forment pour ainsi dire qu'un sous-groupe. Elles s'en distinguent néanmoins par leur ecphorie qui est successive pour chaque composante du complexus, correspondant ainsi à la succession des irritations originales du complexus primitif. Ainsi les phases successives de l'ontogénie constituent l'ecphorie successive de complexus simultanés de la mnème héréditaire, comme le souvenir acoustique de l'ouverture de Faust, exécutée par un orchestre, constitue l'ecphorie des complexus simultanés de chaque ensemble joué par les divers instruments.

Si nous prenons le côté cérébral seul de la question, nous reconnaissons dans le jeu de nos représentations ou souvenirs (pensées successives) l'ecphorie successive de complexus simultanés (complexus de souvenirs ou sensations mnémiques) dont les originaux ou perceptions avaient été produits par l'engraphie d'irritations sensorielles combinées.

La série continue et successive des complexus simultanés originaux d'irritations se combine avec celle des ecphories mnémiques, car chaque ecphorie forme immédiatement un nouvel engramme. Ensemble, elles constituent donc comme une série de couches successives latentes qui forment le dossier individuel de notre mnème acquise. Le complexus simultané de l'instant actuel constitue à chaque moment la couche supérieure de ce dossier. Semon prouve que l'engraphie simultanée a lieu indifféremment dans toutes les directions, tandis que l'engraphie successive, toujours polarisée du passé au futur, ne peut être ecphorée facilement que dans le même sens. Qu'on essaie de lire les lettres et les mots en sens inverse ou de chanter une mélodie connue en commençant par la dernière note et en terminant par la première et on le verra. De même, une chenille qui file son cocon et qu'on place dans un cocon semblable, mais moins avancé, saura le continuer, tandis qu'elle sera perdue si on la place dans un cocon plus avancé que la

dernière phase de la succession qu'elle avait ecphorée. Elle est perdue, parce que la phase directement antécédente fait défaut dans la succession de ses actes.

Quand un complexus d'irritations originales ou mnémiques est identique, ou à peu près, à un complexus antécédent, son ecphorie produit avec ce dernier un phénomène non pas de fusion, mais de revêtement que Semon appelle *homophonie mnémique*. Le résultat de l'homophonie (de la répétition) est d'augmenter non pas *l'intensité*, mais la *netteté* des engrammes, ce que Semon appelle leur *vividité*. Les détails deviennent d'autant plus précis et nets. Un bruit peut être intense et confus, un pianissimo très net et clair, très *vivide*.

Quand, entre deux complexus simultanés, homophones, du reste identiques, il existe une différence marquée sur un point ou l'autre, cette différence appelle l'attention (un chef d'orchestre remarque par exemple la moindre erreur commise par un musicien). Elle constitue alors ce que Semon appelle *différentielle de la sensation* et s'engraphie pour son compte.

Correspondant aux portes d'entrées des impressions ou irritations constituées par les terminaisons nerveuses de nos organes sensoriels, nos complexus de sensations simultanées sont disposés en *champs sensoriels* (Empfindungsfelder), comme par exemple le champ visuel. Tout comme les mêmes terminaisons nerveuses ne peuvent être excitées à la fois par deux irritations de qualité différente (à moins qu'il ne se produise un mélange), de même en est-il pour les sensations originales ou mnémiques. Alors une seule des sensations apparaît et l'autre demeure latente, ou bien il se produit une oscillation entre les deux. C'est le cas lorsque, sur la même place du champ visuel, par exemple lors d'une homophonie, il se produit une différentielle. Les champs visuels de nos deux yeux se recouvrent ou se revêtent l'un l'autre, on le sait, en nous donnant la vue stéréoscopique. Cela augmente la netteté, mais non l'intensité

de la vue. Semon place dans un stéréoscope deux timbres postes, identiques sauf à deux ou trois places. Eh bien, aux places contenant des différentielles, on observe soit une oscillation alternante de deux figures, soit quelque chose de confus. Qu'on adapte un quart d'heure un œil à une forte lumière et l'autre à l'obscurité, puis qu'on regarde subitement sous un demi jour avec les deux yeux ; on sera *ébloui*, mais dès qu'on fermera l'un ou l'autre œil, l'éblouissement, effet de la différentielle d'intensité dans le même champ visuel, cessera aussitôt, et ainsi de suite. En phylogénie, la loi dite de Mendel correspond à une altèrnance, par suite d'homophonie avec différentielles.

L'homophonie a lieu, tant entre les complexus originaux entre eux, qu'entre les mnémiques entre eux et entre mnémiques et originaux. On peut dire que toutes nos perceptions et tous nos souvenirs sont homophones, et influencés ainsi par leurs engraphies et ecphories antécédentes, sans que nous en ayons conscience. Nous *voyons* le dessin d'un cube sur papier plat comme cube (tant avec un œil qu'avec les deux), lors même qu'en réalité c'est un carré et deux losanges. Pourquoi? Parce que l'image vient vibrer d'une façon homophone avec celle des cubes réels que nous avons vus stéréoscopiquement des deux yeux, dans notre vie, et nous en donne l'illusion, à cause de sa grande analogie avec elle ; nous la *voyons* comme cube. Toute la perspective des tableaux repose sur ce fait. Nous *voyons* donc et nous percevons d'une façon générale, non pas uniquement par le complexus actuel d'irritations de nos sens, mais par son homophonie commune avec les complexus très semblables du passé, engraphiés dans notre cerveau.

D'une façon générale, les complexus originaux (perceptions) sont beaucoup plus *vivides* (plus nets) que les complexus mnémiques ou souvenirs (représentations internes). Et c'est pour cela surtout que nous les projetons au dehors, dans le monde extérieur, dans le non moi. Cela provient de ce que, dans l'ecphorie mnémique d'un complexus, les

parties du complexus moins nettement engraphiées lors de l'irritation originale ne reparaissent plus; elles se sont effacées. Semon compare l'ecphorie à une réapparition des sommets alpestres les plus accentués, alors que les vallées et les collines demeurent dans le brouillard. En réalité ces bas fonds n'ont pas disparu. Ils demeurent dans le *subconscient* et peuvent être ecphorés dans des circonstances spéciales, ainsi dans le somnambulisme; ils nous influencent même souvent à notre insu. Dans mes cours de Zurich, il y a environ 15 ans, j'ai employé la même comparaison en parlant des sommets de montagnes ou de vagues apparaissant seuls sur le seuil de notre conscience, alors que les vallées et les côteaux, tout en demeurant dans le subconscient (dans le brouillard), n'en supportent pas moins les sommets et dirigent même (subconsciemment) le mouvement des vagues.

Mais, si d'un côté la répétition fréquente de l'ecphorie d'un même complexus revivifiant et associant à nouveau les dits sommets entre eux produit leur homophonie et les rend de plus en plus nets et vivides; d'un autre côté les sensations mnémiques les plus vivides le sont plus que les sensations originales les plus pâles, et certaines circonstances peuvent augmenter la vividité d'un complexus (ainsi la dissociation à l'état de sommeil, dans lequel les irritations sensorielles sont inhibées). C'est le cas des *hallucinations* qui nous font l'effet de perceptions et qui sont normales dans nos rèves. On peut les produire par la suggestion (Hypnose). J'ai fait des expériences qui montrent qu'en cas d'antagonisme entre un complexus original et un complexus mnémique dans le même champ sensoriel, on peut, chez les sujets très suggestibles, arriver à supplanter le complexus original par le complexus mnémique, la perception par l'hallucination. J'ai ainsi endormi par la suggestion une dame très honnête et très intelligente et je lui ai suggéré à deux ou trois reprises qu'elle verrait à son réveil, sur un fauteuil, un gros perroquet

rouge et bleu (aras), bien distinct et opaque. Elle le vit chaque fois nettement. Alors j'écrivis en gros caractères sur une longue bande de papier (en allemand): „L'existence est souvent bien compliquée“ (Das Leben ist ein kompliziertes Dasein). Pendant le sommeil hypnotique de la dame, je plaçai cette bande de papier contre le dos du fauteuil, de façon à en faire recouvrir la dernière partie par l'hallucination du perroquet. Naturellement je n'avais prévenu la dame de rien du tout. Aussitôt après avoir donné la suggestion du perroquet, je plaçai la bande de papier comme je viens de le dire et je réveillai la dame que je n'avais pas perdue des yeux et je la priai de lire. Elle lut: „L'existence est souvent....“ et ne put plus lire la fin, cachée par le perroquet halluciné, ce qu'elle me confirma. L'honnêteté exemplaire de cette dame que je n'avais pas prévenue de mon expérience en garantit l'exactitude. Du reste cette expérience ne fait que confirmer celle des hallucinations négatives de Bernheim, toujours complétées par l'hallucination positive de ce qui est caché derrière l'objet réel. Dans mon livre sur l'Hypnotisme j'ai même posé en fait que, dans le domaine, de la vie, toute hallucination négative est complétée par une positive, et toute positive par une négative, si elle est absolue, c'est-à-dire opaque (non transparente).

Semon distingue avec raison entre l'association, prise dans un sens exact ou restreint et l'ecphorie. L'association désigne la liaison fixée des diverses composantes d'un complexus d'engrammes, simultanément ou successivement déposés dans les couches subséquentes de notre dossier individuel. L'ecphorie, par contre, désigne un processus d'activité, de revivification des complexus d'engrammes par le retour d'une partie de la situation énergétique qui les avait produits. Ce qu'on a appelé associations par contraste et ressemblance sont donc des ecphories et non pas des associations. En général, en psychologie, on a beaucoup confondu l'association et l'ecphorie sous le terme d'association.

L'ecphorie des engrammes est fortement influencée par le phénomène de l'attention, c'est-à-dire de ce point de concentration de l'activité cérébrale qui marche d'un groupe de neurones à l'autre et d'un complexus d'engrammes à l'autre, comme une tache jaune dynamique et mobile, ainsi que je l'ai désignée dans le temps. En se concentrant fortement sur un point spécial du complexus simultané, l'attention fait pâlir le reste. Ainsi elle provoque l'ecphorie de certains détails d'un complexus et peut les associer à nouveau (dans un nouveau complexus) avec tel détail pris dans un autre complexus. Je regarde l'un après l'autre les deux tiroirs de ma table. Cela forme deux complexus visuels engraphiés, un pour chaque tiroir. Mais je puis, en les ecphorant chacun comme souvenir, fixer mon attention sur une boite rouge du tiroir droit et sur un marteau du tiroir gauche, puis placer „en esprit", c'est-à-dire associer dans mon champ visuel représenté, le marteau seul, avec la boite rouge, pensée à son extrémité. En ce faisant, je constitue un nouvel engramme tiré de deux complexus mnémiques. C'est là le jeu de ce que nous appelons *l'imagination*, et c'est par des procédés analogues, et en comparant entre eux un grand nombre d'engrammes semblables que nous en tirons peu à peu nos abstractions.

Les sentiments s'engraphient et s'associent comme les sensations et avec elles. De même les volitions, c'est-à-dire la préparation mnémique des ecphories futures de nos actes et de nos pensées. Tout mouvement complexe intentionné renferme, en lui même, une direction vers l'avenir. Un caractère fort accusé du détail des complexus d'engrammes moteurs (psycho-moteurs), c'est que nous n'en avons jamais conscience, si complexe qu'il puisse être. Nous voyons ses effets, mais nous ne sentons pas le détail de ses innervations. Tel, par exemple, le complexus du jeu du piano. Nous sommes conscients de la mélodie entendue, mais pas de l'innervation de nos doigts.

Notons à ce propos que Semon distingue, avec grande raison, entre la localisation des successions de notre dossier

de complexus d'engrammes, localisation qu'il appelle *chronogène*, et les localisations cérébrales bien connues, selon les provinces sensorielles et motrices de l'écorce cérébrale, localisations qu'il appelle *topogènes*. Ces dernières, on le sait, sont délimitées par les connexions anatomiques des neurones sensoriels avec certaines provinces de l'écorce, par l'entremise de groupes de neurones intermédiaires des centres de la base du cerveau.

En résumé, la Mnème représente la faculté inhérente à la substance vivante de conserver comme tels, et dans leurs connexions intimes, les complexus d'excitations venant du monde extérieur l'irriter et s'imprimer en elle sous forme d'engrammes (de complexus d'énergie latente), puis de les réactiver, tout en les combinant à nouveau par le phénomène de l'ecphorie, à l'aide d'un retour partiel ou affaibli d'irritations semblables.

Les phénomènes mnémiques peuvent être reconnus et étudiés aussi bien par l'introspection directe que par la méthode indirecte de l'observation et de l'expérience. La loi de la mnème représente le développement compliqué des lois de la conservation et des transformations de l'énergie ou du travail dans le domaine de la vie organique.

Je n'ai pu vous donner qu'un aperçu aussi cursif qu'incomplet de l'œuvre de Semon, parue dans deux livres: *La mnème en tant que principe conservateur dans les changements du déchaînement de la vie organique* (Die Mneme als erhaltendes Prinzip im Wechsel des organischen Geschehens), 1904 (2me édition 1908) et *Les sensations mnémiques* (Die mnemischen Empfindungen) 1909. Mais j'en recommande l'étude approfondie à chacun. Plus on avance dans cette étude, plus on la trouve féconde. Du reste Semon nous promet la continuation de l'étude de la mnème dans d'autres domaines (pathologie etc.).

La terminologie simple et clairement définie de Semon nous permet de trouver notre chemin au milieu de la confusion occasionnée par le manque de rapport entre les

termes de la vieille psychologie, sortie de la métaphysique et ceux de la physiologie qui a voulu faire abstraction de la psychologie. Ces termes sont vagues et inexacts. Les „idées innées“ des anciens philosophes n'existent pas. La conscience morale n'est rien moins qu'un impératif catégorique; elle est un dérivé des sentiments de sympathie associés à des engrammes acquis, considérés comme objets du sentiment du devoir. Nous avons vu un exemple des confusions faites dans la notion d'association etc. etc. De son côté la physiologie a abusé des termes de réflexe, d'inhibition etc. comme une taupe qui voudrait parler des couleurs et n'aurait qu'un mot pour les désigner, faute de les avoir vues. Il faut s'aider de la psychologie humaine et animale pour comprendre de plus en plus la physiologie du cerveau.

Ce n'est pas un pur hasard, que cette convergence de l'instinct social des insectes sociaux, de l'esclavagisme des fourmis, de leur aide mutuelle, de leur dévoûment, de la façon dont elles soignent leur bétail (les pucerons), dont elles jardinent certains champignons, dont elles tissent la soie à l'aide de leurs larves, dont elles se font des guerres, avec effets de désespoir, de perte de tout courage chez les vaincus et de témérité chez les vainqueurs etc. etc., que cette convergence, dis-je, des instincts sociaux de petits insectes avec les actes sociaux, raisonnés individuellement, des animaux supérieurs et, tout spécialement, de l'homme.

Tandis que les anciens auteurs anthropomorphisants voyaient chez les insectes des raisonnements humains en miniature, nos mécanistes modernes, disciples inconscients de Descartes, n'y voient que réflexes, tropismes, machines etc. La vérité n'est ni l'un, ni l'autre. L'étude des lois de l'hérédité, de l'évolution et de la mnème nous fait saisir une grande loi du déchaînement organique dans les êtres vivants, loi qui arrive à des effets semblables par des voies diverses, quand certaines conditions spéciales qui exigent les dits effets viennent activer et déterminer le déchaînement or-

ganique dans leur sens. La vie sociale est au nombre de ces conditions. Et nous la voyons produire des activités sociales semblables, spécialisées une fois, en très majeure partie, à l'aide de la mnème héréditaire (instinct) dans le petit cerveau de l'insecte, une autre fois, en grande partie, à l'aide de la mnème individuelle chez l'homme. Du reste nous nous faisons une vaste illusion sur nous-même en attribuant toutes nos actions complexes, nos mœurs et nos découvertes à la sagesse de nos raisonnements. Ces derniers éclosent sur la base de grandes *dispositions* congénitales qui sont latentes dans notre mnème héréditaire. Et le reste, nous le devons à l'encyclopédie écrite qui est le fruit du travail de nos prédécesseurs, et aux enseignements que nous avons reçus des autres dans le courant de notre vie. Si notre travail individuel vient y ajouter son produit, n'oublions pas que ce travail lui-même n'est, à chaque instant, que la résultante de nos énergies héritées, combinées à notre acquis et à l'influence de l'ambiance. Alors nous serons plus modestes. La loi de la mnème unifie donc deux grandes lois de toute la vie organique, lois que nous observons en particulier dans notre propre individualité phylogénique et ontogénique à chaque instant de notre existence: 1° la loi de l'hérédité qui représente la phylogénie et ses ecphories dans le cours de l'ontogénie, de la procréation à la mort, et 2° la loi de l'exercice ou de la répétition (entraînement) qui représente l'acquis pendant le développement individuel ontogénique. C'est à Hering et à Semon que nous devons leur synthèse.

Le résultat de notre aperçu èst qu'il ne reste rien, aucun résidu psychologique quelconque, permettant d'affirmer l'existence d'une âme indépendante du cerveau vivant, d'une liberté de notre arbitre ou de notre volonté. Celle-ci est déterminée à chaque seconde par l'ensemble de notre mnème héréditaire et acquise, tant consciente que subconsciente. Mais il s'agit là de ce que seuls nous pouvons connaître, c'est-à-dire de la détermination d'un effet

par des causes ou d'une réaction par des actions dans le domaine des relations entre les phénomènes ou symboles que nous ont fournis nos sens, et qu'a travaillés notre cerveau.

Les prétendues questions métaphysiques, ces fameux problèmes qui — nous l'avons vu — n'en sont pas, demeurent, après comme avant, dans leur *obscurité* absolue, le seul absolu que nous connaissions, c'est-à-dire celui de notre ignorance absolue de l'inconnaissable (tautologie évidente et digne de la métaphysique!).

Le déterminisme n'a donc aucun rapport avec le fatalisme. Ce dernier est une doctrine métaphysique qui prétend que, dans l'Univers, une cause première absolue — Dieu ou le Destin — a prédestiné tout et pour toujours dans ses moindres détails, de sorte que le futur, comme le passé et le présent, est absolument et en tout point prédestiné. C'est là la doctrine de Mahomet et de Calvin par exemple. Inutile de répéter que ce dogme absolu vaut ce que valent tous ses congénères, c'est à dire zéro. Dans les domaines où l'on ne peut rien savoir, on peut tout affirmer. C'est en effet, par exemple, dans les domaines où la médecine sait le moins que les médecins affirment souvent le plus. C'est aussi probablement la raison pour laquelle les théologiens sont souvent si affirmatifs. Notons que les lois de la conservation de l'énergie (ou du travail, comme dit Mach) et de l'antagonisme ou entropie, sont des cas particuliers de la loi générale de causalité. Celle-ci concerne seulement les phénomènes naturels du monde que nous observons, notre psychologie y comprise; elle ne peut pas plus les dépasser que tout le reste de ce que nous connaissons. Or le fatalisme suppose que les enchaînements, déterminés dans leur quantité et sans doute aussi dans leur qualité par cette loi et tels que nous les observons, ont été fixés d'avance en tout point par le . . . „*destin*". C'est là une supposition gratuite. Nous ne savons rien des causes primitives supposées. Nous ne pou-

vons pas nous en faire la moindre idée. Elles peuvent être multiples, de qualités diverses, permettre des solutions variées et prédestiner ou ne pas prédestiner l'avenir ; du reste, tout cela ne sont que des mots vides de sens à leur égard. Sachons donc demeurer dans le domaine de notre faculté de connaissance et dire :

provisoirement *Ignoramus* dans les domaines encore inexplorés de la science,

et définitivement *Ignorabimus* dans le domaine des prétendues questions ou plutôt des tautologies, et des cercles vicieux (des pseudoquestions) dites métaphysiques ; mais seulement et uniquement dans ce domaine. Cet Ignorabimus implique en même temps pour nous le devoir de veiller à ce qu'aucun dogme autoritaire sur l'inconnaissable ne vienne s'imposer aux hommes, en particulier à la jeunesse, et paralyser ainsi le progrès de la science, en entretenant systématiquement l'ignorance du peuple sur le connu et le connaissable.

Et là-dessus, travaillons à approfondir nos connaissances dans le domaine du connaissable, spécialement dans celui de la psychologie, pour le bien de nos semblables et en nous débarrassant de plus en plus des partis pris et des préjugés. Il n'est certes pas trop tôt pour introduire la psychologie scientifique comme objet d'enseignement dans nos universités.

Über die Geschichte der Tierwelt von Ceylon.

Von

Fritz Sarasin.

Eine in früheren Jahren versuchte Darstellung der Besiedelungsgeschichte der Insel Celebes[1]), über welche ich Ihnen an der Jahresversammlung zu Thusis 1900 zu berichten die Ehre gehabt habe, hatte ergeben, dass die Tierwelt von Celebes eine verhältnismässig moderne pliopleistocäne Mischfauna aus vier benachbarten Gebieten darstellt, bezogen auf heute versunkenen, nur durch Inselreihen noch markierten Landbrücken nach Java, den Philippinen, dem kleinen Sundagebiet und den Molukken, nicht aber nach der Celebes am meisten genäherten (an einer Stelle bis 110 km.) Insel Borneo. Diese moderne Mischfauna fand sich vergesellschaftet mit einem kleinen Reste einer älteren, vielleicht miocänen Invasionsperiode. Alle damals in Vergleich gezogenen Tiergruppen, Wirbellose und Wirbeltiere bis hinauf zu den Säugetieren, hatten übereinstimmend ein- und dasselbe Ergebnis geliefert.

