

<b>Zeitschrift:</b>	Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Naturforschende Gesellschaft
<b>Band:</b>	97 (1915)
<b>Rubrik:</b>	Discours d'introduction du Président annuel et Conférences

### 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:** 13.01.2026

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

**Discours d'introduction**

**du Président annuel**

**et**

**Conférences**

---

**Eröffnungsrede**

**des Jahrespräsidenten**

**und**

**Vorträge**

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## **Discours d'ouverture du Président annuel.**

par

**Amé PICTET**

Monsieur le Président de la Confédération,  
Messieurs les représentants des Autorités fédérales, can-  
tonales et municipales,  
Mesdames, Messieurs, chers Collègues,

La science suisse fête aujourd'hui l'événement le plus heureux de son histoire. Le 6 octobre 1815, le Dr Henri Albert Gosse, pharmacien à Genève, réunit dans sa propriété de Mornex quelques-uns de ses collègues et amis de Lausanne, de Berne et de Genève, et jeta avec eux les bases d'une association scientifique intercantonale qui prit le nom de Société helvétique des Sciences naturelles.

Nous célébrons en ce jour le centième anniversaire de ce fait mémorable; embrassant du regard le siècle écoulé, nous contemplons avec un juste orgueil l'œuvre accomplie, et le premier sentiment qui vient nous pénétrer est celui d'une profonde gratitude envers nos fondateurs. Nous nous rendons compte de tout ce que leur initiative a eu d'efficace et de précieux pour le développement de notre science nationale. Nous voyons quel essor l'étude de la nature, dans notre pays si riche en sujets d'observation, a reçu du fait que cette étude a pu être entreprise en commun par des savants de nos divers cantons. Nous savons tous, d'autre part, par expérience quel charme nos réunions annuelles ont donné à cette collaboration, en créant des

relations d'estime et d'amitié entre des hommes de races, de langues et de mentalités différentes. Du choc de leurs idées si diverses, quelles lumières ont jailli, qui sans cela n'eussent peut-être jamais brillé ! Qui sait si Venetz, le modeste ingénieur valaisan, eût jamais trouvé ailleurs qu'à la réunion du Grand St-Bernard en 1829, l'occasion d'exposer ses idées sur l'origine des blocs erratiques, et de les porter ainsi à la connaissance de l'illustre Agassiz, qui les fit siennes et, en les développant, établit sur leur base toute sa théorie des glaciers ? Qui sait si ce ne fut pas le discours que Schönbein prononça à la session de Bâle, en 1841, sur l'ozone, qui incita Marignac, et après lui Louis Soret, à entreprendre sur ce gaz nouveau et mystérieux les expériences qui devaient en dévoiler la véritable nature ? Qui sait si la carte géologique de la Suisse eût jamais pu être dressée, si les études sur la triangulation et le nivelingement de notre pays, sur sa flore cryptogamique, sur le régime de ses glaciers, les seiches de ses lacs, sur ses tremblements de terre, sur vingt autres sujets, eussent pu être exécutées ailleurs qu'au sein des commissions nommées à cet effet par notre Société ?

Il est donc indéniable que c'est en bonne partie à la fondation de la Société helvétique que la Suisse doit d'avoir maintenu sa place dans le domaine scientifique, place qui n'est inférieure en rien à celles qu'occupent d'autres pays plus grands et plus riches. Bien au contraire, on peut hardiment affirmer que, toutes propositions gardées, aucune nation n'a mis en mouvement plus de forces que la nôtre au profit de l'étude de la nature. Notre société représente l'une de ces forces ; elle n'est pas la seule, car il va de soi que sans elle notre science eût continué à progresser, dans nos universités, dans nos sociétés locales, par le travail individuel de nos savants ; mais ces efforts isolés n'eussent pas trouvé la cohésion qui seule était capable d'en faire mûrir tous les fruits.

Puis, une fois constituée, notre petite confédération scientifique a pu se placer sous l'égide de la grande Confédération dont elle est l'image, et réclamer d'elle, en fille respectueuse et dévouée, l'appui dont elle avait besoin. Et cet appui ne lui a jamais fait défaut ; appui matériel, sous la forme d'importantes

subventions accordées à ses commissions ; appui moral, qui fut toujours généreusement octroyé à toutes nos entreprises, et dont nous avons, aujourd’hui encore, une preuve manifeste et infiniment précieuse dans la présence, à notre jubilé, des premiers magistrats de notre pays.

Mais l’événement que nous commémorons n’intéresse pas que la Suisse ; sa portée dépasse nos étroites frontières. En concevant comme il le fit l’organisation de la nouvelle Société, en faisant de celle-ci le lien destiné à grouper en un même faisceau l’ensemble des sociétés cantonales, en voulant qu’elle tint chaque année ses assises sur un point différent de notre territoire, Gosse fut un novateur ; il créa un type d’association savante qui n’existedt nulle part encore, celui des sociétés nationales et itinérantes. Idée heureuse et féconde, que l’étranger ne tarda pas à apprécier et à réaliser à son tour. On sait, en effet, que c’est sur le modèle de notre Société helvétique que se sont créées les associations semblables qui existent en Allemagne, en Angleterre et en France.

Nos collègues de l’étranger sont donc aussi redevables à Gosse que nous le sommes nous-mêmes. Ils l’ont du reste toujours reconnu, en entourant notre Société de leur unanime sympathie et en venant régulièrement nous la témoigner à chacune de nos réunions annuelles. Nous nourrissons donc depuis longtemps l’espoir de les voir accourir, plus nombreux encore, à notre session du Centenaire, et nous nous réjouissons de l’éclat que notre fête en eût ainsi reçu.

Les circonstances en ont, hélas, décidé autrement. Fondée à l’issue d’une longue période de guerres qui avaient ensanglanté l’Europe, notre Société célèbre son centenaire à une époque non moins troublée et au bruit des mêmes batailles. Ne nous arrêtons point aux réflexions attristantes que ce rapprochement suggère ; bornons-nous à déplorer la cause qui retient loin de nous, en ce jour, nos amis étrangers, et surtout, Mesdames et Messieurs, exprimons hautement notre joie de pouvoir, malgré la guerre qui désole les pays voisins, célébrer entre nous, sur le sol neutre et respecté de notre patrie, la solennité qui nous rassemble. C’est là le sentiment qui doit, à mon sens, dominer

notre réunion de cette année, et je tenais à l'exprimer dès le début de cette première séance.

Il était naturel que la naissance de notre association fût commémorée aux lieux mêmes où elle reçut le jour. Aussi la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève s'est-elle empressée, en sa qualité de section locale, de revendiquer l'honneur de vous recevoir cette année. Notre Comité central a bien voulu, en votre nom, faire droit à cette requête, et je l'en remercie chaleureusement.

Je vous exprime aussi à vous tous, chers collègues et amis, notre joie de vous avoir vus répondre avec tant d'empressement à notre invitation, et je vous souhaite la plus cordiale bienvenue.

A l'expression de ces sentiments, que je vous transmets au nom de la Société de Physique et de tous nos amis genevois, je dois joindre mes remerciements personnels pour la haute marque de confiance que le Comité central, et vous-mêmes avec lui, m'avez donnée en me désignant pour préparer cette réunion et présider à vos délibérations. C'est un honneur que je me sens avoir très insuffisamment mérité, et je m'y serais soustrait si je n'avais eu le sentiment qu'il passait au-dessus de ma tête pour atteindre un plus digne. En fixant votre choix sur moi, vous avez eu égard, je le sais, beaucoup moins à ma personne qu'au nom que je porte; vous avez voulu faire de ce choix un hommage à la mémoire de l'un de nos plus illustres fondateurs, le professeur Marc Auguste Pictet, qui, après la mort de Gosse, survenue peu de semaines après la réunion de Mornex, prit en mains les intérêts de notre jeune société, en guida les premiers pas, en resta l'âme pendant de longues années et en présida la première assemblée générale à Genève. Vous avez voulu, à un siècle de distance, faire mieux revivre son souvenir au milieu de nous, en confiant à son arrière-neveu la mission de vous rappeler tout ce que notre société lui doit. Il n'a pas fallu moins que cette délicate pensée de votre part pour me décider à accepter des fonctions que bien d'autres auraient remplies mieux que moi, et qui m'imposent, comme premier devoir, de réclamer toute votre bienveillante indulgence.

Beaucoup d'entre vous, Mesdames et Messieurs, attendent

sans doute de ce discours, qui inaugure le second siècle de l'existence de notre Société, qu'il vous présente un aperçu de son activité et de son histoire pendant la période qui vient de se terminer. Ce serait là, en effet, un sujet captivant et digne d'être traité devant une assemblée comme la vôtre. Mais cette activité a été si considérable, cette histoire a été si féconde en faits de tous genres, que vouloir en faire tenir le résumé dans les limites du temps dont je dispose, serait une entreprise hérissée de difficultés. Je l'aurais tentée néanmoins si, par une heureuse inspiration, les organisateurs de notre réunion n'avaient trouvé une beaucoup meilleure solution du problème.

Ils ont estimé que l'histoire de notre vénérable société méritait mieux que quelques paroles hâties prononcées par le Président annuel, et qu'un monument plus durable devait conserver le souvenir de notre séance du Centenaire. Sous les auspices de notre Comité central, une commission s'est constituée pour explorer nos archives, compulser la collection de nos « Actes » et de nos « Mémoires », en extraire tout ce qu'ils contiennent d'essentiel, et vous présenter, sous la forme d'une publication spéciale, et avec tous les détails d'une documentation rigoureuse, un historique complet de notre société.

Ce « Livre du Centenaire » vous a été distribué. Sa lecture, mieux que tout ce que je pourrais dire, vous renseignera abondamment sur le passé de notre association. Je m'abstiendrai même de le commenter. Je laisserai ce soin à mon collègue, M. le prof. Yung, qui en est l'un des principaux auteurs. Ayant été à la peine, il est juste qu'il soit à l'honneur. En vous présentant tout à l'heure le volume, il voudra bien vous en résumer le contenu, et vous ne perdrez rien à attendre quelques instants encore, d'une bouche mieux informée que la mienne, l'aperçu historique auquel vous avez droit.

Mon rôle, dès lors, ne consistera plus à vous parler du passé; et vous me permettrez d'en profiter pour me conformer à un usage établi depuis longtemps parmi nous, et auquel je ne vois aucune raison de déroger en cette session du Centenaire. Cet usage, vous le savez, veut que, dans nos assemblées générales, une large place soit faite à la science, et que le discours du Pré-

sident soit consacré, aussi souvent qu'il est possible, à l'examen de quelqu'une des questions scientifiques qui sont à l'ordre du jour.

Cette tradition a été constamment observée dans les sessions qui ont été tenues jusqu'ici à Genève. Vous avez encore présent à l'esprit le bel exposé de la théorie des seiches que nous fit dans cette même salle, en 1902, notre dévoué Président central actuel, M. Edouard Sarasin. Dans la session précédente, en 1886, Louis Soret nous avait lu une savante étude sur les impressions réitérées. Enfin, en remontant plus haut encore dans le passé, et il y a encore parmi vous quelques privilégiés qui en gardent le lointain souvenir, en 1865, à l'occasion de notre cinquantenaire, c'est également un sujet scientifique, le rôle de la physique dans l'étude des glaciers, qu'Auguste de la Rive avait traité dans son allocution présidentielle.

Après de si illustres précédents, je serais mal venu de ne pas suivre la tradition en vous entretenant à mon tour d'un sujet se rattachent à la branche de la science à laquelle je me suis spécialement voué. Je le ferai d'autant plus volontiers que cette branche, la chimie, n'a point été jusqu'ici l'enfant gâtée de nos présidents annuels. Tandis que toutes les autres sciences ont fait tour à tour, et à plusieurs reprises, pendant les cent années qui viennent de s'écouler, le fond des discours de nos présidents successifs, cet honneur n'est échu, sauf erreur, qu'une seule fois à la chimie.

Ce n'est point que cette science ait été moins cultivée que toute autre au sein de notre société (les comptes rendus de nos sections de chimie en font foi), ni que des savants illustres dans cette discipline aient jamais fait défaut au milieu de nous, et il me suffira, pour vous en convaincre, de citer les grands noms de Schönbein, de Marignac, de Wislicenus, de Victor Meyer, Kopp, Schulze, Nencki, Kostanecki, pour ne parler que de ceux qui ne sont plus.

Attribuons donc au hasard le fait que je vous signale, et permettez-moi de chercher à combler une lacune que rien ne justifie, en vous parlant, sinon précisément de chimie pure, au moins d'une question à laquelle est mêlée la chimie, et dont vous ne

contesterez sans doute ni l'importance ni l'actualité. Il s'agit, en effet, du grand mystère de la vie. Non point que j'aie la prétention de percer ce mystère, et de répondre à cette question : Qu'est-ce que la vie ? Mon ambition est, vous le verrez, plus modeste ; elle se bornera à vous soumettre quelques idées personnelles sur un des caractères fondamentaux de la matière vivante. Ces idées sont sorties des recherches que j'ai faites, dans ces dernières années, sur les alcaloïdes végétaux d'une part, sur la houille d'autre part ; deux objets qui ne présentent à première vue que bien peu de rapports, soit entre eux, soit avec les phénomènes vitaux ; leur étude ne m'en a pas moins conduit à des résultats concordants, qui me paraissent pouvoir être utilisés pour l'interprétation de ces phénomènes. Si je voulais donner à mon exposé un titre précis, je choisirais le suivant :

*La structure moléculaire et la vie.*

De tous les problèmes de la nature, le plus passionnant est sans contredit celui de la vie. Sa solution est du ressort de toutes les sciences physiques et naturelles à la fois, et exigera la mise en œuvre de tous les puissants moyens d'investigation dont elles disposent actuellement. Toutefois, parmi ces sciences, c'est à la biochimie qu'incombe, dans l'œuvre commune, la tâche principale. Il n'est point douteux, en effet, que, sinon la vie elle-même, du moins les phénomènes qu'elle provoque au sein des êtres, ne soient avant tout d'ordre chimique.

Mais la biochimie repose elle-même sur la chimie organique pure. En effet, la condition fondamentale pour pouvoir interpréter sainement un phénomène, est d'avoir une connaissance exacte du milieu dans lequel il se déroule. Or c'est à la chimie organique à nous apporter, dans le cas particulier, cette connaissance, en établissant la nature des matériaux dont sont formés les êtres vivants.

Séparer, purifier, caractériser, analyser les innombrables composés que nous tirons des animaux et des plantes, tel a été le premier objet de la chimie organique. Mais elle ne s'en est

point tenue là ; elle a voulu aller plus loin et connaître ce qu'on appelle la *constitution* de ces corps, c'est-à-dire l'architecture intime de leurs molécules, les positions exactes qu'y occupe chacun de leurs atomes et les relations que ces atomes ont entre eux. Elle y est arrivée dans la très grande majorité des cas, accomplissant ainsi une œuvre immense, que l'on peut à bon droit regarder comme une des choses les plus remarquables que l'intelligence humaine ait produites jusqu'ici.

Je me hâte d'ajouter que la somme énorme de travail qu'ont coûté ces recherches n'a pas eu sa source unique dans l'intérêt spéculatif qui s'attache à toute connaissance nouvelle. Les chimistes qui ont ainsi disséqué toutes les molécules organiques, qui ont dressé les plans de ces édifices minuscules, ont été poussés par deux autres mobiles, d'ordre plus immédiat.

D'abord par l'attrait de la *synthèse*. Il est acquis que la reproduction artificielle d'un composé naturel n'a chance d'aboutir que si la constitution de ce dernier est connue jusque dans ses moindres détails. Toutes les fois que l'on a voulu procéder autrement, mettre, comme on dit, la charrue devant les bœufs, et opérer à tâtons, on n'a enregistré que des insuccès ; l'exemple le plus récent de ce fait nous est fourni par les essais infructueux de fabrication artificielle du caoutchouc.

Les chimistes ont, en second lieu, voué toute leur attention aux questions de constitution, parce qu'ils n'ont pas tardé à reconnaître ce fait fondamental, que toutes les propriétés des composés organiques, propriétés physiques, chimiques et physiologiques, sont en relation étroite avec cette constitution. Ce ne sont point la quantité ni la nature des matériaux employés à la construction d'un bâtiment qui font de celui-ci une église, un théâtre ou une gare de chemin de fer, c'est la seule disposition de ces matériaux ; ce n'est, de même, ni l'espèce ni le nombre des atomes de sa molécule qui font d'un composé organique une matière colorante, un antiseptique ou un parfum, c'est uniquement la manière dont ces atomes sont groupés les uns par rapport aux autres. Connaître ce mode de groupement, ce sera donc posséder le moyen de préparer, à volonté et à

coup sûr, tel composé nouveau donné, à propriétés déterminées d'avance.

Une foule de relations du plus haut intérêt ont ainsi été établies entre la constitution et certaines propriétés des corps, telles que la couleur, le pouvoir tinctorial, la densité, la saveur, le pouvoir rotatoire, l'action pharmacologique, etc. Mais il s'en faut que tous les domaines aient été explorés ; en particulier, aucune tentative n'a encore été faite pour rattacher à la structure des molécules les propriétés d'ordre *biologique*.

C'est ce sujet que je voudrais examiner. Je commence par le délimiter en posant les trois questions suivantes :

1. Existe-t-il une relation entre la constitution chimique d'un corps et le rôle qu'il joue au sein de l'organisme vivant ?
2. Existe-t-il une condition de structure moléculaire qui rende une substance utile, indifférente ou nuisible à l'entretien de la vie, qui en fasse un aliment ou un poison ?
3. Existe-t-il une condition semblable par laquelle la matière d'une cellule vivante se distingue de celle de cette même cellule morte, autrement dit la mort résulte-t-elle d'un changement dans l'architecture des molécules ?

Avant de répondre à ces questions, il me semble utile de préciser sur quel point spécial de la théorie de la constitution mes réponses porteront. Mais rassurez-vous, Mesdames et Messieurs, je me bornerai en cela au strict nécessaire. Il me suffira, du reste, pour les besoins de ma démonstration, de vous rappeler le principe même de la classification organique.

Il a été acquis par cinquante années de patientes recherches que les quelque 150,000 composés organiques que l'on connaît à cette heure, quelque grande que soit leur diversité, appartiennent, au point de vue de leur structure moléculaire, à deux types seulement :

Dans le premier type, les atomes dont ils sont formés, que ce soient des atomes de carbone, d'oxygène ou d'azote, en satisfaisant les unes par les autres tout ou partie de leurs affinités, s'unissent en chaînes plus ou moins longues et à peu près rectilignes. Ainsi se forme la partie centrale de la molécule, une

sorte de colonne vertébrale, sur laquelle viennent ensuite se greffer latéralement d'autres groupes atomiques.

Dans le second type, ces mêmes atomes s'unissent sous l'influence des mêmes forces attractives, mais en formant des chaînes qui sont fermées sur elles-mêmes. Le squelette de la molécule n'est dès lors plus un chapelet d'atomes, c'est un anneau. Et sur cet anneau peuvent venir s'appliquer les mêmes groupements périphériques, comme la chair d'un fruit s'applique sur son noyau.

De là la distinction entre *composés à chaînes ouvertes* et *composés cycliques*. Cette distinction est aujourd'hui à la base même de la classification organique. Elle correspond à ce qu'est, par exemple, en zoologie la division en vertébrés et en invertébrés, et n'est pas sans analogie avec elle, puisqu'elle est basée comme elle sur la conformation du squelette et sur le système de symétrie de l'être, animal ou molécule.

Les deux grandes classes des composés organiques sont séparées, au point de vue théorique, par un large fossé. Mais celui-ci n'est pas infranchissable. Il est possible, dans beaucoup de cas, par des réactions appropriées, d'agir sur les molécules des corps de manière à fermer sur elle-même une chaîne ouverte (c'est la *cyclisation*) ou de rompre une chaîne fermée (opération qu'on pourrait appeler la *cyclolyse*). On peut ainsi passer expérimentalement d'un type à l'autre.

Il est vrai que ce passage est incomparablement plus facile dans un sens que dans l'autre. Un des caractères des chaînes fermées est leur stabilité et il faut un travail chimique toujours considérable pour en disjoindre les chaînons. En revanche, la cyclisation s'opère plus aisément ; elle exige cependant un certain apport d'énergie, nécessité par l'infexion de la chaîne rectiligne et la soudure de ses deux atomes terminaux. Quelles sont les formes de l'énergie qui pourront fournir ce travail ?

C'est en premier lieu la chaleur. Berthelot l'a montré le premier en faisant passer dans des tubes chauffés au rouge toute une série de substances à chaînes ouvertes. Il a obtenu ainsi de nombreux composés cycliques et, en particulier, la plupart de ceux qui forment par leur mélange le goudron de houille,

ce sous-produit de la fabrication du gaz dont la chimie moderne a su tirer tant de précieux dérivés. Berthelot a même établi sur la base de ces expériences sa fameuse théorie de la formation du goudron. Selon cette théorie, la houille se décomposeraient entièrement, au cours de sa distillation, en produits gazeux très simples et à squelette linéaire, produits qui se cycliseraient après coup au contact des parois chaudes des cornues. Nous verrons plus loin ce qu'il faut penser de cette explication.

Mais les composés cycliques ne se trouvent point seulement dans le goudron de houille. On les rencontre dans des matières qui n'ont jamais subi l'action d'une forte chaleur, telles que le pétrole. Ils se trouvent surtout en abondance dans les organismes vivants et, en particulier, dans les végétaux. Ici, l'agent qui a provoqué la cyclisation n'est plus l'énergie calorifique ; il faut le chercher ailleurs et nous l'y trouverons dans un instant.

Mais auparavant, permettez-moi encore une observation. D'après ce que je vous disais tout à l'heure, il semblerait que les propriétés d'un composé organique dussent varier du tout au tout suivant que ce composé appartiendra à la classe des corps à chaînes ouvertes ou à celle des corps cycliques. Or, les observations enregistrées jusqu'ici montrent qu'il n'en est rien. On trouve dans les deux classes des alcools, des acides et des bases, des substances sapides ou odorantes et d'autres qui ne le sont pas, des poisons et des substances inoffensives. L'industrie chimique va puiser indifféremment dans l'une et l'autre classe ses parfums et ses explosifs, et la thérapeutique ses médicaments. Seule la couleur paraît être en rapport avec la structure cyclique, mais dans une certaine mesure seulement.

Il faut en conclure que ces propriétés ne sont que peu ou pas influencées par la conformation du squelette de la molécule ; elles dépendent essentiellement de la nature des groupements périphériques qui entourent ce squelette, et qui peuvent être les mêmes dans les deux cas. C'est là un fait qui paraît étrange ; on comprend difficilement qu'un caractère aussi essentiel, au point de vue théorique, que la structure du squelette n'ait pas

sa répercussion dans l'une des propriétés fondamentales de la matière.

Or, et c'est ici qu'interviennent mes observations personnelles, cette anomalie, qui serait inexplicable, n'existe pas en réalité. Je me crois en mesure d'affirmer, au contraire, qu'il y a tout un ensemble de propriétés fondamentales de la matière qui sont régies par la nature, cyclique ou linéaire, du squelette moléculaire. Ces propriétés sont celles qui entrent en jeu dans toutes les manifestations de la *vie*. C'est ce que je vais essayer de démontrer.

Si l'on veut étudier les phénomènes vitaux dans leur plus grande simplicité, il faut les aller observer, non point chez l'animal, mais chez le végétal. Considérons donc la plante verte, l'organisme auquel est dévolue la tâche de transformer les matériaux minéraux du milieu en matériaux organiques, et finalement en matière vivante, que l'animal n'aura plus ensuite qu'à démolir et à brûler pour utiliser l'énergie qu'ils renferment à l'état potentiel.

Quel est le mécanisme de cette merveilleuse synthèse ? Nous ne le savons encore que très imparfaitement. Mais nous connaissons les produits intermédiaires par lesquels elle passe. Ce sont les aldéhydes formique et glycolique, les sucres et l'amidon, les nombreux acides végétaux, l'asparagine, la glycérine, les matières grasses, les lécithines.

Ces substances existent dans toutes les plantes. On constate leur présence dans chaque cellule vivante, à côté des protéines qui sont les constituants essentiels du protoplasma. Elles apparaissent donc bien comme les aliments de cette cellule.

Or, si l'on considère la constitution de ces corps, on est frappé de ce fait, que leurs molécules ne renferment que des chaînes d'atomes ouvertes. Aucun d'eux ne présente la structure cyclique. On constate ainsi une première relation entre la constitution et le rôle des substances végétales. Toutes celles que l'on peut légitimement considérer comme les produits directs et successifs de l'assimilation, toutes celles qui contribuent à l'édification et à l'entretien du protoplasma vivant,

appartiennent à la première classe des composés organiques.

Mais ces substances sont loin d'être les seules que nous fournit le règne végétal. A côté d'elles, la plante en produit une infinie variété d'autres, que l'industrie humaine a été de tout temps y chercher, non plus pour les utiliser comme aliments, mais pour tirer profit de quelqu'une de leurs autres propriétés. C'est, par exemple, la grande famille des huiles essentielles, des terpènes et des camphres, dont plusieurs représentants constituent nos parfums ou nos condiments les plus appréciés. C'est ensuite la longue série des colorants et des pigments végétaux, depuis la chlorophylle jusqu'à cet intéressant groupe des anthocyanes, ou pigments des fleurs, dont l'étude systématique vient d'être entreprise par notre ancien collègue Willstätter. Ce sont les différentes résines, les caoutchoucs, les tannins, les glucosides, les divers principes amers ou astringents. Ce sont enfin tous ces nombreux composés azotés et basiques que l'on réunit sous le nom d'alcaloïdes et qui, doués pour la plupart d'une action physiologique remarquable sur l'organisme animal, sont devenus nos médicaments les plus précieux.

Le rôle que ces substances jouent dans la plante est-il le même que celui des composés de la première catégorie ? On le croyait généralement autrefois. Beaucoup de physiologistes l'admettent encore aujourd'hui et voient dans ces matériaux des réserves de nourriture, que la plante utilisera, le moment venu, pour l'entretien de ses tissus.

Je ne suis point de leur avis, et cela pour les raisons suivantes : Ces substances ne me semblent point, comme les premières, être indispensables au développement des plantes, puisque beaucoup d'entre elles en sont dépourvues. On ne les trouve pas, comme les autres, emmagasinées dans les semences ou les racines. On ne les rencontre jamais dans la cellule vivante, dont elles semblent exclues, mais bien dans des tissus ou réceptacles spéciaux où elles sont localisées et comme mises à l'écart de la grande voie de la protéinogenèse. On ne les voit pas disparaître, mais au contraire s'accumuler, au cours de la vie de la plante. Ce ne sont donc certainement pas des produits

intermédiaires de l'édification du protoplasma vivant. On doit chercher ailleurs que dans un processus d'assimilation la genèse de ces composés qui, sans valeur nutritive pour la plante, sont cependant engendrés par elle en quantités souvent considérables. Quelles sont donc leur origine et leur signification ?

J'ai, il y a quelques années, émis à ce sujet une hypothèse relative spécialement aux alcaloïdes. Cette hypothèse ayant été accueillie avec quelque faveur, je l'étends aujourd'hui à tous les composés du même ordre. J'admetts que, loin d'être des produits d'assimilation, ce sont des produits de dénutrition. Ils représentent les déchets du métabolisme végétal. Ils correspondent à ce que sont chez l'animal l'urée, l'acide urique, le glycocolle, les pigments biliaires, etc. Il n'est pas concevable, en effet, que la synthèse biologique des protéines, pas plus que toute synthèse opérée *in vitro*, se fasse avec un rendement théorique et sans laisser des produits accessoires, des résidus qui ne peuvent plus être utilisés. D'autre part, l'usure des tissus, tous les phénomènes de désassimilation et de combustion doivent engendrer, chez la plante comme chez l'animal, des déchets semblables, azotés ou non.

Tous ces produits sont non seulement inutiles, mais nuisibles à l'entretien de la vie. Ce sont des *poisons* dont l'organisme, dans les deux règnes, doit se débarrasser à tout prix sous peine d'intoxication. L'animal y pourvoit en les rejetant au dehors, mais la plante, qui est dépourvue d'organes excréteurs, ne peut que très imparfairement le faire. Elle doit donc se résigner à vivre avec eux, et se borner à les rendre inoffensifs en les maintenant en dehors du circulus vital et en les empêchant de pénétrer de nouveau dans la cellule vivante dont ils sont sortis et d'y exercer leur action nocive sur le protoplasma. Et nous voyons qu'elle y réussit, puisque les composés en question ne se trouvent en réalité jamais dans l'intérieur de cette cellule. Sa paroi fait donc un triage entre les substances utiles et les substances nuisibles ; elle est perméable aux premières, imperméable aux secondes. Peut-on se faire une idée du mécanisme qui préside à ce triage ?

Aucun caractère physique (tel que la solubilité, l'ionisation,

l'état colloidal ou cristallin) ne distingue l'une de l'autre les deux catégories de substances. Aucune différence de composition chimique n'existe davantage entre elles ; elles sont formées des mêmes éléments, qui sont ceux du protoplasma lui-même. Il ne resterait donc plus, à mon avis, qu'une différence de structure moléculaire qui pût expliquer leur allure opposée. Voyons donc ce que l'on sait de leur constitution.

Les recherches à ce sujet ont conduit à ce résultat remarquable, mais dont les conséquences n'ont pas encore été mises en lumière, que tous ces produits sont des composés cycliques. Les atomes de carbone des terpènes, des camphres et des tannins, les atomes de carbone et d'oxygène des anthocyanes, les atomes de carbone et d'azote de la chlorophylle et de tous les alcaloïdes, sont uniformément unis en chaînes fermées.

Nous avons vu qu'il en est exactement l'inverse pour les substances nutritives de la cellule. Je vois donc dans cette disposition différente des atomes la raison pour laquelle les molécules d'une espèce pénétreront dans la cellule vivante, celles de l'autre espèce seront consignées à la porte. Un fil de fer pénétrera à travers une ouverture étroite si on l'y introduit par son extrémité, il ne passera plus si on le roule en cerceau. De même les méats intermoléculaires des parois cellulaires laisseront passer les chapelets flexibles des chaînes ouvertes, tandis qu'ils s'opposeront à l'entrée des anneaux massifs et rigides qui forment les molécules cycliques.

Mais les déchets du métabolisme sont primitivement des corps à chaînes ouvertes, comme les substances dont ils sont issus. Ce n'est donc qu'après coup qu'ils acquièrent la structure cyclique qui les rend inoffensifs. Il y a réaction de la plante vivante contre les principes toxiques qu'elle produit, et cette réaction consiste en une modification de la structure intime de ces principes ; la plante se défend contre les poisons en les cyclisant.

Il y a donc, dans l'organisme végétal, deux processus de synthèse parallèles, l'un qui, réunissant les atomes par simple juxtaposition, forme les longues chaînes ouvertes qui finiront par constituer la molécule complexe des protéines, l'autre qui,

opérant un véritable travail de voirie, nettoie l'organisme de tous les détritus laissés par la première synthèse, en fermant sur eux-mêmes tous les fragments qui ne peuvent plus concourir à la construction de l'édifice, ou qui s'en détachent lorsque cet édifice tombe en ruines.

Cette hypothèse une fois émise, il restait à la vérifier par l'expérience et à montrer comment la cyclisation s'opère dans la plante. C'est ce que je me suis appliqué à faire, au moins en ce qui concerne les alcaloïdes. Partant de l'idée que, dans la synthèse organique, le meilleur moyen d'atteindre le but est d'imiter la nature, j'ai toujours cherché, dans mes essais de reproduction artificielle d'alcaloïdes végétaux, à opérer dans des conditions aussi voisines que possible de celles qui sont réalisées dans la plante vivante. C'est cette idée qui a présidé aux récents travaux exécutés dans mon laboratoire par MM. Gams, Spengler, Kay, Malinowski et par M<sup>me</sup> Finkelstein, travaux qui ont conduit à la synthèse de la berbérine et de plusieurs alcaloïdes de l'opium.

Nous avons toujours choisi comme points de départ de nos opérations, d'un côté des substances que l'on sait se former dans les plantes par désagrégation des protéines, de l'autre des composés, tels que l'aldéhyde formique, qui y prennent naissance à partir de l'acide carbonique de l'air. En les condensant les unes avec les autres, nous avons obtenu des alcaloïdes cycliques, et ceux-ci se sont trouvés identiques à ceux qui se produisent dans les tissus végétaux. J'ai même réussi, en collaboration avec M. Chou, à obtenir directement des alcaloïdes en hydrolysant *in vitro* les albumines elles-mêmes en présence d'aldéhyde formique.

Il semble donc bien prouvé que les alcaloïdes prennent naissance, dans le végétal, par cyclisation des produits de décomposition des protéines ; et par analogie on est en droit d'attribuer la même origine à tous les composés semblables.

En résumé, nous observons un parallélisme complet entre les deux grandes divisions des composés organiques, basées sur la structure de leur squelette moléculaire, et le rôle qu'ils jouent dans l'organisme végétal. Seuls les composés à chaînes ouver-

tes sont propres à entretenir la vie de cet organisme, tandis que les composés à chaînes fermées, que nous rencontrons en abondance dans certaines plantes, ne sont que des déchets sans valeur nutritive, rendus inoffensifs par le fait même de leur cyclisation. La plante idéale n'en contiendrait point.

Mais à cette conclusion, une grave objection s'oppose immédiatement. Chaque chimiste, chaque botaniste me la fera. Il me dira : Dans l'énumération des substances qui, dans la plante, ne contribuent pas à la formation de son protoplasma, vous avez omis la plus importante de toutes, la *cellulose*, cette matière essentielle au point de vue morphologique qui, dans toute l'étendue du règne végétal, forme les parois des cellules et des vaisseaux, et joue un rôle fondamental de protection mécanique du protoplasma, en lui procurant l'enveloppe nécessaire pour lui permettre de s'organiser en tissus plus ou moins rigides et résistants.

Il semble indispensable, continuera mon contradicteur, que la substance à laquelle est dévolue cette fonction possède une stabilité chimique suffisante pour résister aux actions multiples qui entrent en jeu dans le végétal. Il faut qu'elle reste en dehors du métabolisme général. Si les idées que vous avez développées sont justes, cette indifférence doit résulter de sa structure moléculaire, et la cellulose doit posséder, comme tout autre composé que la plante écarte du circulus vital, la structure cyclique. Or tous les traités de chimie placent la cellulose, à côté de l'amidon, parmi les composés à chaînes ouvertes, et ce fait suffit à lui seul à renverser tout l'échafaudage de votre théorie.

Cette objection serait, je le reconnais, sans réplique, si elle reposait sur une base solide, c'est-à-dire sur la connaissance exacte de la constitution de la cellulose. Or cette constitution n'a pas été déterminée jusqu'ici, et l'analogie avec l'amidon ne suffit pas à l'établir. Je crois, au contraire, que la cellulose doit être éloignée de l'amidon dans la classification, et placée parmi les composés de structure cyclique. Une série d'expériences, que j'ai effectuées avec MM. Ramseyer et Bouvier,

me permettent d'apporter la preuve de ce que j'avance. Ces expériences sont sorties des considérations suivantes :

Les phénomènes chimiques qui provoquent la décomposition de la plante après sa mort, sont différents suivant les conditions dans lesquelles ils se déroulent. Si le végétal est abandonné à lui-même à l'air libre, ses matières azotées subissent d'abord une rapide putréfaction, avec formation d'ammoniaque, qui est absorbée par le sol, et d'acide carbonique, qui retourne à l'atmosphère. Les matières non azotées, et en particulier la cellulose, résistent plus longtemps, mais elles finissent aussi par disparaître, et cela grâce à une combustion lente, dont l'agent, direct ou indirect, est l'oxygène de l'air.

Si la plante morte, au lieu de rester à l'air libre, est plus ou moins enfouie dans le sol, cette action de l'oxygène est ralentie, et l'on assiste à la formation des *matières humiques*, substances fort mal définies encore au point de vue chimique, mais dont on sait cependant qu'elles sont des produits d'oxydation incomplète de la cellulose, et qu'elles présentent des caractères de phénols, c'est-à-dire de composés cycliques.

Si enfin ces mêmes matières végétales se trouvent entièrement soustraites à l'action de l'air, soit par suite de leur immersion dans l'eau, soit parce qu'elles auront été recouvertes par des masses importantes de terrain, ainsi que cela eut lieu lors des grandes dislocations géologiques, elles n'en subissent pas moins une lente transformation. Mais celle-ci n'est plus une oxydation, c'est une décomposition d'un genre spécial, dont nous ignorons les lois et les agents, mais dont nous connaissons parfaitement les produits ultimes ; ce sont nos combustibles fossiles d'âges divers, le lignite, la houille, l'anthracite. Il n'y a pas de doute que ce ne soit la cellulose qui fournit la matière essentielle de ces *charbons de terre*. Elle perd, dans cette transformation, une partie de son oxygène et de son hydrogène, et s'enrichit par conséquent en carbone. Mais cette décomposition, ayant lieu à basse température, n'intéresse que la périphérie de sa molécule ; le squelette carboné n'en est pas affecté. On doit donc admettre que la structure de ce squelette est la même dans la houille que dans la cellu-

lose, et qu'en la déterminant chez la première on la fixera du même coup chez la seconde.

Malheureusement, si depuis deux siècles on utilise la houille comme combustible, si depuis une centaine d'années on en tire, par distillation, ces trois produits d'une si grande importance industrielle, le gaz d'éclairage, le goudron et le coke, on ignore, chose étrange, à peu près tout de sa nature chimique. Peut-on la déduire de l'étude des produits de cette distillation ? On sait, et je l'ai rappelé plus haut, que le goudron est exclusivement formé de composés cycliques. Il en est de même du coke ; le fait qu'il fournit par oxydation des acides aromatiques nous assure que les atomes de carbone qui le composent sont unis en chaînes fermées. Est-ce à dire que l'on puisse attribuer la même structure aux matériaux dont ils proviennent ? Une pareille déduction serait absolument injustifiée, car ces matériaux ont été soumis, lors de la distillation de la houille, à des températures de 800 à 1000°, et nous savons par les expériences de Berthelot que ces températures sont amplement suffisantes pour provoquer la cyclisation de toutes les chaînes ouvertes.

Pour se mettre à l'abri de cette objection, il faudrait pouvoir éliminer l'action cyclisante de la chaleur pendant la décomposition de la houille. C'est ce que j'ai cherché à réaliser avec mes deux excellents collaborateurs. En opérant la distillation de la houille dans le vide, ce qui permet de ne pas éléver la température au-dessus de 450°, nous avons obtenu un goudron spécial et un coke d'un nouveau genre. Or, en étudiant ce *goudron du vide* et ce *coke du vide*, nous avons pu nous assurer que l'un et l'autre sont, comme le goudron et le coke ordinaires, de nature exclusivement cyclique. Nous en concluons que les composés cycliques préexistent dans la houille et en forment certainement la majeure partie. De ces résultats expérimentaux découlent à notre avis, les trois conséquences suivantes :

1. La théorie de Berthelot sur la formation du goudron ne peut plus être considérée comme interprétant exactement les faits. Tous les dérivés du goudron, que l'industrie chimique a

utilisés de si brillante façon, ne sont plus, comme on le croyait, des produits de pyrogénération. Ce n'est point à la chaleur des cornues à gaz qu'ils doivent leur fameux *noyau aromatique* si riche en propriétés précieuses. Ce noyau existait déjà, quoique à l'état plus hydrogéné, chez les plantes de l'époque carbonifère. Toute la chimie aromatique devient ainsi une dépendance de la chimie végétale.

2. Le goudron du vide n'est, en réalité, pas autre chose que du *pétrole*; il en possède l'odeur, la densité, la fluorescence, le faible pouvoir rotatoire. Tous les corps définis que nous en avons retirés se sont trouvés être identiques à d'autres corps que l'on a isolés des pétroles du Canada, de Californie et de Galicie. Nous constatons ainsi, pour la première fois, une relation d'ordre chimique entre ces deux produits naturels de si haute importance, la houille et le pétrole. Cette relation implique-t-elle une communauté d'origine et peut-elle servir d'argument à ceux qui prétendent que le pétrole est, comme la houille, d'origine végétale? Je le crois pour ma part, mais entreprendre une discussion sur ce point, serait sortir par trop de mon sujet.

3. Si la houille, ainsi que nous croyons l'avoir démontré, est formée d'un mélange de substances cycliques, on ne peut guère ne pas attribuer la même structure à la cellulose, qui est, de toutes les substances contenues dans les végétaux, celle qui a certainement pris la plus grande part à la formation de la houille. L'objection qu'on me faisait à son égard tombe donc, et mon hypothèse trouve au contraire un nouvel exemple à son appui.

Franchissons maintenant d'un seul bond toute la distance qui sépare les premiers produits de l'assimilation végétale et son produit ultime, qui est la *matière vivante*. Et qu'il soit d'emblée entendu que je n'emploie ce terme de matière vivante que par abréviation et pour éviter de longues circonlocutions. On ne saurait, en effet, attribuer la vie à la matière elle-même; il n'y a, il ne peut y avoir, de molécules vivantes et de molécules mortes. La vie nécessite une organisation, qui

est celle de la cellule, et reste par cela même en dehors du domaine de la chimie pure.

Il n'en est pas moins vrai que le contenu d'une cellule vivante doit différer, par sa nature chimique, du contenu d'une cellule morte. C'est à ce seul point de vue que le phénomène de la vie appartient à mon sujet ; c'est aussi à ce point de vue qu'il me reste à examiner si les idées que je vous ai soumises peuvent être utilisées pour son interprétation.

Une cellule vivante est, aussi bien dans sa composition chimique que par sa structure morphologique, un organisme extraordinairement complexe. Le protoplasma qu'elle renferme est un mélange des substances les plus diverses. Mais si l'on fait abstraction, d'une part de celles de ces substances qui sont en voie d'assimilation, et d'autre part de celles qui sont les résidus de la nutrition et qui se trouvent en voie d'élimination, on reste en présence des seules *matières protéiques* ou *albuminiques* que l'on doit considérer, sinon comme le facteur essentiel de la vie, du moins comme le théâtre de ses manifestations. Elles seules possèdent, en effet, ces deux facultés éminemment vitales, d'édifier leurs molécules avec celles du milieu et de réagir aux moindres impulsions d'ordre physique, chimique ou mécanique. Elles se rangent donc parmi les composés organiques les plus labiles que nous connaissons, et c'est leur labilité même qui en fait le support des phénomènes vitaux. Elles sont, pendant la vie de la cellule, en état de perpétuelle transformation et ne trouvent un état d'équilibre stable que lors de la mort de cette cellule ; ou plutôt, devrait-on mieux dire, cette mort n'est que le résultat de la stabilisation des molécules protéiques.

Cette stabilisation est-elle d'ordre chimique, en ce sens qu'elle provient d'une modification dans la structure moléculaire ? Pour savoir si tel est le cas, et quelle est cette modification, il faudrait connaître la constitution de l'albumine vivante et celle de l'albumine morte. Or, la chimie ignore tout, ou presque tout, de la première, car ses procédés d'investigation ont pour premier effet de tuer toute cellule vivante ; la moindre élévation de température, le contact de n'importe quel dis-

solvant, à plus forte raison des réactifs même les plus bénins, opèrent la transformation qu'il faudrait éviter, et le chimiste n'a plus entre les mains que l'albumine morte.

Ce n'est donc que cette dernière qu'il a pu étudier. Grâce aux travaux d'une pléiade de savants éminents, on connaît aujourd'hui, sinon dans tous ses détails, du moins dans ses grandes lignes, la constitution des albumines. On sait en particulier, au point de vue spécial qui nous occupe, que la molécule extrêmement complexe de ces corps est formée de l'assemblage d'un très grand nombre de chaînes, dont les unes sont formées d'atomes de carbone seulement, les autres d'atomes de carbone et d'azote, mais qui toutes sont des chaînes fermées. Les albumines, retirées des tissus morts, sont de structure cyclique.

En est-il de même de ces albumines lorsqu'elles font encore partie intégrante du protoplasma vivant, et comment le savoir?

A ces questions, une très intéressante observation de Lœw va nous donner un commencement de réponse. Lœw a remarqué que tous les réactifs chimiques qui, *in vitro*, sont susceptibles d'attaquer les aldéhydes et les bases primaires, soit d'agir sur les groupes aldéhydiques et aminogènes qui les caractérisent, que tous ces réactifs sont invariablement des poisons du protoplasma vivant. Ces mêmes réactifs sont, en revanche, sans influence aucune sur l'albumine morte. Lœw en conclut logiquement que la molécule de l'albumine vivante renferme les dits groupes, tandis que la molécule de l'albumine morte ne les possède plus.

Ces deux groupes d'atomes possèdent, dans toute l'étendue de la chimie organique, des fonctions très actives, mais opposées, qui les incitent à réagir l'un sur l'autre par l'échange de leurs éléments. Cet échange n'a pas lieu dans l'albumine vivante, puisque les deux groupes y coexistent ; il s'opère lors de la mort de la cellule, puisqu'aucun des deux groupes ne peut plus être décelé dans l'albumine morte.

La stabilisation de la molécule protéique serait donc due, selon Lœw, à la saturation l'un par l'autre de ces deux groupements. Cette observation me paraît capitale ; mais son auteur

n'en a point, ce me semble, poursuivi jusqu'au bout les conséquences théoriques. Je vais essayer de le faire à sa place.

Par le fait de leur nature même, les groupes d'atomes dont je parle ne peuvent en aucun cas faire partie intégrante d'une chaîne fermée. Etant tous deux monovalents, ils ne peuvent faire partie que de chaînes ouvertes. Leur existence dans l'albumine vivante y implique donc nécessairement la présence de ces chaînes.

Or l'union de deux groupements atomiques faisant partie d'une chaîne ouverte, ne saurait se faire sans qu'il y ait fermeture de cette chaîne ; en même temps la disparition de deux groupes actifs entraîne tout aussi nécessairement l'abolition d'une partie de l'activité du complexe. Tel un homme qui joint les mains ou se croise les bras ; il perd ainsi la meilleure partie de ses moyens d'action.

La stabilisation de l'albumine vivante entraîne donc une cyclisation. En fermant sur elles-mêmes ses chaînes ouvertes, l'albumine du protoplasma cellulaire entre dans l'équilibre et le repos. Sa période d'activité se termine de la même manière que celle de toutes les substances qui concourent à son entretien. Pour les unes et les autres, *la cyclisation est la mort*.

Mort momentanée, bien entendu, et destinée à être suivie, à plus ou moins bref délai, d'une résurrection qui remettra en circulation les atomes provisoirement immobilisés. Il est clair, en effet, que si toutes les molécules cyclisées devaient persister indéfiniment dans cet état, toute vie disparaîtrait bientôt de la surface de notre globe.

Aussi, tout ce que j'ai dit ne s'applique-t-il qu'aux composés organiques qui font partie de la plante *vivante*. Dès qu'ils en sont sortis, d'autres agents interviennent, qui procèdent plus ou moins rapidement à la démolition de toutes les molécules et à une décyclisation générale. La plante morte se trouve immédiatement aux prises avec les microbes de la putréfaction qui s'attaquent à ses albumines et avec les ferment oxydants qui brûlent sa cellulose. Ou bien l'on voit intervenir les ferment digestifs des animaux herbivores qui sont également cyclolyti-

ques. Ici comme ailleurs, les deux règnes se complètent et s'entr'aident, et ce sont les mêmes atomes qui, passant de l'un à l'autre en des agrégats de structures diverses, entretiennent l'existence éternelle de tous deux.

Telles sont les considérations que j'ai cru pouvoir vous soumettre sur les relations qui existent entre la structure moléculaire et la vie. Je n'ai soulevé qu'un très petit coin du voile qui recouvre le mystère, mais je crois avoir répondu aux trois questions que je posais au début, en montrant: que les phénomènes vitaux sont liés à une structure spéciale de la molécule organique; que seule la disposition des atomes en chaînes ouvertes permet l'entretien et les manifestations de la vie; que la structure cyclique est celle des substances qui ont perdu cette faculté; et qu'enfin la mort résulte, au point de vue chimique, d'une cyclisation des éléments du protoplasma. Le serpent qui se mord la queue, symbole de l'éternité chez les anciens, mériterait de devenir, pour le biochimiste moderne, le symbole de la mort.

Je ne vous ai parlé que de chimie végétale. Il resterait à examiner si mon interprétation peut s'appliquer aussi aux phénomènes qui se passent dans l'organisme animal. Mais je ne puis ni ne veux abuser plus longtemps de votre patience, que j'ai déjà mise trop longtemps à l'épreuve, et je me hâte de terminer en vous remerciant, Mesdames et Messieurs, de la bienveillante attention que vous m'avez prêtée.

---

# Vermehrtes Licht in der Juraforschung

von

Prof. A. HEIM (Zürich)

Die Erforschung eines Dislokationsgebirges schliesst immer zwei eigentlich getrennte Gesichtspunkte in sich: die Kenntnis der Gesteine, aus denen das Gebirge zusammengesetzt wird und die Kenntnis der Art, wie diese Gesteine zum Gebirge sich türmen. Das Erstere ist die petrographische, stratigraphische und paläontologische Erforschung des Gebirges; sie lehrt uns die ältere Geschichte nicht des Gebirges, sondern seiner Gegend kennen. Das Letztere ist die tektonische Erforschung; sie lehrt uns die jüngere Geschichte des Gebirges, d. h. die Vorgänge kennen, welche aus dem vorhandenen Stück Erdrinde dann das Gebirge gemacht haben, das jetzt vor uns steht. Früher hat man die Vorgänge der Gesteins- und der Gebirgsbildung irrtümlich zusammengeworfen. Heute halten wir beides klar auseinander. Bei Gebirgen, wie Schwarzwald, Alpen, Jura finden wir die Gesteine gar nicht mehr in derjenigen Lage, in der sie entstanden sein konnten. Eine Bewegung der Erdrinde, eine «Dislokation» der Gesteine hat aus dem vorhandenen Material die Gebirge aufgetürmt. Die Dislokation ist *jünger*, als die Entstehung der dislozierten Gesteine.

Während der Forscharbeit kann man freilich nicht beide trennen. Da muss beides gleichzeitig berücksichtigt werden. Die Stratigraphie ist erst mit Berücksichtigung der Tektonik verständlich und umgekehrt.

Die Zeiten sind vorbei, da der mathematisch und physikalisch

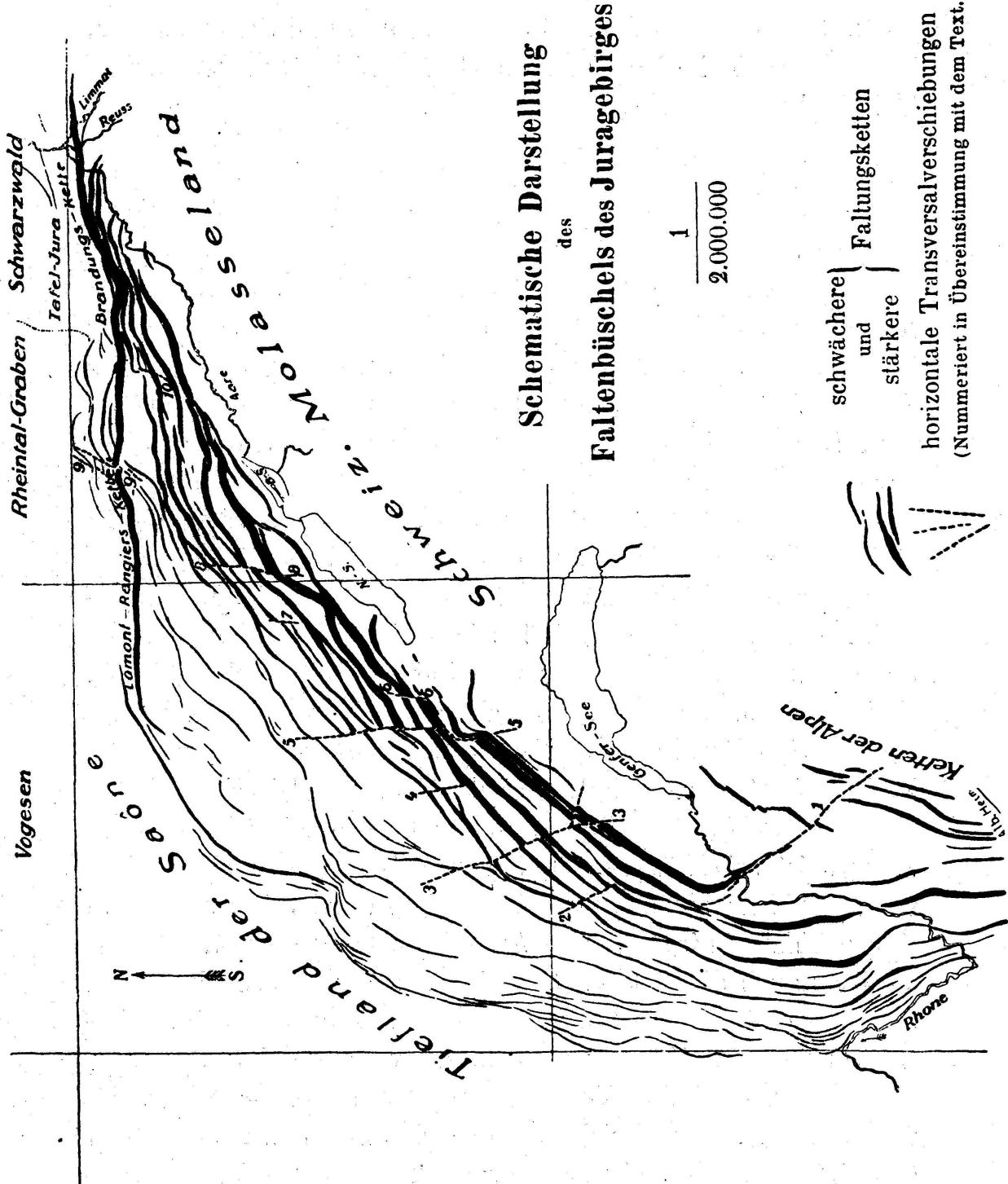
hochgebildete scharfsinnige *Studer* die Zirkustäler des Jura mit den Ringgebirgen des Mondes verglich und der treffliche Ju-rabeobachter *Gressly* sie für Explosionskrater hielt. 1830 bis 1850 hatte *Thurmann* den Faltenbau der Erdrinde im Juragebirge durchweg erkannt und verfolgt und in trefflichen Karten dargestellt. Und es war *Thurmann* selbst noch vergönnt, sich von der alten Vulkanistenidee, nach welcher er zuerst unter jedem Juragewölbe eine Spalteneruption angenommen hatte, zu befreien und einen Horizontalschub in der Erde von S. gegen N als die Ursache der nach seiner Zählung zirka 160 Falten des Juragebirges zu erkennen. Damit hatte *Thurmann* ganz selbstständig den wesentlichsten Schritt getan, von den vulkanischen Gebirgen die Dislokationsgebirge abzutrennen und unter den letzteren war er in seinem Jura zuerst auf die Kettengebirge als Resultate eines faltenden Horizontalschubes in der Erdrinde gestossen.