Es musste locken, die für Celebes angewandte Forschungsmethode an einem anderen Objekte zu prüfen, und da lag es für mich nahe, hiefür die Insel *Ceylon* zu wählen, einmal wegen eigener genauer Bekanntschaft speziell mit diesem Gebiete und dann, weil diese Insel zum vorderindischen Festland in einem, wenn auch nicht genau entsprechenden, so doch ähnlichen Lageverhältnis sich befindet, wie Celebes zu den umgebenden Inseln. Es hätten

---

[1]) *P. und F. Sarasin.* Über die Geologische Geschichte der Insel Celebes auf Grund der Tierverbreitung, Materialien zur Naturgeschichte der Insel Celebes, 3, 1901.

sich somit auch ähnliche Besiedelungsverhältnisse erwarten lassen.

Es ist schwierig, in einem Vortrag tiergeographische Probleme zu behandeln, ohne mit Namen von Tierarten zu ermüden. Ich werde dies möglichst zu vermeiden suchen, indem ich das ganze zoologische Beweismaterial, ebenso wie die Besprechung der Litteratur, auf die definitive Arbeit verschiebe. Auch werde ich nur wenige Tiergruppen heranziehen, in der Hauptsache bloss die *Reptilien* und *Amphibien* und zum Vergleich die *Säugetiere* und zwar nicht etwa, weil die aus diesen beiden Gruppen erhaltenen Resultate besonders gut mit einander übereinstimmen, sondern ganz im Gegenteil, weil sie gründlich von einander abweichen, woraus sich bedeutsame erdgeschichtliche Schlüsse entwickeln lassen. Im Vergleich zu Celebes ergibt sich z. B. hieraus sofort ein tiefer Gegensatz. Celebes kann erst zu einer Zeit besiedelt worden sein, als alle Tiergruppen schon gleichmässig entwickelt waren, es ist eine moderne Insel. Die Geschichte von Ceylon dagegen geht viel weiter zurück.

Ceylon besteht aus einem im Südwesten sich erhebenden, aus Gneiss bestehenden Gebirgsstock, umgeben von Flachland im Süden, Osten und am ausgedehntesten im Norden, aus welchem allenthalben kleinere, isolierte Gebirgsinseln und Gneissdome aufragen. Es streckt nordwestwärts zwei ganz flache, aus Sand- und Koralleninseln gebildete Arme Südindien entgegen, von einander durch das seichte Becken der Palkbai getrennt. Die Distanzen vom Festland nach Ceylon betragen mit Einschluss der zwischenliegenden Inseln nur etwa 80—100 Kilometer. Der südwestliche der beiden Arme ist der bei weitem vollständigere, es ist das die berühmte *Adamsbrücke*. Eine Strandverschiebung von 5 m. würde hier Ceylon mit dem Festland verbinden.

An *Reptilien* und *Amphibien* besitzt Ceylon, mit Ausschluss der rein marinen Arten, nach meiner Zusammen-

stellung 154 Spezies, welche auf 68 Gattungen sich verteilen, Celebes bloss 50 Gattungen mit 114 Arten. Ceylon ist also sehr viel reicher, als das fast dreimal grössere Celebes; es besitzt aber auch, trotzdem es dem Festland viel mehr genähert und viel enger mit ihm verbunden erscheint, als Celebes mit seinen Nachbargebieten, weit mehr ihm eigentümliche, endemische Formen. Während nämlich auf Ceylon fast die Hälfte aller Arten (69), sowie 8 Gattungen in ihrer Verbreitung auf die Insel beschränkt sind, ist dies auf Celebes kaum ein Drittel (36) und nur ein einziges, wenig charakteristisches Genus. Auch hierin spiegelt sich eine ganz verschiedene Tiergeschichte der beiden Inseln.

Auch andere Tiergruppen zeigen auf Ceylon einen enormen Endemismus. In der Molluskenfamilie der *Cyclophoriden* z. B. sind von 66 Arten 62, also mehr als $^9/_{10}$ der Insel eigen, bei den *Testacelliden* und *Zonitiden* ca. $^4/_5$. Hiezu eine Reihe eigener Gattungen.

Total anders präsentieren sich die ceylonischen *Säugetiere.* Keine einzige der über 40 in Ceylon vertretenen Gattungen ist der Insel eigentümlich, von Arten bloss einige wenige, vielleicht ein Dutzend; aber alle stehen festländischen Arten nahe, sind eigentlich nur Lokalformen vorderindischer Spezies.

Vorderindien, mit dem wir nun zunächst unsere ceylonische Kriechtierfauna vergleichen wollen, wird von den Geologen und Geographen in drei Teile geteilt: 1) der Himalaya und seine Nachbargebirge im Nordwesten und Nordosten, 2) die gewaltige Alluvialebene des Indus und des Ganges und 3) die eigentliche Halbinsel südlich davon bis zum Kap Komorin. Tiergeographisch hat diese Einteilung keinen Wert. Das Gebiet vielmehr, welches mit Ceylon die meiste Verwandtschaft zeigt, ist nicht etwa die eigentliche Halbinsel als Ganzes, sondern begreift eine Zone südlich einer Linie, die von der Ostküste etwa beim 14° ausgeht, dann sich nach Westen wendet und endlich

längs der westlichen Ghats nordwärts bis in die Gegend von Bombay zieht.

Ganz erstaunlich gross ist nun zunächst der Kriechtierreichtum des also umgrenzten Südindiens, indem es nicht weniger als 253 Arten, 84 Gattungen angehörig, ernährt. Aber noch weit erstaunlicher ist es, dass davon 136 Arten, also mehr als die Hälfte der Spezies, und nicht weniger als 11 Gattungen dem Gebiete eigentümlich sind. Es verhält sich somit Südindien noch insularer als Ceylon selbst, ohne doch von der übrigen Halbinsel durch einen Meeresarm abgetrennt oder in geologischer Vergangenheit je abgetrennt gewesen zu sein. Sehr viele Endemismen gehören freilich nicht dem ganzen Gebiete an, sondern finden sich auf den verschiedenen, durch Strecken Niederlandes von einander getrennten Gebirgsinseln Südindiens isoliert.

Diesem südindischen Gebiete gegenüber bildet der Rest der südlich von der Indus-Gangesebene gelegenen Halbinsel, also das Areal, welches in der Hauptsache als Dekkan bezeichnet wird, keine eigene, Südindien etwa gleichwertige zoologische Einheit, indem es wesentlich von weiter verbreiteten Arten bewohnt wird und nur spärliche endemische Formen enthält. Dasselbe gilt für das gewaltige Areal der Indus-Gangesebene, dem nur einige aquatile Schildkröten ausschliesslich angehören und gilt für den Himalayazug als Ganzes in seiner Ausdehnung von West nach Ost.

Wohl aber sind in Vorderindien ausser dem südindischen Gebiete noch zwei weitere zoologische Areale zu unterscheiden. Das eine davon liegt im *Nordosten* und umfasst Ostbengalen und den Osthimalaya, mit 23 eigenen Kriechtierarten und 67 weiteren, die mit mehr oder minder grossen Teilen von Hinterindien gemeinsam sind, zum guten Teil östlichen Gattungen angehörig, die im übrigen Vorderindien fehlen. Das zweite liegt im *Nordwesten*, begreift den Westhimalaya, die Nordwestprovinzen, Pundschab, Sind und Kutsch. Auch hier zahlreiche (25) endemische

Arten und weitere 43 mit ausschliesslich westlichen und nordwestlichen Gebieten, Belutschistan, Persien, Arabien usw. gemeinsame Arten, und dasselbe gilt für die Gattungen. Somit zeigt Vorderindien in seiner Amphibien- und Reptilienwelt *drei* zoologische Gebiete, eines im *Süden*, eines im *Nordosten* und eines im *Nordwesten*, während der übrige Teil Vorderindiens sich im wesentlichen als ein Mischgebiet aus diesen drei Faunenelementen darstellt.

Wir kehren zu Ceylon zurück. Ein ausserordentlich enges Band verknüpft Ceylon mit Südindien. Nicht nur sind 17 Reptilien- und Amphibien-Arten und 3 Gattungen den beiden ausschliesslich eigen, sondern es zeigen auch die in Ceylon oder in Südindien vorkommenden endemischen Genera so viele Verwandtschaft zu einander, dass sie deutlich auf eine gemeinsame Wurzel hinweisen.

17 weitere Arten und 2 oder 3 Gattungen bewohnen Ceylon, Südindien und mehr oder minder grosse Teile des übrigen Vorderindiens; sie bilden aber nicht etwa ein eigenes ceylonisch-vorderindisches Element, sondern lassen meist deutlich ihre Herkunft aus einem der drei genannten Faunengebiete erkennen.

Dagegen gibt es eine grosse Menge von Arten, etwa 30, und noch mehr Gattungen, nämlich 34 (darunter einige wenige vielleicht künstlich durch den Menschen verbreitete), welche über Ceylon, ganz Vorderindien und mehr oder minder grosse Teile von Hinterindien verbreitet sind. Sehr viele davon reichen weit in den indo-australischen Archipel hinein, einige Gattungen sogar bis Australien. Eine grössere Zahl dieser Gattungen greifen auch nach Westen bis Afrika, oft auch nach Norden über Vorderindien hinaus. Viele sind auch in Amerika vertreten.

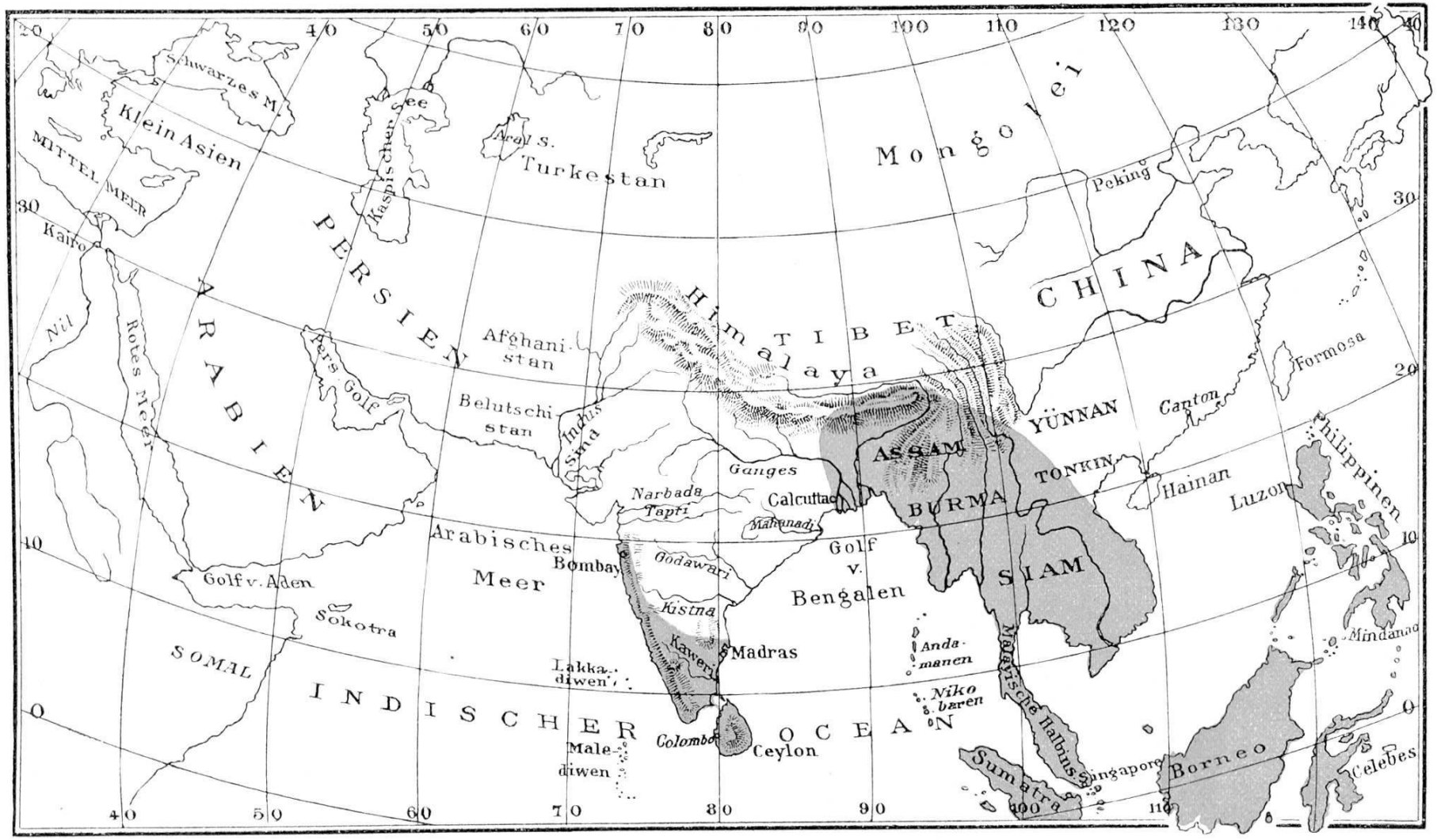
Wenn es nun auch wegen der freien Verbindung von Vorder- und Hinterindien nicht wunderbar ist, dass so viele Arten und Gattungen über beide Indien verbreitet sind, muss es schon mehr auffallen, dass eine grössere Reihe dieser Gattungen eine besonders reiche Entwicklung

von Arten einerseits in Ceylon und Südindien zeigen, andererseits in Hinterindien, vom Osthimalaya an und im Archipel, während sie im übrigen Vorderindien nur durch weitverbreitete, banale Arten vertreten sind.

Ungemein merkwürdig aber ist es, dass es 22 Gattungen und eine Reihe von Arten gibt, welche entweder Ceylon allein oder Ceylon und Südindien oder endlich Südindien ohne Ceylon angehören, im übrigen Vorderindien gänzlich fehlen, dafür aber im hinterindischen Gebiete, meist schon vom Osthimalaya an, wieder auftreten und fast ausnahmslos auch den indo-australischen Archipel bewohnen. Einige wenige sind bisher sogar erst im Archipel, nicht aber auf dem hinterindischen Festland nachgewiesen worden. 5 Gattungen dieser in Vorderindien unterbrochenen Verbreitung haben auch in anderen Kontinenten Vertreter. Die nebenstehende Karte stellt das Phänomen dieser gewaltigen Diskontinuität der Verbreitung dar, über deren Ursache in der Folge die Rede sein wird.

Endlich sind noch drei in Ceylon vertretene Gattungen eigener Verbreitung zu erwähnen: Echis, Chamaeleon und Acontias, welche sämtlich in Hinterindien fehlen. Echis reicht mit ein- und derselben Spezies von Nordafrika bis Ceylon; ebenso ist das ceylonisch-vorderindische Chamaeleon ganz nahe mit einer nordafrikanisch-mediterranen Art verwandt, während die Gattung namentlich in tropisch Afrika und Madagaskar reich entwickelt ist. Echis und Chamaeleon sind, wie wir sehen werden, modernste Einwanderer Ceylons. Schwieriger ist die Verbreitung von Acontias zu erklären, welcher ausser Ceylon nur Südafrika und Madagaskar bewohnt; es muss diese Gattung ein Relikt einer einst grösseren Verbreitung sein, wenn es sich nicht, was bei wühlenden Scinkformen keine Unmöglichkeit ist, um eine Parallelentwicklung handelt. Ich fasse die Ergebnisse der Reptilien- und Amphibienverbreitung in folgende Sätze zusammen:

1. Ceylon und Südindien bilden zusammen eine engere Einheit, charakterisiert durch Verwandtschaft ihrer


Schwarzes M.
Klein Asien
MITTEL MEER
Kaspischen See
Aral S.
Turkestan
Mongolei
Peking
CHINA
Kairo
Nil
Rotes Meer
ARABIEN
PERSIEN
Pers. Golf
Afghanistan
Belutschistan
Indus
Sind
Himalaya
TIBET
YÜNNAN
Canton
Formosa
ASSAM
TONKIN
Hainan
Philippinen
Luzon
Ganges
Narbada
Tapti
Calcutta
Mahanadi
BURMA
SIAM
Arabisches Meer
Bombay
Godawari
Golf v. Bengalen
Golf v. Aden
Sokotra
Kistna
Kaweri
Madras
Andamanen
Nikobaren
Malayische Halbinsel
Mindanao
SOMALI
INDISCHER OCEAN
Lakkadiwen
Maledivven
Colombo
Ceylon
Sumatra
Singapore
Borneo
Celebes
20
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
30
10
0

endemischen Formen, durch den Besitz einer Reihe ausschliesslich gemeinsamer Arten und Gattungen und weiter durch den Umstand, dass von den 85 nicht endemischen Arten Ceylons nur 8 und von den 60 nicht endemischen Gattungen Ceylons nur 5 in Südindien fehlen oder doch noch nicht nachgewiesen sind.

2. Ceylon — und dasselbe gilt für Südindien — hat mit dem osthimalayanisch-hinterindisch-archipelagischen Gebiet mehr Gattungen gemein, als mit dem zentralen und nördlichen Vorderindien. So fehlen z. B. von den 60 nicht endemischen Gattungen Ceylons dem ersteren Gebiete nur 9, dem letzteren dagegen 21. Des weiteren zeigen die endemischen Gattungen Ceylons neben ihrer südindischen Verwandtschaft meist deutliche hinterindische Beziehungen. Ferner sind von den 85 nicht endemischen Arten Ceylons 50 auch in Hinterindien nachgewiesen. Die ceylonische Reptilien- und Amphibienfauna hat somit einen hinterindisch-archipelagischen Charakter.

3. Nur 4 in Ceylon vertretene Arten kommen auch im tropischen Afrika oder in Madagaskar vor; es sind dies aber lauter weitverbreitete, durch den Menschen verschleppte Arten, darunter 3 Hausgecko's. Die *Spezies* zeigen also keine afrikanische oder madagassische Verwandtschaft an. Dagegen gibt es 24 Genera, welche sowohl Ceylon, als irgend einem Teile von Afrika zukommen; mit Ausnahme von den drei oben genannten finden sich diese alle auch in Hinterindien. Davon sind 16 noch heute kontinuierlich von Indien bis Afrika verbreitet, setzen somit für ihre Wanderung keine wesentlich andere Gestaltung der Erdoberfläche voraus als die heutige. 8 ceylonische Gattungen dagegen sind nur *tropisch afrikanisch,* fehlen sämtlich im nördlichen Afrika, sowie (mit zwei Ausnahmen) auch im nördlichen und zentralen Indien; ihre Verbreitung datiert also offenbar aus einer früheren geologischen Epoche. Davon sind 5 tropisch afrikanisch und fehlen Madagaskar, 1 afrikanisch und madagassisch, ausschliesslich madagassisch nur 2, die

Froschgattung Rhacophorus, welche aber in der Gattung Chiromantis des afrikanischen Festlandes allernächste Verwandte hat, und die Schlangengattung Polyodontophis. Die letztere Gattung wird sicher fossil oder lebend sich in Afrika noch finden, da sie auch in Zentralamerika vorkommt. *In jedem Falle ist die Verwandtschaft Ceylon's mit dem afrikanischen Festland in keinem Verhältnis stärker als die zu Madagaskar, und dasselbe gilt für Südindien.* Des weiteren ist als eine sehr merkwürdige Erscheinung hervorzuheben, dass diese afrikanische Verwandtschaft am auffallendsten im tropischen West-Afrika hervortritt, indem eine ganze Reihe der in Betracht kommenden Gattungen hier ein deutliches Schwergewicht ihrer Entwicklung erkennen lassen. Hierher gehört auch die sonderbare Verbreitung zweier Apodengattungen: Uraeotyphlus in Südindien und Westafrika und Herpele in Nordostindien, Westafrika und Zentralamerika. Auch hierfür werden wir eine Erklärung zu suchen haben.

4. Mit Amerika teilt Ceylon 18 oder 19 Gattungen. Diese lassen sich deutlich in zwei Gruppen teilen, von denen die eine als nord- und nordzentralamerikanisch bezeichnet werden kann, öfters Vorposten in den südamerikanischen Kontinent vorstossend. Es sind dies meist europäisch-asiatische Genera, welche für ihre Wanderung den Nordweg über die heutige Beringstrasse genommen haben. Die andere Gruppe gehört im Gegenteil dem tropischen Amerika und den Antillen an. Diese Gattungen sind fast ausnahmslos im tropischen Afrika, namentlich im Westen, nachgewiesen, und es liegt nahe, anzunehmen, dass ihre Verbreitung über ein südlich-atlantisches Festland zwischen Afrika und Amerika geführt hat.

Ein ganz anologes Verbreitungsbild wie Reptilien und Amphibien zeigen die *Mollusken* aus den bereits genannten drei Familien. Wiederum engste Verwandtschaft Ceylons und Südindiens nach Gattungen und Arten; wiederum nähere Beziehungen der ceylonisch-südindischen Fauna

zur hinterindischen, als zu der des zentralen und nördlichen Vorderindiens, wiederum deutliche Erscheinung der Verbreitungslücke, indem 15 ceylonische oder südindische Gattungen erst wieder im hinterindisch-archipelagischen Gebiet, meist schon im Osthimalaya, wieder auftreten und im Zwischengebiete fehlen. Keine Verwandtschaftsbeziehungen zu Madagaskar, eher noch zu den Komoren, Seyschellen und Maskarenen, wo einige ceylonisch-hinterindische Gattungen vereinzelte Vertreter haben.

Ein prinzipiell anderes Bild bietet die Verbreitung der Säugetiere: Keine auf Ceylon beschränkte Gattung und nur eine, die Lemuridengattung Loris, Ceylon und Südindien ausschliesslich gemeinsame. Keine Art, noch Gattung zeigt die jetzt schon öfters genannte Verbreitungslücke, und daraus ergibt sich das wichtige Resultat, dass die heutigen Säugetiere noch nicht existiert haben konnten, als das Phänomen eintrat, als dessen Folge die faunistische Trennung zu betrachten ist, wie sie bei den erdgeschichtlich älteren Gruppen der Mollusken und Kriechtiere so deutlich hervortritt. Es zeigt sich bei den Säugetieren auch kein Überwiegen mehr der hinterindischen Verwandtschaft; dafür drängt sich bei den Säugern die afrikanische Verwandtschaft viel stärker in den Vordergrund, indem 30 von den ca. 40 ceylonischen Gattungen auch Afrika bewohnen und einige weitere durch nahe Verwandte dort vertreten sind. Keine Gattung ist ausschliesslich mit Madagaskar gemeinsam.

Dagegen tritt übereinstimmend mit der Kriechtierverbreitung, aber, wie wir sehen werden, durch andere Ursachen hervorgerufen, eine spezielle Verwandtschaft zum tropischen Westafrika und dem westlichen Zentralafrika deutlich zu Tage. Aus Mangel an Zeit muss ich auf die Nennung der übrigens allbekannten Beispiele verzichten.

Amerikanisch sind 9 ceylonische und eine grössere Reihe vorderindischer, in Ceylon nicht vertretener Säugetier-Gattungen; diese kommen alle in Nordamerika vor

und haben sich von dort aus teilweise südwärts verbreitet. Ausschliesslich südamerikanische Gattungen, wie sich solche unter den Kriechtieren fanden, gibt es unter den indischen Säugetieren keine. Für diese Gattungen stand also nur noch eine nördliche Verbindung nach Amerika offen.

Nach dieser kursorischen faunistischen Übersicht müssen wir nun an die Frage herantreten, ob die geschilderten tiergeographischen Tatsachen eine Erklärung finden in der geologischen Geschichte der in Betracht kommenden Gebiete. Ich beginne mit einer Besprechung der beiden in der Litteratur ebenso oft auf-, als untertauchenden Landverbindungen, einer westlichen, von Ceylon-Südindien nach Madagaskar und Südostafrika führenden, *Sclater's* Lemurien, und einer östlichen, von Ceylon-Südindien quer durch den bengalischen Busen nach dem südlichen Hinterindien und dem indo-australischen Archipel leitenden.

Als ein Grund für die einstmalige Existenz dieser letzteren Landverbindung könnte geltend gemacht werden, dass es in der Tat ceylonisch-südindische Tierformen gibt, welche sich nur im südlichen Hinterindien oder auf den Andaman- und Nikobarinseln oder gar nur im indoaustralischen Archipel wieder finden. Dagegen aber sprechen die viel zahlreicheren ceylon-südindischen Formen, welche gerade den Norden von Hinterindien, den Osthimalaya, Assam und Burma bewohnen und teilweise im Süden fehlen. Dagegen ferner die Tiefenverhältnisse des bengalischen Busens und als meiner Meinung nach gewichtigster Grund der Umstand, dass die Ostküste der vorderindischen Halbinsel, speziell ihres südlichen Teiles, geologisch uralt ist. Littorale marine Deposita längs dieser Küste aus dem Ende der Juraperiode und aus der Kreide, mit deutlichen Anzeichen des nahen Landes beweisen, dass die Ostküste Vorderindiens schon damals ungefähr ihre heutige Lage gehabt hat, und nicht anders war es im Tertiär, wonach wir keine Landverbindung von Südindien nach Osten können ausgehen lassen. Gegen eine Verbindung Ceylons

allein mit den östlichen Gebieten sprechen gleichfalls geologische Gründe und ferner die Tatsache, dass Südindien eine ganze Reihe hinterindischer Formen besitzt, welche Ceylon fehlen und die es somit nicht von dorther bezogen haben kann.

Wenn somit die Annahme einer direkten Landverbindung quer durch den bengalischen Golf nicht aufrecht zu halten ist, so dürfen wir doch zur Erklärung gewisser Tierverbreitungserscheinungen fordern, dass der nördliche, seichtere Teil des Golfes jüngeren Alters sei als der tiefe südliche. Schon wenn wir die Festlandgrenze auf die 1000 m Tiefenlinie hinausschieben, wird ein beträchtlicher Teil des nördlichen Golfes trocken, und die Andaman- und Nikobarinseln erscheinen als eine von Burma ausgehende, langgestreckte Halbinsel. Mehr brauchen wir nicht, um einige sehr merkwürdige, aber hier nicht zu besprechende Eigentümlichkeiten in der Zusammensetzung der Fauna der heutigen Andaman- und Nikobarinseln zu erklären. Dabei gehe ich von der Annahme aus, dass einmal eine gemeinsame Flora und Fauna das ganze Gebiet von Ceylon über Vorderindien nach Hinterindien bewohnt habe, bevor das später zu besprechende Ereignis eintrat, welches zu der so merkwürdigen Unterbrechung in der Verbreitung vieler Formen führte, wonach sie einerseits in Ceylon-Südindien, andererseits im hinterindischen Gebiete übrig geblieben sind.

Wenden wir nun unsere Blicke nach dem westlichen, hypothetischen Verbindungskontinent von Südafrika und Madagaskar nach Ceylon und Südindien, dem vielgenannten *Lemurien*.

Der Name selbst ist ungeschickt, weil in der offenbaren Annahme gewählt, dass dieser Kontinent den Entstehungs- und Verbreitungsherd der Halbaffenfamilie der Lemuriden darstelle. Die Halbaffen finden sich aber schon tief im Eocän Europas und Nordamerikas und werden gleichaltrig auch auf dem afrikanischen Festlande nicht fehlen, wonach

nichts für ihre Entstehung auf diesem südlichen Kontinente spricht; aber auch für die Verbreitung der Lemuren ist er ohne Bedeutung, da die indischen Lemuren der Subfamilie der Lorisinae angehören, die gerade Madagaskar und Südafrika fehlt, dafür aber Westafrika bewohnt. Auch die Kriechtiere und Mollusken haben uns keinen Anhalt für ein Lemurien gegeben, im Gegenteil eine viel nähere Verwandtschaft zum afrikanischen Festland, als zu Madagaskar gezeigt. Auf dem afrikanischen Kontinent aber finden sich die wesentlichsten indischen Anklänge gar nicht in Südostafrika, sondern im tropischen Westafrika und im westlichen Zentralafrika, eine Erscheinung, die eine andere Erklärung als die südliche Landverbindung erfordert.

An der einstmaligen Existenz eines Lemurien halten namentlich Geologen fest, indem sie aus dem übereinstimmenden Aufbau Südafrikas und Südindiens, die sich beide als Tafelländer ohne Faltung seit dem Ende des Paläozoikums darstellen, den Schluss ziehen, beide seien Reste einer alten gemeinsamen Tafel und Madagaskar sei ein stehen gebliebener Horst. In beiden Gebieten finden sich ferner eine grosse Reihe nicht mariner Schichten, vom Perm vielleicht bis in den Lias reichend und gleichartige Landfaunen und Floren enthaltend, woraus auf eine Ablagerung derselben in einem gemeinsamen Becken geschlossen wird. Der Zusammenbruch dieser grossen Festlandmasse wird in der Hauptsache in die Juraperiode verlegt, aber noch in der Kreidezeit hat nach manchen Autoren eine Landbarriere zwischen Südafrika und Indien bestanden, welche erst im Tertiär definitiv verschwunden sei. Diese wird hauptsächlich aus dem Umstand abgeleitet, dass die marine Kreidefauna des nordwestlichen Vorderindiens Verschiedenheiten zeige von der der vorderindischen Südostküste, welche dafür mehr mit der südafrikanischen übereinstimme, wie die erstere mit der arabischen und europäischen, wonach sie in getrennten Meeren sollten ab-

gelagert sein. Ich möchte bezweifeln, dass die jetzige Kenntnis dieser Faunen, die teilweise aus einer ganz geringen Artenzahl bestehen, für diese Annahme genügend sei.

Ein *tertiäres* Lemurien hat ganz gewiss nicht existiert; dafür sind die Faunen Südafrika-Madagaskar's und Ceylon-Südindiens zu verschieden. Ein *paläozoisches* und *jurassisches* afrikanisch-indisches Festland würde aus der heutigen Tierverbreitung kaum mehr erkennbar sein, und ein solches den Geologen zu bestreiten, liegt mir ferne. Ich möchte vielmehr nur zeigen, dass die Verteilung der jetzigen Lebewelt eines Lemuriens nicht bedarf, sondern auf einfachere Weise erklärbar ist.

Wir wenden uns nun zur speziellen Geologie Vorderindiens, soweit sie für Tiergeschichte wichtig erscheint. Die indische Halbinsel südlich der Indus-Gangesebene ist ein uraltes Festland, indem marine Sedimente aus späterer Zeit als Ende Paläozoikum bloss in der Nähe der Küsten auftreten. Seit derselben Zeit erlitt das Land keine Faltungen mehr von Belang, vielleicht mit Ausnahme der westlichen Ghats. Seine Berge und Berggruppen erscheinen als durch Erosion und Absenkungen herauspräparierte Reste einer einst zusammenhängenden Tafel. Die Grundlage ist Gneiss, und es ist sicher anzunehmen, dass das gleichfalls aus Gneiss bestehende Ceylongebirge einmal mit Vorderindien ein zusammenhängendes Gneissplateau gebildet habe. Diesem Gneiss liegen in der indischen Halbinsel stellenweise fossillose alte paläozoische Schichten und subaërische Flussablagerungen auf, die bis ins mittlere Mesozoikum reichen dürften. Damit schliessen ausser in der Nähe der Küsten die Sedimentbildungen ab. Dieses ungeheuer alte Festland hing nach Nordosten zu mit dem ähnlich gebauten Plateau von Assam zusammen; ja es scheint, dass während des grössten Teils der Sekundärzeit eine freie Kommunikation mit dem hinterindischen Gebiete bestanden habe. Anders im Nordwesten von Vorderindien. Hier finden wir eine bedeutende Entwicklung des marinen

Mesozoikums; aber Reste von Landpflanzen in mehreren Abteilungen dieser marinen Schichtenfolge beweisen, dass die Küste nicht ferne sein konnte und somit gelegentlich festes Land auch im Nordwesten von Vorderindien vorhanden sein musste. Diesem zeitweiligen mesozoischen indischen Festland kam nun von Westen her die grosse nordafrikanische Tafel entgegen, ausgezeichnet durch flache Lagerung ihrer Schichten und ohne marine Bedeckung vom Ende des Paläozoikums an bis zur oberen Kreide. Diese Tafel reichte vom atlantischen Ozean durch das Saharagebiet über Ägypten, Arabien, Syrien bis zum persischen Golf. So erhalten wir ein für Tieraustausch gelegentlich geeignetes Gebiet von Afrika bis Hinterindien, welches erst durch die Transgression des cenomanen Meeres in grossem Maassstabe und für lange Zeit gestört worden ist.

Das Meer der oberen Kreide bedeckte in der Tat grosse Gebiete im Nordwesten von Indien, weiter Burma bis zum Rande des Assamplateaus und grosse Teile der nordafrikanischen Tafel, und das gleiche gilt vom eocänen Nummulitenmeer.

Durch diese gewaltige marine Entwicklung wurde die in der Kreide vermutlich von Afrika bis Hinterindien ziemlich uniforme Lebewelt in zwei weit getrennte Teile gespalten. Auf dem afrikanischen Kontinent, wo diese Transgressionen den tropischen Westen, den Süden und einen guten Teil des mittleren Afrika nicht erreichten, wurde die Tierwelt nach diesen Strecken, vornehmlich nach Westen zu, hingedrängt oder blieb dort erhalten, während im Norden die Meeresbedeckung sie vernichtete. Madagaskar, die Seyschellen usw. waren damals noch mit Afrika in Verbindung.

Bevor wir aber untersuchen, ob es noch Tierformen gibt, welche der vorcenomanen Zeit angehörten und welche, von der marinen Transgression verschont, einerseits in tropisch Afrika und Madagaskar, anderseits in der vorderindischen Halbinsel, Ceylon und Teilen von Hinterindien übrig geblieben sind, ist es durchaus notwendig,

die Geschichte Vorderindiens um einen Schritt weiter zu verfolgen.

Am Schluss der Kreidezeit und ins Eocän hineinreichend, trat nämlich auf der vorderindischen Halbinsel ein Ereignis ein, welches aufs allertiefste die Lebewelt beeinflusste. Es sind das die Ergüsse des sogenannten Dekkan-Trapps. Wenn wir bedenken, dass die Lava- und Aschenmassen im mittleren Vorderindien heute noch ein Areal von ungefähr 400,000 Quadratkilometer einnehmen und ursprünglich, nach den durch Erosion abgetrennten Schollen zu schliessen, eine Decke über beinahe 10 Breite- und 16 Längengrade gebildet haben; wenn wir ferner im Auge behalten, dass die Mächtigkeit dieser Eruptivmassen heute noch stellenweise fast 2000 m beträgt, so können wir uns einen Begriff von der Grösse dieses Phänomens machen.

Wie ein ungeheures Leichentuch überdeckte diese eruptive Masse das ganze mittlere und einen guten Teil des nördlichen Vorderindiens von Küste zu Küste. Eingeschlossen darin finden sich massenhafte Spuren von Land- und Süsswasserbildungen, welche zu Beginn der Trappzeit noch organische Reste enthalten, worauf dann alles Leben verschwindet, um erst am Ende dieser immens langen Epoche wieder kümmerlich zu erscheinen. Durch diese Feuerzeit wurde alles Leben weithin vernichtet und Südindien, das mit Ceylon zusammenhing, vollkommen isoliert und zwar noch dauernder, als durch eine marine Transgression, denn selbst nach dem Stillstand der Ergüsse und bis auf den heutigen Tag bilden die starren, trockenen Trappmassen, welche nur einer xerophilen, teilweise fast wüstenartigen Vegetation Existenzmittel bieten, eine Barriere für die Verbreitung zahlreicher Formen. Ausgiebigere spätere Wanderungen haben nur im Westen längs der feuchten Gebirgsmauer der westlichen Ghats und längs des Ostrandes der Trappmasse stattgehabt.

In dieser Feuerzeit und ihren Folgen haben wir, glaube ich, die Ursache der Erscheinung zu suchen, dass Ceylon

und Südindien näher mit dem hinterindischen Gebiete verwandt sind, als mit dem übrigen Vorderindien, denn in diesen beiden Gebieten blieb die alte Lebewelt erhalten, welche im zentralen und nördlichen Vorderindien durch die Trappergüsse vernichtet wurde. Die Isolation der vorderindischen Halbinsel wurde weiterhin verstärkt durch die Transgression des Eocänmeeres, welches vielleicht — die Frage scheint nicht entschieden zu sein — über die heutige Indus-Gangesebene von Meer zu Meer reichte.

Erst jetzt können wir der Frage näher treten, ob es noch Tierformen gibt, welche sich in Afrika und in Indien-Ceylon als Reste der durch die cenomane Transgression getrennten, ursprünglich einheitlichen Tierwelt darstellen, denn in Indien müssen sie, weil der *Vortrappzeit* angehörig, daran kenntlich sein, dass sie entweder in Ceylon-Südindien isoliert sind oder aber die durch die Trapperuption hervorgerufene Verbreitungslücke nach Hinterindien zeigen, in Afrika andererseits daran, dass sie im Norden fehlen und nur tropisch Afrika, meist mit Einschluss von Madagaskar und den Seyschellen, bewohnen. In der Tat gibt es eine kleine Reihe von Kriechtiergattungen, welche als solche Reste angesprochen werden dürfen. Davon sind 6 auch süd- oder zentral-, nicht aber nordamerikanisch, dürften also eine südlich-atlantische Verbindung benützt haben. Beispiele vorcenomaner Verbreitung gibt es auch unter den Mollusken, sehr sprechende unter den Landplanarien, welche intime Beziehungen Ceylons zu Westafrika und auch zu Madagaskar zeigen. (Alle diese Dinge können erst in der definitiven Arbeit ausführlich besprochen werden.) Die Säugetiere sind für so alte Beziehungen zu jung; höchstens dürften vielleicht die Vorfahren der auf Ceylon, Südindien und Hinterindien einerseits, Westafrika andererseits beschränkten Halbaffengenera aus der Subfamilie der Lorisinae hierher zu rechnen sein. Im übrigen ist es selbstverständlich, dass diese uralte afrikanisch-indische Verbindung sich in der heutigen Lebewelt nur schattenhaft wiederspiegeln kann.

Weit klarer erscheinen schon im indischen Gebiet die Folgen der geologisch jüngeren vulkanischen Periode. Als Zeugen für die hiedurch bewirkte Isolierung Ceylon-Südindiens sind erstlich die zahlreichen endemischen Kriechtier- und Molluskengattungen zu nennen, welche noch hinterindische Verwandtschaften bewahrt haben, als Zeugen für die durch die Trapperuptionen erfolgte Faunentrennung ferner die vielen Gattungen, welche die Verbreitungslücke aufweisen zwischen Ceylon-Südindien einerseits, dem hinterindischen Gebiete andererseits. Die Säugetiere, als geologisch jüngere Formen zeigen die Verbreitungslücke nicht, mit Ausnahme der Lorisinae, welche je durch eine verschiedene Gattung in Südindien-Ceylon und in Hinterindien vertreten sind.

Auf die grossen Transgressionen des frühtertiären Meeres folgte dann im weiteren Tertiär jene gewaltige Gebirgsbildung im Norden Vorderindiens, die Auffaltung des Himalaya und seiner Nachbargebirge. Überall wurde das Meer zurückgedrängt, und es bildeten sich die riesenhaften fluviatilen, subaërischen Ablagerungen längs des ganzen Südfusses des Himalaya, welche als Siwaliks bezeichnet werden und vermutlich der ganzen Miocän- und Pliocänzeit angehören und noch ins Pleistocän hineinreichen. Es ist dies eine Periode grosser Festlandbildung. Aufs neue erhalten wir eine Verbindung von Indien mit Afrika, dessen Norden in nachnummulitischer Zeit mehr und mehr vom Meer sich entblösste und mit Südeuropa. Diese Verbindung mit der nordafrikanischen Tafel war viel breiter als die heutige, da die Grabenversenkung des roten Meeres noch nicht bestand, auch nicht der persische Golf, der aegaeische und pontische Einsturz. Auch war sie nicht wie die gegenwärtige von Wüstencharakter, sondern der Tierwelt nach zu schliessen, Steppen- und Waldgebiet und jedenfalls teilweise wohl bewässert. In dieser Zeit dürften wieder ähnliche Bedingungen von Afrika ostwärts bis in den indoaustralischen Archipel geherrscht haben. Vorderindien er-

hielt damals von beiden Seiten neue Faunenelemente. Dieser Periode gehören z. B. 14 ceylonische Kriechtiergattungen an, welche gleichmässig Afrika, oft auch Süd- und Ost-Europa, ganz Vorderindien *ohne* Verbreitungslücke, Ceylon und Hinterindien bewohnen und teilweise bis Nordaustralien reichen. Wenn sie auch amerikanisch sind, sind sie deutlich nordamerikanisch.

In diese Epoche fällt nun die Verbreitung der Säugetiere, und die Säugetierwelt Ceylons darf ruhig als eine siwalische bezeichnet werden, indem viele Gattungen und auch Arten bereits in den nordindischen Schichten nachgewiesen, andere sicher dort noch zu erwarten sind.

Ein anderer Teil der siwalischen Fauna hat wohl noch Südindien, aber nicht mehr Ceylon erreicht, und wir werden wohl den Grund darin suchen dürfen, dass die Verbindung Ceylons mit dem Festland vielleicht etwa im Beginn des Pleistocäns verloren gegangen ist. Aber sicher war schon vorher das ceylonisch-südindische Plateauland, dessen submariner gemeinsamer Sockel noch heute nachweisbar ist, in einzelne, durch flacheres Land getrennte Gebirgsstöcke ausmodelliert worden. Es dürfte dann eine Zeit gegeben haben, wo die Lücke zwischen dem Festland und Ceylon grösser war als heute, indem der flache Norden der Insel von jungen marinen Bildungen umrandet und bedeckt ist.

Das Pleistocän brachte auch für Vorderindien eine Glazialzeit, naturgemäss aber viel schwächer ausgeprägt als bei uns im Norden. Wohl reichten im Himalaya die Gletscher tiefer herab als heute, aber in der eigentlichen Halbinsel und in Ceylon fehlen die Glazialspuren, und das Klima wird dort wohl feuchter, aber wohl nicht viel kühler gewesen sein als heute. Der Einfluss dieser Periode auf die indische Lebewelt ist wohl bedeutend überschätzt worden, wenigstens in der Halbinsel, während der Himalaya, namentlich der Westhimalaya, damals seine nordischen Formen zentralasiatischen und europäischen

Gepräges erhalten haben mag, welche nicht weiter südwärts gedrungen sind.