Auf *Thurmann* und *Gressly* folgten *Alb. Müller, Jaccard, Greppin*, in neuerer Zeit *Schardt* und besonders in stratigraphischer Forschung *Rollier*, in tektonischer *Mühlberg* und eine ganze Reihe mehr.

Die alte Erfahrung bewahrheitete sich auch hier wieder: Je tiefer wir in die Natur eindringen, um so verwickelter und komplizierter zeigt sie sich. Wir lösen ein Rätsel und finden dafür zwei neue. Aber das einmal aufgegangene Licht erlöscht nicht wieder. Der Fortschritt in der Erkenntnis bleibt. Lassen Sie mich in dieser Stunde im Lichte neuer Erkenntnis, einige Erscheinungen im tektonischen Bau des Juragebirges betrachten, welche in den letzten 10 bis 20 Jahren durch die Arbeit mehrerer Juraforscher angezündet worden ist. Ich selbst bin dabei nur wenig beteiligt, ich bin nur derjenige, der mit Ihnen den neu beleuchteten Jura betrachten und bewundern will.

Ein Blick auf dieses schematische Kartenbild zeigt Ihnen die Anordnung der Dislokationen im Juragebirge. Die schwarzen Streifen sind umso breiter gehalten, je kräftiger die Gewölbe-ketten entwickelt sind, die dadurch dargestellt sein sollen. Der Jura zweigt im S mit 3 Ketten von den autochthonen Zonen der Alpen ab. Das Faltenbüschel geht dann gegen N fächerig

auseinander und vermehrt seine Glieder. In den mittleren Querprofilen zählen wir 8 bis 12 Falten. Gegen E schaaren sich die



Falten wieder und das dicht gebundene Bündel spitzt sich im E in eine einzelne Falte aus. Das ganze aus zirka 160 Falten gebildete Büschel bildet einen gegen NW ausgekrümmten Bogen.

Die NE Randkette und die Innenketten des Bogens sind die kräftigsten. Die zahlreichen verschiedenen Faltentypen sind ungleich auf die verschiedenen Regionen verteilt. Im E herrschen die überschobenen isokinalen Falten und Schuppen vor, im mittleren Teil die aufrechten Gewölbefalten, im westlichen Teil die breiten Fächerfalten.

### Die Abscheerungsdecke.

Betrachten Sie die Querprofile durch einige der kräftigeren Falten aus verschiedenen Teilen des Juragebirges. Die Faltung ist hier, wie fast überall im Juragebirge, wo die Entblössungen darüber Aufschluss geben, noch im Hauptmuschelkalke vorhanden. Die Gewölbekerne sind dann mit gehäuften, durcheinander gestossenen, verknneteten Massen von Mergeln und Thonen des mittleren Muschelkalkes gefüllt. Versuchen Sie jetzt im Geiste oder in der Zeichnung das Profil nach der Tiefe zu ergänzen, zeichnen Sie den Verlauf von Wellendolomit, Buntsandstein, Perm, Gneiss etc. ein ! Die Mitbeteiligung der tieferen Schichten an diesen so geformten Falten bleibt unbegreiflich. Es ist nicht möglich, sie sich noch harmonisch in die sichtbare Faltung hineinzudenken. Die Faltung ist dafür zu eng. Die Weite und Grösse der Falten reicht nicht aus. Die Form dieser Falten beweist, dass die tieferen Schichten *nicht harmonisch mitgefaltet sein können*. Und doch sollte man denken, dass wenn die Erdrinde zusammengeschoben worden ist, auch ihre tieferen Teile in irgend einer Art mitmachen müssten.

Wenn auch die tieferen Gesteine zusammengeschoben sind, so muss somit ihre Faltungsform eine ganz andere sein. Vielleicht ist es eine Faltung nach unten, vielleicht hat sich dort der Zusammenschub in Verdickung mit steiler Transversalschieferung vollzogen, vielleicht hat er sich an einem ganz andern Orte in grösserer Entfernung für die tieferen Rindenteile ausgelöst. Wir mögen uns das überlegen wie wir wollen und eine Menge von Profilen prüfen, wir werden stets zu dem Resultate geführt, dass die obere geschichtete Sedimentmasse sich bei ihrer

*Faltung von den tieferen Teilen der Erdrinde abgescheert und anders bewegt haben muss, als die tieferen.*

Eine solche Abscheerung ist am ehesten möglich in einem Komplex plastischer Schichten, der die nötigen Differenzialbewegungen in sich aufnimmt. Wie ein Schmiermittel wird dieses weiche Material an manchen Stellen zwischen den beiden disharmonisch bewegten Gesteinsmassen weggeschürft, sodass nur noch eine dünne Haut bleibt. An anderen, besonders in den Gewölbekernen der nach oben ausweichenden Falten oder in den Muldenkernen der nach unten ausweichenden, wird es angestaut und zusammengehäuft.

In den verschiedenen Teilen des Juragebirges mögen lokal verschiedene Mergelhorizonte sich in die Rolle des Abscheerungsmittels teilen. Im SW Jura gibt es gestaute Gewölbekerne mit Argovienmergeln gefüllt. In den paar Falten des Tafeljura, die wie ein Uebergriff der Tektonik des Kettenjura noch im Tafeljura angestaut sind, ist es der Keuper. Kleine disharmonische Bewegungen treten nicht selten beiderseits der Oxfordmergel auf. Allein das sind alles *lokale* Erscheinungen. Durch alle Teile des Kettenjura hindurch sind die *grossen Faltenkerne*, welche der Abscheerung der gesamten Juradecke entsprechen, mit dem Mergel und Ton des mittleren Muschelkalkes, der Anhydritgruppe, oder wie er auch kurz heisst, dem Salzton, gefüllt. Da gibt es festgequetschte Mergelmassen mit Transversalschieferung und mit Fältelung, oder zerfallend in flache Linsen von Rutschspiegeln umflossen. Brocken oder Fetzen überliegender Gesteine (Muschelkalk) sind verschleppt eingeknetet in einer Art gehäufter Schuppenstruktur. Aber nirgends, absolut nirgends in Gewölbekernen des Kettenjura ist bis jetzt auch nur ein Fetzen von Wellenkalk, Buntsandstein, Perm oder gar von kristallinem Grundgebirge entdeckt worden.

Es ist also klar: im Juragebirge reicht die in Faltungen und Ueberschiebungen sichtbare Horizontaldislokation von der sarmatischen Molasse in fast durchweg harmonischen Bewegungen der ganzen grossen Schichtmasse hinab bis in den mittleren Muschelkalk. In diesem hat sich die Abscheerung von der Unterlage vollzogen. Die Jurafaltung betrifft nur das, was über

dem mittleren Muschelkalk liegt. Wie sich der tiefere Komplex gehalten hat, wissen wir nicht.

Warum sich die Trennung gerade im mittleren Muschelkalk vollzogen hat, ist sehr verständlich. Wenn der Tangentialdruck in der Erdrinde eine mächtige homogene oder nur unregelmässig verworren struierte Region trifft, so wird er eine Dickenzunahme, ein Ausweichen nach oben und eine steil stehende Druckschieferung darin erzeugen. Ganz anders wird das Resultat sein, wenn der Tangentialdruck auf eine ausgeprägt horizontal geschichtete Masse einwirkt. Faltung ist dann die Ablösung, welche weit weniger Ueberwindung von Molekularkräften erfordert. Das Grundgebirge unter dem Kettenjura besteht aus massigen Graniten und Porphyren, aus in etwas anderer Streichrichtung herzynisch gefalteten Gneissen, Materialien, die fest und alt versteift und zum Zusammenschub in der neuen Richtung sehr ungeeignet waren. Die mesozoischen und tertiären Sedimente darüber dagegen stellen in einem Komplex von 1500 bis 2000 m Mächtigkeit ein wunderbares Blätterwerk der Erdrinde, geteilt in 10,000 bis 20,000 Schichten dar, das zur Faltung wie geschaffen ist. Der tiefste grosse Mergel- und Tonkomplex in der Nähe der Grenze zwischen dem steif vernarbten Grundgebirge ist in dieser Schichtfolge der Salzton. Hierin vollzog sich deshalb die mechanische Trennung, während Perm, Buntsandstein und Wellenkalk sich steif an das Grundgebirge, an die erhärtete alte Narbe in der Erde, hielten.

Unter dem Kettenjura liegt also wohl, starr und steif, der S-Ausläufer des Schwarzwaldes mit Buntsandstein bedeckt als stehen gebliebene Grundlage. Das ganze schweizerische Molasseland ist um den Schubbetrag des Jura, das ist um 5 bis 10 km gegen den Schwarzwaldfuss bewegt worden, gleitend auf dem Salzton. Die der Jurafaltung entsprechende Stauung hat sich für die tieferen Schichten vielleicht in den autochthonen Zentralmassiven vollzogen. Die Schweremessungen der Geodätischen Kommission haben ergeben, dass der Massendefekt in der Erdrinde am Schwarzwaldrande beginnt und südlich bis in die Alpen hinein fast ganz gleichmässig zunimmt als ob der Kettenjura gar nicht vorhanden wäre. Das ist ein neuer Beweis

dafür, dass eben die Faltung des Kettenjura gar nicht in die Tiefe hinab greift, sondern der Faltenjura nur auf einer Abscheerungshöhe obenauf liegt.

Die Idee der zusammenhängenden Abscheerung und unabhängigen Faltung der Abscheerungsdecke ist in voller Schärfe und Klarheit zuerst von *Buxtorf* ausgesprochen und entwickelt worden. Sie scheint uns ein grosser Fortschritt, ein neues Licht in der Theorie des Faltenjura zu sein.

Der im Jura gefaltete Schichtenkomplex steigt aus dem Untergrund des Molasselandes sanft gegen den Schwarzwald und die Vogesen an, unter gleichzeitiger Ausdünnung durch eine Abrasion älter als die Faltung. In jener Richtung findet deshalb die mechanische Fähigkeit zur Fortleitung des Schubes ihr Ende. Die am Schwarzwaldwiderstande zuerst angestauten Falten wurden zum Zerreissen ihrer Mittelschenkel forciert, so dass die Abscheerungsfläche nach oben ausstreichen musste. So ist die sogenannte Brandungszone des Kettenjura am Tafeljura, d. h. Schwarzwaldsüdfuss, entstanden.

### Die Brüche im Juragebirge.

Wir sind damit in das spezielle Untersuchungsgebiet unseres *Fritz Mühlberg* getreten, der als der älteste und einer der fruchtbarsten Juraforscher im vergangenen Frühling, leider für den Abschluss seiner Arbeiten viel zu früh gestorben ist. Das Licht, das von seinen Beobachtungen ausgeht, wird nicht erloschen.

*Albrecht Müller* hatte zuerst in der Randzone des Kettenjura am Tafeljura flache Ueberlagerungen älterer Schichten auf jüngeren erkannt. *Mühlberg* verfolgte dieselben genauer. Die geologische Komission übertrug ihm dann die detaillierte geologische Kartierung der Grenzregion von Ketten- und Tafeljura. Eine Reihe unübertrefflicher 1 : 25,000 Karten sind daraus hervorgegangen, andere weit vorbereitet.

*Mühlberg* stellte zuerst fest, dass der Kettenjura durchweg über den Rand des Tafeljura hinausgeschoben ist. In sich wiederholenden Schuppen liegen die älteren Schichten auf den

jüngeren, alle gegen S abfallend. Er versuchte erst mehrere etwas sonderbare Erklärungen der von ihm beobachteten Tatsachen, und stellte dann seine « Ueberschiebungstheorie » des Kettenjura in einen Gegensatz zur « Faltentheorie », weil er in den Ueberschiebungsbrüchen einen grossen Gegensatz zur Biegung erblickte. Weitere eindringliche Beobachtung hat ihn dann aber davon überzeugt, dass die Ueberschiebungen meistens gesteigerte, übertriebene Falten sind.

Fassen wir hier die Sache von einem allgemeineren weiteren Gesichtspunkte auf: Ausser den Falten aus Biegungen gibt es im Jura auch *Brüche* in der Erdrinde mit Verschiebungen an den Bruchflächen. Die Brüche im Juragebirge sind, wie sich nun aus allen Beobachtungen und Kontroversen zahlreicher Forscher ergeben hat, viele kleine unregelmässige mehr zufällige Brüche ausgenommen, 3erlei Art:

1. *Verwerfungen*. Das sind steile, annähernd vertikale Bruchflächen mit primär relativer Vertikalverstellung der beiden Flügel und mehr oder weniger senkrechten Rutschstreifen. Oft kommen sie paarig vor mit relativer Absenkung des Zwischenstückes (Grabenbrüche). Die Verwerfungen gehören einzig und allein dem Tafeljura an. Sie laufen in Schwärmen N-S oder NE-SW. Sie durchschneiden Trias, Jura, Eocaen und Unteroligocaen, werden aber transgressiv glatt überdeckt vom jüngeren Miocän (Vindobonien). Sie sind in der jüngeren Oligocaenzeit und im ältesten Miocän entstanden und nur hie und da postsarmatisch noch etwas reaktiviert worden. Diese Verwerfungen gehen vom Schwarzwald bis an den Nordrand des Kettenjura; sie tauchen mit dem Tafeljura unter die Brandungskette hinein. Nirgends finden sich solche Brüche im Kettenjura. Der Rheintalgraben selbst und viele von den Vogesen anlaufende Verwerfungen haben den gleichen Charakter. Sie sind schwarzwäldisch und bleiben am Rande des Kettenjura stehen.

2. Im Kettenjura treffen wir eine kleine Zahl — etwa 10 — die Ketten unter ziemlich steilem Winkel schneidende, meist vertikale Bruchflächen, die *Transversalbrüche*. Sie sind keine Verwerfungen i. e. S., denn die beidseitigen Gebirgsmassen sind nicht vertikal, sondern vorherrschend horizontal aneinander

verschoben und die Rutschstreifen auf den Bruchflächen laufen annähernd horizontal. Diese Querbrüche durchscheeren oder schleppen postsarmatische Gesteine und postsarmatische Falten, sie sind also jünger als Molasse, das heisst, pontisch oder plio-cän; sie sind erst gegen Schluss der Faltung entstanden. Wir werden auf die Querbrüche zurückkommen.

3. Die grosse Mehrzahl der Bruchflächen sind longitudinal streichende *Ueberschiebungen*. Im Gegensatz zu Nr. 1 und 2 stehen sie nicht steil, sie liegen oft horizontal oder fallen nur mit wenigen Graden ein; sie können Neigungen von 10 bis 30°, nur ausnahmsweise noch steilere Lage annehmen. Die Rutschstreifen laufen ungefähr in der Fallrichtung der Ueberschiebungsfläche. Die Bewegung ist Auslösung von *Horizontal-schub*. Stets ist der ältere Gebirgsteil über den jüngeren hinaufgeschoben. Im Juragebirge sind an solchen Flächen Trias, Jura und Kreidegesteine über sarmatische Molasse hinausgeschoben, sie sind also wie die Falten und die Querbrüche im Juragebirge postsarmatisch, das heisst um die mittlere und obere Molasse jünger als die Verwerfungen im Tafeljura. Diese Brüche sind die « Faltenverwerfungen », « Faltenbrüche », « Pli-failles », « Ueberschiebungsfalten », « Ueberschiebungen », « Chevauchements » wie sie genannt worden sind. Mit diesen Erscheinungen in ihrer stärksten Ausbildungsform haben wir es nach den Untersuchungen von Mühlberg in der Brandungszone durchwegs zu tun.

Wenn eine Falte sich einseitig überlegt und die stauende Bewegung noch lange anhält, so wird die Gewölbeumbiegung immer weiter über die Muldenbiegung hinausgestossen. In dem oberen Schenkel, dem Gewölbeschlenkel, findet Stauung statt; ebenso in dem untersten Faltenschlenkel, dem Mulfenschlenkel. Sekundäre Falten können die Folge sein. Der Mittelschenkel dagegen zwischen Gewölbeumbiegung und Mulfenumbiegung wird gestreckt, ausgewalzt und ist eingeklemmt zwischen relativ entgegengesetzt sich bewegenden Gesteinsmassen. Zugleich ist er ausgezeichnet durch verkehrte Schichtfolge. Der Mittelschenkel wird deshalb ausgedünnt, verquetscht, reduziert, in Fetzen zerrissen, von Rutschflächen begleitet und durchsetzt,

und wo er ganz zerreisst, entsteht an seiner Stelle eine flache Rutschfläche, an welcher sich im Ueberliegenden die ältesten Schichten, der Gewölbekern der Falte, überschiebt über die unterliegenden jüngsten Schichten, den Muldenkern. Das sind die streichenden Ueberschiebungen der Faltengebirge. Sie bilden nicht einen Gegensatz zu den Falten, sondern sind eine Potenzierung derselben.

Das Juragebirge ist durchweg reich an Faltenbrüchen, Faltenüberschiebungen. Die meisten derselben sind von bescheidenem Ausmass. Alle Uebergänge von aufrechten in liegende Falten bis zu solchen mit starker Ueberschiebung und zerrissenem Mittelschenkel sind oft in ein und derselben Kette zu finden. Diejenigen Ueberschiebungsfalten, deren Ueberschiebungsausmass ein bis mehrere Kilometer beträgt, gehören alle dem Aussenrande des Jurafaltenbüschels und ganz besonders der Brandungszone vom Rheintalgraben östlich bis in die Lägern an.

Dass auch hier die Ueberschiebungen zu den Falten gehören, ist durch *Mühlbergs* Untersuchungen vielfach bewiesen. An der einen Stelle sieht man die Gewölbestirn mit deutlicher Umbiegung der Schichten erhalten. An einer andern Stelle ist sie durch Verwitterung abgetragen, dagegen der Muldenschenkel entblösst. Da sieht man, wie der S-Rand des Tafeljura aufgebogen und über sich selbst zurückgestülpt und dann ausgedünnt ist, bis er sich in die Ueberschiebungsfläche auskeilt. An wiederum andern Stellen stossen wir in der Ueberschiebungsfläche auf linsenförmige Fetzen verschiedener Schichten als letzte Reste eines Mittelschenkels oft noch deutlich mit verkehrter Schichtfolge in solchen Relikten. Wie ein rudimentäres Organ in der Entwicklungsgeschichte beweisen sie die Abstammung der Ueberschiebung aus einer liegenden Falte mit verkehrtem Mittelschenkel. In dichter Drängung türmt sich eine zur Ueberschiebungsschuppe gewordene liegende Falte über die andere, was die Brandungszone in ihrem Bau sehr verwickelt gestalten kann. Die *Mühlberg'schen* Profile ergeben für die Brandungszone von der Aare bis zur Birs einen Zusammenschub von 5 bis 14 km, von dem die Hälfte bis zwei Drittel durch Bewegung

auf den Ueberschiebungsflächen sich vollzogen hat. Wenn die Ueberschiebung recht weit greift, so können ursprünglich einwärts gelegene andere Falten dem vorliegenden Gebirge mehr und mehr aufgeschoben werden. Sie spielen dann schliesslich die Rolle von Falten zweiter Ordnung im Gewölbeschenkel der grossen Ueberschiebungsfalte. Die Ueberschiebungen im Jura-gebirge sind Auslösungen des Horizontalschubes vom Typus der forcierten Falten.

Eine viel seltener Modifikation der Ueberschiebungen fand *Mühlberg* in den *Scheitelbrüchen*. Auch sie verlaufen streichend, auch sie sind horizontaler Zusammenschub, allein anstatt durch Zerreissen aus einem Mittelschenkel sind sie aus einem Bruch im Gewölbescheitel entwickelt. Ich denke mir den Scheitelbruch provoziert durch relativ frühzeitige Erosionsentlastung über dem Scheitel. *Buxtorf* hat im Grenchenbergtunnel eine potenzierte Form des Scheitelbruches entdeckt, bei welcher die Ueberschiebungsfläche von Scheitel auf Scheitel wieder weiter gefaltet worden ist.

### Die Querbrüche.

Noch kein Juraforscher hat sich der Querbrüche im Besonderen angenommen. *Jaccard* sprach zuerst von der grossen Querverschiebung von Vallorbe bis Pontarlier, allein ohne für diese Art der Dislokation einen richtigen Ausdruck zu finden. In den geologischen Karten sind sie nur teilweise eingetragen, aber vielfach erkennt man sie schon in den geographischen Karten. Am 3. Oktober fuhr ich in 5000 bis 6000 m Höhe im Freiballon über den Jura. Das ganze Juragebirge war zu überschauen. Ich werde den Anblick mein Leben lang nie vergessen. Die grosse Transversalverschiebung von Montricher bis Pontarlier sah aus, als ob ein Gott mit einem gewaltigen Messer durch die ganze Schar von Runzeln der Erdrinde einen gewaltigen Schnitt gezogen hätte, der nicht zu verheilen vermag. Man konnte sehr gut übersehen, wie alle die Längszonen an diesem Querbruch abgescheert und wie stets die östliche Seite weiter gegen Norden vorgeschoben ist. 8. bis 10 Anti-

kinalen sind von ihm durchsetzt. Strasse und Eisenbahn benützen die Furche.

Ich bin nun kürzlich einigen der Querbrüche im Felde nachgegangen und habe, was ich in Karten und Notizen über andere finden konnte, zusammengetragen. Ich kam kurz gefasst zu folgendem Resultate:

Der Ostzipfel und der Westzipfel des Jura haben keine nennenswerten horizontalen Transversalverschiebungen. Dagegen finden wir im übrigen Teil deren bis jetzt 10. Es ist nicht wahrscheinlich, dass noch weitere von Bedeutung gefunden werden.

Gewölbe und Mulden westlich eines Querbruches sind alle östlich desselben wieder zu erkennen, ihre Form ist etwas geändert. Daraus folgt, dass die Falten in der Hauptsache älter sind als die sie durchsetzenden Querbrüche. Aus der Formdifferenz der Falten beiderseits folgt aber auch, dass die Faltung nach dem Bruch noch etwas weiter gegangen ist. Die Querbrüche durchschneiden die Molassemulden. Sie laufen ferner oft derart aus, dass sie eine vorliegende Kette nicht mehr durchschneiden, wohl aber noch krümmen, schleppen im Sinne der Verschiebung. Auch dies beweist, dass die Querbrüche dem Schluss der Faltungszeit angehören. Die Querbrüche sind also jünger als die Verwerfungen des Tafeljura! Sie gehören der letzten Phase der postsarmatischen Faltung an.

Alle Querbrüche im Jura haben vollständig harmonische Erscheinungen:

Sie laufen alle fächerförmig nach Norden auseinanderfliehend. Ihr Fächer umfasst  $75^\circ$ . Von SW nach NE drehen sich zugleich die Ketten, aber bloss um  $55^\circ$ . So kommt es, dass die westlichen Querbrüche mit den Ketten einen Winkel von 70 bis  $80^\circ$  einschliessen, die NE-licheren dagegen die Falten immer spitzwinkliger schneiden bis hinab auf  $30—35^\circ$ .

Alle die 10 Querbrüche schieben den östlichen Flügel nördlich vor. Die westlichen setzen an der innersten Kette an und verlaufen nach aussen, die östlicheren gehören mehr dem inneren, keine dem äusseren Teil des Falten-Büsels an. Die Verschiebung auf der Bruchfläche gemessen beträgt meistens über

1 km und kann bis 10 km betragen (Pontarlierbruch). Aehnlich wie im Säntisgebirge der Fähnlesee dadurch entstanden ist, dass eine Kette durch einen Querbruch verschoben vor ein Synklinaltal gesetzt worden ist, so sind Lac de Joux und Lac Brenet durch den Pontarlier-Querbruch gebildet.

Ganz besonders auffallend ist die annähernd regelmässige und gleichförmige Verteilung der Querbrüche im Juragebirge. Der weitaus grösste und stärkste Querbruch (Montricher-Pontarlier) liegt völlig in der Mitte. Die beiden nächstliegenden grossen, von Dôle und Freibergen, liegen symetrisch je 35 km SW und NE davon. Die kleineren, die nur wenige Falten durchschneiden, liegen regelmässig verteilt dazwischen, so dass die Abstände nie unter 6 km und nicht über 20 km gehen.

Diese harmonische Gestaltung und Verteilung beweist, dass die Querbrüche die Auslösung einer grossen einheitlichen Spannung sind, welche die ganze Region gegen Schluss der Faltung fast gleichmässig ergriffen hat.