Die letzte geologische Phase, die sich in der Tierwelt Indiens wiederspiegelt, ist die Wüstenperiode, welche wohl in der Hauptsache als nacheiszeitlich aufgefasst werden darf, die Ausbildung eines Wüstengürtels von der Sahara über Arabien, Kleinasien, Persien bis ins nordwestliche Indien hinein. Wie in alter Zeit die gewaltige cenomane und eocäne Transgression, so bildete nun der Wüstengürtel eine neue faunistische Trennung. Auf dem afrikanischen Kontinent war die Wirkung der Wüstenbildung die, dass alle Formen, die ihr nicht Trotz bieten konnten, südwärts nach den Steppen des Sudan und namentlich westwärts in das tropisch feuchte Westafrika abgedrängt wurden oder dort erhalten blieben, während sie im Wüstengürtel verschwanden. Madagaskar, längst abgetrennt, besitzt diese Formen nicht mehr. Auf diese Weise erklärt sich die so viel betonte Aehnlichkeit auch in den Säugetieren Westafrikas mit dem südostasiatischen Tropengebiet. In alter Zeit die Transgression des cenomanen Meeres, in junger die des Sandmeeres haben jeweilen die mit Indien gemeinsamen Formen nach Westafrika geschoben oder dort am Leben gelassen. Im ägyptischen Niltale endlich ist es der Mensch gewesen, der mit seiner Kultur die Reste dieser Tierwelt zerstört hat.

Dafür hat die Wüstenbildung, die so viel vernichtet hat, nach Indien auch eine neue Tiergesellschaft gebracht, typische Wüstenformen, welche in ihrer Verbreitung meist von Nordafrika bis Nordwestindien reichen. Diese strahlen auch in den trockenen Dekkan hinein; eine Spitze dieses xerophilen Strahles hat noch Südindien erreicht, und einige wenige dieser ausgesprochen westlichen Gattungen haben noch Ceylon erobert; in Hinterindien fehlen sie.

Auch aus der nordöstlichen Eingangspforte Vorderindiens sind postglazial noch hinterindisch-chinesische Einwanderer eingedrungen. Hierher gehört wohl ein Teil

derjenigen Arten, welche lückenlos Hinterindien, Vorderindien und Ceylon bewohnen, aber im Westen an der Wüstengrenze Halt machen. Am stärksten macht sich naturgemäss auch diese Einwanderung in der Nähe der Eingangspforte geltend.

Ceylon war wohl während des grössten Teils des Pleistocäns von Indien abgetrennt. Nach und nach scheint aber die Insel dem Festland wieder entgegen gewachsen zu sein, und sie wächst nach *Sommerville* noch heute nordwärts, indem der Detritus der nach Westen ablaufenden Flüsse durch Strömungen nordwärts geschafft wird. Die Adamsbrücke ist aus rezenten Materialien aufgebaut, eine Kette von Inselchen, gebildet aus losem Sandstein und aus Dünen auf flachem Meeresgrund. Gelegentlich hat sie gewiss eine trockene Sandbrücke vom Festland nach Ceylon gebildet, aber tiergeographisch ohne Bedeutung, da unpassierbar für alle echten Wald- und Bergformen. Ihr verdankt Ceylon nur die allerletzten postglazialen Einwanderer, seine wenigen westlichen Wüstenformen und eine Anzahl rezenter östlicher Ankömmlinge. So erscheint sie wie ein epigonenhafter, kümmerlicher Versuch, die alte solide Verbindung wieder herzustellen, eine Art Notbrücke über ein durch Absenkung oder Erosion verschwundenes Landgebiet.

Wenn auch nicht für Tierverbreitung, so hat ohne Zweifel die Adamsbrücke für die Wanderungen des *Menschen* Bedeutung gehabt. Die Sage von Rama's Zug über die Brücke mit Hilfe des Affenkönigs Hanuman und seiner Affen hat sicher einen historischen Kern. Aber hier handelt es sich um eine arische, also späte, eisenzeitliche Invasion. Viel früher muss die Wanderung der Affen selber, unter denen wir sicherlich die Vorfahren der heutigen Wedda verstehen dürfen, über eben diese Brücke von Indien her stattgefunden haben. Auch dieses Ereignis kann indessen nicht sehr alt sein, da die in Höhlen von uns gefundenen Steingeräte der Urwedda sich als eine Art von Magdalénien erwiesen haben, und diese Technik

ist wahrscheinlich spät in Vorderindien eingedrungen, als sie in Europa schon überwunden war. Bis jetzt fehlen in Ceylon die Faustkeile des Chelléen, wie sie doch im pleistocänen Laterit Südindiens so massenhaft vorkommen. Dies würde wieder darauf hindeuten, dass im Pleistocän keine Verbindung zwischen Ceylon und dem Festland bestand.

Wir sind zu Ende mit unserm Versuche, die Tiergeschichte Ceylons zu ergründen. Wir sahen seine Lebewelt zusammengesetzt aus einer ganzen Reihe übereinander gelagerter Schichten ungleichen Alters und ungleicher Herkunft, ein Spiegelbild der so ereignisreichen geologischen Geschichte des nahen Festlandes. Manches liess sich erkennen, aber doch drängt es mich abzuschliessen mit dem schönen Wort von *Eduard Süss*: „Wie gross ist der Gegenstand, mit welchem wir uns beschäftigen und wie klein sind die Auffassungen, mit welchen man sich denselben zu nähern gewohnt ist.“

Quelques résultats importants fournis récemment par la photographie astronomique.

Par

Raoul Gautier,

Directeur de l'Observatoire de Genève.

La photographie a, au cours des dernières années, fourni aux astronomes des résultats du plus haut intérêt qui en promettent d'autres encore dans l'avenir. Je mentionne, pour mémoire, les beaux clichés de la lune obtenus aux observatoires Lick, Yerkes et de Paris, les clichés de nébuleuses de MM. Max Wolf à Heidelberg et Ritchey à l'observatoire Yerkes de Williams-Bay, les photographies de spectres de Potsdam, du Mont Wilson etc. etc.

Ces résultats sont dus à la sensibilité, croissant avec le temps d'exposition, de la plaque photographique. Si, d'une part, lorsqu'il s'agit du soleil, il faut diminuer la durée de pose à une infime fraction de seconde; pour les astres faibles, d'autre part, on peut prolonger cette pose aussi longtemps qu'on veut, et la plaque peut alors, lorsqu'elle est toujours rigoureusement pointée vers la même région du ciel, révéler des sources de lumière qui resteraient toujours invisibles à l'œil, même armé de la plus puissante lunette.

De tous ces beaux résultats, je ne vous en signale que deux catégories, les uns relatifs à la meilleure connaissance qu'ils nous ont fournie de la nature de la surface du soleil, les autres relatifs aux comètes et spécialement à la comète Morehouse (1908 c). Je choisis ces sujets, le premier parce que nos connaissances sur les taches du soleil ont été grandement développées par les

importants travaux de statistique solaire de notre vénéré et regretté compatriote, Rodolphe Wolf, travaux poursuivis et développés par son successeur, notre collègue M. Alfred Wolfer, directeur de l'observatoire de Zurich. L'autre, parce que quelques clichés pris à l'observatoire de Genève par MM. Pidoux et Schær ont contribué à enregistrer d'une façon intéressante les transformations subies l'automne dernier par la remarquable comète Morehouse. C'est par elle que je commence.

La comète Morehouse.

Découverte le 1er septembre 1908 par M. Morehouse à l'observatoire Yerkes, et indépendamment par M. Borelly à Marseille, cette comète n'a rien présenté de saillant à l'observation visuelle. Elle a été à peine visible à l'œil nu vers la fin d'octobre, et sa queue frappait peu les yeux dans l'observation optique.

En revanche elle a présenté un très haut intérêt sur les photographies. La lumière de cette comète, noyau et queue, était en effet composée surtout de radiations de courte longueur d'onde, bleues et violettes. C'est ce que l'observation spectroscopique a montré, surtout les photographies de son spectre.

D'ordinaire la lumière des comètes, analysée par un prisme ou un réseau, présente un spectre continu, provenant de la lumière réfléchie du soleil, et un spectre spécial composé de trois bandes lumineuses dégradées vers le violet qui correspondent à la partie la plus brillante du spectre d'émission des composés hydrogénés et oxygénés du carbone. C'est du moins ce qui résulte des travaux spectroscopiques surtout de M. Huggins à Londres, de Vogel à Potsdam et de M. Hasselberg à Poulkowo et Stockholm. Plusieurs comètes ont présenté des divergences d'avec ce spectre, considéré comme le spectre normal des comètes, — ainsi les deux brillantes comètes de 1882, — mais

aucune n'a été aussi différente de l'ordinaire que celle de Morehouse.

Pas de spectre continu ou seulement des traces de ce spectre, et les bandes lumineuses ne correspondent que très peu aux positions de celles des composés habituels du carbone. En revanche on y trouve plusieurs bandes correspondant à celles du cyanogène (déjà reconnu dans le spectre de la comète Daniell de 1907), à l'une des bandes de l'azote (d'après M. Deslandres), et quelques-unes ne correspondant à aucun corps connu; presque toutes sont dans le bleu et le violet.[1])

Mais ce sont aussi les changements rapides de forme de la queue de la comète qui ont présenté un grand intérêt. J'ai fait reproduire, pour clichés, la plupart des photographies qui ont paru jusqu'ici dans l'Astrophysical Journal, dans les Astron. Nachr., les Archives, le Bulletin de la Société astronomique de France et quelques inédites de Genève. La suite de ces photographies montre, mieux que des explications, les changements rapides et extraordinaires subis par la queue de cette comète.

La matière émanant du noyau sous l'influence du soleil, et chassée ensuite en arrière par la force répulsive (électromagnétique ou pression de la lumière?) qui a son siège dans notre astre central, procédait par vagues, par émanations répétées, et a cheminé avec des vitesses croissantes à mesure qu'elle s'éloignait par bouffées successives. Le mouvement était moins rectiligne qu'hélicoïdal. Et parfois ce mouvement a été entravé et dévié, comme le montrent les clichés du 15 octobre de MM. Pidoux, Schær, Quénisset et Barnard, etc. Faut-il y voir un accident spécial ou plutôt le résultat d'un obstacle au mouvement? La ma-

---

1) Voir pour le détail les observations consignées dans les C. R vol. 147 et 148, faites par MM. de la Baume-Pluvinel et Baldet, Deslandres et Bernard, ou dans l'Astrophysical Journal vol. XX, faites par MM. Frost et Abetti à l'observatoire Yerkes.

tière cométaire n'a-t-elle pas rencontré dans ce point de l'espace un milieu quelconque qui a empêché sa propagation? et ne faut-il pas considérer, comme le faisait M. Bernard déjà en 1899,[1]) les queues cométaires comme les appareils de sondage les plus sensibles des espaces interplanétaires?

Comme résultats généraux de l'étude des apparences physiques présentées par la comète Morehouse, je ne puis mieux faire que de reproduire ici quelques-unes des conclusions de M. Max Wolf dans une de ses notes relatives à cette comète:[2])

„La longueur des ondes de la queue (Wogen) est à peu près proportionnelle à la distance au noyau.

„La vitesse de propagation de la matière cométaire était variable. Pour certains nuages de matière la vitesse augmentait à mesure qu'ils s'éloignaient du noyau; et cette vitesse était maximum pour les portions de la queue qui étaient en arrière par rapport au mouvement du noyau autour du soleil.

„En moyenne, la vitesse de la matière cométaire augmentait avec la distance au noyau. Cette augmentation était très rapide près du noyau, puis elle devenait faible à grande distance du noyau", (de 17 à 80 km. par seconde).

La photosphère et l'atmosphère du soleil.

La *photosphère*, ou surface visible du soleil, est composée de *granules* très lumineuses, nuages constitués de particules portées à l'incandescence par la température ambiante, puis des *facules*, parties les plus lumineuses de la surface, surtout visibles sur le bord du disque, enfin des *taches*, parties moins lumineuses.

Les éclipses totales de soleil ont permis de reconnaître les diverses enveloppes qui, dans l'ensemble, constituent

---

[1]) Monthly Notion of the Astron. Society vol. 59 p. 355.

[2]) Astron. Nachrichten vol. 180 p. 11.

l'atmosphère solaire. Ce sont, en allant de l'extérieur vers l'intérieur, la *couronne,* la *chromosphère* et la *couche renversante* en contact immédiat avec la photosphère.

La couronne, composée de gaz légers et de poussières, n'a pas encore pu être étudiée en dehors des éclipses. On ne connaît donc de cette enveloppe que ce qui se présente en dehors du disque de la lune pendant les éclipses totales.

La chromosphère, avec ses protubérances, a pu être étudiée en tous temps depuis 1868 grâce à la découverte de la méthode spectroscopique d'observation due à la fois à Janssen et à Sir Norman Lockyer. Mais cette étude s'est longtemps bornée à ce que l'on en voit *autour* du soleil et ce n'est que récemment que l'on est arrivé à en étudier aussi, en quelque mesure, la base *sur* la photosphère.

La couche renversante, composée de tous les gaz et vapeurs métalliques qui sont immédiatement en contact avec la photosphère et qui, moins chaude que celle-ci, produit, par absorption, les raies solaires noires du spectre du soleil, peut être observée et photographiée pendant un instant très court au moment des contacts intérieurs des éclipses totales de soleil. On a pu la photographier aussi en partie sur le disque.

Le progrès que je voudrais faire ressortir aujourd'hui, et qui est dû à la photographie, a été inauguré, dès 1892, en même temps par MM. Deslandres et Hale, à Paris et à Chicago. Il a consisté d'abord à photographier les protubérances et ensuite tout le disque solaire dans différentes radiations, et cela au moyen des raies H et K du calcium qui sont brillantes dans toute la chromosphère et les protubérances en même temps que celles de l'hydrogène et de l'hélium.

MM. Hale et Deslandres ont construit pour cela, depuis plus de quinze ans, une succession d'appareils appelés des *spectrohéliographes.* Leur principe est le suivant : la lumière solaire tombe sur une première fente et est dis-

persée par un prisme ou un réseau. Une deuxième fente est ensuite placée sur l'une des raies H ou K du calcium, en avant de la plaque sensible. Puis, par un mécanisme approprié, toute la partie du soleil que l'on veut photographier passe devant les deux fentes, et marque sur la plaque l'image totale ou partielle du soleil correspondant à la radiation du calcium.

Plus tard MM. Deslandres et Hale ont amélioré les méthodes, augmenté la dispersion, et photographié successivement le soleil dans les radiations d'autres éléments, de l'hydrogène, du fer etc.

Ils ont aussi reconnu que les différentes parties des larges raies du calcium, H et K, correspondent à des niveaux différents de la vapeur du métal au-dessus de la photosphère, et permettent ainsi de photographier le niveau inférieur ou supérieur des vapeurs de calcium, suivant que la deuxième fente est placée sur le bord ou sur le centre des raies H ou K. On fait de même pour l'hydrogène et, tout récemment, M. Deslandres, en employant des fentes très étroites a pu photographier trois niveaux dans le calcium et deux dans la raie rouge (C ou Hα) de l'hydrogène, en utilisant des plaques orthochromatiques. On a pu, par cette méthode, reconnaître les mouvements verticaux des vapeurs et des gaz dans la couche renversante, à peu près comme on peut, depuis 1868, le faire pour la chromosphère sur les bords de l'astre.

On a aussi reconnu que les masses de calcium présentes dans l'atmosphère solaire correspondent, d'une façon générale, par leur position, avec l'emplacement des facules, soit au bord du soleil, soit vers le centre, et spécialement autour des taches. Ces masses de calcium ont reçu de M. Hale le nom de *flocculi*. Leur étude, faite sur des séries de photographies successives, a permis de constater que la loi de décroissance de la vitesse de rotation avec la latitude héliographique, trouvée au moyen des taches, puis par la méthode du déplacement des raies sur les deux

bords, se confirme pour les flocculi, donc pour les facules, et qu'elle est ainsi une loi générale pour la photosphère entière.

On trouve l'explication et les applications de cette méthode, qui s'est développée dans ces dernières années surtout aux observatoires du Mont Wilson (Californie) et de Meudon près Paris, relatées en détail dans le bel ouvrage de M. Hale, „The study of stellar Evolution", (Chicago et Londres 1908), et dans de nombreuses notes de M. Deslandres fournies aux C. R. de l'Académie des Sciences, spécialement, pour les derniers progrès, dans les volumes 148 et 149 de 1909.

J'ai fait reproduire en clichés pour projections beaucoup de planches photographiques relatives à ces travaux, surtout des photographies américaines, et l'on peut ainsi suivre les différentes apparences offertes par la surface solaire à différents niveaux dans plusieurs éléments constitutifs représentés par leurs radiations principales. Plus tard on fera la synthèse.

En perfectionnant les appareils, lunettes, miroirs, spectroscopes à prismes et à réseaux, on est arrivé à une dispersion considérable et, spécialement au Mont Wilson et à Meudon, on peut actuellement étudier les spectres des taches et aussi les spectres stellaires avec des détails que l'on n'avait pas encore pu réaliser. C'est ainsi qu'au Mont Wilson on a pu mieux comparer entre eux les spectres des parties centrales et périphériques de la photosphère, les spectres des taches avec ceux de la lumière ordinaire du soleil. On a pu aussi comparer ces divers spectres aux spectres de quelques étoiles, spectres qui ne sont que des spectres moyens, vu les dimensions apparentes minimes de ces astres. La seule étoile qui ait des dimensions considérables est le soleil et il doit nous servir de terme de comparaison.

Quelques faits à ce propos: Capella a un spectre absolument analogue au spectre moyen du soleil. Arcturus a un spectre accusant une plus forte absorption. Il est remarquable

que le spectre de cette belle étoile ressemble beaucoup à celui des taches solaires, lesquelles sont certainement les parties de la photosphère qui exercent une absorption maximum et, de ce fait, sont à une température moins élevée. On y a constaté en effet la présence d'un composé, l'oxyde de titane.

Ces quelques faits montrent les progrès récents réalisés dans notre connaissance du soleil. Pendant longtemps l'accumulation de faits nouveaux a rendu impossible l'établissement d'une théorie acceptable sur la constitution du soleil. Les nouveaux progrès, qui permettent de mieux saisir l'ensemble des phénomènes solaires, non seulement par comparaison des bords avec le disque, mais par l'étude photographique de la photosphère dans son ensemble, pourront amener à une meilleure connaissance de l'astre central de notre système qui est en même temps, comme je le disais tout à l'heure, la seule étoile qui puisse être étudiée dans les divers détails de sa surface.

Beiträge zur Kenntnis von Natur und Pflanzenwelt Grönlands.

Von

Dr. M. Rikli,

Konservator und Dozent am eidg. Polytechnikum in Zürich.

Als *Erich der Rote* im Jahre 985, nach einer äusserst mühsamen und abenteuerlichen Fahrt, weit westlich von Island, ein neues grosses Land entdeckte, nannte er es Grönland, d. h. grünes Land. Viele Autoren berichten, dass der Entdecker durch diese verlockende Bezeichnung seine Landsleute zur Ansiedelung veranlassen wollte. Wer aber je dieses arktische Wunderland bereist hat, dem wird sich eine andere Deutung aufdrängen. Hat nicht der kühne Wikinger schon in dieser Benennung den gewaltigen Gegensatz zwischen der öden, kahlen, nicht selten fast ganz vegetationslosen Aussenküste und den herrlichen, oft geradezu üppig-grünen Abhängen im Hintergrund der zahllosen, tief einschneidenden Fjorde zum Ausdruck bringen wollen?

Es ist dies übrigens eine Erscheinung, die Grönland nicht allein eigentümlich ist, sondern in allen nordischen Ländern mit ähnlicher Küstengliederung mehr oder weniger deutlich wiederkehrt, und die ihre Erklärung in dem klimatischen Gegensatz zwischen den ozeanischen Küstengebieten und den mehr kontinentalen Verhältnissen im Innern des Landes findet.[1]) Der Hintergrund der

---

[1]) Auf diese Tatsache haben bereits *A. Blytt* und *E. Warming* hingewiesen. *Warming* betont ferner, dass auch die Nebelbildung von Bedeutung ist; sie hat an der Aussenküste einen verminderten Lichtgenuss zur Folge, indessen im Inneren der Fjorde der Vegetation eine grössere Insolation zur Verfügung steht.

Fjorde hat zwar einen kälteren Winter, die Vegetationstätigkeit wird aber zu dieser Jahreszeit sowieso unterbrochen und ob einige Kältegrade mehr oder weniger, das kommt für diese Pflanzenwelt nicht in Betracht. Dafür ist aber der Sommer etwas länger und entschieden wärmer. Dies ist entscheidend. So stellt das hintere Ende jedes Fjordes eine kleine Wärmeoase dar. Diese Wärmeoasen sind aber gewöhnlich nicht nur durch eine üppigere Pflanzenwelt ausgezeichnet, sondern sehr häufig auch durch das Vorkommen südlicherer Arten. Die sog. Südflora findet somit in den Fjorden ihre letzten natürlichen Zufluchtsstätten, in ihnen erreicht dieselbe ihre höchsten Breitengrade. Im Distrikt Julianehaab gibt es im Hintergrund einiger Fjorde sogar noch kleine, lichte Gehölze[1]) von 3—6 m Höhe. Sie bestehen aus verschiedenen Birken und aus *Sorbus americana*; knieholzartige Erlen und der Zwergwacholder bilden das Unterholz (Tafel I).