Messen wir die Länge eines von den Querverschiebungen durchsetzten Faltenzuges zusammenhängend ausgeglichen von einem Ende zum andern jetzt und nachher so wie sie vor den Brüchen war, so erkennen wir sofort, dass die Brüche eine *longitudinale Streckung* bedeuten.

Wir können diese Streckung in der Kettenlänge direkt aus der Karte messen, oder wir können sie berechnen. Sie ist in einer am meisten betroffenen Büschelfaser durch einen Querbruch gleich der am Bruche gemessenen Verschiebung mal dem Cosinus des Winkels zwischen Bruch und Faltenstreichen. So berechne ich, dass die Gesamtstreckung der inneren Faltenzone etwa 10 km beträgt. Der Jura ist also von etwa 320 km Länge auf 330 km ausgezogen worden, das ist 3%. Das *Ausbiegen* der Juraketten während ihrer Faltung hat notwendig eine Longitudinalstreckung derselben erzeugt. Die Auslösung in den Querbrüchen war umso leichter, als die Querbrüche eben schief zur Kette gehen, sodass jede Verschiebung auf dem Querbruch eine Verlängerung des Bogens bedeutete. Würden die Querbrüche einen spitzen Winkel mit dem Kettenstreichen

gegen W öffnen, so müsste bei allen die Westseite vorgeschoben sein, um Ausweitung des Bogens zu ergeben.

Die Streckung durch Transversalbrüche ist lange nicht so gross, wie die Differenz in Länge von Bogen und Sehne des ganzen Jurafaltenbüschels. Das hat seine Ursache darin, dass teils wahrscheinlich die Ketten schon in *Statu nascendi* gekrümmmt waren, teils, weil ein Teil der Longitudinalstreckung auch auf andere Art befriedigt werden konnte. Die Frage ist sehr naheliegend, warum denn die am stärksten ausgekrümmten Falten, die nordwestlichsten, von den Transversalverschiebungen nicht erreicht werden. Die Antwort scheint mir darin gegeben, dass die Querbrüche nur die schon *länger* bewegten und dadurch longitudinal gestreckten Ketten durchsetzen, das sind für die postsarmatische Bewegung die innersten; dass dagegen die späteren nordwestlich sich angliedernden Ketten wohl als Reaktion auf den ausbiegenden Schub schon viel stärker bogenförmig angelegt, dann nachher lange nicht mehr so stark weiter ausbiegend getrieben worden sind. Auch aus anderen Gründen geht hervor, dass, mit Ausnahme der Brandungskette im Osten, die inneren Falten bei der postsarmatischen Hauptfaltung zuerst entstanden und am weitesten bewegt worden sind, die äusseren, in der Anlage zum Teil älteren, zuletzt wieder reaktiviert worden sind — die inneren erlitten deshalb auch die stärkere Streckung.

Das Resultat unserer Untersuchung der Querbrüche lässt sich dahin fassen: Zehn, die Ketten schief durchschneidende horizontale Transversalverschiebungen von auffallend gleichmässiger Verteilung, harmonischer Divergenz gegen N und einheitlichem Sinn (Ostseite nördlich vorgeschoben) durchsetzen den inneren Teil des Faltenbüschels teilweise oder ganz. Sie sind erst im späteren Teil der Jurafaltung durch Längsstreckung bei der weiteren Ausbiegung entstanden als eine rein kettenjurassische, postsarmatische horizontale Dislokation.

#### Einseitige Bewegung.

Alle Tangentialbewegungen in der Erdrinde sind relativ und Druck und Gegendruck sind einander gleich. Allein wenn der

Zusammenschub ein begrenztes Stück Erdrinde betrifft und ein Kettengebirge von begrenzter Ausdehnung aufaltet, werden wir aber doch von einer bestimmten einseitigen Bewegungsrichtung und einseitigen Schubrichtung reden können, indem wir dem gegenüber die gesamte grosse Umgebung, die in dieser Zeit keinerlei relative Verstellungen erlitten hat, als fest stehend geblieben annehmen, im Gegensatz zu dem kleineren Rindenstück, das gefaltet worden und mit seinem Hinterland nachgerückt ist. Wir können somit oft von einer bestimmten *einseitigen Richtung der faltenden Bewegung* sprechen. Wir wollen sehen, wie es sich in dieser Beziehung mit dem Jura verhält.

1. Das sicherste Mittel zur Bestimmung der Richtung faltdender Bewegungen ist stets die *Krümmung* der Faltenzüge. Stets muss der Schub von der innern nach der äusseren Seite in der Pfeilrichtung des Bogens gegangen sein. Die Ausbiegung entspricht der grössten Bewegung, die Enden des Bogens dem Ausklingen derselben. Ich erinnere an die Faltenformen eines ausgebreiteten Tuches, dessen mittlere Partie wir mit aufgelegten Händen vorschieben.

Beim Kettenjura zeigt die *allgemeine Ausbiegung des Faltenbüschels* eine einseitige Bewegung gegen NW, Schub aus SE an. Sowohl das ganze Bündel wie viele Einzelfalten haben die ganz harmonische Krümmung. Wenn eine Kette gewellten Verlauf hat, so ist die Falte stets in den mehr nach NW vorgeschobenen Teilen kräftiger, als inden SE zurückgebliebenen. Ein gewellter Kettenverlauf zeigt sich also aus mehreren aneinander gereihten nach NW ausgebogenen Stücken zusammengesetzt. Wo starke Falten relativ rasch endigen und untertauchen, gerade wie beim geschobenen Tuch, biegen die erlöschenden Enden nach der Innenseite des Bogens, also harmonisch der Ausbiegung des Gesamtbüschels um. Im Ostjura ist diese Erscheinung von *Mühlberg* und neuestens besonders genau von *Amsler* geprüft worden. Die kürzeren Innenketten zeigen die Erscheinung symmetrisch gegen E wie auf der W-Seite. Sie sehen das auf unserer Uebersichtskarte.

Also der Jura als Ganzes wie jede seiner Fasern zeigt die

harmonische Auskrümmung der Falten, die einzig die Folge einheitlicher und einseitiger Schubrichtung gegen NW sein kann.

2) Der Jura ist *einseitig unsymmetrisch in seiner tektonischen und in seiner orographischen Höhe*. An der Innenseite des Faltenbüschels laufen im Allgemeinen die kräftigsten Gewölbe und zwischen ihnen die höchsten plateau-ähnlichen Zonen. Gegen Aussen werden die Falten schwächer und die Zwischenzonen stufen ihre Höhe ab. Eine Ausnahme macht nur im Osten die Brandungskette. Sie besteht eben aus einer Concentration des Schubes, der sich sonst auf mehrere Ketten verteilen sollte, durch Auffangen am Widerstand des Schwarzwald-Tafeljura. Wenn wir ein Tuch zusammenschieben erhalten wir die gleiche Einseitigkeit der Höhen. Die innerste Falte am Rande der schiebenden Hand ist die erste und wird die höchste. Die äusseren schieben sich später, schon in Statu nascendi ausgebogen an, sie bleiben aber Stufe um Stufe niedriger.

3) *Die Richtung*, nach welcher eine erst aufrechte Falte sich überlegt oder gar ganz liegend weiter entwickelt, hängt von verschiedenen Umständen ab: Relative Höhe der Fusspunkte beiderseits der Falte; freier Raum auf der einen Seite, geschlossener auf der andern; harmonisches Anschmiegen an schon vorhandene Falten. Heute wissen wir nun überdies, dass auch die einseitige Bewegungsrichtung in der Richtung des Ueberliegens sich geltend macht. Es ist nämlich mechanisch leichter, ein Gewölbe in der Schubrichtung zu überschieben, als eine liegende Mulde zu unterschieben. Eine Ueberschiebung wird sich eher in der Richtung der Bewegung ansteigend fortsetzen, als sich von der festen Seite gegen die bewegte überzulegen. Im Jura gibt es überliegende Falten und Ueberschiebungen nach der Aussenseite der Bögen wie nach der Innern. Aber die Entdeckung von Thurmann, dass etwa 5 mal mehr Falten nach aussen als nach innen überliegen, oder gar überschoben sind, hat sich im weiteren vollauf bestätigt. Im Besondern sind in den äusseren Falten des Büschels die Ueberschiebungsfalten nach aussen gerichtet und die Brandungskette besteht fast ganz nur aus solchen, obschon dort die Aussenseite die Höhere ist.

4) Als viertes Moment zur Bestimmung der einseitigen Bewegungsrichtung kommen die *Transversalbrüche* in Betracht. Auch sie beweisen nach der Aussenseite des Büschelbogens gerichtete einseitige Bewegung. Gerade aus den Querbrüchen können wir erkennen, dass die Ausbiegung des Faltenbündels nicht eine primäre zufällig begründete krumme Anlage ist, sondern dass sie mit der Faltung gleichzeitig sich vermehrt hat.

Durch den ganzen Jura hindurch finden wir diese Merkmale des Schubes in vorherrschend nordwestlicher Richtung. Der Jura ist *einheitlich, einseitig* gebaut und aus SE geschoben. Der Betrag des Zusammenschubes ist 8 bis 17 Km.

Im SW zweigt der Jura von den Alpen als ein kleiner Seitenast ab. Dort sind die Falten grösser, gröber in ihren Formen, höher. Nach NE mit der Entfernung vom Alpenstamm werden sie allmählig schwächer. Die Haupteigenschaften des Stammes haben sich auf den Seitenzweig vererbt und kommen hier zur Geltung, und zwar einfacher, durchsichtiger, mit weniger Complikationen, verständlicher und leichter zu erkennen, viel gelinder im Ausdruck, viel massvoller, als im Stamme.

Der Jura zeigt gleiche unsymmetrische Einseitigkeit in der Ausbiegung der Ketten, in der Richtung der Ueberschiebungen, in der Anordnung der tektonischen Höhen, in der Türmung von Schuppen, gleiche Richtung einseitiger Bewegung aus gleicher Zeit wie die Alpen.

So, wie die Gebirge jetzt vor uns stehen, Alpen wie Jura, ist das über Meerniveau genommene Volumen lange nicht mehr die Hälfte dessen, was durch die tektonische Bewegung aufgestaut worden war. Alpen und Jura sind nur noch Ruinen. Ein grosser Unterschied besteht aber darin, dass der Verwitterungsabtrag im Jura viel mehr nach dem inneren Bau Schicht um Schicht abgeschält hat, sodass der innere Bau in der äusseren Form noch immer gut zum Ausdruck kommt, währenddem in den Alpen die äussere Form den inneren Bau vielfach mächtig überwunden und verwischt hat.

Allerdings ist der Jura tektonisch wohl 100 mal schwächer

als die Alpen, und er ist viel weniger tiefgründig. Er ist nicht ein starker Ast der Alpen, sondern nur ein kleines besonders schön harmonisches Seitenzweiglein, ein kleiner harmonischer Mitklang zu dem gewaltig brausenden tektonischen Akkord der Alpen.

---

## Les Iles Loyalty

par

Fritz SARASIN

Les Iles Loyalty comptent certainement parmi les archipels les moins visités par des voyageurs européens. Situées à l'est de la Nouvelle Calédonie, elles forment une chaîne parallèle à cette dernière terre, dirigée du nord-ouest au sud-est et séparée d'elle par un chenal large d'environ cent kilomètres et de profondeur considérable. La chaîne commence au nord avec le récif de l'Astrolabe, puis comprend, en allant vers le sud, les îlots Ouvéa, Lifou et Maré.

La découverte des Loyalty's fut une des dernières dans cette région du Pacifique. *Bougainville* et *Cook*, ainsi que *d'Entrecasteaux* ont ignoré leur existence, bien qu'ils aient passé non loin d'elles. Il paraîtrait qu'un voilier anglais, le « *Britannia* », signala le premier, en 1800 environ, l'île Maré, la plus méridionale de la chaîne, mais ce ne furent que les célèbres voyages de *Dumont d'Urville* qui, en 1827 et en 1840, fixèrent définitivement la situation géographique du groupe entier. On ignore qui lui a donné le nom d'Archipel Loyalty.

Après 1840, la découverte de richesses considérables en bois de Santal dans ces îles attira de nombreux bateaux australiens dans ces parages. Ce trafic fut suivi des conséquences habituelles qui ressortent du contact de peuplades sauvages avec la civilisation européenne : luttes sanglantes, meurtres et trahisons. Vers la même époque, la Société des Missions de Londres installa dans ces îles des pasteurs indigènes de Samoa,

qui bientôt furent suivis des premiers missionnaires protestants européens. Plus tard, après la prise de possession de la Calédonie par la France, en 1853, la Mission catholique s'y fixa également. De nos jours, tous les indigènes de cet archipel sont baptisés.

La plus grande de ces îles est Lifou, dont la superficie est d'environ 1200 kilomètres carrés, puis vient Maré, avec environ 700, enfin Ouvéa qui n'a pas même 200 kilomètres carrés. Ces données ne sont qu'approximatives, des cartes exactes faisant encore défaut.

J'ai passé avec mon compagnon de voyage, le Dr *J. Roux*, deux mois sur ces îles, un laps de temps loin d'être suffisant à étudier à fond les mille problèmes qui s'imposent ici au naturaliste.

On peut à peine imaginer un contraste plus grand que celui qui existe dans l'aspect général du paysage, entre la côte est de la Calédonie et les îles Loyalty. La première, extrêmement accidentée, se dressant souvent à pic et s'élevant à des altitudes qui surpassent 1600 mètres, et les Loyalty's qui ne sont que des pâtes de calcaire bas et plats. Si, dans le paysage calédonien, la ligne verticale est la dominante, c'est au contraire l'horizontale qui impose aux Loyalty's leur caractère général.

Quand on s'approche en bateau d'un îlot de ce groupe, on voit émerger de la mer une terre longue et plate, sur laquelle, par endroits, un étage plus élevé, à dos également horizontal, vient se superposer, ressemblant de loin à une forteresse délabrée.

Si l'on regarde de plus près encore, on remarque avec étonnement que ces îles s'élèvent en forme de terrasses. Des rochers verticaux et dénudés alternent avec des espaces moins abrupts et couverts de végétation, et le long des rochers on aperçoit, à différents niveaux, de sombres corniches horizontales, qu'on peut suivre sur une longue étendue. Ces terrasses et ces corniches sont les témoins du travail de la mer dans le passé. A Maré on en compte cinq, en y ajoutant celle qui est formée par les brisants de la mer actuelle.

Maré forme un plateau irrégulièrement quadrangulaire.

Presque partout les rochers se dressent directement de la mer ; en peu d'endroits seulement, une bande de terrain de quelque étendue, se prêtant à la culture du cocotier, sépare de la mer le pied des parois rocheuses. En longeant la côte, on voit sans cesse alterner de petites baies pittoresques à plage sablonneuse avec des promontoires rocheux et couronnés de gigantesques araucarias. Cet araucaria, l'*Araucaria Cooki* des botanistes, est une des formes les plus bizarres parmi les végétaux du globe. La grande hauteur du tronc, muni de branches très courtes, le fait ressembler de loin à une cheminée d'usine.

En montant sur le bord du plateau de Maré, on s'aperçoit que ce bord est en général plus élevé que le plateau qu'il entoure ; ce dernier apparaît, par conséquent, comme une large coupe dont la terrasse de bordure, souvent interrompue, ressemble de loin à un mur crénelé. A l'est de l'île, ce mur s'élève jusqu'à soixante mètres au-dessus du plateau central, l'altitude totale de Maré ne dépassant nulle part cent mètres. Il est probable que cette formation en coupe est dûe à un effondrement des parties intérieures de l'île. Vers le milieu du plateau, deux collines basses et allongées attirent le regard ; elles sont remarquables par le fait qu'ici des filons basaltiques se sont fait jour, ayant percé et fortement métamorphisé la couche calcaire.

Lifou affecte une forme oblongue, coupée en deux parties par la grande baie de Santal. L'île s'élève de l'ouest à l'est en trois terrasses, dont la moyenne est la plus étendue, tandis que la plus haute, atteignant environ quatre-vingt mètres d'altitude, ne se présente que sous la forme d'un rempart rocheux, longeant la côte orientale de l'île.

Ouvéa enfin est plus bas, son altitude ne dépasse guère quarante mètres. Cette île entoure en demi-cercle un grand lagon, protégé vers l'ouest par une longue chaîne de petits îlots, les Pléiades de *Dumont d'Urville*. Même par les grandes tempêtes, quand la mer, fouettée par le vent de l'ouest, déferle en lames énormes contre ce mur de petites terres, l'eau du lagon reste absolument calme. Sa couleur bleu-clair contraste admirablement avec le bleu foncé de la mer ouverte. Tout autour des

trois îles, Maré, Lifou et Ouvéa, la mer atteint immédiatement une grande profondeur.

Toutes ces îles sont particulièrement riches en grottes. Les unes, déjà mentionnées plus haut, doivent leur existence à l'action mécanique du mouvement de la mer ; ce sont ces corniches qui, les unes au-dessus des autres, raient les rochers de longues lignes horizontales. Souvent leur entrée est presque ou entièrement fermée par des rideaux de puissants stalactites.

Une autre catégorie de grottes est formée non par la mer, mais par la disparition de parties molles et peu résistantes entre les blocs de calcaire plus dur ou par des effondrements locaux. Elles apparaissent sous forme de fosses s'ouvrant perpendiculairement dans le sol horizontal des plateaux ; tantôt ce ne sont que des fentes étroites, tantôt des entonnoirs (dolines) de grandes dimensions et d'une profondeur effrayante. En dehors des sentiers, et surtout dans la forêt, on ne peut parcourir le pays qu'avec grande précaution, car la végétation cache souvent à l'œil l'entrée de ces crevasses perpendiculaires que le pied ne découvre que trop facilement. En outre, le calcaire, dont la superficie est transformée par la pluie en aiguilles et en pointes, occasionne maintes blessures aux pieds et aux mains.

Dans ces innombrables fentes, les eaux pluviales s'engouffrent aussitôt tombées, et il en résulte nécessairement une grande sécheresse du sol. Les ruisseaux font complètement défaut, et le manque d'eau est très sensible. Les indigènes se voient réduits à utiliser l'eau qui s'accumule dans les fosses susmentionnées ou bien dans des puits très profonds, creusés artificiellement dans le calcaire. La proximité de la mer donne souvent à cette eau un goût saumâtre.

Le génie de l'homme lui a appris à tirer profit encore d'une autre source d'eau douce, singulière et pratique à la fois. Les troncs des cocotiers montrent souvent, à un mètre environ au-dessus du sol, une ouverture ogivale, ressemblant à une petite porte, et quand on examine le palmier de près, on voit que toute sa partie basale et élargie est creusée artificiellement. Une feuille de palmier, attachée au tronc au-dessus de l'ouver-

ture, y amène l'eau pluviale qui s'accumule dans la base du tronc comme dans un petit tonneau. Hommes, chiens et chèvres font librement emploi de ces barriques végétales.

Il est fort remarquable que, malgré la sécheresse du sol, la végétation ne manque pas d'une certaine beauté. Ce fait est dû, sans doute, à la terre rouge et fertile qui dérive de la latérisation du calcaire.

Primitive, ces îles étaient certainement boisées, partout où l'inclinaison du sol le permettait. De nos jours, la forêt n'existe plus que par places restreintes. Elle n'est ni bien dense, ni bien haute, mais riche en essences diverses et en plantes grimpantes ; un tapis épais de fougères recouvre le sol.

Là où la forêt a été brûlée par les indigènes, pour y installer leurs champs, des arbrisseaux et des herbages ont pris sa place. C'est ainsi que presque tout le plateau de Maré est recouvert d'une pauvre végétation grisâtre et basse, cachant à peine le sous-sol rocheux. Rien de plus accablant que de traverser, durant des heures entières, sur des chemins tout droits et couverts d'une épaisse couche de poussière rouge, ce plateau sans ombre, dont la triste monotonie n'est égayée que par un très petit nombre de fleurs voyantes.

Une végétation très particulière s'est installée entre les blocs gris des coraux émergés le long de la côte. Ce sont des plantes richement fleuries, formant des touffes épaisses ou des tapis qui s'adossent aux rugosités des rochers, tirant profit de chaque excavation pour se protéger contre le vent violent de la mer et les rayons ardents du soleil. C'est ainsi que s'est formée, dans des conditions toutes spéciales, au bord de la mer tropicale, une végétation ressemblant singulièrement, dans son habitus, à celle de la région nivale de nos hautes montagnes.

La culture des indigènes comprend, à côté du taro et des ignames, le maïs et le chou, dont des quantités considérables sont exportées en Calédonie. En outre, les produits du cocotier jouent un rôle prépondérant dans l'économie publique et c'est surtout grâce à lui que les indigènes se trouvent dans une situation assez aisée. Cependant, les cyclones causent quelquefois de terribles ravages à ces plantations et fauchent les palmiers

par centaines, le sol rocheux ne leur permettant pas de pousser des racines profondes.

La faune des Loyalty's n'est pas bien riche, la formation et la petitesse de ces îlots ne présentant guère des conditions favorables à la vie animale; le manque d'eau douce exclut déjà plusieurs groupes importants d'animaux. En général, on peut considérer cette faune comme une faune de provenance calédonienne, augmentée toutefois d'une série de formes, répandues dans la région pacifique, à l'est des Loyalty's, mais qui font défaut à la Calédonie.

Comme sur cette dernière terre, les mammifères ne sont représentés que par des rongeurs et des chauves-souris.

Le monde des oiseaux est par contre bien plus riche, il compte trente-cinq genres. Tous les genres loyaltiens habitent aussi la Calédonie; mais il faut constater le fait très remarquable que pas moins d'une vingtaine d'espèces et sous-espèces sont endémiques aux Loyalty's, ne se trouvant pas ailleurs.

J'ai fait l'observation fort curieuse qu'un assez grand nombre d'oiseaux loyaltiens, appartenant à des genres très variés, montre une coloration plus foncée que leurs cousins calédoniens. Cette tendance mélanotique aux Loyalty's se manifeste ou bien par un ton plus foncé du plumage entier, ou bien par une réduction sensible de certaines taches blanches. Je me trouve dans une impossibilité complète de donner une explication quelconque à ce phénomène remarquable. Quant aux dimensions du corps, aucune influence certaine de la vie insulaire n'est à constater, quelques espèces étant plus grandes, d'autres plus petites que leurs ancêtres calédoniens.

La forme la plus remarquable parmi les oiseaux est une perroche du genre *Nymphicus*, habitant exclusivement le minuscule îlot d'Ouvéa. La persécution acharnée de l'homme la fera bientôt appartenir au passé. Je note encore en passant le fait curieux que les deux îles Maré et Lifou possèdent chacune son espèce particulière de merle.

On compte aux Loyalty's quinze espèces de reptiles terrestres et on constate dans ce groupe le fait étonnant que ces petites terres possèdent deux espèces de serpents, tandis que la Calé-

donie en est complètement dépourvue. L'un de ces deux serpents est une espèce assez répandue dans les îles au nord et à l'est des Loyalty's et qui pourrait, à la rigueur, être arrivée sur ces îles par les navires ; toutefois, avec cette manière de voir, il reste difficile à comprendre pourquoi le trafic assez animé des indigènes entre les Loyalty's et la Calédonie ne lui aurait pas procuré l'occasion d'envahir aussi cette dernière terre. L'autre serpent, par contre, est une espèce propre aux Loyalty's.

Je n'insiste pas sur la distribution des invertébrés, mollusques, insectes, etc. ; ils montrent la même prépondérance de formes calédoniennes, à côté d'une série d'espèces et même de quelques genres endémiques et de quelques habitants de la région pacifique, ne se trouvant pas en Calédonie.

L'existence de formes animales propres aux Loyalty's prouve que le peuplement de ces îlots ne peut pas être d'une date toute récente ; mais de quelle façon a-t-il pu s'accomplir ?

Si nous nous basons sur les conditions géographiques actuelles de la Calédonie et de la chaîne des Loyalty's, il paraît, théoriquement, bien facile de laisser arriver les animaux ailés par vol et de supposer les autres transportés par du bois flotté, par des cyclones violents et par des moyens semblables de transport.

Mais même pour les oiseaux la question est plus difficile qu'elle n'a l'apparence de l'être. Si ces animaux ont traversé et traversent encore librement le bras de mer, comment la formation d'espèces nouvelles aux Loyalty's s'explique-t-elle ? Car dans ce cas elle devrait être empêchée par le croisement réitéré avec les nouveaux venus et pourquoi alors aucune espèce proprement loyaltienne n'a-t-elle jamais trouvé son chemin vers la Calédonie, malgré l'alizé du sud-est qui souffle pendant la plus grande partie de l'année dans cette direction ?

Diverses réflexions de cette nature nous amènent à supposer que dans le temps où ces terres se peuplaient de formes animales et végétales, les conditions géographiques n'étaient pas les mêmes que de nos jours. Il faut donc, nécessairement, aborder la question de l'origine de ces îles.

Pour *Edouard Suess*, les Loyalty's formaient un des exemples classiques pour la théorie qu'il a émise, à savoir que les terrasses

superposées n'indiquerait pas un soulèvement de ces îles par diverses étapes, mais au contraire un abaissement périodique du niveau de la mer qui les aurait fait ainsi émerger de l'eau. Des faits de grande valeur me semblent inconciliables avec cette manière de voir.

En premier lieu les terrasses des trois îles ne correspondent nullement les unes aux autres et en outre la côte de la Calédonie ne montre rien qui indiquerait un niveau aussi élevé de la mer. On a invoqué, pour prouver une transgression marine en Calédonie, les amas de coquillages marins qu'on rencontre fréquemment sur les collines de l'île, mais en faisant des fouilles en plusieurs de ces endroits, je suis arrivé à constater qu'il ne s'agit là que de vieilles habitations humaines, les coquillages étant toujours accompagnés d'instruments en quartz taillé. Dans le temps, les coquillages marins remplaçaient pour les indigènes le sel et formaient un important article d'échange entre les tribus de la côte et celles de l'intérieur.

Mais d'autre part, si je ne partage pas cette opinion de M. Suess, qu'un abaissement du niveau de la mer aurait fait émerger les îles Loyalty, je suis d'accord avec sa manière de voir qu'elles ne sont pas, comme on l'admet en général, des récifs coralligènes plus ou moins récents, couronnant une chaîne de montagnes sous-marines, mais bien les restes d'un vieux plateau très étendu. L'examen de mes échantillons de roches loyaliennes au laboratoire de M. le Professeur *C. Schmidt*, vient de confirmer entièrement cette hypothèse de Suess, le calcaire n'étant pas d'une origine récente, mais de formation tertiaire, appartenant très probablement à l'Eocène supérieur ou à l'Oligocène ; il contient même des couches avec des mollusques d'eau douce.

Ce plateau, émergé, peut-être, au cours du Pliocène, était certainement adossé d'un côté à la Calédonie, dont la côte sud-est, ainsi que l'île des Pins, en montrent encore des vestiges, et vers l'est il s'étendait probablement jusque vers les Nouvelles Hébrides, où des calcaires tertiaires semblables ont été trouvés. Cette grande terre, dont l'effondrement a probablement eu lieu vers la fin du Pleistocène, possédait, sans

doute, une altitude plus considérable que celle des Loyalty's actuelles.

Tout en admettant que ces dernières représentent les débris de ce plateau, on ne peut pas les considérer, avec Suess, comme étant restées tranquillement en place, tandis que les parties environnantes disparaissaient dans la mer, car elles aussi ont été, pendant une certaine période, submergées davantage que de nos jours. Ce n'est que grâce à un nouveau soulèvement que la mer a pu façonner ces vieilles roches calcaires en terrasses et y creuser ses corniches. Mais, sans doute, elles n'ont jamais disparu entièrement et ont pu ainsi conserver une partie de leur vie animale et végétale. La faune des Loyalty's n'est donc pas arrivée, comme la science actuelle l'admet, par l'air ou par les courants de la mer, mais représente un reste, probablement appauvri, de la faune du vieux plateau dont il a été question.

Mon esquisse des Loyalty's serait trop incomplète si je passais sous silence les indigènes, d'autant plus qu'ils présentent, eux aussi, des phénomènes fort intéressants. Les Loyalty's sont très bien peuplées, on y compte plus de onze mille habitants, c'est-à-dire seulement 6000 de moins qu'en Calédonie, dont la superficie est environ sept fois plus grande. En outre les Loyaltiens ne montrent nullement la tendance à diminuer de nombre comme c'est le cas pour les Calédoniens. Depuis 1885 le chiffre des habitants n'a, en effet, baissé que de quelques centaines, contre 9000 en Calédonie. Cet excellent résultat est dû, sans aucun doute, au fait que la loi française a déclaré les Loyalty's réserve indigène, en y défendant la colonisation européenne qui, partout dans la région pacifique, s'est montrée funeste aux naturels.

A Maré, les indigènes racontent que dans le temps leur nombre avait tellement augmenté, que la petite île ne suffisait plus pour les nourrir et qu'ils furent, par conséquent, obligés de se faire la guerre et de se manger mutuellement. C'est là, certes, un procédé barbare, mais quel est l'Européen qui trouverait le courage, à la vue de l'Europe actuelle, dite civilisée, de jeter la pierre aux sauvages du Pacifique ?

Les Loyaltiens sont, en moyenne, un peu plus grands que les Calédoniens ; leurs traits de visage sont plus nobles et moins

négroïdes ; le nez est plus fin, les lèvres moins épaisses, la prognathie moins accentuée et le front plus élevé. Leur chevelure présente une très grande variabilité ; elle est sensiblement moins crépue qu'en Calédonie, beaucoup de Loyaltiens ont même des cheveux bouclés ou plus ou moins fortement ondulés.

Tous ces caractères ont engendré l'hypothèse de considérer les Loyaltiens comme une race métissée entre les Mélanésiens à cheveux crépus, venus de la Calédonie et des Polynésiens à cheveux lisses, provenant de l'archipel Tonga. Il est certain que de pareils mélanges ont eu lieu, puisqu'on connaît quelques cas absolument sûrs de l'arrivée non seulement à Ouvéa, mais aussi dans les autres îles du groupe d'un certain nombre de Polynésiens, égarés sur mer. Néanmoins il me semble douteux que cette manière de voir suffise à expliquer tout ce problème.

Ainsi, par exemple, cette hypothèse se heurte au fait que les Loyaltiens présentent une dolichocéphalie très homogène, tandis que l'élément polynésien des Tonga devrait avoir ajouté à leur crâne un fort accent brachycéphale.

Quant à la chevelure qu'on a invoquée, en premier lieu, comme preuve d'un métissage polynésien, une autre explication me semble également possible.

Dans mes études anthropologiques en Calédonie, j'ai attaché quelque attention aux enfants, souvent négligés par la science, ce qui m'a procuré des résultats inattendus. En effet, les cheveux des enfants ne sont pas crépus ou laineux comme ceux des adultes, mais seulement bouclés ou ondulés et d'un ton brun ou même blond. C'est seulement vers la cinquième année environ, tantôt plus tôt, tantôt plus tard, que la chevelure laineuse et noire des adultes remplace la chevelure enfantine. J'ajoute qu'en même temps la couleur de la peau atteint le ton brun foncé de l'âge mûr.

Les Calédoniens subissent donc une métamorphose de leurs organes tégumentaires, ce qui permet de conclure qu'ils descendent d'une souche ancestrale ayant possédé non pas une chevelure laineuse, mais ondulée. Les nègres africains, nouveaux-nés, ne sont pas laineux non plus, mais chez eux la métamorphose

s'accomplit en peu de semaines. J'en déduis que le nègre africain a acquis sa chevelure crépue dans une période beaucoup plus reculée que le Mélanésien. Comme résultat général, on peut dire que la chevelure crépue des deux variétés humaines, Nègres de l'Afrique et Mélanésiens du Pacifique, ne prouve pas, forcément, une parenté entre elles, mais semble avoir été acquise indépendamment par ces deux races.

Pour en revenir à nos Loyaltiens, il paraît maintenant possible d'expliquer leur chevelure ondulée ou bouclée tout simplement comme un caractère infantile conservé, sans l'attribuer nécessairement à une influence polynésienne.

Par des fouilles, entreprises dans diverses grottes, j'ai tâché d'obtenir quelque lumière sur la question de l'ancienneté de l'homme dans ces îles. Je ne suis pas arrivé à trancher cette question, mais les objets préhistoriques trouvés méritent pourtant quelque intérêt par le fait que, étant donné la formation calcaire du pays, un âge autochtone de la pierre n'a pas pu se développer, les matières premières ayant fait défaut. Tous les objets, fabriqués sur place, sont faits de coquillages ou de coraux, tandis que les haches en pierre polie qu'on rencontre fréquemment aux Loyalty's, sont toutes de provenance calédonienne.

De nos jours encore, des coquilles pour gratter et pour raceler jouent un rôle important dans le ménage des indigènes, ainsi que des rabots, consistant simplement en une coquille, percée d'un trou rond ou ogival. On trouve en outre des hameçons, fabriqués avec le bord épaisse d'un escargot, des percoirs, faits de branches de coraux et des couteaux en bois poli et aiguisé. Tous ces objets sont des restes de la culture indigène, antérieure à l'arrivée des Blancs.

On parle beaucoup à Maré d'une ancienne population, nommée Elétok, qui aurait occupé l'île avant l'immigration des habitants actuels et qui aurait été détruite par cette dernière. On attribue à ces Elétoks des monuments remarquables et de signification inconnue qui s'élèvent en plusieurs endroits de l'île. Ce sont des tumuli de 5 m. environ de hauteur, érigés en blocs calcaires et couronnés d'un gros bloc rectangulaire, posé verti-

calement. La présence de ces tumuli ajoute une énigme de plus à l'histoire de ces îles singulières.

Comme je l'ai dit plus haut, toute la population est, de nos jours, christianisée. La plupart des indigènes ont embrassé la confession protestante, une minorité d'entre eux le catholicisme. A Maré les premiers occupent surtout l'ouest de l'île, les derniers la partie orientale. Il n'y a pas bien longtemps, des guerres sanglantes ont sévi entre les partisans des deux confessions ; mais on commettait une erreur, en attribuant ces guerres uniquement à la diversité de la confession. J'ai pu prouver à Maré, par la méthode anthropométrique, que les races de l'ouest et de l'est montrent certaines différences. Il est donc à présumer que ces hostilités existaient déjà longtemps avant l'arrivée des missionnaires et qu'ils sont même, très probablement, la cause pour laquelle les uns adoptèrent le protestantisme et les autres la religion de Rome.

Il va sans dire que la culture européenne, apportée par les missions, a fait disparaître presque toute originalité dans l'ethnographie de ces îles. Les Loyaltiens qui, il n'y a que 50 ou 60 ans, étaient encore des cannibales nus et barbouillés de cendre blanche, se promènent tous aujourd'hui en pantalons et en tricots et les femmes en longues robes. Les grandes fêtes indigènes appartiennent au passé et l'amusement principal consiste, de nos jours, en des exercices de chant, durant des heures entières. Les Loyaltiens et surtout les Lifous sont doués d'un sens musical très développé qui leur permet de retenir très vite les mélodies une fois entendues, même avec les parties d'accompagnement.

Par contre, dans les autres manifestations artistiques, notamment la sculpture, ils sont décidément inférieurs aux Calédoniens qui, par la perfection de leurs instruments et dans la sculpture de leurs cabanes, font preuve d'un bon goût et d'un sentiment artistique remarquables. Les armes et sculptures des Loyaltiens n'atteignent pas la finesse des objets calédoniens dont ils copient presque exclusivement les formes.

Et pourtant les Loyaltiens sont plus intelligents que les Calédoniens, leur capacité crânienne est supérieure, de sorte qu'on

devrait s'attendre à des travaux plus développés. Mais il n'en est rien. Il paraît donc que le talent artistique et l'intelligence ne présentent pas nécessairement un développement parallèle.

Les huttes des indigènes ressemblent à celles des Calédoniens, affectant, elles-aussi, une forme conique en ruche d'abeilles, toutes revêtues de paille de canne à sucre. Elles sont en voie de disparition et on observe actuellement aux Loyalty's toutes les transitions imaginables entre cette cabane originale et la maison européenne, recouverte, comme dernier cri de la civilisation, d'un toit de tôle ondulée.

Le mode ancien de sépulture fut également le même qu'en Calédonie ; les cadavres étaient déposés, sans être recouverts de terre, dans des grottes ou des fentes de rochers. Dans les endroits secs, ces cadavres se sont souvent desséchés complètement, formant des momies jaunâtres et revêtues encore de leur chevelure.

On trouve, dans ces îles, des grottes dont le sol est recouvert d'un épais amas d'ossements mélangés ; ce sont là les lieux de sépulture pour les gens du peuple, tandis qu'on traitait avec beaucoup plus d'égards les cadavres de ceux que, pour me servir d'une expression genevoise, j'appellerai les gens « bien ». Ceux-ci gisent, en effet, joliment séparés dans les niches des grottes, entourés d'un mur semi-circulaire de blocs calcaires.

Quelques-unes de ces cavernes mortuaires sont extrêmement pittoresques ; on y descend par une vraie forêt de stalactites et les squelettes, gisant dans leurs niches et éclairés d'une lumière incertaine et mystique par les rayons obliques du soleil ne manquent pas de faire une forte impression sur le visiteur.

D'autres squelettes de chefs gisent dans des pirogues de bois ; ces dernières sont généralement placées dans des grottes, s'ouvrant sur le flanc de rochers perpendiculaires et accessibles seulement d'en haut au moyen de longues cordes.

Souvent les indigènes choisirent eux-mêmes l'emplacement de leur dernier repos. On nous racontait qu'un chef de Maré, dont la pirogue mortuaire se trouvait placée dans une corniche d'un rocher vertigineux, avait désigné lui-même cet endroit, afin de pouvoir toujours laisser errer ses regards sur sa chère

patrie. Un autre, grand pêcheur de son vivant, avait fait choix pour sa sépulture, d'une grotte au bord de la mer ; il voulait pouvoir surveiller, de là, ses enfants pratiquant son métier de prédilection, et les protéger contre les dangers de la mer. Ce sont là, n'est-il pas vrai, des conceptions fort jolies et touchantes de la vie après la mort.

---

# Die internationale pflanzengeographische Exkursion durch Nordamerika 1913<sup>1</sup>

(Mit 20 Lichtdruckbildern)

von

Dr. Eduard RÜBEL

Das Reisen ist ein Vergnügen, ist aber auch eine berufliche Pflicht. In mancher Wissenschaft, auch in manchem Zweige der Botanik, kann die Arbeit im Studierzimmer, im Herbarium, im Laboratorium durchgeführt werden. Der Pflanzengeograph kann dies nicht. Will er das Verhältnis der Pflanzen zur Aussenwelt, ihre Lebensbedingungen und Verteilung im Raume studieren, so muss er sich hinausbegeben ins Feld. Nur an Ort und Stelle lässt sich der Kampf ums Dasein der Pflanzenwelt beobachten. Das Wichtige und Typische jeder Vegetation lässt sich aber erst erkennen, wenn man sie mit einer anderen vergleicht. Die Pflanzengeographie muss in hohem Masse *vergleichend* sein. Dies gilt besonders von der *ökologischen* Pflanzengeographie, die den Zusammenschluss der Pflanzen zu Verbänden gemeinsamen Haushalts, zu Pflanzengesellschaften, studiert. Diese Wissenschaft ist noch jung. Die Begriffe und deren Bezeichnung

<sup>1</sup> *Pflanzengeographisch* eingehender ist die Abhandlung: *Rübel, E.* Die auf der «Internationalen pflanzengeographischen Exkursion» durch Nordamerika 1913 kennengelernten Pflanzengesellschaften. Mit Tafel I—VI. Englers Bot. Jb. Bd. 53, Beiblatt 116.

Ueber die Arbeiten der Amerikaner in der Pflanzengeographie orientiert in vortrefflicher Weise die Abhandlung von Herrn Prof. Dr. C. Schröter: Neuere Pflanzengeographische Forschungen in Nordamerika. Siehe diese Verhandlungen, botanische Sektion.

sind noch vielfach unabgeklärt. Sie differieren wesentlich von Land zu Land, von Forscher zu Forscher. Darunter leidet das Verständnis für die Arbeiten anderer. Die Klima- und Bodenverhältnisse, die Konkurrenz und die schwierig übersehbaren Wirkungen alter und neuer Kultur sind so ausserordentlich mannigfach und lassen sich in der Schrift nicht ohne weiteres eindeutig darlegen; daher entstehen leicht Missverständnisse. Nur lebhafte Aussprache und besonders gemeinsame Betrachtung der Natur und Diskussion im Feld kann da helfen.

*Dieser Vereinheitlichung der Begriffe, diesem gegenseitigen Kennenlernen der Persönlichkeiten, ihrer Arbeitsgebiete, Arbeitsmethoden und Ansichten über ihre Vegetation sind die internationalen pflanzengeographischen Exkursionen gewidmet.*

Während Reisen mit allgemein botanischem Zweck schon längst gemacht werden, nehmen diese speziellen internationalen pflanzengeographischen Exkursionen ihren Ursprung in einer pflanzengeographischen Exkursion durch die Schweizeralpen, die Prof. Dr. C. Schröter, dem ich dabei behilflich sein durfte, im Anschluss an den internationalen Geographenkongress, der 1908 hier in Genf stattfand, unternahm. Der Weg führte uns in 11 Tagen durch die nördlichen Kalkalpen und deren-Moore, die Zentralalpen des Engadins und die Südalpen Insubriens.

Diese Exkursion erschien A. G. Tansley von Cambridge als die richtige Lösung eines stark gefühlten Bedürfnisses und gab ihm die Anregung zu einer ähnlichen, viel ausgedehnteren Exkursion durch die britischen Inseln. Sie fand 1911 statt und zeitigte ausgezeichnete Resultate. Sie dauerte vier Wochen, der sich noch eine fünfte in Portsmouth an der Jahresversammlung der «British association for the advancement of science» anschloss und machte uns mit fast allen wichtigen Pflanzen-gesellschaften von England, Schottland und Irland bekannt, unter jeweiliger Lokalführung der Pflanzengeographen, welche die betreffenden Gegenden speziell studiert hatten.

Die Reise entsprach in jeder Hinsicht den gesteckten Zielen und erweckte den Wunsch, zur Förderung der Pflanzengeo-graphie der verschiedenen Länder und speziell des gegenseitigen

Verständnisses die Einrichtung der « Internationalen pflanzen-geographischen Exkursion » weiter zu pflegen. Die anwesenden Amerikaner, Prof. H. C. Cowles und Prof. F. C. Clements, übernahmen es auch sofort, für 1913 eine Exkursion durch die Vereinigten Staaten von Nordamerika zu organisieren. Da das weite Auseinanderwohnen der beiden Herren ein Zusammenarbeiten erschwerte, übernahm schliesslich Prof. Cowles die alleinige Oberleitung, unter Assistenz von Dr. G. D. Fuller-Chicago und Dr. G. E. Nichols-Yale New Haven, die als Rechnungsführer, Gepäckschef und offizielle Exkursionsphotographen wirkten <sup>1</sup>.

*Wir wurden überall ausserordentlich liebenswürdig empfangen. Es ist nicht möglich, im einzelnen alle aufzuzählen, die dazu beigetragen haben, die Exkursion überaus nutzbringend zu gestalten, aber es sei auch an dieser Stelle Allen der tiefgefühlteste Dank ausgedrückt.* An verschiedenen Orten wurden wir durch erläuternde Vorträge erfreut. Eine Reihe Programmhefte orientierte uns auf's beste über das zu Besuchende. Wir wurden auf's reichlichste mit Literatur und Karten beschenkt.

Bevor ich nun auf die Exkursion näher eintrete, sei noch erwähnt, dass beschlossen wurde, 1915 die nächste Exkursion abzuhalten, die uns durch die Alpen von Wien bis nach Nizza führen sollte. Wir hofften, dass unsere Gäste heute hier sein würden zur Begehung der Zentenarfeier unserer Gesellschaft. Der alles verändernde Krieg hat auch unsere Exkursion aufgeschoben.

#### *Orographie und Klima.*

Wir besuchten die Vereinigten Staaten in ihrer ganzen Ausdehnung.

Während in Europa das Klima und damit die Vegetation in hohem Masse von Nord nach Süd sich verändert, was besonders durch den ungeheuren Querriegel der Alpen bedingt ist, liegen

<sup>1</sup> Es folgten der Einladung die folgenden Europäer: Dr. H. Brockmann-Jerosch, Zürich; Dr. Marie Brockmann-Jerosch, Zürich; Geheimrat Prof. Dr. Adolf Engler, Berlin; Dr. Ove Paulsen, Kopenhagen; Dr. E. Rübel, Zürich; Prof. Dr. C. Schröter, Zürich; Prof. Dr. Theo. J. Stomps, Amsterdam.

in Amerika die Verhältnisse ganz anders. Das Land ist von Längsgebirgen durchzogen. Daher bietet das Klima von Nord nach Süd nur graduelle Unterschiede, hingegen von Ost nach West gegensätzliche. Im grossen sind zwei Längszonen zu unterscheiden, eine östliche vom atlantischen Ozean bis zum Fusse des Felsengebirges und eine westliche, das Gebiet des pazifischen Nordamerika. Eine grosse Verschiedenheit zwischen dem atlantischen Nordamerika und Europa besteht darin, dass Westeuropa unter dem Einfluss des Ozeans bis weit hinein ozeanisch mildes Klima geniesst, während Ostamerika keinen bedeutenden Einfluss des Ozeans verspürt, infolge Vorherrschens der kalten nordwestlichen Landwinde. So herrscht schon der Küste entlang ein mässig *kontinentales* Klima, das sich nach Westen nur graduell immer mehr verstärkt. Wegen der Offenheit gegen die kalten arktischen Gebiete sind die Temperaturen bis weit nach Süden oft tief und die Unterschiede gross; die Offenheit gegen den Golf von Mexiko sichert den Länderstrecken anderseits relativ bedeutende Niederschlagsmengen, dies besonders in der vegetativ günstigen Zeit.

Ozeanisch ist nur der schmale pazifische Küstensaum und die westlichen Hänge des Kaskadengebirges, die unter der Herrschaft der wasserbeladenen Westwinde und der ausgleichenden Nebel stehen. Zwischen diesen beiden Gebieten liegen die trockenen Hochebenen und die diesen aufgesetzten Gebirge.

Vergleichen wir einen Querschnitt in der gemässigten Zone Amerikas mit einem solchen durch Eurasien! Die pazifische Küste zeigt ein ozeanisches Klima und dementsprechende Vegetation wie das atlantische Europa. Aber schon das Küstengebirge und noch mehr das Kaskadengebirge setzen eine rasche Grenze, worauf die trockenen kontinentalen Einöden des sog.

*dam; Mr. A. G. Tansley, Cambridge; Mrs. Edith Tansley, Cambridge; Prof. Dr. C. von Tubeuf, München.*

Dazu kamen noch sieben ständige amerikanische Teilnehmer: *Prof. Dr. H. C. Cowles, Chicago; Prof. Dr. F. E. Clements, Minneapolis; Dr. Edith Clements, Minneapolis; Prof. Dr. Alf. Dachnowsky und Frau, Columbus Ohio; Dr. George D. Fuller, Chicago; Dr. George E. Nichols, Yale* und auf kürzeren Strecken die Lokalführer, so dass wir meist 20–25 Teilnehmer waren.

Great Basin folgen. Beginnen wir im Osten am atlantischen Ozean, so treffen wir sofort, unter Fehlen des ozeanischen Gürtels auf das mittlere Buchenwaldklima, wie in Mitteleuropa, das nach Westen bald in das trockenere Eichenwaldklima Osteuropas und in die darauf folgende und damit kämpfende Vegetation der Prärien und Great Plains übergeht, die den ungarisch-südrussischen Steppenwiesen entspricht. Doch bevor das folgende Stadium der Dürre, die Einöden Transkaspiens auftreten, erheben sich in Amerika die Rocky Mountains mit ihren trockenen Nadelwäldern. Westlich von diesen folgen dann die eigentlichen Trockeneinöden.

Für jedes dieser Vegetationsgebiete wurden ein oder mehrere Aufenthaltszentren zum Studium gewählt.

Im allgemeinen muss noch hervorgehoben werden, dass die *Vegetation*, wie durch die gebotenen Vergleiche schon hervorgeht, eine ähnliche Physiognomie und Oekologie wie diejenige entsprechender Gebiete Eurasiens bietet, dass hingegen die *Flora*, also die Arten, aus denen sich die Pflanzendecke zusammensetzt, eine total andere ist. Nur ganz wenigen Bekannten aus unserer Wildflora begegnet man dort; vielfach sind es, wenn auch ähnliche, so doch andere Arten derselben Gattung, meist aber ganz andere Gattungen, die vorherrschen.

Die Flora ist auch eine reichere als bei uns. Dies erklärt sich aus der Geschichte. Zur Eiszeit wurde in Europa die reiche Tertiärflora vernichtet, da sie wegen des Alpenquerriegels nicht auswandern konnte. Anders in Amerika. Da konnte sie nach Süden ausweichen und nachher wieder einwandern.

#### *Anthropogener Einfluss.*

Eine ganz bedeutende Beeinflussung der Vegetation hat durch den Menschen stattgefunden. Trotzdem der weisse Mensch relativ erst kurze Zeit dort ist, sind die Eingriffe ausserordentlich weitgehend. Im Laufe der Exkursion prägte sich bei uns Europäern das Wort des «Landes der unbegrenzten Rücksichtslosigkeiten». Und rücksichtslos sind die Ansiedler mit allem umgegangen, vor allem mit dem Wald. Ohne Sorge für das

Morgen ist der Erwerbssinn auf das Momentane abgestellt. Durch grosse Lumber Co., Holzfäll A.-G., wird der schöne Wald gefällt, nichts wird aufgeforstet, öde, trostlos, nur vom Feuerunkraut, Epilobium angustifolium, bedeckte Ländereien liegen rücksichtslos ruiniert da, als Zeichen der verheerend darüber gegangenen Zivilisation.

Was nicht geschlagen wird, verbrennt. Das *Feuer* ist in Amerika einer der stärkst wirkenden Faktoren, eine Geisel des Landes. Neben häufiger Blitzzündung, dem trockenen Klima und der grossen Verbreitung feuergefährlicher Koniferen ist es in erster Linie wieder die Rücksichtslosigkeit des Ansiedlers, der, um Ackerland zu gewinnen, die Wälder einfach anzündete.

Auch jetzt noch wird angezündet, was nicht hochwertiges Stammholz trägt; vom Gebüsch mag das Feuer in den Wald überspringen. Die funke sprühende Lokomotive sorgt für breite Brandstreifen allen Eisenbahnen entlang. Dazu kommt noch die Sorglosigkeit des Campers. Das Camping bevorzugt der Amerikaner für seine Ferien in hohem Masse, es hat noch etwas von der alten Trapper-Romantik. Mit Zelten ziehen sie herum und lassen sich nieder, wo es ihnen gefällt. Jeden Abend wird unbedingt das Campfeuer angezündet. Selbst im Staatswald (genannt National Forest) und im Nationalpark ist das Holzen für Campfeuer gestattet. Wehe dem, der es verbieten wollte, er würde gelyncht! Dies trägt natürlich auch sehr zu Waldbränden bei. Eine geregelte Forstwirtschaft kennt das Land überhaupt noch nicht. Die seit einer Reihe von Jahren sehr tätige Forstverwaltung muss sich einstweilen auf die Bekämpfung des Feuers und auf Regelung des Weidganges, der im Wald viel betrieben wird, beschränken, während die prachtvollen subalpinen Wiesen bei vollkommenem Mangel an Alpwirtschaft ganz unbenutzt bleiben. Die Forstverwaltung gibt sich eine ausserordentliche Mühe zur Verhütung von Waldbränden, aber es wird noch einer vollkommenen Charakter-Umwandlung der Bewohner bedürfen, um etwas gründliches zu erreichen.

*Chicago.*

Unser erstes Exkursionszentrum war Chicago, das so günstig an der Grenze zwischen dem feuchteren Osten und dem trockeneren Westen liegt.

Am Ostufer des Michigansees hatten wir Gelegenheit, den Klimaxwald der östlichen Staaten zu sehen. Klimax nennt man die Vegetation einer Gegend, die ihren ökologischen Bedingungen am vollkommensten entspricht. In den Oststaaten ist es ein *Fallaubwald aus amerikanischer Buche*, *Fagus grandifolia* und *Zuckerahorn*, *Acer saccharum*, der viel Aehnlichkeit mit dem europäischen Buchenwald besitzt (siehe Fig. 1). Doch schon hier zeigt sich der Reichtum der Flora, indem der Waldkomplex, den wir besuchten, 41 Baumarten zählte. Diese Wälder verfärben sich im Herbste wundervoll, in allen Nüancen von Gelb bis zum intensivsten Rot, bieten dann einen wunderbaren Anblick, den ich auf einer früheren Reise einmal gesehen habe.