Tausend Jahre sind seit jener denkwürdigen Entdeckung verstrichen. Welch' gewaltige Veränderungen auf politischem und kulturhistorischem Gebiet hat diese Spanne Zeit nicht Europa gebracht? Und welche Umwälzungen hat der ungeahnte Fortschritt von Technik und Wissenschaft nicht selbst auch für das alltägliche Leben zur Folge gehabt? Grönland ist in seiner Weltabgeschiedenheit von all' diesen tiefgreifenden Ereignissen nahezu unberührt geblieben. Nur während des kurzen arktischen Sommers erscheinen einige Schiffe und bringen Glücksgüter begünstigterer Erdstriche nach dem rauhen Land, — das ist die letzte, schwache Brandungswelle, die, von einer fremden Kulturwelt ausgehend, diese fernen, menschenarmen Gestade noch erreicht.

---

[1]) *M. Rikli.* Vegetationsbilder aus Dänisch Westgrönland in *G. Karsten* u. *H. Schenck* Vegetationsbilder; VII. Reihe, Heft 8 (1909).

Es kann natürlich nicht meine Absicht sein, in dem engen Rahmen eines Vortrages ein auch nur einigermassen abgerundetes Bild Grönlands zu geben. Nach einigen allgemein orientierenden Bemerkungen möge es mir gestattet sein, auf Grund eigener Beobachtungen und Studien einige Fragen aus dem Gebiete meines Spezialfaches zu berühren. Sie betreffen hauptsächlich Phänologie, Biologie und Pflanzengeographie.

Doch zuvor noch ein kurzes Wort des Andenkens an *Oswald Heer*[1]), dem die Wissenschaft die grundlegenden phytopaläontologischen Arbeiten über die Arktis und speziell über Grönland verdankt, — den wir mit Stolz den Unserigen nennen. In der Flora fossilis groenlandica hat unser genialer Landsmann mit eisernem Fleisse die Materialien zusammengestellt, aus denen wir entnehmen, dass dieses heute zum grössten Teil mit Inlandeis bedeckte Land noch in geologisch junger Zeit, in Kreide und Tertiär, mit einer üppigen subtropischen Vegetation bekleidet war. *Cycadeen, Zimmt-* und *Feigenbäume, Sassafras*, mehrere von *Gleichenien* umrankte *Lorbeerarten, Myrtaceen*, darunter zwei *Eucalypten, Liriodendren* und *Magnolien* waren zur obersten Kreidezeit die wichtigsten Typen des grönländischen Waldes. Ja selbst zur Tertiärzeit war der Wald noch sehr reich an Arten und von grosser Ueppigkeit. Währenddem heute nur noch in Süd-Grönland der dem Boden angepresste Zwergwacholder, als einzige Conifere, ein kümmerliches Dasein fristet, gab es damals nicht weniger als 28 verschiedene Nadelhölzer, darunter mehrere *Lebensbäume, Sequoien* und die Sumpfzypresse (*Taxodium distichum*). Eine grosse Zahl von Laubhölzern: *Buchen, Ahornarten, Kastanien, Ebenholzbäume* gesellten sich zu den düsteren Nadelhölzern, und als Lianen durchzogen mehrere *Weinbeerarten* (Vitis) und *Stechwinden* (Smilax) den Tertiärwald Grönlands.

---

[1]) Vor wenigen Tagen ist der 31. August als Gedenktag der Wiederkehr seines 100jährigen Geburtstages in Glarus und Matt gefeiert worden.

Der grosse Phytopaläontologe selbst hat jedoch Grönland nie gesehen. Im Sommer 1908, 25 Jahre nach *Heer's* Ableben, war es meinem Studienfreund Prof. Dr. *H. Bachmann* in Luzern und dem Schreiber dieser Zeilen vergönnt, dank dem uns zugesprochenen eidgenössischen naturwissenschaftlichen Reisestipendium, als erste Schweizer Grönlands Boden zu betreten. Unsere Reise hat bereits Schule gemacht. Schon dieses Frühjahr haben sich wieder in Kopenhagen einige jüngere Schweizerforscher eingeschifft, um in Grönland naturwissenschaftliche Studien zu betreiben. Dr. *A. de Quervain* von der meteorologischen Zentralanstalt in Zürich stellte sich mit Dr. *Stollberg* von Strassburg zur Aufgabe, Beobachtungen über die Eisbewegungen und meteorologische Studien, diese z. T. mit Sondierballons ausgeführt, vorzunehmen. Als Basis ihrer Untersuchungen haben die beiden Gelehrten den durch die *Drygalskische Expedition* 1892/93 bekannt gewordenen Karajakfjord, südwestlich von Umanak, bei ca. 70° 30′ nördl. Breite gewählt. Dr. *E. Bäbler* aus Zürich begleitete diese Expedition als Zoologe, und Dr. *Arnold Heim* ist, mit einer technisch-geologischen Mission betraut, Ende Mai nach Grönland in See gegangen. Sein Arbeitsprogramm betraf die Untersuchung der Kohlenlager Nordwest-Grönlands auf Lagerungsverhältnisse und Abbauwürdigkeit. Vor einigen Tagen sind unsere Landsleute an Bord des „Hans Egede“ wieder in Kopenhagen eingetroffen; bald werden wir wohl von den Ergebnissen ihrer Studien hören.

Ich schalte hier noch die Bemerkung ein, dass die während und am Schluss des Vortrages vorgewiesenen Lichtbilder fast alles Originalaufnahmen sind: zum grösseren Teil von meinem Reisebegleiter Prof. Dr. *H. Bachmann* zum Teil vom Sprecher aufgenommen. Der Güte von Herrn *Richard Baldauf* in Dresden verdanke ich endlich einige Lumièreplatten, die ersten Farbenphotographien

von Grönland. Auch an dieser Stelle möge es mir gestattet sein, den beiden Herren für die Erlaubnis, diese Bilder hier vorzuweisen, meinen allerverbindlichsten Dank auszusprechen.

Ueber Ausdehnung und Flächeninhalt Grönlands macht man sich nur selten eine richtige Vorstellung. Der südlichste Punkt, das steil abfallende Cap Farewell mit seiner grossartigen, alpinen Charakter tragenden Umgebung liegt mit 59 ° 45 ′ nördl. Breite in der Breitenlage von Christiania. Der Nordrand der an einen kleinen Kontinent erinnernden, gewaltigen Insel erstreckt sich bis über den 83. Breitegrad, d. h. nördlicher als irgend ein anderes Land, die nördlichsten Teile von Franz Josephs-Land vielleicht ausgenommen. Der Flächeninhalt übertrifft das vierfache Areal des ganzen Deutschen Reiches; er entspricht einem Länderkomplex, welcher Deutschland, Oesterreich-Ungarn, Italien, Frankreich mit Einschluss der Kleinstaaten Schweiz, Belgien, Holland, Dänemark und Rumänien umfasst.

Diese gewaltige Ländermasse ist nun zu mehr als 94 % mit Inlandeis bedeckt. Einzig *Fridtjof Nansen* ist es (1888) bekanntlich in der Breitenlage von Godthaab gelungen, das Land zu durchqueren. Das Innere erwies sich als ein vergletschertes 2500—2800 m über Meer gelegenes Hochplateau. Aehnliche Versuche von *Erich v. Nordenskiöld* (1883) und *Rob. Peary* (1886) zwischen dem 69 ° und 70 ° n. Br. hatten bekanntlich keinen Erfolg. Die höchsten Erhebungen liegen in der Nähe der Ostküste. Durch Oberleutnant *Julius von Payer* wurde 1870 auf der zweiten deutschen Nordpolarexpedition unter Kapitän *Karl Koldewey*, im Hintergrund des in unzähligen Verzweigungen, gegen 250 km ins Innere eingreifenden Kaiser-Franz-Josephs-Fjordes, die Petermannsspitze zu 3500 m bestimmt (73 ° nördl. Br.).

Nur ein schmaler Küstenstreifen ist zum grössten Teil eisfrei und von einer dürftigen Vegetation besiedelt. An der Westküste erreicht das eisfreie Land eine Breite bis zu 150, an der Ostküste aber selten mehr als 25 km. Doch selbst an der Westküste berührt das Inlandeis an zwei Stellen den Küstensaum: im Frederikshaabs-Isblink unter 62° 30′ n. Br. und zwischen 73½ und 75° nördl. Br. im Hintergrund der gewaltigen Melville Bucht, westlich von Cap York; hier in einer Ausdehnung von gegen 350 km.

Aus der allgemeinen Vereisung ragen die Nunatakker empor, steile Felsnadeln, an denen Eis und Schnee nicht haften bleiben. *Kornerup* und *Jensen* sammelten auf dem östlichsten Nunatakker im Frederikshaab-Distrikt, 74 km vom Rand des Inlandeises, noch 26 Blütenpflanzen, d. h. ca. 7 % sämtlicher Phanerogamen Grönlands.

Das Inlandeis ist in steter Bewegung. Wo dasselbe zwischen steilen Bergketten zu den Fjorden abfliesst, da steigert sich die Geschwindigkeit des Eisstromes bis über 22 m in 24 Stunden. *C. H. Ryder* hat unter 72° 47′ nördl. Breite am Upernivik-Eisstrom als absolutem Höchstbetrag sogar einen täglichen Vorstoss von 37,85 m gemessen.[1]) Die grossen Eismassen gelangen nun ans Meer. Schon nach wenigen Tagen ist die Eiszunge mehrere Hundert Meter von der Küstenmarke entfernt. Bei der nächsten Ebbezeit bricht das Gletscherende unter gewaltigem Getöse ab. Nach der Kalbung beginnt der Eisberg, von der Gezeiten- und der Meeresströmung erfasst, seine Irrfahrten (Tafel II). Einen ungemein fesselnden, unvergesslichen Eindruck gewährt das Auftreten der ersten Eisberge, besonders bei bewegter See, wenn die Brandung die oft gewaltigen, schwimmenden Eisinseln umtobt, und der feine Gischt, gleich einem Sprühregen, haushoch empor-

---

[1]) *C. H. Ryder.* Undersogelse of Grönlands Vest-Kyst. fra 72° til 74° 35′ n. Br., 1886 og 1887, in Meddelelser om Grönland, Heft 8 (1889) S. 218; franz. Résumé S. 321.

lodert. Das sind die Zeiten, in denen die Natur Meisterwerke der Plastik schafft. Meer, Sonne, Föhn sind in ihrem Dienst. Da entstehen Eishöhlen und Eisgrotten, kühne Türme und zierliche Triumphbogen. Die üppigste Phantasie vermöchte nicht all' die wunderlichen Gebilde, die diesen nordischen Meeren förmlich Leben geben, sich auszumalen. Sie sind bald in blendendem Weiss, wie aus karrarischem Marmor aufgebaut, bald durchsetzt von zarten grünen oder auch von duftig-blauen Farbentönen. Hin und wieder kracht und donnert es, als ob schwere Artillerie in Tätigkeit wäre, — es kollert ein Eisberg; doch, wo noch vor wenigen Sekunden das Meer in wilder Erregung zischte, wo kirchturmhohe Blöcke übereinander stürzten, herrscht bereits wieder völlige Ruhe. Was bedeutet im Weltmeer ein Eisberg, und sei er noch so gross?

Neben diesem vom Inlandeis stammenden Landeis spielt das Meereis eine nicht weniger bedeutungsvolle Rolle. Für die Schiffahrt sind die gewaltigen Packeismassen, welche im Winter teils in den Buchten und Fjorden und längs der Küste, teils im Polarmeer gebildet werden, ein viel gefährlicheres und ernsteres Hindernis als die Eisberge. Die Hauptabfuhrstrasse des Polareises folgt der Ostküste Grönlands, es ist der sog. Ost-Grönlandstrom, auch wohl unter dem Namen der Jeanetteströmung bekannt. Mit *Karl Koldewey* und Dr. *Adolf Pansch* kann man diesen Strom mit einem riesenhaften schwimmenden Gletscher vergleichen, dessen Firngebiet das Polarbecken ist.[1]) Er besteht aus einer unabsehbaren Anhäufung von Eisschollen, Eisflarden und Eisfeldern, die oft eine Ausdehnung von mehreren Kilometern und eine Mächtigkeit bis zu 15 Meter erreichen. Bei vorherrschenden Ostwinden ist dieser Eispanzer an der grönländischen

---

[1]) Die zweite deutsche Nordpolarfahrt in den Jahren 1869 und 1870 unter Führung des Kapitäns Karl Koldewey Bd. I. 1, S. 34 (1873).

Ostküste schmaler und kompakter, bei Westwinden breiter, aber dafür mehr zerteilt. Dieser Eisgürtel hat der Erforschung Ost-Grönlands so ungeahnte Schwierigkeiten bereitet, dass Nordost-Grönland erst in den Jahren 1907/08 durch die Danmark-Expedition, deren Führer *Mylius Erichsen*[1]) dabei den Tod fand, kartographisch aufgenommen werden konnte.

Infolge der Rückstauung der polaren Ostgrönlandtrift auf der Westseite des C. Farewell ist Südwest-Grönland viel schwerer und vor allem erst viel später zugänglich als die Teile des Landes zwischen 64 und 70° n. Br.[2]) Diese Verhältnisse erklären auch die auffallende Tatsache, dass die Bevölkerung in den südlicheren Distrikten sich reiner erhalten hat, als in den nördlicher gelegenen Kolonien.

Geologisch besteht Grönland hauptsächlich aus Urgestein; vorherrschend ist der Gneiss, stellenweise treten auch Glimmerschiefer auf. Granite, Diorite, Syenite und diabasische Gesteine, von denen besonders der Eläolith-Syenit eine Reihe seltener Mineralien enthält, haben mehr nur lokale Bedeutung. Orographisch zeigen diese Urgebirgslandschaften immer den Rundhöckertypus. (Taf. III.) Die auslaufenden Bergketten, sofern sie die Höhenquote von annähernd 1000 m nicht überschreiten, die kleinen Inseln, Schären, ja selbst die zur Flutzeit submarinen Riffe sind sämtlich abgerundet; erst die höher gelegenen Teile haben mehr individualisierte Erosionsformen: scharfkantige Gräte, kühne Felstürme, spitze Gipfelpyramiden. Im Baals Revier, dem äusseren Teil des Godthaabfjordes, gehört der gegen das Meer vorgeschobene Westgipfel des Hjörtetakken noch dem Rundhöckertypus an, nicht aber der

---

[1]) Vor wenigen Tagen ist der erste offizielle Bericht der Danmark-Expedition in den Meddelelser om Grönland Bd. XLII (1909) erschienen, nämlich: No. 1, *Alfred Wegener*, Drachen- und Fesselballonaufstiege.

[2]) Siehe *Berghaus'* Physikal-Atlas (1892), Blatt No. 21.

3670′ hohe, östliche Hauptgipfel; auch die obersten Partien des Sadlen nördlich von Godthaab zeigen zugespitzte Formen. Diese Gebirgsbildung gibt uns einen Einblick in die geologische Vorgeschichte der eisfreien Küstengebiete. Aus ihr entnehmen wir, dass auch der westliche, jetzt vom Eise verlassene Uferstreifen einst bis zu 1000 m mit Inlandeis bedeckt war und dass aus diesen Eismassen hin und wieder einzelne Felszacken emporragten.

Von der einstigen Vergletscherung dieser Gebiete legen auch die zahlreichen Moränenzüge, die bis an den Fuss der Berge reichen und teils durch Wildbäche, teils durch Brandung und Gezeitenströmung aufgeschlossen sind, Zeugnis ab. Die unbedeutenden Moränen und die kleinen Schuttkegel sind, verglichen mit dem Gebirgsabbau der Alpen, ein sprechender Beweis viel geringerer Erosionstätigkeit. Vier Ursachen mögen in diesem Sinn zusammenwirken: die bedeutend geringeren Niederschläge, die kleineren Temperaturunterschiede, die schwere Verwitterbarkeit dieser Gesteine und die Tatsache, dass der Rückzug der Gletscher später erfolgt ist als im Alpenlande. Stellenweise beansprucht die Blockmeerverwitterung eine führende Rolle.

Diese Rundhöckerlandschaften zeichnen sich durch ihre grosse Unübersichtlichkeit aus; kein vorragender Punkt dient als Wegmarke. Rundhöcker reiht sich an Rundhöcker zu einem äusserst einförmigen Landschaftsbild. *Gyrophora hyperborea*, eine pechschwarze Flechte überzieht, einem Trauerflor vergleichbar, weithin das Gestein. Sonst ist die Vegetationsdecke äusserst offen und dürftig, nur in den Mulden sammelt sich das Schneewasser zu kleinen Tümpeln, die aber schon in der ersten Hälfte August zum grössten Teil ausgetrocknet sind. *Eriophorum Scheuchzeri* und einige nordische *Carices* fehlen als Verlander kaum je. Aus dem Wasserbecken ragen gelegentlich noch die schlanken Sprosse des Tannenwedels (*Hippuris vulgaris*) empor; *Callitriche*-Arten bilden unter Wasser saftig-grüne Flecken und wo sich am Ufer

durchfeuchteter Schlamm ansammelt, da hat sicher *Ranunculus hyperboreus* mit seinen langen Kriechtrieben sich eingestellt. Eine tiefe Melancholie liegt über dieser eigenartigen Landschaft. Das ganze weite Gebiet ist oft von einer Kahlheit und Ursprünglichkeit, dass man eher geneigt wäre anzunehmen, es seien erst Jahrzehnte und nicht schon Jahrtausende verstrichen, seitdem das Land hier eisfrei geworden ist. Auf den Gräten und Hochflächen zerstreut liegen oft hunderte von Blöcken in allen Grössen, welche beim Rückzug des Inlandeises ausgestossen und liegen geblieben sind. Diese Findlinge bestehen zum Teil aus Amphiboliten, die erst weit im Hinterland anstehen. Wo die Berge, wie z. B. um Holstensborg höher werden, da erinnert das Gelände sehr an unsere Urgebirgslandschaften der Zentralalpen, z. B. an die Gegend um das Grimselhospiz (Tafel IV).

Stellenweise wird nun dieses kristallinische Grundgebirge von vulkanischen Gesteinen oder von Sedimenten überlagert. Im Verhältnis zur grossen Ausdehnung des Landes ist ihr Auftreten jedoch beschränkt.

Die herrschende Gebirgsform der vulkanischen Gesteine ist der Tafelberg, aufgebaut aus zahlreichen fast horizontal streichenden, über einander gelagerten Basaltbänken, die öfters regelmässig mit vulkanischen Tuffen wechsellagern. Nicht selten zeigt der Basalt säulenförmige Absonderung, ähnlich derjenigen der berühmten Staffahöhle an Schottlands Nordwestküste, so z. B. am Skarvefjeld östlich Godhavn. Auf eine Entfernung von 12 km reiht sich hier Basaltsäule an Basaltsäule. Die die Felsen bespülende, tobende Brandung erweist sich als vollendeter Modellierkünstler — hier eine Höhle auswaschend, dort einen Triumphbogen errichtend (Tafel V, Fig. 7). Diese Tafelberge sind mehr originell als schön, sie sehen wie geköpft aus, es fehlen ihnen die Gipfel. Ein Bergstock gleicht dem andern, so dass auch diese Landschaft sehr einförmig ist. Die Insel Disko besteht zum grössten Teil

aus solchen Basalten. Sie enthalten öfters gediegenes Eisen, bald fein zerteilt, bald in grossen bis 500 Zentner schweren Massen. Die durch *Erich von Nordenskjöld* bekannt gewordene berühmte Eisenfundstelle auf der Südseite des Blaafjelds gab seinerzeit zu einer lebhaften wissenschaftlichen Kontroverse Veranlassung. Zuerst wurde es als Meteoreisen erklärt; es gelang aber später dem dänischen Staatsgeologen *K. J. V. Steenstrup* in überzeugender Weise den tellurischen Ursprung nachzuweisen. Auch nördlich vom Cap York und wiederum an der Ostküste zwischen dem Franz-Joseph-Fjord und der Shannoninsel tritt neuerdings Basalt auf. Infolge seiner leichten Verwitterbarkeit gewährt der Basalt der Ansiedelung der Pflanzenwelt wesentlich günstigere Bedingungen als das kristallinische Grundgebirge.

Schichtgesteine sind mehrfach nachgewiesen. Es sind z. T. jurassische Bildungen, so z. B. auf der Kuhninsel der Ostküste, oder sie bestehen aus Kreide und Tertiär, wie die von uns besuchten, ausserordentlich versteinerungsreichen Gebiete längs der Vaigatstrasse, zwischen Disko und der Halbinsel Nugssuak. Diese Schichtgesteine lassen sich mit einigen Unterbrechungen von 69 ° 20′ an der Südküste Diskos bis zum 72 ° nördl. Br. verfolgen; z. T. Kohlen führend, bestehen sie meisten aus feinkörnigen, zuweilen fast mehlartigen Sandsteinen. Die Berge zeigen daher sanfte, mehr oder weniger abgerundete Formen. Oft werden die Sedimente von Basaltgängen durchbrochen. An den Abhängen hat in diesen weichen Gesteinen die Erosion leichte Arbeit. Jede kleine Wasserader reisst tiefe Wunden, und wo eine solche offene Stelle einmal vorhanden, da ist die Pflanzenwelt meist ohnmächtig, rasch genug Fuss zu fassen und die Wunde zu vernarben. Immer tiefer und breiter wird der weiche Sandstein durchfurcht, so entstehen immer neue Runsen und Einschnitte. Da und dort noch ein kleines Vegetationsinselchen, sonst ist alles kahl, wüstenhaft, — ganz an Bilder aus den trocken-

sten Teilen Südostspaniens oder an den Antiatlas des südl. Oranais erinnernd.

Wer je Gelegenheit gehabt hat, einen Sommer in Grönland zuzubringen, dem wird sich vor allem eine Erscheinung tief eingeprägt haben: der rasche, ich möchte beinahe sagen explosionsartige Verlauf der Vegetationsperiode. Es ist dies zwar eine Erscheinung, die auch unsere alpine Pflanzenwelt auszeichnet. Die Vegetationstätigkeit der Alpenflora erstreckt sich jedoch meistens über 3—4, nicht selten sogar über 5 Monate. Schon in der zweiten Hälfte Mai kann in günstigen Lagen bis zu 2000 m das Erwachen des Alpenfrühlings bewundert werden und noch in der zweiten Hälfte August ist die Jahresarbeit nicht abgeschlossen. Innerhalb dieser Vegetationsperiode ist es sehr wohl möglich, eine Frühlings- und eine Sommerflora zu unterscheiden: erstere mit *Crocus*, *Soldanellen*, *Anemonen*, *Lloydia*, *Gentianen*, *Ranunculus pyrenaeus* usw.; letztere ist durch das Vorherrschen von *Papilionaceen*, *Umbelliferen*, *Compositen* ausgezeichnet. Nicht so im hohen Norden. Die Vegetationsperiode beginnt hier erst gegen Ende Juni, aber bereits in der ersten Hälfte August, zu einer Zeit, wo die Sonne noch länger über dem Horizont steht, als bei uns am längsten Tag, ist der Vegetationszyklus schon wieder abgeschlossen. Die meisten Blüten sind bereits verflattert, die Knospenanlagen für die nächste kurze Vegetationstätigkeit fertig ausgebildet. Alles ist für den langen Polarwinter vorbereitet und dies zu einer Zeit, wo der arktische Sommer noch seine Triumphe feiert und noch kein Frost sich als Vorbote des kommenden Winters eingestellt hat. Von einer Frühlings- und Sommerflora kann in der Arktis kaum gesprochen werden. Wohl gibt es früher- und einzelne späterblühende Arten, letztere sind meistens von südlicher Herkunft; aber früh- und spätblühende Genossenschaften derselben Lokalität gibt es kaum. Die Frühblüte ist zudem oft nur eine Folge lokal begünstigterer Verhältnisse.

Wie der polare Winter sich noch weit in das Frühjahr hinein erstreckt, so verzögert sich der Eintritt des Sommers in der arktischen Zone derart, dass der Reisende zuweilen zweifeln muss, ob er auch wirklich überhaupt noch kommt. Der ununterbrochene Sommertag hat bereits einige Zeit begonnen und noch immer ist kaum eine Spur des kommenden Frühlings zu sehen. Bei unserer Landung in Godthaab war am 13. Juni 1908 die Vegetation kaum erwacht. Die gebleichten vorjährigen Blätter und Halme breiteten einen schützenden Mantel um das schlummernde Leben. Das Weiss einiger *Cochlearien* und der Polster von *Diapensia lapponica*, die dem Boden angepressten Spaliere der rotblühenden *Loiseleuria procumbens*, hin und wieder ein Kätzchen der *Zwergbirke*, vereinzelte violette Glocken der nordischen *Phyllodoce taxifolia* und das Rot einer *Silene acaulis*, das war die ganze Ausbeute blühender Pflanzen einer mehrstündigen Exkursion; der grösste Teil der Vegetation verharrte noch im Winterschlaf.

Auffallend ist für Vorsommer und Frühjahr das häufige Auftreten intensiv rotbraun gefärbter Vegetationsorgane. In seinen „Botanischen Beobachtungen aus Spitzbergen" (1902) machte *Thorild Wulf* auf das verbreitete Vorkommen von Anthocyan bei den arktischen Gewächsen aufmerksam. In unserem Fall handelt es sich um Winterfärbungen, die mit der fortschreitenden Vegetationsperiode mehr und mehr durch ein freudiges Grün ersetzt werden und nur bei direkt belichteten Pflanzenteilen zu beobachten sind, nicht aber bei Schattenpflanzen. *Diapensia lapponica, Empetrum, Cassiope tetragona* usw. zeigen diese Winterfärbungen oft sehr schön.

Nur vierzehn Tage später, in der ersten Woche unseres Aufenthaltes in Godhavn auf Disko, befanden wir uns, Anfang Juli, bereits mitten im polaren Sommer. In wenigen Tagen hatten sich Hügel und Plateaus mit Tausenden von Blüten bedeckt. Stellenweise glichen die Abhänge wohlgepflegten Gärten. Die Zwergstrauchheide und

einige Zeit später auch die arktische Mattenformation prangten nun im bunten Wechsel in weissen, gelben, roten und blauen Farbenflecken. An diesen herrlichen Vegetationsbildern waren zwar jeweilen nur wenige Arten, diese aber in umso grösserer Zahl beteiligt. Vor zehn Tagen hatten wir die beginnende Anthese der ganzblätterigen Dryade (*Dryas integrifolia*) beobachtet, heute ist ihre Hauptblüte bereits überschritten, nur noch Nachzügler sind auf dem Plane; ja einzelne Exemplare entfalten schon ihre Federbüsche. Ganz ähnlich verhält sich die Alpen-Gänsekresse (*Arabis alpina*). Am 29. Juni sammelte ich in Weidengebüschen bei Godhavn eben erblühte Pflanzen, am 8. Juli bemerkte ich hochwüchsige Fruchtstengel mit beinahe ausgereiften Früchten und den letzten verflatternden Blüten. Die starke Streckung der Fruchtstengel ist für viele arktische Pflanzen bezeichnend. *Senrander* hat dafür den Ausdruck „Winterstengler" geschaffen und gezeigt, dass die Streckung oft der Höhe der örtlichen Schneeschicht entspricht, so dass die Samen auf den Schnee ausgeschüttet und vom Winde über die Schneefläche verfrachtet werden.

Wie ausserordentlich langsam der Abbau der abgestorbenen Pflanzenteile im hohen Norden vor sich geht, davon legt das häufige Vorhandensein der letztjährigen und öfters sogar der vorletztjährigen dürren Triebe neben den jetzt grünenden und blühenden Sprossen ein beredtes Zeugnis ab. Die gebleichten alten Blütenstengel verschiedener *Pedicularis*, von *Bartsia*, von *Veronica alpina*, *Trisetum spicatum* und *Archangelica*, die sich oft massenhaft zwischen den saftigen diesjährigen Trieben erheben, gewähren einen höchst eigenartigen Eindruck. Solche Vegetationsbilder sind der Alpenflora fremd. Nur ausnahmsweise werden im Alpengebiet neben dem grünen diesjährigen noch Reste des vorjährigen Sprosses angetroffen. Auch die abgestorbenen Blätter bleiben, allmählich vermodernd und einen dichten Mantel um das lebende

Stämmchen und den zarten Vegetationskegel bildend, oft noch viele Jahre mit der Pflanze verbunden. Sie verlieren zunächst die grüne Farbe, werden dann unansehnlich weissgrau und schliesslich braunschwarz.

Bereits um Mitte August beginnt die Herbstfärbung. Die arktische Flora zieht nun ihr buntestes Kleid an. Wer je den arktischen Herbst in seiner unvergleichlichen Farbenpracht gesehen und bewundert hat, dem wird sich dieses äusserst bunte Bild für immer tief eingeprägt haben. Währenddem die *Urteli*[1]) noch ihr saftiges Grün und die *Empetrumheide* ihren dunkelgrünen Farbenton beibehalten, verfärben sich bereits die *Dryasfluren*, zunächst dunkelrot, um später eine unansehnlich düsterbraune Färbung anzunehmen. *Betula nana* durchläuft eine ganze Farbenskala vom Bräunlichgrün zum Rotbraun, um die Zwergstrauchheide schliesslich weithin in ein intensiv leuchtendes Ziegelrot zu tauchen. Die Blätter von *Vaccinium uliginosum* nehmen nun dunkelviolette Färbung an, indessen die strichweise massenhaft von *Exobasidium Vaccinii* befallenen Sprosse breite blutrote Flecken bilden. In den Schneetälchen breitet *Salix herbacea* herrlich orange bis goldgelbe Teppiche aus, längs den Bächen prangen die Bestände von *Salix glauca* in einem zarten Lichtgelb und dort am Abhang welch' leuchtend rotviolette Streifen! *Sibbaldia procumbens* und *Alchimilla glomerulans* wetteifern in den glühendsten Farbentönen. Gegen Ende August haben sich die zahlreichen, oberirdisch-ausdauernden, immergrünen Sträuchlein der arktischen Zwergstrauchheide schon alle verfärbt, in seltener Farbenpracht verleihen sie alsdann der hochnordischen Landschaft einen unvergleichlichen Reiz, an dem man sich nicht genug satt sehen kann.

Im Juli liessen wir uns immer wieder verleiten, den saftig-grünen Stellen an den Berglehnen zuzustreben. Aus der Ferne täuschten sie herrlich grüne Wiesen vor, in

[1]) Mit Urteli bezeichnet man die mit saftig-grüner Vegetation bedeckten Abhänge, bestehend aus Weidengebüschen, Blumenmatten und Archangelicafluren.

der Nähe erwiesen sie sich aber immer wieder als Bestände vegetativer Triebe des Ackerschachtelhalms (*Equisetum arvense*). Diese Equisetumwiesen spielen stellenweise im Vegetationsbild eine nicht unbedeutende Rolle; sie treten hauptsächlich da auf, wo der Bergschweiss austritt und etwas Wasser über den Hang abfliesst. Jetzt hat sich aber das Bild geändert. Schmutzig braungrüne Flächen bezeichnen im Herbst die Stellen der einstigen smaragdgrünen Equisetumwiesen.

Beachtenswert scheint mir die Tatsache, dass im Gebiet der Nordgrenze mehrerer südlicher Arten das Aufblühen mit dem Eintritt ihrer Herbstfärbung zusammenfällt. Die amerikanische *Sibbaldiopsis* (*Potentilla*) *tridentata* öffnet bei Cap Skansen auf Disko ihre weissen Blüten erst, wenn sich ihre Blätter bereits rot verfärben. *Epilobium angustifolium* hat verkürzte, wenigblütige Trauben. Wenn an ihrer Nordgrenze noch nicht einmal die untersten Blüten geöffnet sind, zeigen die Blätter bereits die bezeichnende rotviolette Herbstfärbung. Ja selbst ein Gras, *Arctophila fulva*, färbt seine Blätter intensiv rot, zu einer Zeit, wo die zarten Staubgefässe eben den Pollen ausstreuen. Bei Arten südlicher Herkunft wird somit das Zusammenfallen von Anthese und Herbstfärbung oft zu einem Hinweis, dass die polare Verbreitungsgrenze dieser Pflanzen erreicht ist.

Im Gegensatze zum Pflanzenkleid der Alpen hat die Vegetation der Arktis ihre völlige Ursprünglichkeit noch nahezu beibehalten. In den Alpen muss der Botaniker sich immer wieder sagen, dass die Vegetation durch den direkten und indirekten Einfluss des Menschen mancherlei und z. T. tiefgehende Veränderungen erfahren hat und dies bis hinauf in die unwirtlichen Regionen des Hochgebirges. Anders in Grönland. Nach den dänischen Volkszählungen zählt das ganze, weite Land, das nahezu halb so gross wie Europa ist, nur 12 000

Einwohner. Die kleinen Wohnplätze liegen weit auseinander. Da kann man oft tagelang reisen, ohne einen einzigen Menschen anzutreffen. Kulturpflanzen gibt es keine, weder Getreide noch Obst und Gemüse, noch Futterkräuter werden angepflanzt. Ausser dem Hund kennt der Grönländer kein Haustier, auch das Renn ist in Grönland nur Jagdtier. „Kulturland" trifft man höchstens um die Wohnungen der dänischen Kolonisten. Die kleinen, armseligen Gärtchen enthalten zuweilen Rhabarber, Salat, Radieschen, Kresse und Karotten. Von Moos und Unkraut sind die Gartenbeete meistens ganz überwuchert. Das schönste ist wohl immer der grasgrün angestrichene Lattenhag, der den Besitz nach aussen abgrenzt und dem kleinen Kulturzentrum einen recht freundlichen, heimeligen Anstrich verleiht. Besser ist es aber, wir betrachten die Sache aus der Ferne, denn ein genauer Augenschein der Gartenherrlichkeit muss unbedingt eine arge Enttäuschung zur Folge haben.

Da keine weidenden Haustiere vorhanden sind, fehlt sogar der Eingriff von Tritt und Biss. Auch Sense, Düngung und Entwässerungsarbeiten, die bekanntlich alle in ganz bestimmter und nachhaltiger Weise auf die Pflanzendecke einwirken, sind in Grönland vollständig ausgeschaltet. Grönland kennt somit nicht nur kein Kulturland, es fehlen ihm auch die sogenannten Halbkulturen fast ganz. So z. B. Fettmatten, Mähwiesen, Heuberge, Wildheuplanggen, Weiden, Läger, usw. Von diesen Halbkulturen sind höchstens Andeutungen vorhanden, sei es in Form einer dürftigen Adventivflora der wenigen kleinen Handelsplätze, sei es als Geilstellen um jetzige oder ehemalige Niederlassungen oder um zeitweise besuchte Zeltplätze, die man auch an den mehr oder weniger im Kreise angeordneten grösseren Steinen stets erkennen wird. Diese Steine dienten einst zur Befestigung der ursprünglich aus Seehundsfellen bestehenden Sommerwohnungen.

Die Tatsache, dass die Pflanzenwelt Grönlands sozusagen keine anthropochoren Einflüsse erkennen lässt, so-

mit noch im vollen Sinn des Wortes als Naturland zu betrachten ist, hat für den Phytogeographen und Biologen eine sehr grosse Bedeutung, denn auf diese Weise wird eine grosse Zahl auf die Vegetation einwirkender Faktoren ausgeschaltet. Die Beurteilung der arktischen Pflanzenwelt in ihren Beziehungen zu Klima und Bodenbeschaffenheit, in ihrer Genesis, in der Formationsfolge und in den Wechselbeziehungen der einzelnen Vegetationstypen wird daher wesentlich erleichtert.

An Hand einiger Angaben über die von mir als Höckerlandschaft bezeichnete Vergesellschaftung von Miniaturhügelchen möge es mir gestattet sein, auf diese Frage noch etwas näher einzugehen. Auf unseren Fahrten im Küstengebiete West-Grönlands sind wir sehr oft maulwurfsartigen Bildungen begegnet, die in grosser Zahl weite Flächen bedecken und so zu einem höchst eigenartigen Landschaftsbild Veranlassung geben. Obwohl diese Bildungen höchst auffällig und sehr verbreitet sind, werden dieselben in der Literatur kaum erwähnt.[1]) Die Grössenverhältnisse wechseln von den kleinsten Miniaturhügelchen, die nur einen Durchmesser von 2—5 cm aufweisen bis zu den ansehnlichen Dimensionen von 61 cm Höhe und über 2 m Länge. Auch im Alpengebiete finden sich gelegentlich solche Bildungen, doch sind sie ziemlich selten.[2]) Bei uns wird ihre Entstehung gewöhnlich auf den Tritt des Weideviehes, das zur Tränke geht, oder auf

---

[1]) *E. Warming* beschreibt in seiner Oecology of plants (Oxford 1909) solche Bildungen unter dem Namen „Torfhügelchen" (peat-hillocks), in dem Kapitel über Moostundra und Moosheide (S. 206).

[2]) Häufiger finden sich dagegen höckerartige Bildungen auf vielen höheren Juraweiden; dieselben zeigen jedoch niemals den kompakten Wuchs und die scharfe Umgrenzung der grönländischen Höckerlandschaft. Als erste Ansiedler tritt *Thymian* und *Ginster* auf, später gesellt sich öfters auch noch *Calluna vulgaris* dazu. An der Bildung dieser Höcker ist insofern das Weidevieh indirekt beteiligt, als dasselbe diese Pflanzen unberührt lässt, indessen die übrige Vegetation abgeweidet wird.

die erodierende Tätigkeit des abfliessenden Schnee- und Regenwassers zurückgeführt. Es soll nicht in Abrede gestellt werden, dass diese beiden Faktoren vielfach mitbestimmend sind, doch scheinen sie mir von untergeordneter Bedeutung zu sein.

Für die grönländische Höckerlandschaft fällt der Tritt des Weideviehes ausser Betracht, und auch die erodierende Tätigkeit des Schmelzwassers wird jedenfalls immer da, wo der Boden eben ist, — und dies trifft in den meisten Fällen zu — auszuschalten sein. Aus meinen Studien über den Höckerboden ergibt sich, dass derselbe eine sehr polygene Entstehungsgeschichte besitzt, d. h. er kann auf sehr verschiedenem Wege zustande kommen. Nach der Art der Entstehung lassen sich folgende vier Hauptarten des Höckerbodens unterscheiden:

1) Der Boden ist von Anfang an uneben, die vorhandenen Unebenheiten werden von der Vegetation überwuchert und allmählich verdeckt. (Tafel V, Fig. 6.) Auf diese Weise werden im Verlauf der Jahre Steine und Felsblöcke mit einer zusammenhängenden Vegetationsdecke überzogen. Wo das Gestein an Ort und Stelle zu Blockmeeren verwittert oder wo Abhänge mit grobem Geröll bedeckt sind, ist dies eine recht verbreitete Besiedelungsform. Während Steinflechten die Blöcke überziehen, stellen sich zwischen denselben die Spaliersträucher der *Salix glauca* ein. Der schlangenartig hin und hergewundene Hauptstamm und die Zweige sind dem Felsen dicht anliegend, können aber trotzdem noch eine recht bedeutende Länge erreichen. Am Vorgebirge Skansen an der Südostküste von Disko habe ich eine Spalierweide gemessen, die vom Boden bis zur äussersten Spitze 3 m 45 cm (Tafel VI, Fig. 9) hatte. Zwischen dem knorrigen Gezweig sammelt sich bald allerlei Detritus an, die abgestorbenen und vermodernden Blätter vermehren den Humusgehalt. Samen fliegen an und finden ein günstiges Keimbett. *Moose, Empetrum, Ericaceen* und *Vaccinieen* be-

graben die Spalierweide mehr und mehr, so dass bald nur noch die kurzen Seitenzweiglein aus der nun fast geschlossenen Vegetationsdecke hervorragen. Endlich ist das Blockmeer von der Zwergstrauchheide überwuchert, doch Ursprung und Entstehungsgeschichte derselben ist auch jetzt noch deutlich erkennbar, denn jeder Höcker hat seinen eigenen Steinkern.

2) Die reichlich Schmelzwasser führenden Bäche und Bächlein zerteilen sich über das Vorland und graben zahlreiche, oft sich durchkreuzende Furchen in die Pflanzendecke ein, so wird dieselbe in einzelne Vegetationsinselchen zerteilt. Auf diese Weise entsteht ein Teil der Moosmoore.

3) Der feine Sandboden der Küstendünen wird von einigen Strandpflanzen besiedelt. Die im Boden weithin kriechenden Rhizome treiben durch den Sand in grosser Zahl dicht gedrängte Seitensprosse. Im Windschatten dieser Triebe sammelt sich bald neuer Sand an. Indem nun die älteren Teile stets wieder zugeschüttet werden und neue Sprosse dem Grabe entwachsen, entstehen allmählich auf der Hauptdüne, in sehr offener Formation, zahlreiche Miniaturdünen. An diesem Vorgang sind besonders drei Arten beteiligt: Die halophyte Caryophyllacee *Halianthus peploides*, *Mertensia maritima*, eine sukkulente Boraginee mit lebhaft blauen Blütenglöckchen und endlich der Strandhafer, *Elymus arenarius var. villosus*, das stattlichste Gras Grönlands.

4) Die Höckerbildung ist nur auf vegetative Tätigkeit zurückzuführen (Tafel VII, Fig. 10). Dies ist weitaus der häufigste und interessanteste Fall der Höckerbildung. Die meistens vollständig getrennten Höcker lassen zwischen sich öfters die nackte, grobkiesige oder selbst geröllartige Unterlage frei. Ihre Bildung ist an keine bestimmte Bodenart gebunden, man trifft sie sowohl auf Sumpfboden in der Nähe von See- und Flussufern, als auch auf den trockenen Geröllfluren an; ja an der Aussenküste habe ich

wiederholt auf dem anstehenden Gneiss der Roches moutonées Vegetationshöcker angetroffen. (Tafel VII, Fig. 11.) Solche Höcker haben keinen Steinkern, sie bestehen grösstenteils aus Mullerde, aufgebaut aus feinen Erdpartikelchen und vermoderten Pflanzenresten. Die Oberfläche dagegen wird von einer geschlossenen lebenden Vegetationsdecke gebildet. Erreichen die Höcker grössere Dimensionen, so gewähren sie aus einiger Entfernung ganz den Eindruck einer lagernden Schafherde. (Tafel VI, Fig. 8.)