Dieser Wald schattet stark, immerhin nicht so sehr, wie der europäische Buchenwald. Daher gestattet er einem reichen Unterwuchs das Fortkommen.

Dass der Buchen-Ahorn-Wald der vollkommene Ausdruck des Klimas ist, zeigt sich besonders darin, dass er unbekümmert um die Bodenbeschaffenheit das Land überzieht. Wir sahen ihn sowohl auf dem schwersten Moränenton als auch in gleicher Ausbildung auf Dünensand stockend.

Den von uns in Three Oaks besuchten Wald (siehe Fig. 1), will der Besitzer, Herr Federkiel-Fabrikant Warren, intakt erhalten; ein sehr verdienstliches Unternehmen, da die meisten Wälder schon der Axt und dem Feuer zum Opfer gefallen sind. Im Staate Connecticut wurde, wie uns Dr. Nichols mitteilte, vor zwei Jahren der letzte Wald gefällt.

Am Westufer des Michigansees lernten wir den *westlichen Klimaxwald*, den *trockeneren Eichenwald* kennen. Wie in Ungarn und Südrussland laubwerfender Eichenwald den Uebergang zu den Steppenwiesen bilden, sind es auch hier Eichenwälder, die

im Kampf um den Raum mit der Prärie liegen. Hier wie dort dürfte die primitive Kultur zugunsten der Weide das Gleichgewicht gestört haben.

Diese Fallaubeichenwälder nehmen die Strecken von mässig kontinentalem Klima ein. Die Jahresschwankung zwischen Januar- und Juli-Temperatur-Mittel beträgt 25—30° C gegen 20—25° C im östlichen Wald, die Niederschläge 70—100 cm gegen 80—120 cm. Transeau berechnet das wichtige Verhältnis von Niederschlagsmenge zur Verdunstung (allerdings von einer freien Wasseroberfläche). Dieses beträgt in der Eichenwaldregion 80—100 %, in der Buchenwaldregion über 100 %.

### *Dünen-sukzessionen.*

Nach diesen klimatischen Typen sind die äusserst interessanten edaphischen zu nennen. Da ist zunächst das Hauptarbeitsgebiet von Prof. Cowles, die wundervollen *Dünenphänomene* am Lake Michigan. Seit 18 Jahren arbeitet Cowles an den Dünen. Hier ist in erster Linie die Wiege der *dynamischen* Pflanzengeographie zu suchen, die sich in Amerika der besonderen Pflege erfreut. Nirgends sind die *Sukzessionen*, die Aufeinanderfolge verschiedener Vegetation in derselben Lokalität, in allen ihren Phasen von der Besiedelung des neuen Bodens, des Sandstrandes, bis zur Erreichung stabiler Verhältnisse, dem Buchen-Ahorn-Klimaxwald, so in die Augen springend wie hier. Diese Dünen nehmen am Ostufer enorme Dimensionen an, sie werden bis zu 200 m hoch. Der rauschende See — man hat immer wieder das Bedürfnis, sich zu überzeugen, dass dieses Meer wirklich Süßwasser führt — wirft immer neuen Sand ans Ufer. Die spärliche Strandvegetation präsentiert sich ganz ähnlich wie am *Meeresstrande* der gemässigten Zone überhaupt. Die kleine Vordüne ist von Sandgras besiedelt, dahinter folgen Zitterpappeln. Die befestigten Dünen tragen erst einen *Pinus Banksiana*-Wald, der durch ein Eichenwaldstadium dem Buchen-Ahorn-Klimaxwald zustrebt.

### Wanderdünen.

Die Dünen wandern bald mehr hier, bald mehr dort, festliegende geraten durch Sandabbau wieder in Bewegung und verschütten dann ganze Wälder (siehe Fig. 2). Die Espen, die Linden und die Weinreben haben das Vermögen, trotz Verschüttung weiter zu wachsen, indem sie wenig unter der jeweiligen Oberfläche immer wieder Adventivwurzeln treiben können (siehe Fig. 3). Einen merkwürdigen Anblick gewährt eine Düne, aus der Lindenzweige wie eingesteckt hervorschauen und weitergedeihen, und wie auf dem Sand Weinreben (*Vitis vulpina L*) herumkriechen, die ursprünglich in einer Baumkrone gewachsen waren. Die spätere Wiederentblössung ertragen diese Gewächse aber nicht, dann sterben sie ab, wie wir auch schöne Beispiele gesehen haben. *Pinus Banksiana*, sowie die Eichen- und Buchenwälder sterben bei der Verschüttung schon ab.

### Prärie.

Von Chicago zogen wir westwärts in die unendlichen Grasfluren. Erst zeigt die durchfahrene Gegend monotone Mais- und Weizenfelder, nur anfangs unterbrochen durch kleine beweidete Eichenwäldchen und den Flüssen entlang durch eine Art Galeriewald.

Bei Lincoln fuhren wir hinaus in die *Prärie*, eine langhalmige, trockene Wiese. Da der zwar nur geringe Jahresniederschlag grösstenteils in der Vegetationszeit fällt, ist dies Land für Dry farming, den unbewässerten Ackerbau, sehr geeignet und auch die ursprüngliche Prärie trägt einen mesophytischen Charakter, den einer *Trockenwiese*, die den Winter in grosser Kälte und Trockenheit verbringt (berüchtigt sind die starken Winterstürme), die Vegetationszeit jedoch unter ziemlich günstigen Bedingungen. Nur diese Wiesen werden von den amerikanischen Botanikern « Prärie » genannt, während die Gebiete mit armer, offener Strauch- und Grasvegetation, die in der allgemeinen und geographischen Literatur Europas meist ebenfalls zu einem

allgemeinen Prärienbegriff gefasst werden (wie z. B. in Köppens Prärienprovinz), dort nicht dazu gerechnet werden.

Die Prärie gilt als klimatisch bedingt. Seit jedoch die Präiebrände, die eine Erhaltung der Grasvegetation begünstigen, durch Bebauung abgenommen haben, dringt der Eichenwald immer weiter vor. Von einem Teilnehmer wurde daraus die Konsequenz gezogen, dass die ganze Prärie überhaupt ursprünglich Wald gewesen sei; dies aber erschien den meisten als ein, wenn auch teilweise richtiger, so doch von ihrer bisherigen Ansicht zu weit abliegender Schluss.

### *Great Plains.*

Weiter westwärts brachte uns der Nachzug nach Akron. Die grosse Ebene, die gegen das Felsengebirge allmählich ansteigt, liegt hier schon 1400 m hoch gegen nur 350 m in Lincoln. Die Niederschlagsmenge ist von 70 cm auf 40 cm gesunken, aber immer noch fällt der grösste Teil in der Vegetationsperiode. Akron hat eine grosse landwirtschaftliche Versuchsstation, die dem Pflanzenindustriebüro des Landwirtschaftsdepartements in Washington unterstellt ist, und von unserm liebenswürdigen Führer H. L. Shantz und dem Physiker Briggs vortrefflich geleitet wird. Was hier an Instrumenten vereinigt ist, welche klimatische und Bodeneinflüsse automatisch zu messen suchen, ist grossartig.

Im Gegensatz zur Langgrasformation bedeckt die Great Plains eine *Kurzgrasformation*, die sich über etwa 1 Million Quadratkilometer erstreckt. Diese Ebene war stets beweidet, früher vom Bison, jetzt von Kühen. Die Vegetation ist teilweise eine ganz geschlossene, teilweise aber eine ± offene. Sie besteht aus einem festen, dichten, kurzen Rasen, der hauptsächlich aus Gramagras, *Bouteloua oligostachya*, und Büffelgras, *Buchloe dactyloides*, besteht (siehe Fig. 4). Während die Prärie erst im Herbst trocken wird und der Graswuchs etwa 100 Tage dauert, sind die Plains schon im Juli dürr und geniessen nur eine Vegetationszeit von 60 Tagen, dann folgt eine Ruheperiode von August bis April. Diese ist jedoch nicht autonomer Natur,

sondern jeder Regen erzeugt sofort wieder einiges Wachstum. Die Frühlingsregen durchnässen 30—60 cm Boden, so dass die Feuchtigkeit für die Monate April, Mai und Juni für diese oberflächlich wurzelnden Gräser ausreicht.

Grosse Gebiete der Umgegend werden von *Sandhügeln*, Bin-nendünen, eingenommen, denen Prof. Clements eingehende Studien gewidmet hat. Die Sandhügel zeigen edaphisch denselben Wechsel, den man klimatisch ostwärts in regenreichere Gebiete gehend erfahren würde. Der Sandstandort ist in trockener Gegend ein relativ feuchter, hingegen in feuchter Gegend ein trockener, er wirkt ausgleichend.

Diese trockenen Hart-Wiesen ziehen sich bis zu den Rocky Mountains und bedecken auch noch die ziemlich hochgelegenen tafelartigen Schotterterrassen, die man *Mesa* nennt. Auf den Fusshügeln treten sie in Konkurrenz mit den Gebirgswäldern. Solch eine Grenzzone besuchten wir bei *Palmer Lake*, am Ostfuss des Pikes Peak. Die sog. High Plains, Hochebenen, sind trockene, montane Wiesen, die eine fast gleiche Zusammensetzung zeigen wie die der Great Plains in Akron, trotzdem wir hier schon 2200 m hoch sind. Die Niederschlagsmenge hat bis auf 30 cm abgenommen. Am Hang des Gebirges steigt sie wieder, da der Wind eine Prallfläche trifft, die kühler ist als die Ebene, und zwar steigt sie bis zur Spitze des Pikes Peak, 4300 m, wo sie 74 cm erreicht, allerdings kein sehr hoher Betrag.

### *Rocky Mountains*

Das Gebirge, das zwischen Trockengebieten liegt, zeigt seinen kontinentalen Charakter sehr deutlich durch das Steigen der Vegetationslinien. Die Baumgrenze steigt bis zu 3600 m, und einen ewigen Schnee kennt dieses Gebirge trotz der bedeutenden Höhe — 109 Gipfel steigen über 4000 m — überhaupt nicht. Klimatisch kommen hier gar keine Laubwälder vor; die trostlosen Brandstätten hingegen, die man immer wieder trifft, werden zuerst von Espen besiedelt, so dass ausgedehnte Espenwälder/den Laubwald andeuten bis der ursprüngliche Nadelwald wieder zurückgekehrt ist.

Von Colorado Springs gelangt man mit grösster Leichtigkeit zum *Pikes Peak*. Es ist dies zwar nicht der höchste, aber der bekannteste und besuchteste Berg Amerikas. Es führt eine Zahnradbahn, System Abt, hinauf. Wir freuen uns, hier wieder auf Schweizer Arbeit zu treffen, betrüblich ist nur der verlotterte Zustand der Bahn, der dem uns überall aufgefallenen Widerwillen der Amerikaner gegen Reparatur und Unterhalt erfolgt.

An dieser Bahn liegt bei 2540 m *Minnehaha*, d. h. die lachenden Wasser. Die schönen Wasserfälle, nach denen die Indianer den Namen gegeben haben, befinden sich jetzt zwar in einer Rohrleitung. Neben einem bescheidenen Wirtshaus hat Prof. Clements sein Sommerhäuschen gebaut als Gebirgslaboratorium des botanischen Instituts seiner Universität.

Der ursprüngliche Wald, durch Feuer vielfach verändert, dürfte sich in 3 Pflanzengesellschaften trennen lassen: Die trockenen Südhänge werden von der Gelbföhre, *Pinus ponderosa*, beherrscht, die hier eine ähnliche Rolle spielt wie bei uns die Waldföhre; sie stellt geringe Ansprüche an Klima und Boden. Wir fanden sie verbreitet vom Bergfuss — Manitou, der belebte Badeort am Fusse, liegt bei 1900 m — bis zu 3050 m. Darunter wächst oft unsere gewöhnliche Bärentraube, *Arctostaphylos uva ursi*.

Die Hauptmasse der Wälder bilden aber die *Douglasanne* und die *Engelmannfichte* und zwar herrscht bis zirka 2700 m die *Pseudotsuga Douglasii* vor, von da an bis 3400 m *Picea Engelmanni* (siehe Fig. 6); letztere bedarf mehr Feuchtigkeit. Die höheren Lagen sind feuchter, daneben bekleidet diese Fichte aber auch die tiefer gelegenen, feuchten Schluchten (siehe Fig. 5); es heisst danach sogar die Schlucht, durch welche die Bahn von Manitou bis Minnehaha fährt, *Engelmann Canyon*.

Vom *Pikes Peak* schweift der Blick über die Berghänge hinaus in die unermessliche Ebene. Eine schöne Aussicht, mehr ins Innere des Gebirges mit seinen verschiedenen bewachsenen Süd- und Nordhängen, mit einer Anzahl lieblicher Seen, — jetzt Wasserreservoir von Colorado Springs — hatten wir von einem Nebenberg, dem Mount Garfield (siehe Fig. 6),

den wir bestiegen. Getrübt werden die Ausblicke durch die obligaten Mittagsgewitter, die im Sommer fast jeden Tag auftreten.

#### *Durchkreuzung des Felsengebirges.*

Nach einwöchigem Aufenthalt im Gebirge fuhren wir weiter nach Westen auf der Denver und Rio Grande Bahn. Eisenbahn-technisch ist die *Royal Gorge* interessant, ein 800 m tiefes Canyon des Arkansas Flusses, auf dessen Grund, ganz nahe dem Fluss, die Bahn in den Felsen eingehauen ist und an einer Stelle sogar auf hängender Galerie über dem Flusse schwebt. Schröffte, fast senkrechte Felsen, meist ohne Vegetation, erheben sich. Abends erreichten wir auf dem *Tennessee-Pass*, 3121 m, die Kontinentalwasserscheide. Weiter werden noch die Wahsatch-Berge durchkreuzt bis wir in die grossen trockenen Ebenen hinuntergelangen, welche zwischen dem Felsengebirge und dem Kaskaden-Sierra Nevada-Gebirge eine ausgedehnte Einöde bilden.

#### *Great Basin.*

Eine *Strauchsteppe* bedeckt diese Gebiete, die grosse Teile der Staaten Utah, Nevada, Idaho, Wyoming, Montana, Washington, Oregon, Californien und Colorado umfassen. Alles übertrifft an Häufigkeit *Artemisia tridentata* Nutt., die dreizähnige Wermut, hier Sage brush oder black sage genannt, was wörtlich übersetzt Salbeibusch oder schwarze Salbei heissen würde. Tagelang fuhren wir durch diese Wermutsteppe. Die Begleitpflanzen kamen, wenigstens zur Zeit unseres Besuchs im August, neben der alles beherrschenden Wermut gar nicht zur Geltung. Das Graugrün dieser Büsche färbt die Landschaft. Die Sträucher sind durchschnittlich 1 Meter hoch, das kleine filzige Laub ist immergrün, bei der grossen Sommerhitze jedoch fällt ein Teil der Blätter. Die Büsche stehen meist mässig dicht, die Gesellschaft ist aber eine offene, sehr leicht zu durchschreitende. Es lockt einen, vergleiche mit den Wermutsteppen anderer Kontinente anzustellen. In den algerischen Hochsteppen kennen wir weit verbreitet die *Artemisia herba alba*-Steppen,

in der Kalmückensteppe an der untern Wolga die der Artemisia maritima. In allen 3 Gebieten schwankt die Niederschlagsmenge zwischen 20 und 40 cm. Im allgemeinen nimmt das amerikanische Wermutgebiet eine Mittelstellung ein zwischen dem subtropischen Inneralgerien und dem kälteren Kaspien, sowohl in betreff der Schwankung der Monatsmittel ( $25^{\circ}$  gegen  $22^{\circ}$  und  $53^{\circ}$ ) als des Jahresmittels ( $8-11^{\circ}$  gegen  $14-17^{\circ}$  und  $7-9^{\circ}$ ); die absoluten Extreme sind identisch mit Kaspien ( $-33^{\circ}$  bis  $+41^{\circ}$  gegen Algeriens  $-10^{\circ}$  bis  $+44^{\circ}$ ). Der Boden besteht in allen 3 Gebieten aus einem ziemlich trockenen ± sandigen Lehm.

Recht in der Mitte dieser amerikanischen Wermutsteppe schlügen wir unser Quartier auf in Salt Lake City. Es ist, als ob diese Stadt für alle Eintönigkeit der ganzen Gegend entschädigen wollte, einen so fröhlichen, heitern, eleganten Eindruck macht sie. Im Gegensatz zu den bisher besuchten Arbeitsstädten erschien Salt Lake City als ein Vergnügungsort, die Mormonen scheinen es zu verstehen, sich das Leben angenehm zu machen. Ein Besuch des Seebades im grossen Salzsee gehört hier zu den Sehenswürdigkeiten. Bei den  $23\%$  Salzgehalt des Wassers ist das Schwimmen sehr erschwert und in kurzer Zeit ist man mit einer Salzkruste bedeckt, die sich besonders hübsch eiszapfenartig in den Bärten und Schnurrbärten ausnimmt.

Wie zu erwarten treten um den See herum Salzsteppen auf und auch Zwischenglieder dieser und der Wermutsteppe. Merkwürdig rein boten sich auch diese Zwischenglieder dar, jeweilen dem grösseren oder kleineren Salzgehalt verschiedener Bodenschichten genau entsprechend.

### *Washington.*

Von Salt Lake fuhren wir nordwestwärts noch tagelang durch diese interessanten, aber eintönigen, grauen Wermutbestände. Unser Münchner Forstprofessor schimpfte immer mehr, er, der hauptsächlich Waldstudien machen wollte, musste nun bald glauben, Amerika besitze überhaupt keine Wälder mehr. Zur Abwechslung begegneten wir den Ueberresten verschiedener

Eisenbahnunglücke, die zum Glück nie uns selber betrafen; da einen Zusammenstoss, dort eine Entgleisung mit der Lokomotive im Fluss unten, weiter ineinandergeschachtelte, zer splitterte Güterzüge. Die üblichen Zugsverspätungen erhöhten sich hier auf 2—3 Stunden.

Im Staate *Washington* änderte sich der Anblick der Gegend, indem nun die ganze Landschaft von riesigen Getreidefeldern bedeckt war. Weiter fuhren wir durch ausgedehnte Lavafelder, die bei jedem Flusseinschnitt steile Basaltufer aufwiesen. Es soll dies der grösste bekannte Erguss sein.

In North Yakima wurden uns bei einem kurzen Aufenthalt in Autos die prächtig gedeihenden, ausgedehnten Fruchthaine gezeigt. Aepfel, Pfirsiche, Tomaten, Tabak und anderes können bei guter Bewässerung üppig auf diesen Wermutländerien gedeihen.

Wir durchqueren das malerische *Kaskadengebirge*, das nun endlich wirklich Wälder trägt, allerdings zeichnet sich die Eisenbahnnähe wieder hauptsächlich durch abgebrannte Wälder aus.

In *Tacoma* machten wir Quartier. Die Stadt liegt sehr hübsch am Puget Sound, einem weit ins Land hineingreifenden Meeresarm mit schönen Buchten. Die Ufer sind dicht bewaldet und erheben sich steil bis zu etwa 50 m. Tacoma liegt weit hinten im Land und zieht daher den Kürzern im Wettbewerb mit Seattle, das auch am Puget Sound liegt, aber näher dem Meere. Tacoma hätte sehr schön an die Hügel gebaut werden können, aber die amerikanische Schablone verlangt ein rechteckiges Strassensystem, so laufen denn die Querstrassen höchst unästhetisch und gefährlich im stärksten Gefälle, das bei jeder Längsstrasse eine ganz flache Partie erhält, um nachher um so steiler sich wieder zu neigen.

Viele Schweizer halten sich dort auf. Der Schweizerverein zählt zirka 250 Mitglieder, es sind zum grössten Teil Viehwirtschaftreibende. Sehr nett wurden wir Schweizer von unserm Konsul, Herrn Dr. med. Thüringer, aufgenommen, der nebst einem Herrn Bätschi uns in ihren Autos die Stadt und besonders den schönen Stadtpark am Sound zeigten (siehe Fig. 7). Mit

grosser Liebenswürdigkeit und Anhänglichkeit kamen überall alte Schweizer uns zu begrüssen und uns stolz zu zeigen, was sie in der neuen Heimat errungen.

Am Westhang des Kaskadengebirges liegt der Mount Rainier National Park, ein prachtvolles, den Typus der Nordwestecke der U. S. A., gut repräsentierendes Landstück. Es erhebt sich von Ashford bei 540 m bis auf den stark vergletscherten Mount Tacoma oder Rainier 4430 m. Doch bevor wir den Nationalpark betraten, waren wir von einer Holzgesellschaft zur Besichtigung ihrer Wälder und Holzschlüsse eingeladen. Auf eigener Eisenbahn fährt man zur Abbaustelle durch ihre früheren Wälder, d. h. durch öde, verbrannte, furchtbare Felder, auf denen kein Baum mehr steht, alles dicht bewachsen mit Weidenröschen, *Epilobium angustifolium*. So hübsch diese bei uns in einer Waldlichtung sind, so unausstehlich wirken sie hier, wo sie Feuerunkraut heissen und das Wahrzeichen von Brand und Raubbau sind.

Die Bahn führte uns nun weiter bergwärts nach Ashford. Von hier aus brachten uns Autobusse in rasender Eile hinein in den National Park auf guter Strasse, allerdings mit scharfen Kurven um die dicken Bäume des Strassenrandes.

Wir sind hier im westlichen Washington im niederschlagsreichsten Gebiet der Union mit 100—250 cm Niederschlag, und diese Regenmassen fallen nicht gewitterhaft plötzlich, sondern sehr fein und sanft, wir würden sagen wie ein schottischer Regen, der etwa 9 Monate fast ununterbrochen dauert; der Sommer allein ist trocken und sonnig, aber immerhin noch mit viel Nebel verbunden. Der Winter ist sehr mild. Seattle hat ein Januarmittel von 4,3° C, der Sommer kühl, 17° C, die Temperaturschwankung nur 8—14°. Die Nebelhäufigkeit ist sehr gross. Nur 25—40% des möglichen Sonnenscheins treten ein, ein Mangel an Sonne, wie wir ihn in der Schweiz nirgends kennen (Zürich hat 43%); alles in allem ein regenreiches ozeanisches Klima. Wie es in einem solchen Klima immer der Fall ist, werden die Vegetationslinien verwischt, nördliche und südliche Typen vereinigen sich. Wie im Tessin die Alpenrose dem südlichen Oelbaum begegnet und in Irland

die alpine Dryade dem mediterranen *Arbutus unedo*, dem Erdbeerbaum, so tritt hier im Küstenwald die Sitkafichte, *Picea sitchensis*, aus den Wäldern Alaskas zusammen auf mit dem loorbeerblättrigen südlichen, kalifornischen Erdbeerbaum, *Arbutus Menziesii*, hier *Madroña* genannt. Diese der Vermischung günstigen Klimate erschweren natürlich das ökologische Verständnis der Pflanzengesellschaften, sie lassen sich nicht so klar herausschälen ohne nähere Vergleiche mit Gegenden, wo die einzelnen Teile der Mischung getrennt vorkommen. Dazu gehört aber eine genaue Kenntnis der Vegetation, von der man in West-Amerika noch weit entfernt ist. Im allgemeinen lassen sich im Kaskadengebirge die folgenden Höhenstufen unterscheiden: Die *untere Waldstufe* (siehe Fig. 8) bis zu 600 m besteht hauptsächlich aus der *Hemlockstanne* *Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg. (in unsrern Gärten meist *Ts. Mertensiana* Carr. genannt, unter welchem Namen aber in Amerika häufig die an der Baumgrenze lebende *Ts. pattoniana* bezeichnet wird), die mit ihren schön gescheitelten Nadeln und seitlicher Ausladung der Aeste alles mögliche Licht des dämmerigen Nebelwaldes zu fangen sucht. Noch breiter im Blattwerk ist der häufige, schuppenblättrige Riesen-Lebensbaum *Thuja gigantea* Nutt. (= *Th. plicata* Donn.). Oft ist noch *Abies grandis* Lindl., die westliche Weisstanne und *Pseudotsuga*, die Douglastanne, beigemischt. Ganz ähnlich sind die Wälder der niederen Küstenberge, wo aber namentlich noch die früher erwähnte Sitkafichte und der südliche Erdbeerbaum dazukommen.

Statt des Vorherrschens der genannten Bäume tritt aber in manchem Wald die Douglastanne in einer Massenhaftigkeit von mehr als 75 % des Bestandes an den Hängen des Kaskadengebirges auf, jedoch nicht im Küstengebirge.

Diesem Vorkommen parallel erscheinen im Kaskadengebirge die Waldbrände häufig, im Küstengebirge nicht. *Pseudotsuga* wächst am schnellsten und ergreift nach Waldbränden oft allein vom Brandboden Besitz. In anderen Stufen begegnen wir ähnlichen Verhältnissen: Die trockenen submontanen Gegenden werden durch Brand zu *Pinus ponderosa*-, die höher gelegenen zu *Pinus Murrayana*-Wäldern. Diese Veränderungen

durch den Faktor Brand erschweren somit sehr die Versuche nach klimatisch- und edaphisch-ökologischer Deutung.

Die *obere montane Stufe* von 600—1400 m, das Canadian von Merriam, wird am besten charakterisiert durch die westliche Weisskiefer, *Pinus monticola* Dougl. mit der *Tsuga heterophylla*, den Edeltannen *Abies nobilis* und *Abies amabilis* und im oberen Teil durch die *Chamaecyparis nutkaensis* Spach.

Darüber folgt der *subalpine Wald* der *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt., der Alpentanne und der schwarzen Hemlockstanne *Tsuga pattoniana* Engelm. nebst der weissrindigen Föhre, *Pinus albicaulis* Engelm. und einigen *Abies amabilis* (Dougl.) Forbes.

Eine sehr bemerkenswerte Erscheinung tritt an der Baumgrenze auf. Während die ansteigenden Kämme von Zwergbäumen und auch noch grösseren Bäumen dicht besetzt sind, liegen daneben nicht nur in den Mulden, sondern auch auf andern flachen Stellen grosse, verfirnte Schneeflecke, die als ewiger Schnee angesprochen werden können, da unser Besuch in die aperste Zeit eines heissstrockenen Jahres fiel. Hann (I, 271) gibt auch für dieses Gebirge die *klimatische Schneegrenze* zu 2000 m an, während die Baumgrenze nach Piper bei 2300 m verläuft, also liegt nicht nur ein Berühren, sondern ein effektives *Uebereinandergreifen* dieser wichtigen Vegetationslinien vor. Es kann also, in diesem ozeanischen Klima sogar der Wald über der klimatischen Schneegrenze vorkommen und noch viel höher die gesamte alpine Vegetation bestehen, aus welcher Blütenpflanzen bis zu einer Höhe von 3200 m also 1200 m über der Schneegrenze, bekannt sind. Die ganze alpine Stufe und ein Teil der subalpinen gehören somit in die *nivale Stufe* hinein, da wähnt man sich in die Eiszeit zurückversetzt. Es sprechen diese Tatsachen gegen die Baumlosigkeit der Eiszeit im übergletscherten Gebiet. Welch interessante Probleme harren hier noch des Studiums! Bis jetzt ist wohl die *Flora Nordwest-Amerikas* in grossen Zügen bekannt, die *Vegetation* jedoch in ihren ökologischen Abhängigkeiten ist noch gar nicht bearbeitet.