Die Genesis der Vegetationshöcker ist sehr verschieden. Als erster Ansatz dient bald eine Mooskolonie, bald ein Horst von *Scirpus caespitosus* oder sehr oft auch eine Polsterpflanze, z. B. Glyceria distans [1]). Selbst die Vegetationsflecken der xerophytischen Geröllfluren können als Ausgangspunkt der Höckerbildung dienen. Ausnahmsweise besteht der Höcker nur aus einer einzigen Art, wie z. B. die oft recht stattlichen Polster von *Racomitrium lanuginosum.* Meistens handelt es sich jedoch um Vegetationsinselchen, an deren Aufbau bis 20 und mehr verschiedene Spezies beteiligt sind. Die Höcker, ob nun mono- oder polytyper Entstehung sind eigentlich nur eine vergrösserte Auflage der Polsterbildungen.

In Nord-Grönland gibt es bekanntlich keine Wälder mehr, doch bis zum 73° n. Br., d. h. volle 12° nördlicher als die absolute Baumgrenze Grönlands, finden sich auf der Insel Disko noch Miniaturwälder, bestehend aus dichten und üppigen Weidengebüschen der *Salix glauca.* [1]) Die Saliceten Nord-Grönlands erreichen noch eine Höhe von 50 cm bis 2 m 50, es sind die bezeichnendsten Begleiter der Mündungsgebiete der Bäche. Am besten gelangen sie

---

[1]) Siehe Abbildung in *M. Rikli:* Karsten und Schenck's Vegetationsbilder l. c.

in kleineren, windgeschützten, nach S. offenen Tälchen zur Entwicklung, ganz besonders im Hintergrunde der Fjorde. In diesen Saliceten erreichen nun eine Reihe echter Waldgewächse ihre letzten Zufluchtsstellen. Die Unterflora der Weidengebüsche besteht aus schattenliebenden Pflanzen, die unter diesen Verhältnissen lebend, die erfolgreichsten Vorstösse nach Norden machen. Im tiefsten Schatten vegetieren einige Farne: *Aspidium Dryopteris* u. *A. lonchitis*, *Cystopteris fragilis*. Folgende Waldpflanzen sind ferner in Nordgrönland beinahe ausschliesslich an die Saliceten gebunden: *Listera cordata, Lycopodium annotinum, Luzula parviflora, Pirola minor, P. secunda v. borealis, Stellaria borealis.* Auch das nördlichste sporadische Vorkommen der zierlichen *Linnaea borealis* ist an dieser Stelle aufzuzählen. Unter dem Gezweige der Saliceten liegt viel vermodertes Laub; heben wir eine Handvoll ab, so entweicht derselben ein intensiver Waldgeruch.

In engster Beziehung zu diesen Miniaturwäldern des hohen Nordens steht ein anderes Vegetationsbild, das sonst auch an den Wald gebunden ist. Die Vergesellschaftungen von *Angelica Archangelica* [1]) und *Epilobium angustifolium,* zu denen sich gelegentlich auch noch die *Calamagrostis Langsdorfii* einstellt, sind wohl als letzte dürftige Reste von Hochstaudenfluren aufzufassen. Als Leitpflanze kommt der Archangelica eine grössere Bedeutung zu, sie erfordert auch deshalb ein erhöhtes Interesse, weil sie sozusagen das einzige vegetabilische Nahrungsmittel der einheimischen Bevölkerung darstellt. Die saftiggrünen, sehr aromatischen Stengel werden auf Disko noch 70 cm bis 1,50 m hoch. Bald erheben sie sich einzeln aus lichteren Stellen der Weidengebüsche, häufiger bilden sie zu Hunderten vereinigt, ausgedehnte, zusammenhängende, fast reine Bestände, ein in der waldlosen, mehr oder we-

---

[1]) *M. Rikli* „Über die Engelwurz“ (Angelica Archangelica) in Schweiz. Wochenschrift für Chemie und Pharmazie 1910.

niger kahlen Umgebung ganz fremdartiges, auch auf den Süden [1]) hinweisendes Element.

Noch in der ersten Hälfte der 70er Jahre hat der bedeutende Pflanzengeograph *A. Grisebach* [2]) alle Eigentümlichkeiten der arktischen Flora auf den Einfluss der grossen Kälte zurückgeführt. Weder der morphologische noch der anatomische Bau der Polarpflanzen lassen jedoch diese Auffassung als berechtigt erscheinen. Die Vegetation der Arktis ist vielmehr ohne jeglichen Schneeschutz oft monatelang der grössten Kälte ausgesetzt. Wenn die Pflanzen trotzdem nicht zugrunde gehen, sondern, wie das viel zitierte Beispiel von *Cochlearia fenestrata* [3]) lehrt, als ganze Pflanzen, ohne Schaden zu nehmen, den Winter zu überdauern vermögen, um im folgenden Jahr die Entwicklung an dem Punkt wieder aufzunehmen und fortzusetzen, wo sie in der vorhergehenden Vegetationsperiode unterbrochen wurde, so werden wir wohl annehmen müssen, dass die Schutzmittel der arktischen Flora gegen Kälte nur in der molekularen Struktur des Protoplasmas [4]) zu suchen sind. Das Protoplasma dieser Pflanzen ist offenbar weniger empfindlich als bei den Vertretern unserer mitteleuropäischen Flora; eine solche Unempfindlichkeit des Protoplasmas macht natürlich als durch-

---

[1]) *Porsild, M. P.* Bidrag till en Skildring af Vegetationen paa Öen Disko, mit franz. Résumé; Meddelelser om Grönland Heft 25 (1902) S. 91–239.

[2]) *Grisebach, A.* Die Vegetation der Erde. Bd. I (1872) S. 34/35.

[3]) *Schimper A. F. W.* Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. (1898) S. 45/46 und Fig. 37.

[4]) *M. Rikli.* Die Pflanzenwelt des hohen Nordens in ihren Beziehungen zu Klima und Bodenbeschaffenheit mit 2 Chromotafeln. Jahrbuch d. st. gallischen naturwissensch. Gesellsch. 1901/02 (1903) S. 422/423.

schlagendstes und vollkommenstes Schutzmittel allen weiteren Schutz gegen Kälte vollständig überflüssig.

Seit dem Aufgeben der Grisebach'schen Auffassung hat man mehr und mehr erkannt, dass die arktische Pflanzenwelt einen ausgesprochen xerophytischen Gesamtcharakter besitzt. Wie die Vegetation der Felsen, Steppen, Wüsten trägt auch der grösste Teil der arktischen Flora den Stempel des Transpirationsschutzes, d. h. die ganze Organisation dieser Pflanzenwelt lässt darauf schliessen, dass dieselbe mit dem ihr zur Verfügung stehenden Betriebswasser sehr haushälterisch verfahren muss.

Eine grosse Zahl von charakteristischen Eigentümlichkeiten der arktischen Flora sind ohne Zweifel als Anpassungsmerkmale gegen Wasserverlust zu deuten, so: die sehr verbreitete Mikrophyllie, die Häufigkeit lederartiger, immergrüner Blätter, die Blätter sind zudem vielfach dachziegelartig den Sprossachsen angedrückt. Auch die Rollblätter, die gelegentliche Neigung zur Sukkulenz und Trichophyllie und das Vorkommen von Wachsausscheidungen, die oft sehr komplizierte Ausbildung des Spaltöffnungsapparates, die Verkürzung der Internodien, die Bildung dürrer, rasselnder Hüllen um den zarten Vegetationsscheitel, das Aufsuchen der Bodenwärme unter Ausbildung von Spaliersträuchern oder von halbkugeligen Polsterpflanzen sind unter diesem Gesichtspunkt zu beurteilen. [1])

Durch diese Bauverhältnisse wird der gedrängte, zwerghafte Wuchs der arktischen Flora bedingt. Doch darauf scheint mir bisher viel zu wenig hingewiesen worden zu sein: nicht die gesamte arktische Flora zeigt dieses Gepräge, sondern nur diejenigen Arten, deren oberirdische Organe ohne genügende Schneebedeckung überwintern, ferner diejenigen Vergesellschaftungen, die während des Polarsommers infolge der Nähe des Bodeneises in einer feucht-kalten Erde wurzeln und end-

[1]) *M. Rikli.* Die Pflanzenwelt des hohen Nordens. l. c. S. 439–443.

lich die Gewächse der Geröllfluren und Felsen, deren Unterlage rasch austrocknet und infolge der Wärmeabsorption des oft dunklen Gesteins nicht selten eine recht hohe Temperatur annimmt.

Eine sehr auffällige Ausnahme machen dagegen viele Kräuter Grönlands, die in der kurzen Vegetationsperiode aus den perennierenden, unterirdischen Pflanzenteilen vielfach auffallend mastige, verlängerte Achsen mit stark gestreckten Internodien und grossen, dünnen Blättern hervorbringen, die meistens keinerlei Transpirationsschutz zeigen, — es sind nicht selten wahre Riesenexemplare, die in ihrer Umgebung einen ganz fremdartigen Eindruck machen und dem Botaniker, der mit der Alpenflora vertraut ist, um so rätselhafter vorkommen müssen, als er in diesen luxurierenden Gewächsen z. T. dieselben Arten oder doch nahe Verwandte der Flora des heimatlichen Hochgebirges erkennen wird. Es ist ganz besonders die arktische Mattenformation und die Begleitflora der Saliceten, die durch solche auffallend stattliche Gewächse ausgezeichnet ist; gelegentlich erreichen auch eingeschleppte Adventivpflanzen ungewöhnlich grosse Dimensionen.

Einige Beispiele sollen auf Grund eigener Beobachtungen und Messungen das Gesagte veranschaulichen:

Angelica Archangelica L. erreicht noch in der Nähe des 70° n. Br. eine Höhe von 1,55 m und die mastigen Stengel werden bis 2,5 cm dick.

Alchimilla glomerulans Buser aus dem Verwandtschaftskreis der Alchimilla vulgaris wird 45 cm hoch; die über 20 cm langen, zwölflappigen Blätter haben einen grössten Spreitendurchmesser von 13 cm.

Calamagrostis Langsdorfii (Link.) Trin. wird bis über 80 cm hoch.

Arabis Holboellii Horn., eine amerikanische Art, habe ich auf den Basaltfelsen östlich der dänisch-arktischen Station von Godhavn noch in 54 cm hohen Exemplaren gesammelt. Die Indernodialabstände erreichten 2—4,5 cm.

Hieracium groenlandicum Almq., das von mir in einem Urteli bei Tuno am nördlichen Ausgang des Diskofjordes entdeckt wurde, war noch über 40 cm hoch. Es ist dies bei 69° 33½′ n. Br. bisher der nördlichste Hieracienfund von Grönland und zugleich das erste Hieracium der Insel Disko.

Von *Alopecurus alpinus Sm.* habe ich in meiner Sammlung 55 cm hohe Riesenexemplare, deren Internodialabstände bis 19 cm betragen.

Taraxacum acromaurum Dahlst. bildet noch 63 cm hohe Blütensprosse, die grundständigen Blätter sind bis 36 cm lang.

Von *Campanula rotundifolia L.* habe ich auf einem Felsabsatz bei Cap Skansen (ca. 69° 24′ n. Br.) ein als *var. stricta Schum.* zu bezeichnende Pflanze gesammelt, deren Stengel eine Höhe von 43 cm hatte.

Oxyria digyna Hill. liegt mir in einem 48 cm hohen Exemplar vor. Die grundständigen Blätter sind über 20 cm lang, ihre Spreite erreichen eine Breite von 7,5 cm. Das grösste alpine Exemplar des Herb. Helv. des eidg. Polytechnikums in Zürich zeigt folgende Grössenverhältnisse: Höhe = 31 cm, Länge der grundständigen Blätter = 10 cm, grösste Breite der Blattspreite = 3,1 cm.[1])

Von unserer Sternmiere *Stellaria media (L) Cirillo* habe ich in Godhavn im kleinen Garten des Herrn *Dangaard-Jensen*, des Inspektors von Nord-Grönland eigentliche Riesenexemplare gesammelt. Einzelne Sprosse erreichten eine Länge von über 60 cm, die Abstände der Internodien betrugen bis 19 cm, die grössten Blätter hatten eine

---

[1]) Diese Oxyria wurde jedoch an einem ungewöhnlich tiefen Standort gesammelt: Talschlucht zwischen Avers und Ferrera, an der Einmündung des Val di Lei bei ca. 1670 m, leg. *Chr. Brügger;* Fruchtexemplar vom 26. VIII. 1868.

Einige weitere ungewöhnlich grosse Belegexemplare zeigten folgende Grössenverhältnisse:

Länge von 5,8 cm und eine Breite von 2,3 cm; die Messung der Fruchtstiele ergab eine Länge bis zu 6 cm.

Wie erklären sich nun diese abnormen Grössen- und Zuwachsverhältnisse? Die Ursache scheint mir in der ungestörten Entwicklung während des milden Polarsommers zu liegen. Im Norden bedingt die beständige Belichtung und die äusserst ausgeglichene Temperatur eine ununterbrochene Assimilationstätigkeit. In den südlichen Hochgebirgen dagegen bringt der Wechsel zwischen Tag und Nacht jeweilen recht erhebliche Temperatursprünge, die nicht nur jeden Abend die Assimilationstätigkeit unterbrechen, sondern auch auf die meisten anderen Lebensprozesse hemmend einwirken müssen. Fast jede Nacht sinkt über der alpinen Baumgrenze die Temperatur bis in die Nähe oder selbst unter den Gefrierpunkt. Am folgenden Tag sind nach Sonnenaufgang wieder mehrere Stunden notwendig, bis die Vegetationstätigkeit wiederum im vollen Gange ist. Tritt aber gar ein Kälterückschlag ein, wie das dieses Jahr in so hohem Mass der Fall gewesen ist, so kann sich die Entwicklung der Flora um Tage, ja um Wochen verzögern.

	Stengelhöhe cm	Blattlänge cm	Breite d. Blattspr. cm
1. Exemplar von Cavalljoch zwischen Schuders und Lünersee, Rhätikon; ca. 2300 m, 27. VIII, 1869 fr.; leg. *Chr. Brügger.*	21,5	8.5	3
2. Geröll ob Fionnay, Val de Bagnes, ca. 1600 m, 6. VIII. 1895 fr.: leg. *M. Rikli.*	23	6	2
3. Krauchtal, Kt. Glarus, fr., leg. *O. Heer.*	28	11	3.3
4. Im Kies des Sesvennabaches (Val Scarl) ob Alp Marangun bei ca. 2400 m, 12. XII. 1902 fl., leg. *C. Schröter.* Exemplar normaler Grösse.	8	5	1,8

Während unseres Aufenthaltes in Godhavn hatten wir vom 28. Juni bis 30. August 1908 nie Temperaturen unter 0 °. Es betrugen:

Absolutes Maximum (am 4. Juli) 20,5 ° C.
„ Minimum (am 9. August) 0,5 ° C.
Mittlere tägliche Wärmeamplitude c. 7 ° C.

Die kleinste tägliche Wärmeschwankung notierte der 21. Juli mit 3 ° C.
Die grösste „ „ notierte der 23. Juli mit 14 ° C.

Die entsprechenden Daten des Säntisgipfels (2504 m) sind während derselben Periode nach der gütigen Mitteilung von Herrn *J. Maurer*, Direktor der schweizerischen meteorologischen Centralanstalt:

Absolutes Maximum (12. Juli) 12,6 ° C.
„ Minimum (13. und 31. August) −2,9 ° C.
Mittlere tägliche Wärmeamplitude c. 5 ° C.
Kleinste tägliche Wärmeschwankung 1,1 ° C.
Grösste „ „ 7,7 ° C.

Juli-Mittel (1908) = 4,82 ° C., August-Mittel (1908) = 3,32 ° C.

Während diesen zwei Monaten zeigte aber das Thermometer an 16 Tagen Temperaturen unter 0 °, dies sind also 26 % Frosttage.

Aus diesen Ausführungen ergibt sich mithin, dass neben den vielfachen Uebereinstimmungen in Bestand und Oekologie der alpinen und arktischen Flora, auch recht einschneidende und weitgehende Unterschiede vorhanden sind, sodass von einer Identifizierung der Lebensverhältnisse beider Florengebiete keine Rede sein kann.

Ich komme zum Schluss. Grönland, ein an Naturschönheiten ausserordentlich reiches Gebirgsland, befindet sich noch heute mitten in der Glazialzeit. Die beinahe kontinentalen Charakter besitzende arktische Insel ist zum grössten Teil mit einem mächtigen Eispanzer bedeckt, der einzig in seinen Randpartien da und dort von steilen Felsnadeln, Nunatakker genannt, durchbrochen wird.

Diese allgemeine Vereisung lässt nur einen schmalen, 5,4 % des gesamten Areals einnehmenden, überaus reich gegliederten Küstenstreifen eisfrei. Doch wie viel verschiedene Vegetationsbilder drängen sich im kurzen Sommer auf diesem engen Raum zusammen! Man sollte es kaum für möglich halten.[1]) Im Süden gedeihen noch lichte Birkenwälder mit einem Unterholz von Zwergwacholder, Erlen und Vogelbeerbäumen, begleitet von üppigen Hochstaudenfluren. Herrlich, saftig-grüne Blumenmatten schillern in allen Farben einer nur zu rasch vergänglichen Blütenpracht. Die dem Boden angepressten immergrünen Kleinsträucher der Zwergstrauchheide bedecken weite Strecken und zaubern schon in der zweiten Hälfte des August prachtvolle, herbstliche Stimmungsbilder hervor; sie sind von einer intensiven Farbenglut, würdig des Pinsels unserer ersten Maler. Bis zum 73 ° n. Br. sind die Bachufer von dichtem Weidengestrüpp umsäumt, in ihrem Schatten hat noch manche Waldpflanze südlicherer Breiten eine letzte Zufluchtsstätte gefunden.

Herrlich smaragdgrüne Weberastreifen und das saftige Lichtgrün der Equisetumwiesen erfreuen schon

---

[1]) Vegetationsbilder und Studien über die Pflanzengesellschaften Grönlands finden sich ferner in:

M. Rikli, in *Karsten* und *Schenck*. Vegetationsbilder l. c.

L. Rosenvinge. De sydlichste Grönlands vegetation. Meddelelser om Grönland XV (1898), S. 73—250.

E. Vanhöffen. Vegetationsverhältnisse der Westküste Grönlands. Schriften der physik.-ökonomischen Gesellsch. zu Königsberg in Preussen, Bd. XXXV (1894).

E. Vanhöffen. Grönlands Pflanzenwelt in E. von Drygalsky's Grönlandexpedition der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1891—93 (1897) Bd. II, S. 321—373.

E. Warming. Neuere Beiträge zur Grönlands Flora Englers bot. Jahrbücher Bd. IX (1888).

E. Warming. Ueber Grönlands Vegetation. Englers bot. Jahrbücher Bd. X (1888). Om Grönlands Vegetation in: Meddelelser om Grönland, Heft XII (1888).

von weitem das Auge. Wo der Boden eben und oberflächlich undurchlässig oder wo in geringer Tiefe Bodeneis vorhanden ist, da kann das Schmelzwasser nicht abfliessen, es muss an Ort und Stelle allmählich verdunsten, ein Vorgang, der nicht selten die ganze Vegetationsperiode in Anspruch nimmt. An solchen Stellen treten äusserst monotone Moossümpfe auf, sie sind als wahre Mückenhöllen allen Forschungsreisenden nur zu gut bekannt. Und wo der nackte Felsboden zu Tage tritt, da wird die Rundhöckerlandschaft von Flechten- und Moostundren besiedelt, oder es stellen sich äusserst offene Felsfluren ein, die aber trotzdem eines gewissen Reizes nicht entbehren: Die vergänglichen gelben Blüten des Mohns flattern im Winde, die kleine Dryade (*Dryas integrifolia*) erhebt schalkhaft ihre zart gelblichweissen Blüten über ihre dem Boden anliegenden Spaliertriebe, die kugeligen Polster der *Silene acaulis* leuchten in einem tiefen Rot, und zwischen den Rundhöckern liegen zahllose grössere und kleinere Tümpel, an deren Ufer die weissen Fruchtperücken des Wollgrasses (*Eriophorum Scheuchzeri* und *E. polystachyon*) sich träumerisch im Wasser spiegeln. Nicht genug, am nahen Meeresstrande erheben sich Dünen und hinter denselben Kiesalluvionen, feine Sandflächen, feinster, toniger Schlamm. Der Boden ist bald trocken, bald feucht, bald ganz mit Wasser durchtränkt, oft salzhaltig oder ausgesüsst. Das sind mannigfache Verhältnisse, die nicht weniger wechselvolle Vergesellschaftungen bedingen. Hier rauschen die Halme des nordischen Strandhafers im Winde (Elymetum von *Elymus arenarius v. villosus*), dort besiedelt die Salzmiere, eine halophyte, sukkulente Caryophyllacee (Halianthetum von *Halianthus peploides*) die Gipfel kleiner Miniaturdünen. Im Schlammboden hat sich eine höchst interessante und artenreiche Teichflora angesiedelt und an den Ufern der Strandseen treten endlich eine ganze Reihe verschiedener Verlandungstypen auf, an denen in erster Linie zahlreiche *Carices* beteiligt sind.