Alle diese Wälder machen einen wunderbaren Eindruck durch

die ungeheuren Dickenverhältnisse der Stämme und den dichten Wuchs dieser Riesen. Durchschnittlich meterdick erheben sich die geraden Stämme in grosse Höhe, die graziösen Aeste herabhängen lassend. Es sind Dimensionen, die gesehen und genossen werden müssen, Bilder können den Eindruck durchaus nicht wiedergeben, weil nie ein Ganzes in Höhe und Breite auf die Platte zu vereinigen ist.

Den *tieferen Wald* lernten wir in der Holzfällerei kennen. Ueppiger Unterwuchs bedeckt den nassen Boden. In Massen spinnt sich die zierliche Linnaea über den Humus. Dem Ersticken in der dichten Bodendecke entgehend, keimt die Hemlokstanne zum grossen Teil auf alten, umgefallenen Stämmen; noch an den alten Bäumen erregt das merkwürdige Untergestrüpf Verwunderung durch seine bizarren Verwachsungsgestalten, da das Holz nicht rasch vermodert, sondern am Boden liegend noch jahrhundertelang frisch bleiben kann.

Im Mount Rainier National Park übernachteten wir in *Longmires* bei 870 m, also schon im oberen montanen Wald. Diesen zu studieren hatten wir Gelegenheit, indem wir für die 11 km zum 1000 m höher gelegenen Camp of the Clouds, dem Wolken-camp (siehe Fig. 9), einen vollen Tag verwendeten. Der Wald ist ungeheuer üppig und feucht. Der Boden besteht aus vulkanischem Gestein. Die gleichmässigen Temperaturen und die nach oben immer wachsenden Niederschlagsmengen gestatten dieses üppige Waldbild. Mit jeden 240 m nimmt die Regenmenge um 100 mm zu, sie bewegt sich in diesem Wald etwa zwischen 1300 und 1750 mm. Sehr viele Saprophyten und Immergrüne bedecken den Boden.

Der *obere Teil der subalpinen Stufe* von 1600 m aufwärts besteht aus offener Parklandschaft. Baumgruppen wechseln mit üppigen, farbenfreudigen Blumenmatten. Forstinspektor Munger teilte uns mit, dass früher die Indianer im Sommer diese Höhen bewohnt hätten, und sich da ganz der Heidelbeernahrung zuwandten. Um nun mehr Beerenwuchs zu erzielen, brannten sie den Wald immer wieder ab; so ist dieser offene, parkartige Wuchs tief unter der Baumgrenze zu verstehen. Im Vergleich zu diesen üppigen, subalpinen Wiesen, die offenbar reicher sind

als die schweizerischen, schienen uns die *alpinen* eher arm zu sein, mit unsren prächtigen Alpenmatten verglichen. Wenn wir jedoch die tiefe Schneegrenze in Betracht ziehen und bedenken, dass wir eigentlich aus der subalpinen direkt in die nivale Stufe eingetreten sind, erscheinen uns die Verhältnisse in anderem Licht: für eine *nivale* Stufe ist die Flora eine sehr reiche zu nennen.

Mit den Zwergbäumen zieht sich wie in den Alpen auch die Zwergstrauchheide über die Baumgrenze in die Höhe; unsere Besenheide ist vertreten durch Cassiope und den altbekannten Zwergwachholder, *Juniperus nana*, mit fest den Stämmchen angepressten Nadeln. Die krüppeligen Alpentannen bilden dichte Hecken, um sich gegen den Wind zu schützen. Am Ende der diesjährigen Triebe sind die nächstjährigen Knospen mit kolossalen Harzdecken versehen, die einen ausgezeichneten Knospenschutz bieten.

Die höheren Matten gleichen sehr denen der Alpen; einen Wechsel von *Schneetälchen* und *Curvuletum* vermeint man vor sich zu haben, ganz wie *Carex curvula* bedeckt eine Segge (Name unbekannt) grosse Strecken, dazwischen breitet sich die Rosacee *Lutkea pectinata* (Pursh) Kuntze spalierförmig über den Boden aus, ähnlich unsren Gletscherweiden. Natürlich fehlen auch die polsterbewachsenen Schuttfluren nicht und erfreuen das Auge; allerdings ist die Bewachsung des Tuffschieferschuttes nicht üppig und die Felsen erscheinen grossenteils kahl.

Auch hier noch versuchen die Bäume hinaufzugelangen. Ein schöner Beweis für die weite *Verbreitung der Samen* durch den Wind begegnete uns. Wiewohl an diesem Kamm die letzte Alpentanne bei 2100 m stand, fanden wir auf den Schneefeldern volle 200 m höher oben vollständige Tannensamen mit Flügel und Korn, sowie Nadeln, in Massen vor.

Weiter hinauf schweift der Blick über Fels und Schnee zu der hohen, majestatischen, eisbedeckten Kuppe des Mount Tacoma (d. h. die nährende Brust), der nach allen Seiten seine Gletscher aussendet, die bedeutendsten der Vereinigten Staaten.

Andern Tages stiegen wir wieder abwärts dem 11 km langen Nisqually-Gletscher entlang, der in schmaler Zunge weit ins

Tal hinunterreicht, sein Rücken ist grossenteils moränenschwarz, da der weiche, zerfallende, tertiäre Tuff stark schmutzt.

*Crater Lake.*

Bald fuhren wir wieder südwärts, in den Staat Oregon, in welchem wir den berühmten *Crater Lake National Park* besichtigen wollten. In Medford empfing uns Herr O'Gara mit wohlorganisiertem Programm. Medford, oder überhaupt Oregon, ist das Zentrum der Obstkultur. Schöne Reklame-Bilderbücher, in welchen die Fruchtbarkeit des Landes und die grossen erzielten Gewinne in den glühendsten Farben dargestellt sind, erhält man überall freundlichst überreicht, denn auch der Landverkäufer will an den Gewinnen teilnehmen. Aber trotz der echt amerikanischen Reklame muss gesagt werden, dass die pazifischen Staaten wirklich wundervolle Kulturen hervorbringen. Zu wiederholten Malen wurden uns die Fruchthaine in Autofahrten vorgeführt. Ausser den niedrig gehaltenen Fruchtbäumen — einen richtigen Hochstamm zu erzielen hat man keine Zeit — wird meistens gar nichts gepflanzt. Der gepflügte Boden steht ausschliesslich zur Verfügung des Obstbaumes. So kann sich der Landwirt auf einen Punkt konzentrieren und wird gar nicht durch Vielseitigkeit abgelenkt. Obschon der Boden und die nötige Bewässerung teuer sind, erzielen die Obstzüchter mit dieser einzigen Kultur 10% netto. Aus diesen gesegneten Gefilden führte uns eine dreitägige Autotour, von den gastfreundlichen Medfordern geboten, zu dem wunderbaren Crater Lake hoch ins Gebirge. Es ist der südliche Teil des Kaskadengebirges, das wir schon am Mt. Tacoma durchstreift. Fürchterliche Regengüsse hatten die Waldwege verwüstet. Es gab jeden Augenblick zersprungene Reifen, zerschlagene Maschinenteile usw., ein Auto blieb mitten im Walde stecken, aber auch dafür war vorgesorgt. Ein spezieller Mechanikerwagen folgte und half über die Unglücksfälle hinweg.

Der Mount Mazama, wie der ganze Berg heisst, ist ein alter, hoher Vulkan, der aber seine Spitze verloren hat. Ein riesenhafter Krater ist übrig geblieben und hat sich mit Wasser ge-

füllt, so dass in romantischer Szenerie dieser abgrundtiefe, blaue See (600 m tief) als Naturwunder dasteht (siehe Fig. 10). Diese geologisch interessante und sehenswürdige Gegend ist daher zum Nationalpark erklärt worden. Der Kraterrand zieht in der Höhe von 2130 m um den See mit fast senkrechttem Abfall in diesen, der 1850 m hoch liegt. Der Durchmesser des fast runden Sees ist 7—9 km.

Auf dem Kraterrand steht eine Zeltkolonie mit Wirtschaftsgebäude. Bei dem starken Sturm, der seewärts wehte, vermutete man des öftern, das Schlafzelt, das so recht an der Kante steht, müsse jeden Augenblick die 300 m hinunter direkt in den See fliegen. Wir erwachten aber doch noch oben und genossen den wunderbaren Rundblick auf den See mit seinen Steilabfällen, gegen welche die sanft geneigten äusseren Berghänge wirkungsvoll kontrastieren. Im See steht verlockend die *Wizard-Insel* mit waldigen Hängen sich 200 m aus dem Wasser erhebend. Ein Naphtaboot brachte uns hinüber. Wir kletterten hinauf und fanden als Zentrum wiederum einen runden Krater (siehe Fig. 10), ausgefüllt von Lavagrus. Ausser Schuttpflanzen haben auch schon einzelne Bäume vom Kraterinnern Besitz ergriffen.

Die Waldgürtel dieser Gegend sind von ähnlicher Zusammensetzung wie am Mt. Tacoma; die Ebene jedoch, das *Rogue River Tal*, zeigt schon fast kalifornischen Charakter. Medford kommt in seinen Temperatur- und Regenverhältnissen nahe an Montpellier heran. Weiter führt unser Weg südwärts nach dem gelobten Lande Californien.

### *Californien.*

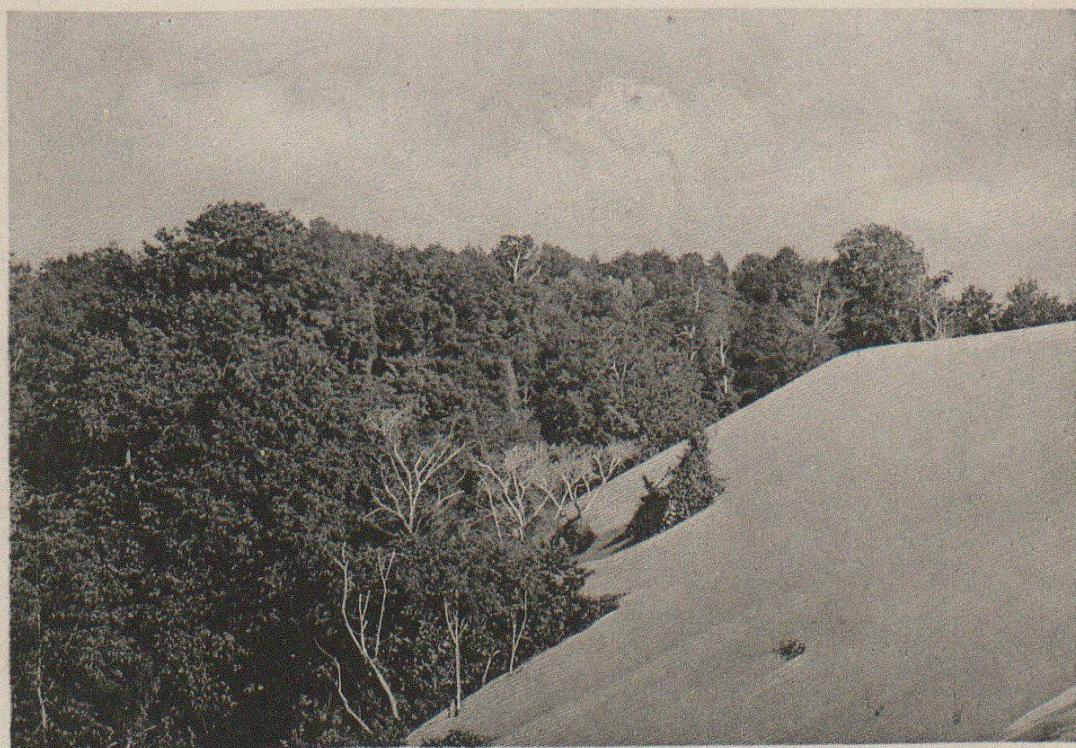
Im Innern Californiens liegt die heisse, trockene Niederung des Sacramento- und San Joquin-Flusses. Die Küste bespült eine kalte Meeresströmung, die auch im Sommer nur 13—15° C zählt. Wo nun das Innere gegen die Küste offen ist, strömt an den heissen Nachmittagen mit Vehemenz die kalte Seeluft landeinwärts. Wo sie an die Küste prallt, erzeugt sie dichte Nebel. Daher hat San Francisco am goldenen Tor eine enorm gleichmässige Temperatur im Sommer und Winter, da es vor



Phot. G. E. Nichols 4. 8. 13

**Fig. 1. In Three Oaks, Michigan.**

Inneres des Buchen-Ahorn-Waldes auf schwerem Moränenton.  
Vorherrschend *Fagus grandifolia* und *Acer saccharum*.



Phot. G. E. Nichols 4. 8. 13

**Fig. 2. In Sawyer am Lake Michigan. Buchenwald auf Dünensand.**

Die Düne dringt vor und verschüttet den Wald. *Vitis vulpina* wächst durch den Sand weiter.



Phot. G. E. Nichols 3. 8. 13

**Fig. 3. Am Lake Michigan in Dune Park, Indiana.**

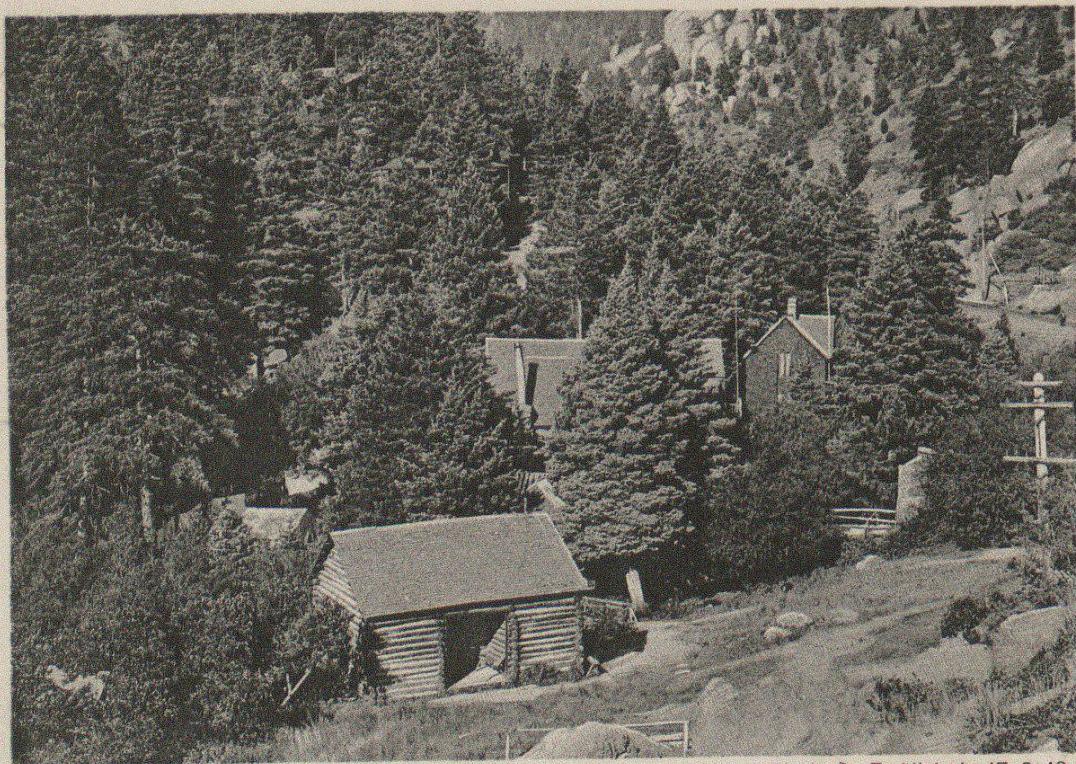
Durch die Dünen verschütteter Buchenwald. Die aus dem Sand herausschauenden Baumkronen von *Tilia americana* bewurzeln sich und leben weiter.



Phot. G. E. Nichols 10. 8. 13

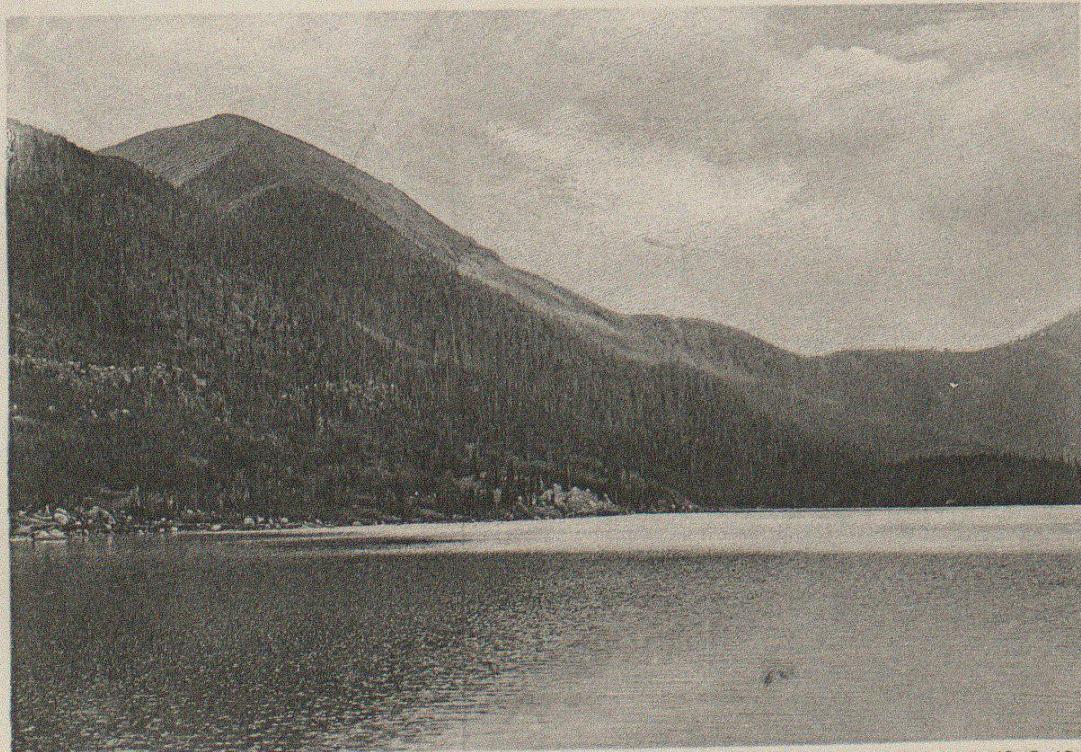
**Fig. 4. Bei Akron, Colorado in den Great Plains. Kurzgrasformation.**

Vorherrschend *Bouteloua oligostachya*; in der Mitte des Bildes *Opuntia polyacantha*.



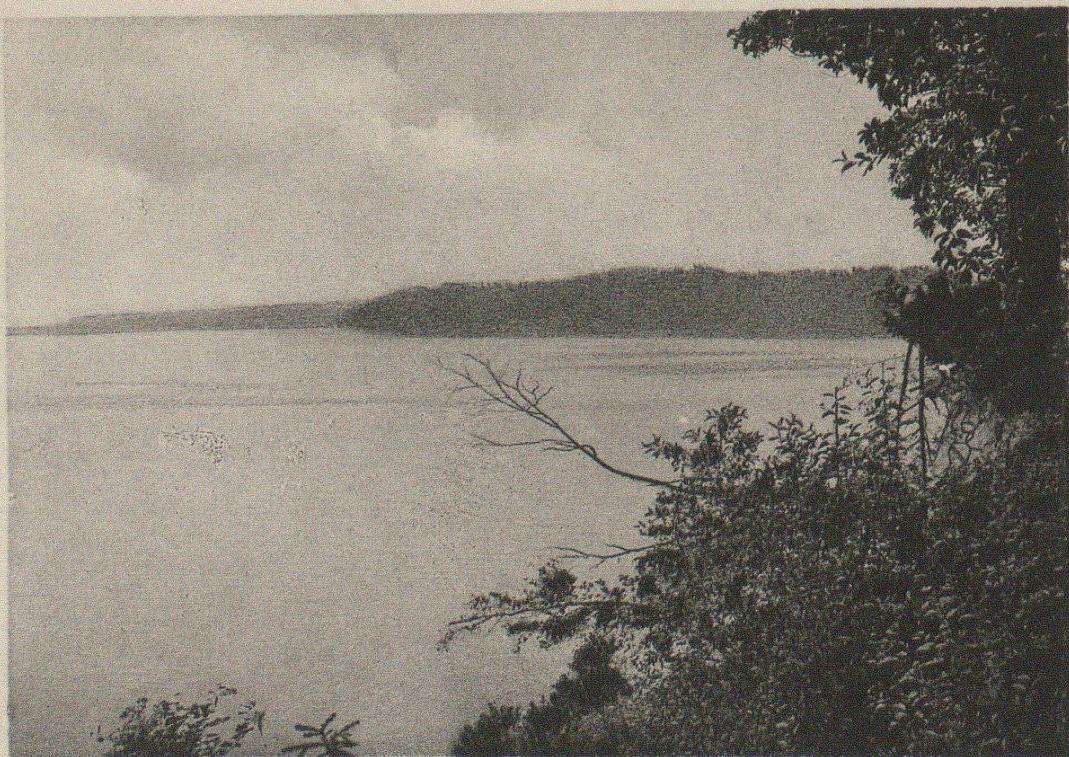
Phot. G. E. Nichols 17. 8. 13

Fig. 5. In Minnehaha-on-Ruxton 2539 m am Pikes Peak, Colorado.  
Am feuchten Nordosthang Wald von *Picea Engelmanni*, am Westhang weniger Vegetation,  
*Pseudotsuga Douglasii*. Vorne Log Cabin, mein „Hotel“.



Phot. G. E. Nichols 19. 8. 13

Fig. 6. Crescent Lake 3322 m mit Mount Garfield 3732 m  
in den Rocky Mountains. Wald von *Picea Engelmanni*.



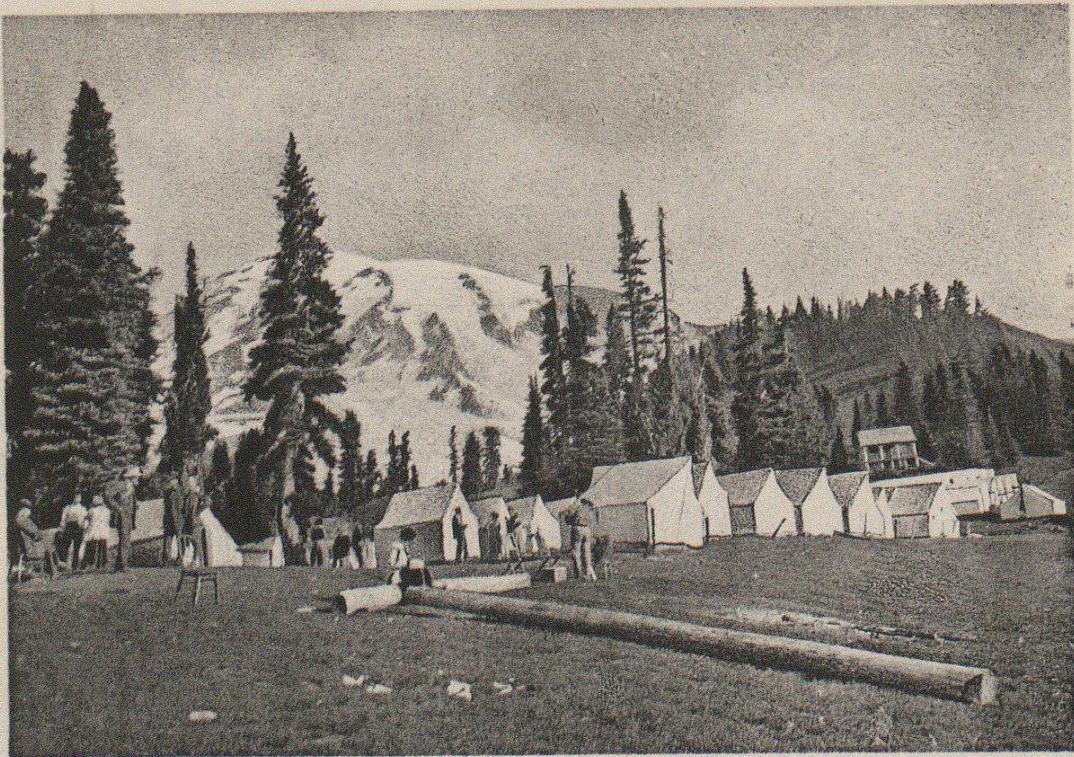
Phot. H. Brockmann 1. 9. 13

Fig. 7. Im Stadtpark von Tacoma am Puget Sound, einem pazifischen Meeresarm, Washington. Rechts oben der Lorbeerblättrige Arbutus Menziesii.



Phot. G. E. Nichols 31. 8. 13

Fig. 8. Waldinneres unterhalb Longmires im Mount Rainier National Park im Kaskadengebirge.  
Wald von Pseudotsuga Douglasii, Tsuga heterophylla, Thuja gigantea.