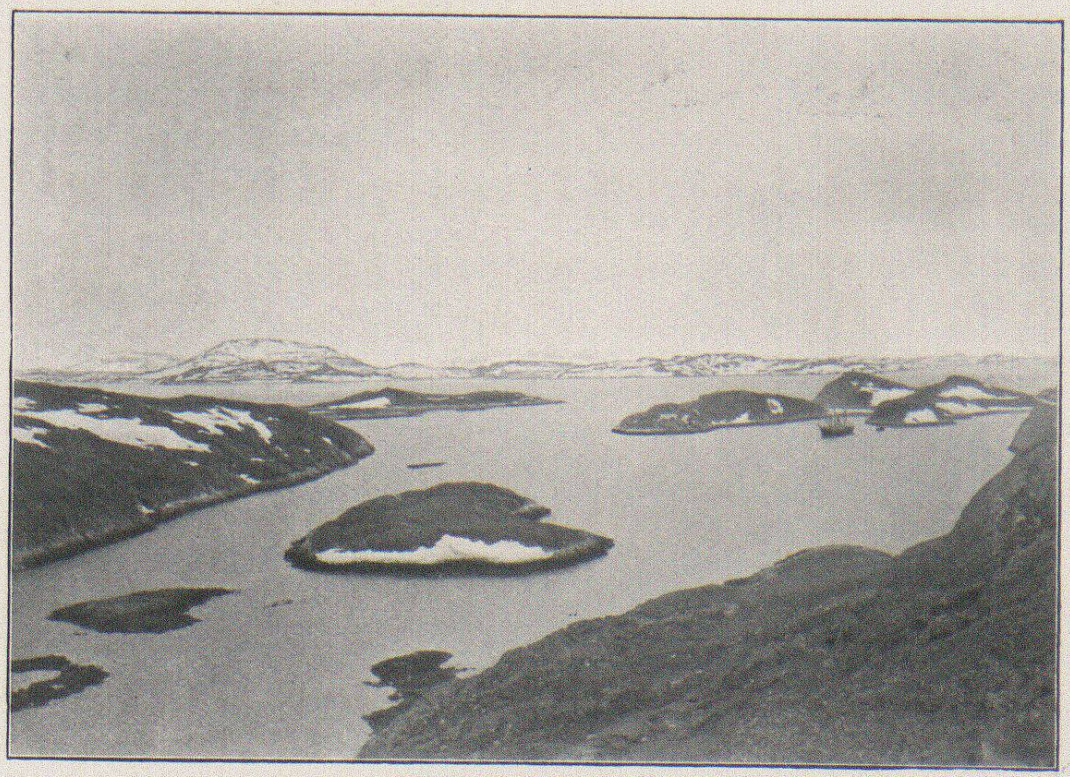
Phot. Th. N. Krabbe.

Fig. 1. **Birken** (Betula odorata Bechst. v. tortuosa Rgl.) und **Erlen** (Alnus ovata) als Ufergebüsche im Julianehaab-Distrikt. Südgrönland. Im Vordergrund: Grönländer beim Lachsfang.



Phot. Th. N. Krabbe.

Fig. 2. Eisberg mit Eisgrotte und losgelösten Eisstücken im Isfjord bei Jakobshavn (69° 10′ n. Br.), an der Westküste von Grönland.



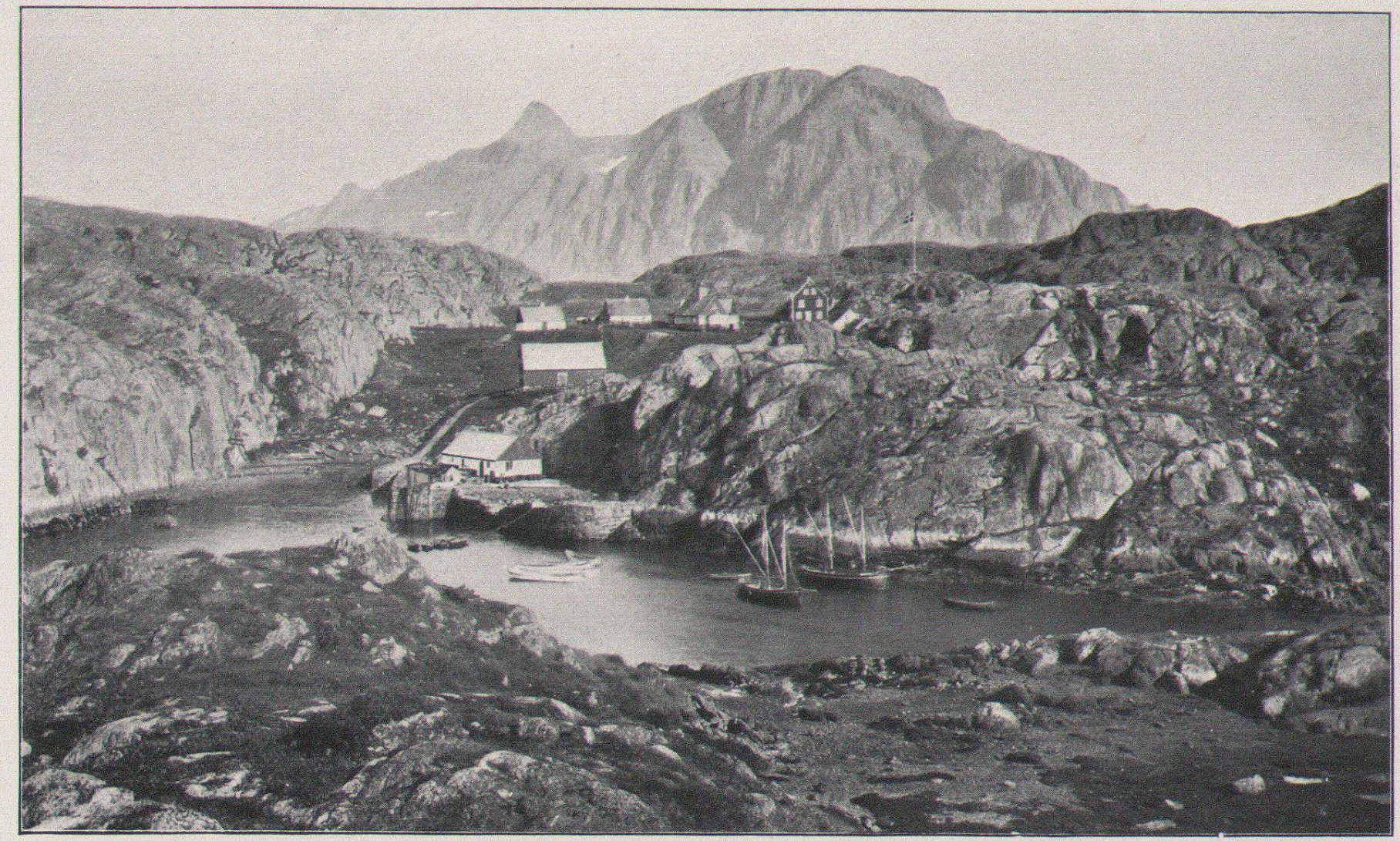
Phot. H. Bachmann.

Fig. 3. **Rundhöckerlandschaft** im Baals Revier, dem äussersten Teil des Godthaabfjordes bei 64° 11′ n. Br. 15. VII. 1908



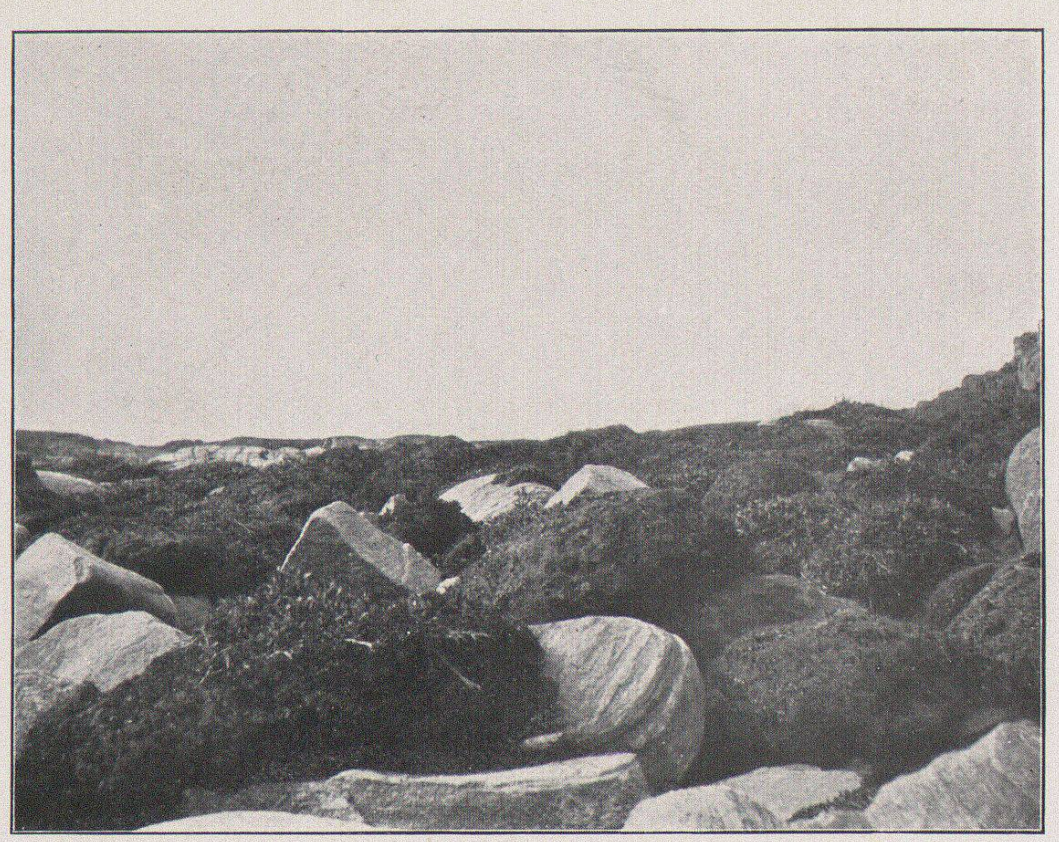
Phot. H. Bachmann.

Fig. 4. **Hafen von Godhavn** und Blick auf die Südspitze der Insel Disko. Grenzgebiet zwischen Gneiss und Basalt.



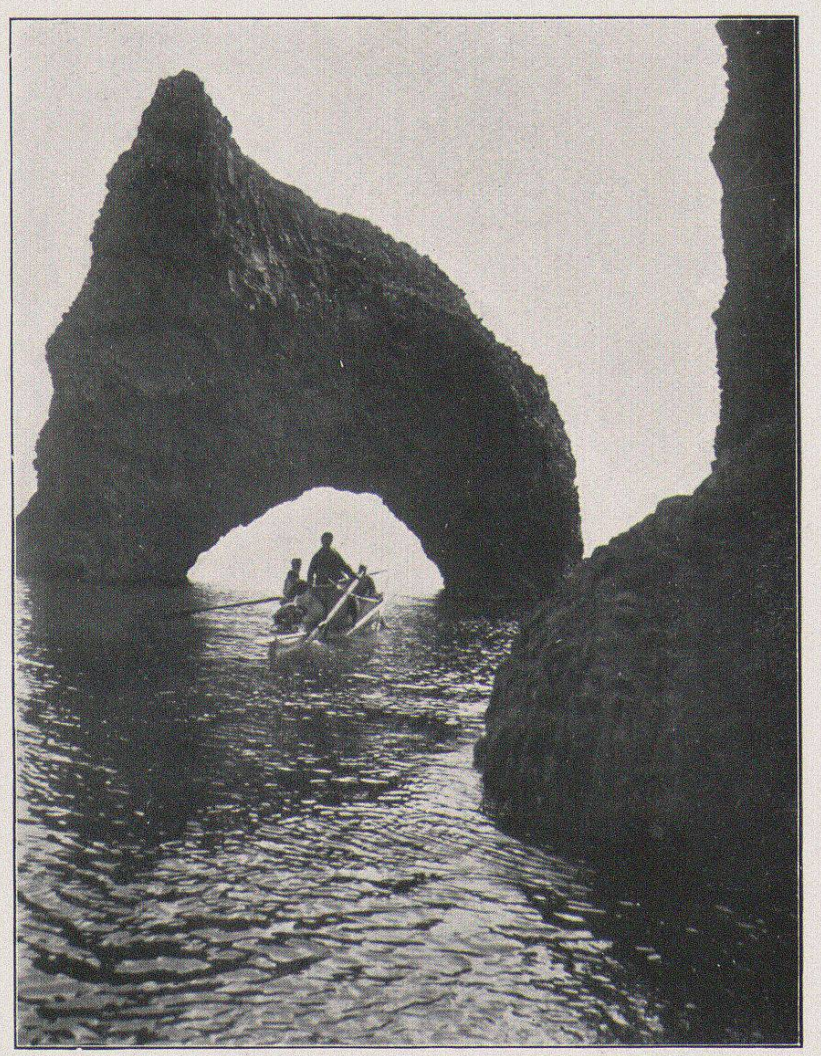
Phot. Th. N. Krabbe.

Fig. 5. Kolonie Holstensborg (Sisimiut), 66° 55′ n. Br. Hafen mit deutlicher oberer Flutlinie und dem „Dänischen Viertel“ mit Spital, Wohnung des Koloniebestyrer und den Lagerhäusern des kgl. grönl. Handels. Rundhöckerlandschaft; im Hintergrund ein steiler Felszahn, einst als Nunatakker aus der Vereisung hervorragend.



Phot. M. Rikli.

Fig. 6. Ein von der Vegetation (Salicetum und Zwergstrauchheide) allmählich überwachsenes Blockmeer. 13. VIII. 1908.



Phot. M. Rikli.

Fig. 7. **Basalttor mit Weiberboot,** am Südabfall des Skarvefjeldes östlich von Godhavn, Insel Disko. 9. VII. 1908.



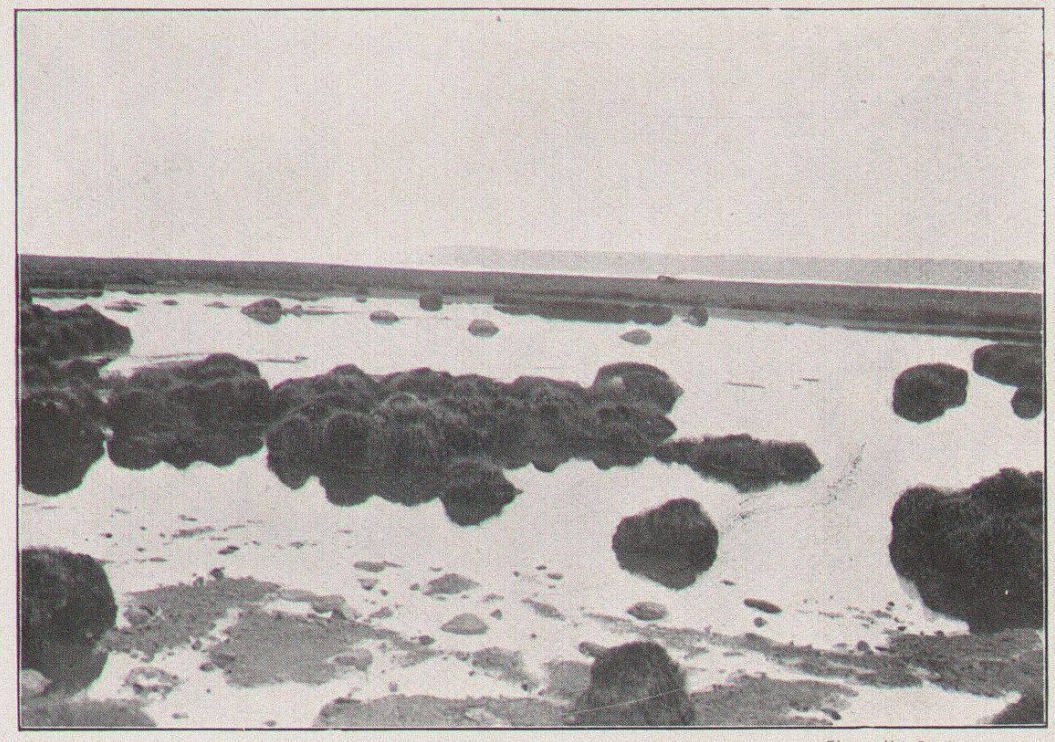
Phot. H. Bachmann.

Fig. 8. **Höckerlandschaft** um die Seenplatte am Ausgang des Nordfjordes, Westseite der Insel Disko. 7. VIII. 1908.



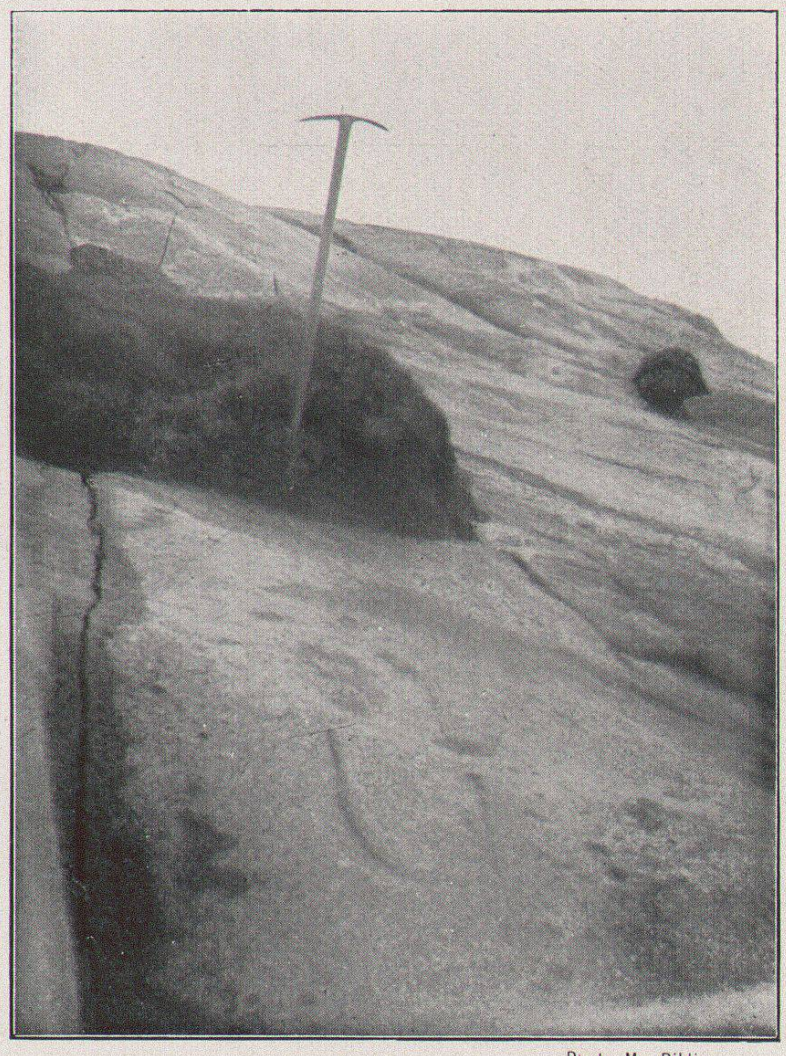
Phot. M. Rikli.

Fig. 9. **Felsblock** spalierartig von Salix glauca L. überwachsen. Die Hauptachse ist 3,45 m lang. Beim Vorgebirge Skansen, Südostküste von Disko. 25. VIII. 1908.



Phot. H. Bachmann.

Fig. 10. **Überschwemmte Höckerlandschaft** der Seenplatte am Ausgang des Nordfjordes, Westküste von Disko. 7. August 1908.



Phot. M. Rikli.

Fig 11. **Vegetationshöcker** auf anstehendem Gneiss (Rundhöcker), in der Nähe von Neu-Herrenhut bei Godthaab. 17. VI. 1908.

Diese kurze, gedrängte Vegetationsskizze mag genügen. Sie enthält für das hochnordische Gletscherland einen unerwarteten Reichtum recht verschiedenartiger Vegetationsbilder. Für den Pflanzengeographen und Biologen hat diese Pflanzenwelt aber noch einen anderen Wert: ihr eingehendes Studium liefert wichtige Daten zu Beurteilung der Vegetationsmöglichkeiten Mitteleuropas und insbesondere derjenigen des Alpengebietes zur Glazialzeit.

Verzeichnis der Tafeln.

Tafel	I,	Fig.	1.	Birken und Erlen als Ufergebüsche.
„	II,	„	2.	Eisberg mit Eisgrotte und losgelösten Eisstücken.
„	III,	„	3.	Rundhöckerlandschaft im Baals Revier.
„	III,	„	4.	Hafen von Godhavn und Blick auf die Südspitze der Insel Disko.
„	IV,	„	5.	Kolonie Holstensborg.
„	V,	„	6.	Ein von der Vegetation allmählig überwachsenes Blockmeer.
„	V,	„	7.	Basalttor mit Weiberboot.
„	VI,	„	8.	Höckerlandschaft um die Seenplatte am Nordfjord.
„	VI,	„	9.	Felsblock spalierartig von Salix glauca L. überwachsen.
„	VII,	„	10.	Überschwemmte Höckerlandschaft der Seenplatte am Nordfjord.
„	VII,	„	11.	Vegetationshöcker auf anstehendem Gneiss.