Phot. E. Rübel 30. 8. 13

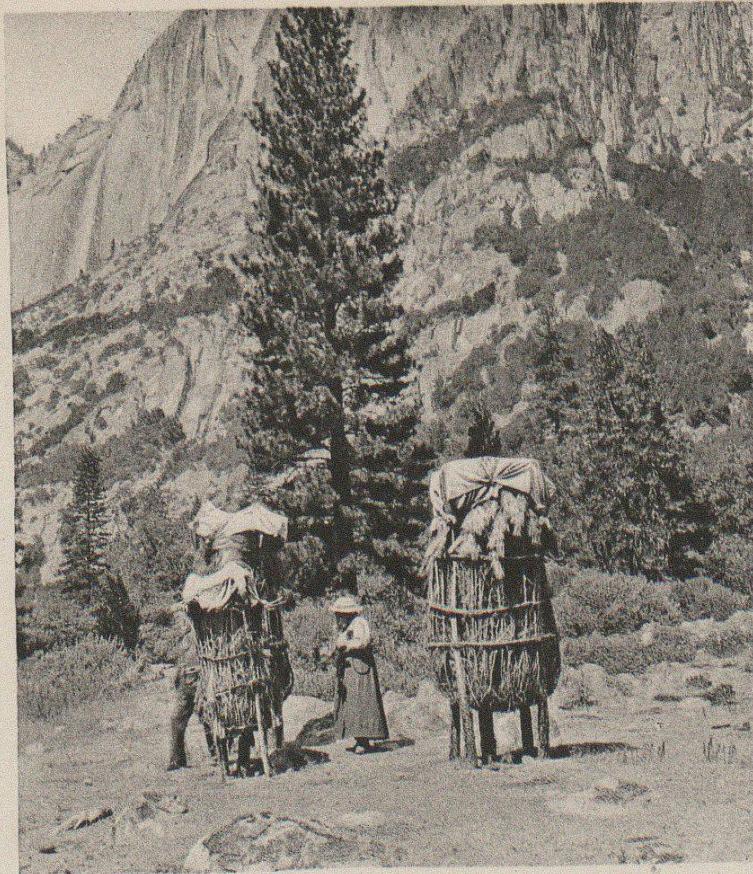
Fig. 9. Hotelzeltlager Camp of the Clouds 1750 m mit Mount Tacoma oder Rainier 4428 m im Mount Rainier National Park, Washington.



Phot. G. E. Nichols 4. 9. 13

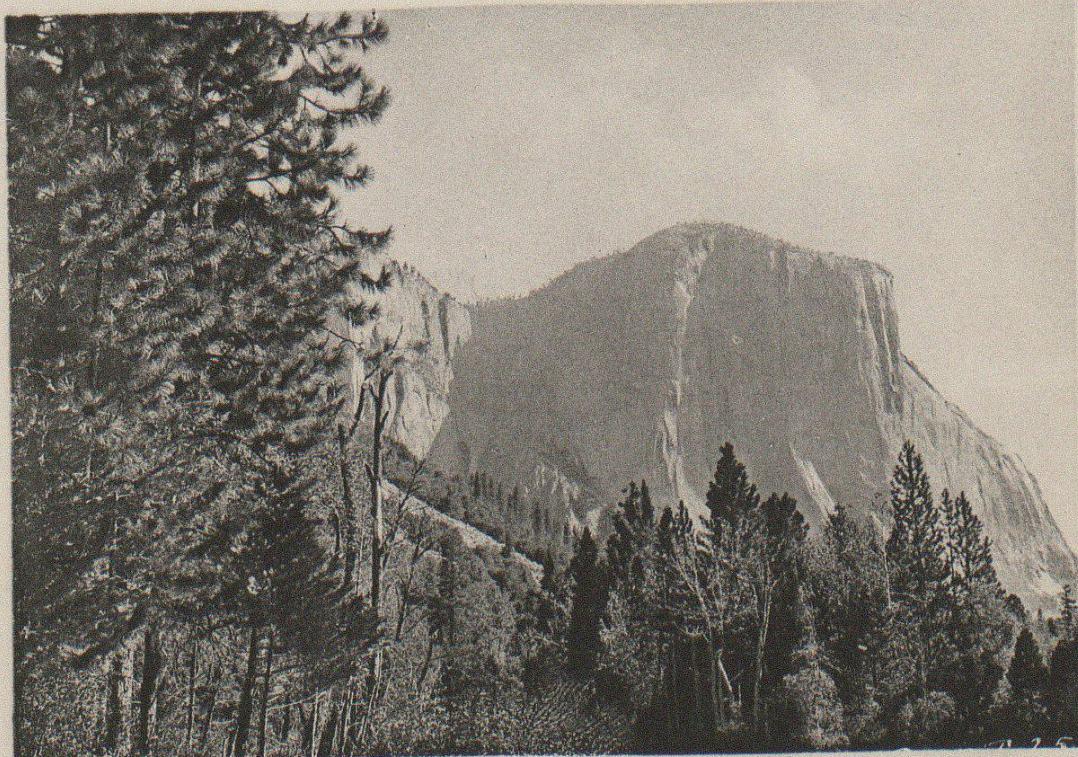
Fig. 10. Crater Lake, Oregon, 1850 m.

Im wassergefüllten Riesenkrater der Lavakegel Wizard Island 2075 m wiederum mit Krater.



Phot. E. Rübel 8. 9. 13

Fig. 12. Bei Sentinel im Yosemite Tal, California.  
„Chuka“, darin bewahren die Indianer die zur Brotbereitung gesammelten Eicheln auf.



Phot. H. Brockmann 11. 9. 13

Fig. 11. Im Yosemite Tal, California.  
1000 m hoher Absturz des Berges „El Capitan“.

Phot. G. E. Nichols 9. 9. 13



Fig. 13. Im Yosemite National Park im obern Mariposa Grove 1950 m.  
Am Fusse einer *Sequoia gigantea*.

Nichols	Stomps					
v. Tubeuf	Tansley	Brockmann	Cowles	Clements	Smith	Hall
Brockmann				Dachnowski		
Tansley	Clements	Rübel		Schröter	Skottsberg	Paulsen
Fuller			Jepson			Engler



Phot. H. Brockmann 14. 9. 13

Fig. 14. Am Mount Tamalpais bei S. Franzisko.

Der „Chaparral“, ein Hartlaubgebüscht.

Dr. W. S. Cooper, der Bearbeiter jener Pflanzengesellschaften, mir die Namen nennend.



Phot. G. E. Nichols 14. 9. 13

Fig. 15. Muir Woods am Mount Tamalpais bei S. Franzisko.  
Nebelwald des Rotholzbaumes *Sequoia sempervirens*.



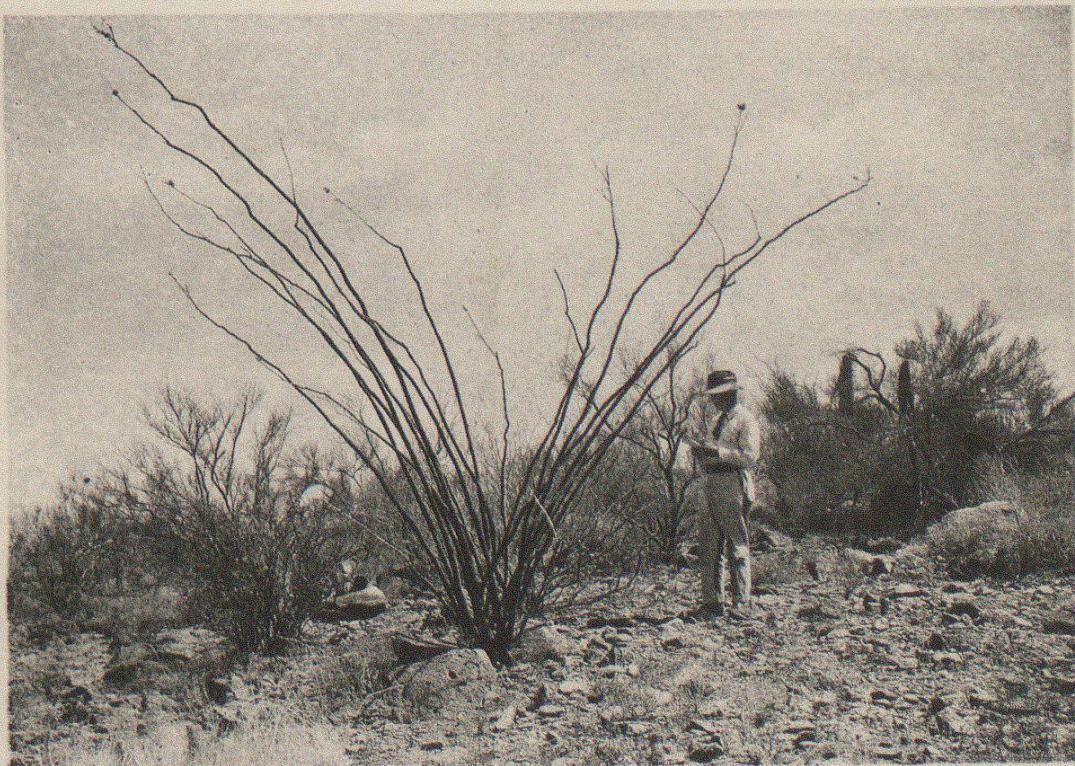
Phot. G. E. Nichols 15. 9. 13

Fig. 16. Cypress Point bei Monterey am pazifischen Ozean, California.  
Wald von *Cupressus macrocarpa* am Strand.



Phot. H. Brockmann 19. 9. 13

Fig. 17. Landdepression Salton Sink, California, 61 m unter Meer.  
Regengrünes Prosopis-Gebüsch, *Atriplex canescens*.



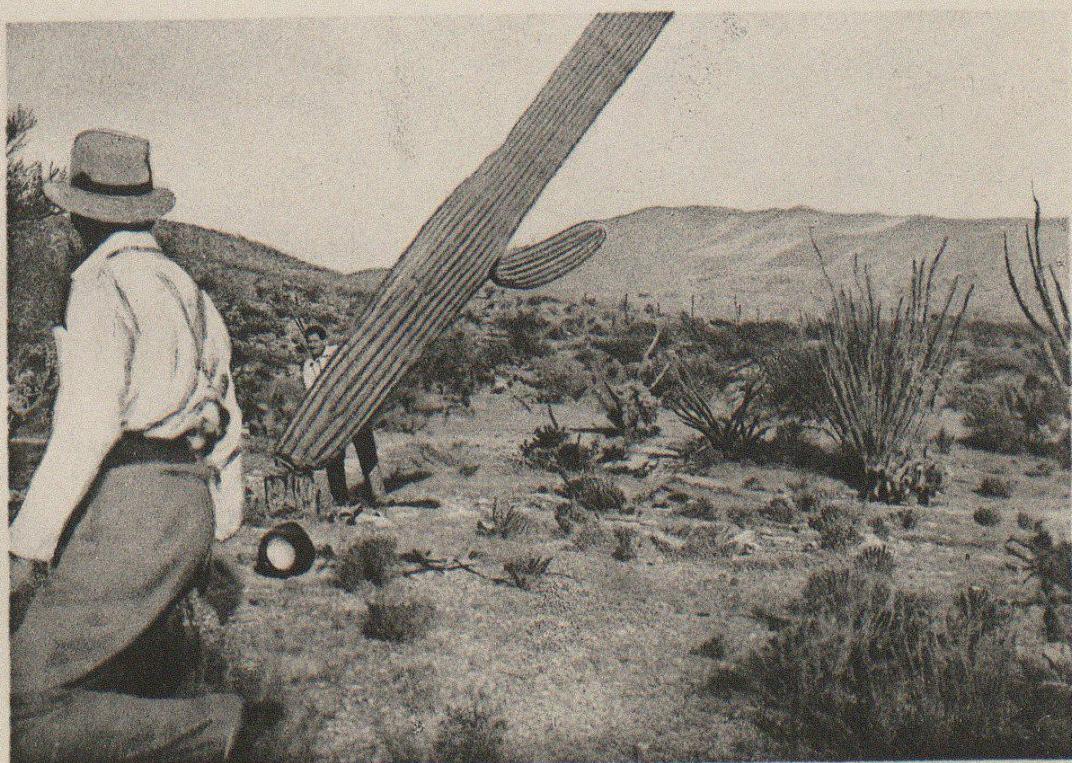
Phot. H. Brockmann 20. 9. 13

Fig. 18. Auf Tumamoc Hill b. Carnegie Desert Institut in Tucson, Arizona.  
Vorne *Fouquieria splendens*, vorherrschend *Parkinsonia microphylla*.



Phot. G. E. Nichols 24. 9. 13

Fig. 20. Sukkulenteinöde bei Tucson (Arizona).  
Wie der Papago-Indianer (auf dem Bilde Direktor Mc. Dougal) Trinkwasser aus dem Echinocactus gewinnt.



Phot. H. Brockmann 24. 9. 13

Fig. 19. Sukkulenteinöde bei Tucson (Arizona).  
Ein Riesensäulenkaktus Cereus giganteus wird von Dr. Brockmann gefällt.

allem unter der Herrschaft der kalten, nebligen Sommerwinde steht. Neben einen Januar von  $10^{\circ}$  C Mitteltemperatur tritt ein Juli von nur  $14^{\circ}$  C, erst der September zeigt das Maximum mit  $15^{\circ}$  C. — Wir mussten allerdings wieder einmal die Maximaltage, wie sie seit Jahren nicht mehr vorgekommen, erwischen mit etwa  $38^{\circ}$  C. — Die übrigen Küstengegenden sind nicht ganz so stark ausgeglichen, sie haben den milden Winter und den warmen Sommer des Mittelmeeres und auch die Trockenheit des Sommers und die Winterregen erzeugen ein fast gleiches Klima wie an der Riviera. Etwas gestört werden die Verhältnisse durch die Unregelmässigkeit der Regen. San Francisco sah Jahre mit nur 19 cm Niederschlag, dagegen auch solche mit 127 cm.

Wie das Klima so ist auch die Vegetation sehr verschiedenartig. Das trockene Innere ist eine Halbwüste, die allerdings bei Bewässerung die wunderbarsten Erträge liefert. Die Küstenberge oberhalb der dicksten Nebelschicht zeigen das eigentlich mediterrane Klima und die entsprechenden Macchien, hier genannt *Chaparral*.

Begleitet von San Franciscos botanischer Gesellschaft, geführt von der besten Pflanzenkennerin San Franciscos, Miss Eastwood, besuchten wir den *Mount Tamalpais*, der wie ein Torfeiler an der Nordseite des goldenen Tors steht, aussen vom Meere, innen von der Bay umspült. Auf diesem Berg glaubte ich mich nach Korsika versetzt; alles war mit Macchiengebüsch bewachsen, 1—3 Meter hoch, wie dort. Und auch im einzelnen vermeinte man die bekannten Pflanzen vor sich zu haben (siehe Fig. 14).

Den tieferen Gürtel des Berges, wo die Nebel dicht und feucht herumlagern, nimmt ein Wald ein, der einigermassen an den canarischen Wald der *Wolkenstufe* erinnert. Hohe Erdbeerbäume, hier *Arbutus Menziesii*, der *Madroño*, leuchten im Glanz ihrer Blätter. Auch eine *Azalee*, *Rhododendron occidentale* Gray, der lorbeerblättrige *Mahoniastrauch* und das niedrige Wintergrün, *Gaultheria shallon*, kommen vor. Man vermeint sogar das prachtvolle, typisch canarische Farnkraut *Woodwardia radicans* vor sich zu haben, es ist eine nahe Verwandte: *Wood-*

*wardia spinulosa* Mart. et Gal. Daneben gedeiht aber auch die laubwerfende amerikanische Haselnuss in Massen und der ganze Wald ist überdacht von dem schönen und berühmten Rotholzbaum, der *Sequoia sempervirens* (Lamb.) Endl., die ihre wie ein Fiederblatt angeordneten Nadelzweige ausbreitet (siehe Fig. 15). Aus dem beliebten Holz werden Schnitzereien verfertigt. Dieser Baum beherrscht noch ziemlich grosse Strecken an der californischen Küste und kommt in sehr grossen Exemplaren vor, allerdings nicht in den Riesendimensionen des naheverwandten Mammutbaums, *Sequoia gigantea* Lindl.

Californien ist reich an Koniferen und besonders ausgezeichnet durch das Vorkommen von endemischen Arten. Etwas südlich von San Francisco, bei Monterey, sahen wir eine Reihe solcher inselartig auftretender Arten.

Grossen Eindruck machen die weitausladenden, die Horizontale stark betonenden, eigenartigen Zypressen, *Cupressus macrocarpa* Hartw., die bis an den Boden dicht beästet sind (siehe Fig. 16). Das Cap heisst auch Cypress Point nach diesen Prachtgestalten.

Hier muss auch der hervorragenden *Algenvegetation* dieser Buchten gedacht werden. Auffallend sind die langen Röhren der *Nereocystis*, die in einem runden Kahlkopf endigen, der etwas über die Wasseroberfläche emporschaut. Rings um den Kopf ziehen sich langflutende Bänder. Im sanften Wellenspiel der Buchten erweckt es den Eindruck von umherschwimmenden langsträhnhaarigen Meereskobolden. Wunderhübsch bewachsen sind die Klippenbänke, die von den Wellen überspült sind. Wie ein Miniatur-Palmenwald stehen die Bäumchen der *Postelsia palmifera* da, einer Alge, die sowohl den Palmenstamm als dessen schopfige Krone vortäuscht.

### *Yosemite Tal.*

Von der mediterranen Küste durch die Wüstensteppen der San Joaquin-Niederung getrennt, erhebt sich die *Sierra Nevada* als südliche Fortsetzung des Kaskadengebirges. Dort besuchten wir den *Yosemite National Park*. Die Form des Yosemite

Tales ist sehr bemerkenswert. Aus einer tiefen Talsohle erheben sich senkrechte Granitfelsen um 1000 m und bieten allerlei bizarre Formen (siehe Fig. 11 und 12). Grosse Wasserfälle stürzen durch die Schluchten herunter. Die Höhen sind dicht bewaldet.

In Wawona Seitental besuchten wir die berühmten, allbekannten Mammutbäume. Diese gruppenartig vorkommenden Bäume stehen in einem Wald der *californischen Weissanne*, *Abies concolor Lindl. et Gord.* Ziemlich häufig sind auch *Libocedrus decurrens Torr.* und *Pinus Lambertiana Dougl.*, die Zuckerföhre. Es sind besonders zwei Stellen dieses Weissannenwaldes, an denen die Mammutbäume eingesprengt sind, bei 1670 m und bei 1950 m (siehe Fig. 13). In anderen Gegen den Californiens treten noch einige Gruppen auf. Diese Waldart benötigt ziemlich viel Feuchtigkeit.

#### *Salton Sink.*

Im südlichen Californien wurden wir noch durch einen Tunnelbrand aufgehalten. Das Feuer im Macchiengebüsch hatte sich dem Tunnel mitgeteilt, da alle Tunnelauskleidungen im Westen aus Holz gemacht werden. Wir fuhren nun in die heissen Einöden von Arizona, hielten uns erst noch in *Mecca* im *Salton Sink* auf, einer Landdepression, 61 m unter dem Meeresspiegel. Mehrmals brach schon der Coloradofluss hier ein und füllte das Becken mit einem grossen See, der aber im Laufe der Jahre sich jeweilen stark verkleinert, da in diesem heissten Winkel der Vereinigten Staaten die Verdunstung sehr gross ist und der jährliche Niederschlag nur 5 cm beträgt. Vor 400 Jahren reichte der See bis an die Berge. 1904 war gar kein See hier. Er füllte sich bis 1907 und nimmt seither wieder ab. Sein Salzgehalt war 1907 nur  $\frac{1}{4}\%$ , jetzt ist er schon wieder  $1\%$ . Die feuchten Uferlinien fangen Keimlinge auf. Dort vermögen sich Weiden festzusetzen nebst einigen Salzkrautern. Jedes Jahresrückzugsstadium des Sees ist auf diese Weise durch ein Strauchband gekennzeichnet.

In der Umgebung des Sees macht sich noch vielfach das

Grundwasser geltend, so dass stellenweise eine dichte Gebüschevegetation möglich ist (siehe Fig. 17). Die grossen halbkugeligen Sträucher, die das Gebüsche bilden, sind hauptsächlich zwei Schmetterlingsblütler, die Schraubenbohne, *Prosopis pubescens* Benth. und der *Mesquite*, *Prosopis glandulosa* Torr. Ihre kleinen Blätter sind regengrün. Die schraubenförmig gedrehten Bohnenfrüchte dienten den Indianern zur Brotbereitung, indem sie die Früchte in Mörsern zerstampften und zu Mehlkuchen formten. Wir fanden Früchte und Mehl bei einem in der Nähe wohnenden Indianer noch vor.

### Tucson.

So interessant diese Gegend ist, so liess uns die tropische Hitze und kontinentale Trockenheit zu keinem rechten Genusse mehr kommen. Nicht ungern fuhren wir von diesem Mecca weiter nach Tucson, wo das Carnegie Institut sein berühmtes Desert Laboratorium hat. (Desert kann nicht direkt mit Wüste übersetzt werden, da noch ziemlich stark bewachsene Gegenden dazu gehören, die wir als Steppe oder mit dem allgemeineren Ausdruck Einöde besser bezeichnen). Direktor Mc Dougal und sein ganzer Stab hatte für unsern Aufenthalt prachtvoll vorgesorgt, unter anderem erwartete uns eine ganze Zeltlagerausrüstung in den Bergen.

Pflanzengeographisch ist das Gebiet von Süd-Arizona mit Mexiko zusammen zu rechnen. Es ist grösstenteils eine *Sukkulanten-Einöde*, wo die Cactaceen zu weiter Verbreitung gelangen.

Tucson liegt in einer weiten Ebene, die sich ganz allmählich schuttkegelartig zu den Hängen und Bergen zieht. Die Ebene wird beherrscht durch die  $\frac{1}{2}$ —1 Meter hohen Büsche der Zygophyllacee *Larrea tridentata* Cov. (=Covillea tridentata DC) Vail. = *Larrea mexicana* Moric.), den Kreosotstrauch. Seine kleinen immergrünen Blätter sind von stark riechendem Harz überzogen. Dazwischen stehen in den wunderlichsten Formen eine Reihe verschiedener Opuntien und anderer Cactaceen (siehe Fig. 20).

Diese Pflanzengesellschaft bildet die subtropische Parallelle der nördlich davon vorkommenden Wermutsteppen.

Die Wunder der Gegend erblickt man auf den leicht geneigten, tiefgründigen Flächen: die ungeberdigen Formen des Riesen-säulen-Cactus *Cereus giganteus* Engelm. (siehe Fig. 19). Diese kurzen, dicken Telegraphenstangen, oft mit einigen aufwärts gebogenen Aesten, geben der Landschaft ein merkwürdiges Gepräge mit Betonung der Vertikalen. Diese Kolosse stehen vereinzelt in einer stark offenen Vegetation, die von einem zweiggrünen Strauch, der *Parkinsonia microphylla* Torr., dominiert wird. Ein anderer Strauch, der Ocatillo, *Fouquiera splendens* Engelm. verzweigt sich an der Basis und entsendet dicke, stachelige Rutenäste, die assimilieren können (siehe Fig. 18). Nach jedem Regen erscheinen neue Blättchen, die bei neuer Trockenheit alsbald wieder abfallen.

### *Santa Catalina Mountains.*

Vom Fusse der *Santa Catalina Mountains*, wo bei 900 m nur 15 cm Niederschlag fallen, nimmt dieser zu und erreicht bei 2400 m schon 52 cm. Die Sukkulantensteppe verwandelt sich dabei in einen Hartlaubwald und weiter in einen Nadelwald.

Aus diesen Bergen gingen wir wieder nach Tucson zurück. Da das ganze Land von Mexikanern bewohnt ist, glaubt man sich nach Spanien versetzt ins gemütliche Mittelmeer. Die braungebrannten Gestalten, die so malerisch dekorativ wirken, wenn sie sich auf der Strasse plaudernd dem beliebten Dolce-farniente widmen, glaubt man zu kennen.

### *Grand Canyon.*

Da wir gerade in der Nähe waren, d. h. nur 20 Eisenbahn-stunden entfernt, liessen wir es uns nicht nehmen, das Welt-wunder des grossen Colorado Canyons zu besichtigen. Mitten in der flachen Landschaft, die eine Hochebene bei 2100 m bildet und mit Gelbkieferwald (*Pinus ponderosa*) bewachsen ist, strömt der Coloradofluss in einem tiefen Canyon, 1400 m unter

uns. Drusbergähnlich wechseln fast senkrechte Wände mit geneigten Halden flusswärts, so dass die Schlucht, unten ziemlich schmal, oben eine durchschnittliche Breite von 10 km hat. Mächtige Carbonschichten sind durchschnitten, teils weiss, teils rot, so dass zur weiten Grossartigkeit der Felspartien auch noch das Farbenspiel stark mitwirkt. Aus dem Gelbkiefernwald steigt man die gebüschenbewachsenen Hänge hinunter, um bei 1200 m die bekannte Wermutstufe der *Artemisia tridentata* zu erreichen. Der Kessel wird heißer und trockener. Ein grosses Plateau bei 1100 m ist mit offener Strauchsteppe bedeckt, der Wermut nicht unähnlich, auch alles graugrün erscheinend, doch ist es eine Rosacee, *Coleogyne ramosissima* Torr., die nur wenig anderes neben sich aufkommen lässt, wie einige Bigelowiabüsche. Noch tiefer unten, bei 800 m ist es ein Meerträubchen, ein Ephedrabusch, der noch die häufigste Unterbrechung im Gestein bildet, dann gelangt man an den Fluss, der seine braunen Fluten, wirklich «colorado», in raschem Lauf davonwälzt. Bei dieser Bergbesteigung ist alles verkehrt, zuerst geht es abwärts, zuletzt die steilen Felsen wieder hinauf, mühsam zu Fuss, wie wir es alle machten, aber auch mühsam zu Pferd, wie es die meisten Leute absolvieren.

### *Heimreise.*

Hier setzten wir uns in die Eisenbahn, um sieben Nächte und Tage hintereinander darin zu verbleiben, bis zur Bundesstadt. Ein Erlebnis brachten uns die grossen Ueberschwemmungen in Texas, die unsere Bahnlinie beschädigt hatten. Unser Zug suchte, nordwärts ausbiegend, weiter zu kommen. Durch überschwemmte Wälder und Felderbummelten wir vorsichtig weiter und gelangten mit 30 stündiger Verspätung nach New Orleans. Bei kurzem Aufenthalt gab es einen kleinen Abstecher zu den Sumpfzypressensümpfen des *Taxodium distichum*.

Die offizielle Exkursion war beendet. In New Orleans verliess uns der geliebte Leiter des Ganzen, Prof. Cowles. Nach einem liebenswürdigen Empfang in Washington, wo wir Gelegenheit

hatten, die Museen und die ganze Einrichtung des Bureau of Plant Industry zu sehen, nebst einigen Tagen in New York, fanden die 4 Zürcher sich zur geruhigen Heimreise zusammen auf dem « Imperator », der nach ruheloser, anstrengender Reise ein sehr günstiges Asyl darstellt.

Résultats de quarante années de mensurations  
au Glacier du Rhône

par

M. P.-L. MERCANTON

---

N.B. Sur la demande de l'auteur, le texte de cette conférence n'est pas reproduit dans les *Actes*, les travaux qu'elle résumait devant paraître in extenso dans un prochain volume des *Nouveaux mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles*.

---